

Nota técnica

PRÁCTICAS AGRÍCOLAS SOSTENIBLES QUE INCREMENTAN LOS RENDIMIENTOS DE DIFERENTES CULTIVOS EN SANCTI SPÍRITUS, CUBA

Kolima Peña^{1*}, Juan Carlos Rodríguez*, Dilier Olivera*,
Pedro Fidel Fuentes*, Jorge Félix Melendrez*

Palabras clave: Hortalizas; granos; cobertura muerta; biofertilizantes; agricultura sustentable.

Keywords: Vegetables; grains; mulch; biofertilizers; sustainable agriculture.

Recibido: 26/10/15

Aceptado: 31/05/16

RESUMEN

Esta investigación tuvo como escenario 4 agroecosistemas de la Provincia de Sancti Spíritus, Cuba. Se estudió la respuesta productiva de diferentes cultivos de hortalizas y granos a la cobertura muerta dispuesta sobre el suelo y al empleo de biofertilizantes en condiciones experimentales de campo y en diferentes tipos de suelo. Dentro de las hortalizas se evaluó la cebolla (*Allium cepa* L.) y el tomate (*Solanum lycopersicum* L.); para ambas se utilizó diferentes tipos de cobertura muerta sobre el suelo. Con los granos, se empleó Fitomas-E y Biobras 16 en el cultivo del frijol () y microorganismos eficientes en maíz (*Zea mays* L.). El diseño experimental para los 4 experimentos fue de bloques al azar. En todos el rendimiento de los cultivos fue superior en las variantes tratadas en relación con el control. Cuando se usó cobertura muerta en cebolla y tomate, el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento con restos de cosecha de arroz: 14,08 y 31,25 t.ha⁻¹, respectivamente. En el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) la mejor combinación fue la aplicación conjunta de Fitomas E y Biobras 16, con un rendimiento de 2,23 t.ha⁻¹. La producción de maíz fue superior en más del 50% cuando se usó microorganismos eficientes

ABSTRACT

Sustainable agricultural practices to increase the yields of different crops, in Sancti Spiritus, Cuba. The present research took place in 4 agro-ecosystems of the Sancti Spiritus province, Cuba. The productive response of different crops of vegetables and grains to coverage residues on the ground, and to the use of biofertilizers under field experimental conditions and in different types of soil were studied. Among the vegetables, onion (*Allium cepa* L.) and tomato (*Solanum lycopersicum* L.) were evaluated; for both, different types of dead coverage on the floor were used. In the of grains, Fitomas- E and Biobras 16 were used on the bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.) and efficient microorganisms in corn (*Zea mays* L.). The experimental design for the 4 experiments was of random blocks. In all experiments the crop yield was higher in treated variants, as compared to the control treatment. When dead coverage was used in onion and tomato, the highest yield was obtained with the remains of rice harvest: 14.08 and 31.25 t.ha⁻¹ respectively. In the bean crop, the best combination was the joint implementation of Fitomas E and Biobras 16, with a yield of 2.23 t.ha⁻¹. Corn production was higher by more than 50% when efficient

1 Autora para correspondencia. Correo electrónico: Kolima@uniss.edu.cu

* Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez, Facultad de Ciencias Agropecuaria, Departamento de Agronomía, Cuba.

en correspondencia con la variante control. Las prácticas agrícolas evaluadas contribuyeron a mejorar la respuesta productiva en todos los cultivos donde fueron aplicadas.

microorganisms were used in correspondence with the control variant. The agricultural practices evaluated contributed to improve the productive response in all crops where they were applied.

