

LOS BIOFERTILIZANTES COMO COMPLEMENTO EN LA NUTRICIÓN DE LOS CULTIVOS EN EL SISTEMA DE LA AGRICULTURA URBANA

Bernardo Dibut Alvarez

Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt”, Calle 1 y 2 , Santiago de Las Vegas, Ciudad de La Habana, Cuba.

bdibut@inifat.co.cu

RESUMEN

Se ofrece una amplia panorámica sobre los antecedentes, estado actual y perspectiva de los biofertilizantes en Cuba. La descripción de diferentes métodos de aplicación y manejo de los diversos biofertilizantes es también expuesta de forma precisa, lográndose obtener con la reducción de estos productos notables beneficios económicos y sociales para la Agricultura Urbana. Finalmente se describe la vinculación de la actividad científica y empresarial en este sector.

Palabras claves: biofertilizantes, Agricultura Urbana, nutrición.

ABSTRAC

Previously, actual and perspective full revision from cuban biofertilizers is offered. The description of different methods of management and application from to diverse biofertilizers in severed form was exposed too, profiteering to obtained with these bioproducts introduction a big economical and social profits in Urban Agriculture. Finally, the vinculation between science and enterprise activity in these sector is showed.

Words : biofertilizers, Urban Agriculture, nutrition.

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos no se concibe el establecimiento de un sistema orgánico de producción vegetal que no involucre el estudio y aplicación de los microorganismos del suelo, en combinación con el empleo de fuentes y sustratos orgánicos de diverso origen. En este sentido, se han aplicado gran variedad de especies de bacterias, hongos, actinomicetos, levaduras y algas, que con las más diversas funciones y mecanismos fisiológico-bioquímico han contribuido a la nutrición y estimulación del crecimiento, desarrollo y rendimiento en más de 35 especies de plantas de interés agrícola (Lindon y Brandi, 2003; Waldrop y Sinsaboug, 2004; Robertson y Swinton, 2005; Furhmann, 2005).

Así, surgen en la década de los años 30 del pasado siglo los primeros productos biológicos a base de estos microorganismos llamados “ **biofertilizantes** , **fertilizantes biológicos** ó **fertilizantes microbianos**” por la comunidad científica internacional y los empresarios agrícolas, aunque ya los agricultores utilizaban estos organismos en la práctica agrícola muchos años antes, donde imperaba un sistema netamente orgánico de producción vegeta, con mínima labranza y caracterizado por fuentes de agua de

riego muy poco o no contaminadas y en total equilibrio con el ecosistema, lo que facilitaba la protección de los cultivos a expensas del control biológico (Dazzo, 2004; Dibut, 2001).

A partir de finales de los años 70 y hasta la actualidad, se han expuesto en múltiples trabajos científicos y divulgativos las consecuencias desfavorables que trajo consigo la aplicación indiscriminada de los resultados de la revolución verde sobre la calidad del suelo, el agua, el medioambiente y la salud animal y humana, por lo que el llamado realizado a científicos, especialistas y agricultores ha estado dirigido desde entonces a la búsqueda de sistemas sostenibles y sustentables de producción agrícola con el objetivo de preservar y estimular las fuentes de obtención de alimentos en el mundo.

DESARROLLO

En Cuba, a pesar de haber predominado el sistema de quimización agrícola desde finales de los años 40 hasta los últimos años de la década del 80 del pasado siglo, los investigadores y otros productores y funcionarios del sector agrícola prestaron gran preocupación ante el deterioro creciente del agroecosistema; es por esto, que a principios de los años 90, cuando en el país se vio seriamente afectada la adquisición de agroquímicos en el mercado mundial, existía una base fuerte de investigación – desarrollo en la concepción y desempeño experimental-aplicado en la línea agrobiológica, lo que permite en este momento introducir o diseñar tecnologías de bioproductos (biofertilizantes y biopesticidas) que constituyen herramientas indispensables en la nutrición, estimulación y protección de los cultivos, unido al desarrollo de otros frentes como: obtención de nuevas variedades; fertilizantes orgánicos; nuevos enfoques de mejoramiento y conservación de suelos; manejo eficiente del agua; mecanización capacitación multidisciplinaria, entre otros (Martínez Viera, 2003; Dibut, 2005).

Esta estrategia hace factible el diseño de un sistema de producción agropecuaria de carácter orgánico con bases sostenibles de desarrollo y con alto impacto social, reconocido desde 1994 como Sistema Nacional de Agricultura Urbana; que sin dudas, constituye un ejemplo de equilibrio hombre-naturaleza-sociedad.