INTRODUCCIÓN

En Cuba después de 1959 la agricultura se basó en el modelo de la Revolución Verde y se importaban el mayor porcentaje de los insumos necesarios para la producción agrícola. Como consecuencia se desarrolla una agricultura no sostenible, que significaba un gran impacto sobre el ambiente y los recursos naturales, además de una dependencia de insumos que importar. Por ello, con el derrumbe del campo socialista, las producciones agrícolas descienden en un 50%, y fueron mayormente afectadas las fincas de los pequeños agricultores. De esta forma aumentó la necesidad de doblar la producción de alimentos con una reducción a la mitad los insumos y mantener al mismo tiempo la producción de cultivos de exportación (Martínez y Dibut 2012).

En la búsqueda de vías para aumentar la producción de alimentos, surgió una forma de desarrollo de la agricultura, basada en principios ecológicos, que interpreta el sistema agrícola de manera holística y en el que se conciben técnicas para el manejo del clima (Fonseca 2013).

En los últimos años para procurar hacer más eficientes los sistemas productivos, (Peña *et al.* 2016) distintas industrias agroquímicas han dispuesto en el mercado complejos nutritivos que contienen micronutrientes, aminoácidos, y extractos vegetales, denominados “promotores de crecimiento o bioestimulantes”.

En esas condiciones el área agroalimentaria ha pasado a jugar un papel fundamental en la economía cubana e indispensable para el bienestar del pueblo. Según lo anterior son temas fundamentales para la suficiencia agrícola del país, la búsqueda de alternativas productivas sostenibles

y ecológicas como el empleo de bioestimulantes y biofertilizante de producción nacional, la capacitación de la fuerza, la utilización de métodos agro ecológicos como las coberturas muertas, el estudio de variedades, la obtención de semillas de calidad, entre otros (Peña *et al.* 2013).

Además como potencialidades de la región se producen en las fincas volúmenes de biomasa vegetal que puede ser utilizada como cobertura muerta de suelo en lugar de eliminarla con quemas como ocurre comúnmente. Otra ventaja es la producción de productos biológicos como el Fitomas E, el Biobras 16 y los microorganismos eficientes, que muchas veces por el desconocimiento de su efectividad, no son usados adecuadamente por los agricultores.

Con esta investigación se podrá conocer el comportamiento productivo de varios cultivos ante diferentes prácticas agrícolas ecológicas y sostenibles. Según lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar de forma independiente el efecto de diferentes rastrojos de plantas, expuestas como cobertura muerta sobre el suelo, en el cultivo de la cebolla y el tomate respectivamente. Por su parte en los cultivos de granos se evaluó la respuesta productiva a diferentes biostimulantes como el Fitomas E y Biobras 16 para el cultivo del frijol y los microorganismos eficientes en plantas de maíz, todos estos de producción nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento 1

Se realizó en la Finca “La Ceja”, Banao, Sancti Spíritus, Cuba (21°49'42,31"N

79°34'08,83''O). El cultivo evaluado fue la cebolla variedad "Ciban" y según la estación meteorológica provincial de Sancti Spíritus la temperatura media durante el ciclo del cultivo fue de 23,26°C, la humedad relativa de 77% y la precipitación pluvial de 70,1 mm.

El tipo de suelo donde se ubicó el experimento fue Ferralítico Rojo Lixiviado sobre esquistos (Hernández *et al.* 2015) que se puede correlacionar con Nitisol Ródico Éútrico según el World Reference Base 2014. Son suelos muy evolucionados, de perfil ABtC, profundos con horizonte Bt argílico de color rojo a rojo amarillento que se caracteriza por tener propiedades náticas, con predominio de arcillas del tipo 1:1 y óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio. La pendiente promedio de todas las parcelas evaluadas no superó el 3%, considerada como poco ondulada. Esto es una característica importante que se consideró en el diseño, pues en función de la pendiente podría ser mayor o menor el grado de absorción de agua donde se usa la cobertura, así como la erosión en las parcelas control.

El riego fue por gravedad a intervalo de 3 a 4 días y el control de las arvenses fue manualmente con el empleo de azadón solamente en las parcelas control, ya que en las cubiertas solo fue necesario la realización de 2 escaldes ligeros. Los materiales utilizados como cobertura se obtuvieron en la propia finca y se secaron previamente al sol, ninguna se utilizó recién cortada.

El diseño experimental desarrollado, fue bloques completos al azar con 3 tratamientos y 3 réplicas. Las parcelas tenían 6 m de largo por 1,40 m de ancho. Se sembraron 5 surcos en cada parcela con un marco de siembra de 0,35 x 0,10 m, de los cuales se evaluaron de los 3 surcos centrales 20 plantas para un total de 60 por tratamiento y el método de siembra utilizado fue el trasplante.

Los tratamientos utilizados fueron: tratamiento 1: suelo cubierto con paja de arroz 20 t.ha⁻¹, tratamiento 2: suelo cubierto con hojas de vetiver (*Crypsopogon zizanioides*) 20 t.ha⁻¹ y tratamiento 3: suelo descubierto. La cobertura se dispuso en toda el área de la parcela, o sea se

cubrió tanto el espacio entre líneas como entre plantas. El espesor de la misma fue de 4-5 cm. Para todos los tratamientos se fertilizó con la fórmula completa a los 15 días después del trasplante y una nitrogenada a los 40 días. Las variables dependientes fueron hojas por planta, altura de la planta, ambas evaluadas antes del bulbo, diámetro del bulbo, altura del bulbo y rendimiento agrícola en la cosecha.

Para el análisis de los datos se empleó el programa estadístico SPSS versión 15.1.0 (2006) para Windows. Para la normalidad de los datos se hizo la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para las hojas por planta se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis y prueba U de Mann-Whitney. En el caso de altura de la planta, diámetro, altura del bulbo y los rendimientos se hizo un análisis de varianza simple y la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Experimento 2

El experimento se realizó en la Finca La Culebra de la Cooperativa de Crédito y Servicio (CCS) Paquito Rosales situada al suroeste del municipio cabecera de la provincia de Sancti Spíritus, (21°44'16,47''N 79°27'45,94''O). El cultivo evaluado fue el tomate y la variedad empleada fue la Amalia. Se utilizó como método de siembra el trasplante con un marco de plantación de 0,90 x 0,40 m. Según la estación meteorológica provincial de Sancti Spíritus la temperatura media durante el ciclo del cultivo fue de 23,8°C, la humedad relativa de 78% y la precipitación pluvial de 47,9 mm.

El tipo de suelo fue Cambisol según World Reference Base (WRB 2014). Es un suelo de perfil ABC, de mediana a poca profundidad, de color pardo a pardo oscuro y en ocasiones colores verde azules cuando existen condiciones de oxidación en el medio, por el mal drenaje o compactación. Son suelos arcillosos con predominio de arcillas del tipo 2:1 Montmorillonita. Representa estadios jóvenes de formación del suelo y entre sus mayores limitantes agro productivas se encuentra la poca profundidad efectiva y la susceptibilidad a la compactación, cuando

no son manejados adecuadamente. La pendiente promedio de todas las parcelas evaluadas no superó el 3%, considerada como poco ondulada. Esto es una característica importante que se tuvo en cuenta en el diseño, dado que en función de la pendiente podría ser mayor o menor el grado de absorción de agua donde se usa la cobertura, así como la erosión en las parcelas control.

La plantación se condujo bajo criterios de mínimos insumos, sin la utilización de fertilizantes, ni plaguicidas sintéticos porque la incidencia de plagas y enfermedades no llegó al umbral de afectación económica. El riego fue por aniego a través de canales y se distribuyó el agua por surcos. Para el control de las arvenses no fue necesario el empleo de herbicidas solo se hicieron en las parcelas cubiertas escaldes ligeros y en el tratamiento control fue necesario realizar 3 labores de deshierbe con azadón.

El diseño experimental usado fue bloques al azar con 4 tratamientos y 4 réplicas. El tamaño de la parcela fue de 36 m², con una defensa interna de 0,5 cm por cada lado para un área de cálculo de 25 m² de donde se seleccionaron y marcaron 20 plantas para un total de 80 a evaluar por tratamiento.