Los biofertilizantes y bioestimuladores del crecimiento vegetal constituyen biotecnologías que forman parte del subprograma de apoyo “Integración Agroecológica”, dentro del PNAU (Programa Nacional de Agricultura Urbana). Además, como pilares fundamentales para la concepción de una agricultura sustentable con fuertes bases ecológicas, inciden sobremanera en los resultados de producción agrícola que se puedan alcanzar en los 12 subprogramas de cultivos.

Tal es así, que el manejo adecuado de estos bioproductos junto a los fertilizantes orgánicos y el humus constituyen la estrategia actual de insumos priorizados dentro del PNAU.

En este sentido, es de destacar que la concepción y el manejo de estos insumos han logrado satisfacer un esquema integrado e interactivo de nutrición vegetal; sin embargo, esto no solo se debe limitar a la nutrición de las plantas sino a toda la estrategia a seguir en la producción agrícola en este sector que se ha impuesto por sus resultados en el marco socioeconómico y cultural del país. Tal es así, que es nuestra responsabilidad histórica y social concebir un sistema de agricultura que basado en la experiencia acumulada en estos últimos catorce años de establecimiento y desarrollo del PNAU sea capaz de integrar conocimientos, políticas y esfuerzos en función de un sistema intensivo de agricultura con carácter extensivo (manejo biorganomineral de la nutrición, MIP, MAP, uso eficiente del agua, entre otras tecnologías y métodos de avanzada), manteniendo o superando mecanismos eficientes de producción y comercialización agrícolas que garanticen el volumen alimentario requerido por nuestra sociedad, así como exportaciones selectivas de productos que generen recaudación de divisas, y sobre todas las cosas la estimulación monetaria de la producción de alimentos y la calidad de las cosechas y tratamiento post-cosecha, esto último capaz de generar plazas de mercado tanto en frontera como externo.

En este caso, es importante señalar que este tipo de concepción, junto a la incorporación de los biopesticidas de origen microbiano y botánico para el manejo de plagas ha conllevado al éxito económico y ambiental de este programa a diferencias de otros países, incluyendo los más desarrollados, donde la Agricultura Urbana se estableció bajo la línea del consumo de insumos de alto costo (incluyendo químicos), lo cual trajo consigo que el costo de la producción vegetal por metro cuadrado fuera muy alta y por tanto no constituyera una opción atrayente desde el punto de vista económico, unido a otras desventajas de corte ecológico (Martius *et al.*, 2001; Pinton y Nannipiere, 2001).



Fig 1. Obtención de inóculo para la fabricación de biofertilizantes bacterianos.

A continuación se relaciona el accionar de los biofertilizantes en otros aspectos significativos dentro del PNAU:

- El empleo de los biofertilizantes y bioestimuladores contribuyen a cinco de los seis objetivos y a varias de las acciones estratégicas planteadas a desarrollar por el PNAU.
- En relación a las modalidades de producción dentro del movimiento, estos productos, como insumos, forman parte de siete de ellas: organopónicos, huertos intensivos, patios y huertos caseros, parcelas, fincas suburbanas, cultivos domésticos y cultivo protegido.

En la literatura del país, así como en memorias de eventos científicos nacionales e internacionales y otras fuentes de información estatal del Ministerio de Agricultura, se recoge un gran cúmulo de resultados científicos – productivos acerca del efecto de estos biopreparados sobre una amplia gama de especies de importancia económica cultivadas bajo estas modalidades de producción urbana.

- Inciden marcadamente sobre la conservación del suelo, aumentando la fertilidad de los mismos bajo los principios biodinámicos dentro del equilibrio agua – suelo –planta , y por tanto contribuyen a alcanzar una mayor productividad por cada metro cuadrado de área disponible en el perímetro definido por la agricultura urbana.
- Contribuyen a la efectividad que pueda lograrse al aplicar abonos orgánicos, ya que por una vía constituyen productos que confieren un alto valor agregado al compost, y por otra también inciden sobremanera en la mineralización de la materia orgánica, lográndose una mayor disponibilidad de nutrientes para el normal desarrollo de los cultivos.
- Mediante su aplicación en la producción de semillas permiten aumentar el rendimiento de estas entre 5-18%, con la obtención de semillas de alta calidad. En estos momentos se concilian las acciones entre las 176 Fincas Municipales de semillas y los centros productores de biofertilizantes para materializar estas aplicaciones.
- Activa participación en el subprograma de capacitación en el entrenamiento directo a todos los productores sobre el manejo de estos productos, así como en una menor proporción al personal encargado de la fabricación de los mismos, todo como parte del sistema extensionista de la agricultura urbana.
- Al aumentar la biomasa vegetal a través de los mecanismos de estimulación, sobre todo en hortalizas de hojas y frutales, estos productos contribuyen de forma significativa al aumento del volumen alimentario y con ello al suministro de energéticos, proteínas, vitaminas, minerales y fibra vegetal con destino a la población y otros sectores priorizados (escuelas, hospitales, etc.) en el desarrollo del país.