Los tratamientos fueron: Tratamiento 1: suelo cubierto con restos de cosecha de arroz (*Oryza sativa* L.). Tratamiento 2: suelo cubierto con hierba guinea (*Panicum máxima* Jacq). Tratamiento 3: suelo cubierto con hojas de plátano (*Musa paradisiaca* L.) y tratamiento 4: suelo descubierto (control).

Los materiales utilizados como cobertura se obtuvieron en la propia finca y se secaron previamente al sol, ninguna se utilizó recién cortada. La disposición de la cobertura se realizó 15 días después del trasplante, el espesor de la misma fue entre 4 y 5 cm y se distribuyó en los espacios entre surcos y plantas. Las evaluaciones fueron realizadas en el área de cálculo.

Las variables dependientes fueron: frutos por planta (n), obtenidos de la suma de todos los frutos de las plantas seleccionadas, en las diferentes cosechas. Diámetro de los frutos (cm), masa de los frutos (g) de la primera cosecha de

las plantas seleccionadas y el rendimiento (t ha⁻¹). Se hicieron 3 cosechas y el rendimiento fue calculado a partir de la suma total por cada parcela.

Para el análisis de los datos se empleó el paquete estadístico SPSS versión 15.1.0 (2006) para Windows. Al diámetro de los frutos y el rendimiento se le realizó un análisis de varianza unifactorial previa comprobación de la normalidad de los datos (prueba de Kolmogorov – Smirnov) y de la homogeneidad de varianza (Dóxima de Levene). Cuando existieron diferencias significativas entre las medias, se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan. En las variables número de frutos y masa de los frutos por no existir homogeneidad de varianza, los datos se procesaron mediante la prueba no paramétrica Kruskal–Wallis y donde se encontró diferencia significativa se aplicó la prueba U de Mann–Whitney para determinar el nivel de significación entre tratamientos.

Experimento 3

El experimento se realizó en condiciones de producción en la Finca “Plátano Negro” perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios Fortalecida (CCSF) “Carmelo Noa” ubicada en el municipio Jatibonico provincia de Sancti Spíritus, Cuba (21°56′28,88″N 79°10′11,07″O). El suelo de la finca se clasifica como Fluvisol diferenciado según World Referente Base (WRB 2014). La siembra del frijol fue realizada el 15 de enero del 2014 y la variedad objeto de estudio fue la Borinque jaspeado. La temperatura media durante el experimento fue de 23,9°C, humedad relativa media 74% y la precipitación pluvial 70,1 mm.

El diseño experimental que se utilizó fue el de bloques al azar con 2 tratamientos y 8 réplicas. Se marcaron y evaluaron 20 plantas por parcelas escogidas al azar para un total de 80 observaciones por tratamientos. Las parcelas fueron de 25 m² para un área experimental de 0,04 ha. La defensa interna de 0,5 m y el área de cálculo de 16 m². Las aplicaciones fueron vía foliar y el riego fue por aniego a partir de las normas técnicas para el cultivo del frijol (MINAG 2010).

El control de las arvenses fue manualmente con el empleo de azadón.

Los tratamientos fueron: Tratadas: Fitomas E (2,0 l.ha⁻¹) + Biobras 16 (0,12 l.ha⁻¹) y Control: no aplicación de bioestimulantes.

Para el tratamiento 1, la primera aplicación combinada se realizó cuando la planta alcanzó de 4 a 6 hojas, la segunda al inicio de floración y la tercera en la etapa de formación del fruto. En ambas variantes se trató la semilla con EcoMic 1,0 kg por 46 kg de semillas y *Trichoderma harzianum* 0,5 kg por 46 kg de semilla. Se realizó otra aplicación de este hongo antagonista a razón de 6,0 kg.ha⁻¹ cuando las plantas presentaron las 4 primeras hojas.