Por otra parte, se ha elaborado la estrategia para aplicar biofertilizantes en más del 50% de las casas de posturas existentes, previéndose cubrir la demanda total para los próximos años. En acápite posterior se podrá constatar sobre el efecto beneficioso de estos biopreparados en la obtención de posturas de alta calidad, incluso en un menor tiempo.

Es cierto que las grandes instalaciones industriales donde se concentraba la fabricación de estos productos a lo largo de todo el país han sufrido en los últimos años varias limitantes para mantener altos niveles de su producción, además de la tarea de redimensionamiento del Ministerio del Azúcar, la que ha conllevado al desmonte de varios Complejos Agroindustriales que incluían plantas productoras de estos bioproductos.

Es por todo esto que el Ministerio de la Agricultura, a través de un nuevo proyecto perteneciente al Programa Ramal de Agricultura Urbana patrocinado por INIFAT e Instituto de Suelos, ha concebido el diseño de nuevas instalaciones “artesanales” para enfrentar estas producciones en los diferentes territorios, incluyendo la completa capacitación del personal.

Para el próximo año ya se concluye la fase de explotación de estos módulos productivos, así como la capacitación de la nueva técnica, la cual ha sido posible establecer gracias a la obtención de un nuevo medio de cultivo el cual permite la obtención de altas concentraciones celulares de los diferentes microorganismos asociativos que conforman la base de los biofertilizantes más empleados y que a su vez permite la aplicación de dosis muy reducidas por unidad de superficie.

Así, de esta forma, actualmente sólo se requiere producir, por ejemplo, la quinta parte del volumen total de biofertilizantes, serie DIMARGON[®], que antes se necesitaba como demanda en todo el país para hoy garantizar aplicar el total del área destinada a la Agricultura Urbana.

Finalmente, es necesario mencionar que desde su creación el Programa Ramal sobre Investigaciones en Agricultura Urbana (Ministerio de la Agricultura) y el Programa de Biotecnología del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, han tenido incluido en su carpeta diferentes proyectos de investigación-desarrollo en materia de obtención y manejo de biofertilizantes y bioestimuladores del crecimiento vegetal a partir de microorganismos beneficiosos del suelo, obteniéndose en esta dirección importantes salidas de resultados aplicados dirigidos a resolver los más variados y complejos problemas y demandas de la producción.

En relación al manejo y métodos de inoculación de estos productos dentro del sistema, los biofertilizantes y bioestimuladores son preparados biodinámicos o biopreparados elaborados a base de suspensiones celulares con una alta población (entre 10^{10} – 10^{12} UFC/mL) que se pueden presentar en forma líquida o soportada sobre sustrato sólido como es el caso de la turba, cachaza o algún otro material.

Estos biopreparados se obtienen, una vez seleccionadas las cepas más efectivas de microorganismos biofertilizadores, a través de procesos de fermentación sumergida, empleando diferentes medios de cultivo y con la ayuda de fermentadores equipados con los aditamentos correspondientes para garantizar el máximo de calidad de estas producciones. En el país, existe una Red Nacional que cuenta con las instalaciones requeridas para la producción de estos biopreparados, liderada por el Ministerio de la

Agricultura e integrada además por el Ministerio del Azúcar y el Ministerio de la Industria Básica.

En este último caso, es de aclarar, que actualmente, el redimensionamiento de la industria azucarera ha incidido sobre la baja capacidad productiva que hoy dispone la red, aunque se analizan diferentes variantes para rescatar estas bioplantitas. Además, la dirección del Polo Científico, unido al esfuerzo de estos y otros organismos del estado, traza nuevas estrategias que permitan recuperar los niveles productivos de estos productos de tan alta demanda por parte de productores y empresarios agrícolas en el país.