El Fitomas E es un producto biológico que en su composición tiene como ingredientes activos extracto orgánico 150 g.l⁻¹, nitrógeno total 55 g.l⁻¹, K₂O 60 g.l⁻¹, P₂O₅ 31 g.l⁻¹. El extracto orgánico es rico en aminoácidos, péptidos de bajo peso molecular, bases nitrogenadas y sacáridos biológicamente activos, derivados de la industria azucarera. El Biobras 16, el ingrediente activo es un análogo de brasinoesteroides, 1 g.l⁻¹, obtenido a partir de compuestos naturales con actividad estimuladora del desarrollo vegetal. Otro producto usado fue el EcoMic que es un inoculante sólido a base de cepas de hongos micorrízicos arbusculares del género *Glomus* (LABIOFAM 2014).

Las variables dependientes fueron vainas por planta, granos por vainas, granos por planta y el rendimiento agrícola. Todas las evaluaciones a excepción del rendimiento se realizaron en las 20 plantas por parcelas seleccionadas en el área o superficie de cálculo. Las vainas por planta, granos por vainas y granos por planta se evaluaron en el momento de la cosecha. Para determinar la masa de 100 granos se tomaron 4 muestras por parcela y se determinó su masa en una balanza digital marca Sartorius, de precisión $\pm 0,01$ g. El rendimiento agrícola se obtuvo al determinar la masa de la producción de las parcelas de forma independiente y se expresó en t.ha⁻¹.

Para el análisis de los datos se empleó la herramienta estadística SPSS versión

15.1.0 (2006) para Windows. Todas las variables estudiadas fueron procesadas mediante la prueba T para datos con homogeneidad de varianza, Test de Levene, previa comprobación de la distribución normal de los datos, Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Experimento 4

El experimento se realizó en áreas de la Cooperativa de Crédito y Servicios Camilo Cienfuegos ubicada en Las Nuevas, Municipio La Sierpe, Sancti Spíritus (21°46'18,01"N 79°16'06,21"O). En un suelo *Nitisol Ródico Éutrico* (WRB 2014). La siembra del maíz se realizó de forma manual el 11 de marzo 2014. La temperatura media durante el ensayo fue de 25,2°C, humedad relativa 76% y precipitación pluvial 145 mm según estación meteorológica provincial de Sancti Spíritus. El diseño experimental que se utilizó fue el de bloques al azar con 2 tratamientos y 8 réplicas. Las parcelas fueron 36 m² con un área de cálculo de 25 m² y el marco de plantación fue 0,80 m x 0,33 m. Se marcaron y evaluaron 20 plantas por parcelas escogidas al azar para un total de 80 observaciones por tratamiento.

El bioproducto se obtuvo del laboratorio de producción de la Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez con la tecnología EM según (Olivera *et al.* 2014). Los EM son un cultivo mixto de microorganismos sin modificación genética amigables con el medio ambiente que proporcionan a las plantas nutrientes esenciales y contribuyen en la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

La primera aplicación de microorganismos eficientes se hizo en siembra con el objetivo de contribuir al establecimiento de los mismos en el suelo. El resto fue semanal con aspersor manual de espalda con 16 litros de capacidad en horas de la mañana para evitar la influencia del sol, pero cuando ya estaba evaporado el rocío. Además se tuvo en cuenta la lluvia y el riego para evitar el arrastre por escorrentía. Los tratamientos fueron, A: microorganismos eficientes a una solución de 100 ml.l⁻¹ de agua y B: control sin biofertilizante.

Las variables evaluadas en el momento de la cosecha en estado tierno fueron la cantidad de mazorcas por planta, masa de las mazorcas (kg) con y sin paja, hileras por mazorca y granos por mazorca.