Especial atención debe dedicarse al manejo y aplicación de estos biopreparados, ya que de aquí depende el éxito que como producciones biotecnológicas puedan tener al ser empleados como insumos para el desarrollo de los agroecosistemas. Por tanto, es necesario cumplir con todos los aspectos que requiere una adecuada inoculación, sobre todo la dosificación recomendada, la fecha de vencimiento, así como el momento y la metodología de aplicación, entre otras especificaciones recomendadas por el fabricante con el objetivo de lograr una inoculación efectiva para todos los biofertilizantes y bioestimuladores existentes en el mercado (Robertson y Harword, 2001; Dibut, 2005; Reid, 2005) .

Las aplicaciones siempre deben realizarse en horas tempranas del día o en horas avanzadas de la tarde con el objetivo de evitar la fuerte exposición a la radiación solar de los microorganismos recién aplicados e incluso de los propios frascos conteniendo el producto.

Por otra parte, ha de tenerse en cuenta en todo momento el contenido de humedad del suelo; en este caso, las aplicaciones deben realizarse a más de un 60% de la capacidad de retención de agua en campo. El realizar aplicaciones sobre terrenos con menor humedad, incluyendo un contenido de agua crítico es muy discutido en el mundo actual, pero sí esta claro que bajo las condiciones edafoclimáticas de Cuba, no se recomienda proceder a aplicar en este caso ningún tipo de biofertilizante (Reij y Waters-Bayer, 2002; Adi, 2003; Brady y Weil, 2002).

En todo el país, se mantiene una actividad de capacitación dirigida a los productores de forma permanente en relación al manejo de estos biopreparados y la introducción de otros nuevos biofertilizantes que son obtenidos por diferentes instituciones científicas. La estructura del PNAU facilita esta tarea y permite además un fuerte intercambio entre productores, investigadores y dirigentes involucrados a todos los niveles que finalmente desencadena en la transferencia de estas biotecnologías y en el acopio de resultados de investigación-producción en esta temática (Dibut, 2005; Martínez Viera *et. al.* , 2003).

La Dirección Nacional de Suelos del Ministerio de La Agricultura a través de los Laboratorios Provinciales realiza una constante labor en el monitoreo y control de calidad de estos productos, orientando en todo momento a los productores en el uso de los mismos, incluyendo la comercialización. A continuación se desarrolla una síntesis sobre los biofertilizantes recomendados por el PNAU.

En el caso de los biopreparados líquidos, en el INIFAT, se ha desarrollado una nueva tecnología para la fabricación de biopreparados de la serie DIMARGON® elaborado a base de siete microorganismos diferentes, que comprende varios productos comerciales estimuladores, nitrofixadores y solubilizadores del fósforo en el suelo (DIMARGON, DIMAZOS, AZOMEG, ACESTIM, BIOFOSOL, BIOBAC y DIMABAC) y que se aplican a dosis de solo 1 L/ha y 0.5 L/ha para el caso de organopónicos, con ayuda de una motomochila para áreas pequeñas o máquina fumigadora regulada a 3 atmósferas de presión para áreas mayores, en ambos casos, en una solución final de trabajo empleando agua común de aproximadamente 350-400 L/ha y asperjando esta solución en el momento de la siembra sobre el suelo y/o cepellones ; sobre canteros en el caso de sistemas organopónicos o sobre parcelas de huertos o fincas de semilla.

En relación a la forma sólida de aplicación de estos biopreparados, se recomiendan dosis de 1 kg/ha (en base a cachaza, turba ó humus), la cual se pre-disuelve en 10-20 L de agua común y posteriormente se filtra para recuperar la biomasa bacteriana. Esta operación se repite de dos a tres veces con el objetivo de lavar lo más posible el soporte y así obtener el total de células contenidas en el mismo. Seguidamente, se sigue el procedimiento descrito para la forma líquida.

En este caso se encuentra el biofertilizante Fosforina-Plus, obtenido y desarrollado por el Instituto de Suelos, con excelentes resultados como suministrador de fósforo soluble a las plantas, además de estimular los rendimientos en cultivos económicos de forma significativa. Este bioproducto se aplica a razón de 1 kg/ha en base turba y es recomendado para cultivos varios.

Los biofertilizantes a base de las bacterias *Rhizobium sp.* y *Bradyrhizobium japonicum*, desarrollados por los Institutos de Suelos y Pastos y Forrajes, se aplican a dosis de 1 kg/quintal de semilla de leguminosas a tratar, mezclando de forma homogénea (con ayuda de una manta) el inoculante con el volumen de semillas hasta que estas queden totalmente cubiertas. Todo este proceso debe realizarse a la sombra, ya que la radiación solar afecta las bacterias.