Para el análisis de los datos se empleó la herramienta SPSS versión 15.1.0 (2006) para Windows. Para determinar la normalidad y homogeneidad de los datos se hicieron las pruebas declaradas en los experimentos anteriores y a los componentes del rendimiento se aplicó la prueba no paramétrica Mann-Whitney.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1 cobertura muerta en cebolla

En el Cuadro 1 se observa la influencia del uso de la cobertura muerta de suelo sobre el comportamiento agroproductivo del cultivo de la cebolla. En las hojas por planta hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos cubiertos con respecto al control con un incremento de 20,77 y 20,56% respectivamente.

Cuadro 1. Experimento 1, influencia de los tratamientos en el comportamiento agroproductivo de la cebolla.

T	H/P	A/P (cm)	D/B(cm)	A/B(cm)	R (t.ha ⁻¹)
RCA	5,99±0,23 a	35,66±8,32 a	5,91±0,21 a	6,9±0,26 a	14,08±4,35 a
vetiver	5,98±0,42 a	33,37±7,21 b	5,63±0,33 a	6,1±0,22 a	13,83±3,92 a
control	4,96±0,61 b	26,92±9,50 c	4,23±0,28 b	5,6±0,21 b	9,50±4,94 b
E. E	0,017	1,752	0,071	0,092	0,501

(valor medio ± desviación estándar).

Medias con letras desiguales en una misma columna difieren significativamente para $p < 0,05$. T: tratamientos, RCA: restos de cosecha de arroz, H/P: hojas por planta, A/P: altura de las plantas, D/B: diámetro del bulbo, A/B: altura del bulbo, R: rendimiento.

En la altura de las plantas hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los 3 tratamientos y el mejor comportamiento fue el de la variante donde se cubrió el suelo con restos de cosecha de arroz, el incremento con respecto al control fue de 32,47%. En el diámetro y altura del bulbo el mejor comportamiento fue de las variantes cubierta tanto con restos de cosecha de arroz como con vetiver (*Crysopogon zizanioides*).

En el rendimiento, el comportamiento fue similar ya que no hubo diferencias significativas entre las variantes cubiertas pero sí con respecto al control. Los incrementos con respecto a este fueron de 48,21% con restos de cosecha de arroz y de 45,58% vetiver.

Estos resultados son muy satisfactorios ya que en los tratamientos cubiertos se lograron rendimientos por encima de la media nacional 12,72 t.ha⁻¹ Anuario Estadístico de Cuba (ONE 2014).

Este comportamiento pudo presentarse porque en los tratamientos donde se utilizaron las coberturas, mejoraron significativamente las propiedades del suelo, favoreció una mayor retención de humedad y por ende menor riego que es fundamental para este cultivo. Disminuyó el efecto de las altas temperaturas, aspecto que estabilizó la macro y microbiología del medio edáfico, en relación con el suelo descubierto que estaba expuesto a las condiciones convencionales de cultivo. Si se tiene en cuenta que este tipo de suelo presenta características químicas no favorables por las arcillas presentes (1:1), son suelos que precisan ser irrigados con frecuencia, además presentan baja CTC y fertilidad natural (Hernández *et al.* 2013). Todas estas características fueron favorecidas con el empleo de la cobertura del suelo.

Resultados similares fueron descritos por López (2009) quien, por medio de diferentes coberturas en el cultivo del ajo (*Allium sativum* L.), alcanzó mayor tamaño y masa final de los bulbos en los tratamientos con cobertura en comparación donde no se emplearon coberturas. Este autor atribuyó esos resultados a los efectos positivos que proporciona la cobertura del suelo a las plantas, como son una mayor retención de humedad, disminución de la temperatura radicular de las plantas, aumento de la materia orgánica semi-descompuesta por la acción de los microorganismos del suelo, menores labores culturales,

disminución de pérdidas del suelo por erosión entre otras.