Los biofertilizantes a base de hongos micorrizógenos Arbusculares (HMA) desarrollados por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), con denominación comercial ECOMIC®, se aplican por medio de recubrimiento de las semillas en una proporción del 10% de su peso. Generalmente se toma 1 Kg del producto y se mezcla con 600 mL de agua común hasta lograr una consistencia tal que el inóculo se adhiera a la semilla. Una vez recubierta la semilla de forma homogénea se deja secar a la sombra y luego se siembra. En semilleros y Bancos de enraizamiento se aplica 1kg de producto por metro cuadrado, en viveros 10 g debajo (nido) de la semilla en el momento de la siembra y en plantas *in vitro* 3 g por planta en el sustrato de adaptación. En cultivos de ciclo largo establecidos se aplican 200 g/planta después de la cosecha.

En general, todos estos productos logran suministrar a los cultivos entre 20-50% de sus necesidades de nitrógeno y fósforo, excepto el *Rhizobium* que logra suplir más del 80% de nitrógeno; además, estimulan el desarrollo de diferentes órganos del vegetal

mediante la producción de sustancias fisiológicamente activas, incluyendo la mayor adsorción de agua y nutrientes, que finalmente se traduce en mayor crecimiento, desarrollo y rendimiento agrícola, en base a cosechas más sanas.



Fig 2. Efecto de la inoculación del biopreparado ACESTIM sobre explantes de boniato (Izquierda – Control ; Derecha – Inoculado).

En paralelo, es justo destacar, como resultado de esta experiencia, la fuerte actividad de introducción de los biofertilizantes cubanos en otros mercados a través de proyectos de investigación - desarrollo o fórmulas de contratos de asociación económica; estos últimos a cargo de la actividad gerencial de las Empresas CATEC, perteneciente al Ministerio de Agricultura y MERCADU, inscrita al Ministerio de Educación Superior.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Adl, S.M. (2003): Reconstructing the soil food web, In: *The Ecology of Soil Decomposition*, Adl, S.M, Ed., CABI Publishing, Cambridge, MA.
2. Brady, NC, y Weil, RR. (2002): *The Nature and Properties of Soils*, 13 th ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
3. Dazzo, F.B. (2004): Applications of quantitative microscopy in studies of plant surface microbiology, In: *Plant Surface Microbiology*, Varma, A. et.al., Eds., Springer, Germany, 503-550.
4. Dibut Alvarez, B. (2001): Obtención de un bioestimulador del crecimiento y el rendimiento vegetal para el beneficio de la cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencia Agrícolas, Ministerio de la Agricultura, 104 pp.

5. Dibut Alvarez, B. (2005): Biofertilizantes como insumos en agricultura Sostenible, Cosío Eds., México, 154 pp.
6. Fuhrmann, J.J., Microbial metabolism, In: *Principles and Applications of Soil Microbiology*, Sylvia, D.M. et al., Eds., 2nd edition Prentice-hall, Upper Saddle River, NJ (2005).
7. Lindow, S.E and Brondl, M.T, Microbiology of the phyllosphere, *Appl. Environ. Microbiol.*, **69**, 1875-1883 (2003).
8. Martínez Viera, R. B. Dibut, R. García y G. Tejeda (2003): Informe Final del Proyecto "Obtención de un biofertilizante multipropósito para uso de la Agricultura Urbana", La Habana, 75 pp.
9. Martius, C., Tiessen, H., y Vlek, P. L. (2001): The management of organic matter in tropical soils: What are the priorities? *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, **61**, 1-6.
10. Pinton, R., Varanini, Z., y Nannipieri, P.(2001): *The Rhizosphere: Biochemistry and Chemical Substances at the Soil-Plant Interface*, Marcel Dekker, New York.
11. Reid, G. (2005). Microbes and Minerals. En: Soil biology basics. Profitable & sustainable primary industries. [http: www.dpi.nsw.gov.au](http://www.dpi.nsw.gov.au).
12. Reij, C. y Waters-Bayer, A. (2002): Farmer Innovation in Africa: A Source of Inspiration for Agricultural Development, Earthscon Publications, London.
13. Robertson, G.P. y Harword, R.R (2001): Sustainable agricultura, In: *Enciclopedia of Biodiversity*, Levin, S.A, Ed., Academia Press, New York, 99-108.
14. Robertson, G.P. y Swinton, S.M (2005): Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: A grand challenge for agricultura, *Front, Ecol. Environ*, **3**, 38-46 .