Experimento 2 cobertura muerta en tomate

En la variable frutos por planta (Cuadro 2) no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con cobertura y sí de ellos con respecto al control. En el diámetro de los frutos el mejor comportamiento fue el de la variante con restos de cosecha de arroz, la que difirió del resto de los tratamientos cubiertos y del control. Lo que pudo estar influenciado por la mayor homogeneidad de la paja de arroz en relación con el resto de las coberturas y el control.

Cuadro 2. Experimento 2, influencia de los tratamientos en el comportamiento agroproductivo en el cultivo del tomate.

Tratamientos	F/P	D/F (cm)	M/F (g)	R (t.ha ⁻¹)
R. arroz	17,47±3,64 a	6,30±0,92 a	102,64±34,87 a	31,25±4,39 a
Guinea	16,20±4,90 a	6,09±0,94 b	94,72±35,35 b	30,97±5,55 a
H. plátano	15,42±5,75 a	6,00±0,87 b	89,32±33,72 c	23,37±2,89 b
control	12,25±4,52 b	5,76±0,85 c	79,36±31,95 d	16,69±5,86 c
E.E	0,403	0,019	0,715	1,892

(valor medio ± desviación estándar).

Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para $p < 0,05$. F/P: frutos por planta, D/F: diámetro de los frutos, M/F: masa de los frutos, R: rendimiento.

El comportamiento en la masa de los frutos fue similar (Cuadro 2) ya que la variante con restos de cosecha de arroz tuvo un incremento con respecto al control de 23,28 g. En la variable rendimiento los 3 tratamientos con cobertura difirieron estadísticamente del control con incrementos superiores al 50% del tratamiento con resto de arroz y guinea y de 40,02% del tratamiento con hojas de plátano.

Este comportamiento se debe a que se crean condiciones físicas y químicas favorables en los suelos cubiertos, fundamentalmente en lo que respecta a retención de humedad, menor temperatura, aumento de la materia orgánica y flora microbiana, resultados que concuerdan con los planteados por (Fuentes *et al.* 2008).

Además según Peña *et al.* (2013) al mantener la plantación libre de malezas con el uso de las coberturas es otro aspecto que favorece el número de frutos por planta y el rendimiento en el tomate ya que se elimina la competencia que establece el cultivo con las plantas arvenses.

Por otra parte Martínez *et al.* (2011) reportaron que cuando utilizaron diferente restos de cosecha como cobertura de suelo en cultivos como la acelga (*Brassica rapa* L.), la lechuga (*Lactuca sativa* L.) y la remolacha (*Beta vulgaris* L.) aunque no obtuvieron diferencias significativas entre el control y todos los tratamientos cubiertos, sí obtuvieron una tendencia a un valor menor del rendimiento en los canteros sin cobertura.

También existen investigaciones que demuestran la importancia de la cobertura vegetal para el mejoramiento de la diversidad biológica del suelo con incrementos sobre todo de los Oribátidos y en menor medida los Colémbolos, Gamasinos y Astigmados lo que repercute de forma positiva en la fertilidad de los suelos y finalmente en el rendimiento de los diferentes cultivos (Robaina *et al.* 2010).

Otros investigadores como Peña *et al.* (2015) determinaron que la cobertura del suelo con biomasa vegetal seca, disminuyó significativamente la temperatura y la pérdida de calor del suelo independientemente del tipo de cobertura utilizada. Este resultado influyó positivamente

en el incremento de la producción de este cultivo, que requiere temperaturas de suelo relativamente bajas para expresar su potencial genético.

Experimento 3 bioestimulantes en frijol

En la variable vainas por planta (Cuadro 3) el mejor comportamiento fue del tratamiento donde se aplicaron estos promotores del crecimiento, pues superó la prueba de control en 4,39 vainas por planta. De igual manera en los granos por planta hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los 2 tratamientos donde la variante combinada superó al control 27,52 granos por planta. Sin embargo en los granos por vainas no existieron diferencias entre los tratamientos.

Cuadro 3. Experimento 3, influencia de los tratamientos en el comportamiento agroproductivo del cultivo del frijol.

Variables	F+B	Control	E.E
Vainas por planta	10,54±0,91 a	6,15±0,75 b	0,132
Granos por vaina	5,70±0,93 a	5,30±0,90 a	0,143
Granos por planta	60,05±10,98 a	32,53±6,48 b	1,228
Masa de 100 (g)	21,61±0,49 a	21,47±0,96 b	0,192
Rendimiento (t.ha ⁻¹)	2,23±0,18 a	1,20±0,21 b	0,065

(valor medio ± desviación estándar).

Medias con letras desiguales en la misma fila difieren para $p < 0,05$. F+B: Fitomas E + Biobras 16.

En la masa de 100 granos no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo en el rendimiento la aplicación combinada de Fitomas E y Biobras 16, superó al control en 1,03 t.ha⁻¹.

Aunque los resultados del tratamiento control no superaron el uso de esta alternativa, se consideraron muy favorables para la zona y el país, ya que en Cuba la superficie cultivada de este grano en el 2014 fue de 129 991 hectáreas las que produjeron 131 845 toneladas, con un rendimiento promedio de 1,01 t.ha⁻¹ (ONE 2014).

Los resultados alcanzados demostraron el efecto positivo y sinérgico que se establece entre ambos productos en el interior de la planta, los

que han sido reportados por varios investigadores entre ellos Alarcón *et al.* (2012) reportaron que la aplicación del Biobras 16 y Fitomas E favoreció notablemente el rendimiento del tomate al lograrse incrementos significativos en comparación con las plantas controles. Destacándose con los mejores resultados la combinación de Biobras 16 (0,01 mg.l⁻¹) + Fitomas E (0,10 ml.m⁻²) con un rendimiento de 58,13 t.ha⁻¹ y una ganancia de 7851,09 \$.ha⁻¹.

Pulido *et al.* (2013) reportaron beneficios en el desarrollo del cultivo del tomate con el empleo del Fitomas E y el Biobras 16 donde el número de frutos totales por planta se incrementó significativamente ($p < 0,05$) en los tratamientos

donde se aplicó 0,1 ml.l⁻¹ Biobras 16 y el Fitomas E 7,0 ml.l⁻¹ (12,45 y 12,15 frutos por planta), alcanzándose el menor número en el control como promedio 10,5 frutos por planta.

Guevara *et al.* (2013) también reportaron en el cultivo del frijol con el uso de diferentes dosis de Fitomas E un incremento de los tratados con respecto al control como promedio de 23,14% en las legumbres por planta y de 36,82% en los granos por legumbre.

Experimento 4 microorganismos eficientes en maíz

La influencia de los tratamientos en el comportamiento agroproductivo del cultivo de maíz experimento 4 se observa en el Cuadro 4. En cuanto a las mazorcas por planta hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el tratamiento con Microorganismos eficientes y el control con un incremento de 15,88%. En la masa de las mazorcas con paja también hubo diferencias

Cuadro 4. Experimento 4, influencia de los tratamientos en el comportamiento agroproductivo del cultivo del maíz.

Variables	UM	M. Eficientes	Control	E.E
Mazorcas por planta	u.	1,97±0,15 a	1,70±0,46 b	0,077
Masa con paja	g.	262±0,05 a	228±0,04 b	0,267
Masa sin paja	g.	135±0,04 a	104±0,02 b	0,185
Hileras por mazorca	u.	14,92±2,17 a	13,14±1,91 b	0,377
Granos por mazorca	u.	431,23±91,62 a	322,22±93,50 b	0,220

(valor medio ± desviación estándar).

Medias con letras desiguales en la misma fila difieren para $p < 0,05$.

significativas ($p < 0,05$) entre ambos tratamientos y el incremento de la variante con microorganismos con respecto al control fue de 14,91%. Un comportamiento similar fue el de la variable masa de la mazorca sin paja con un incremento de 29,81% del tratado con respecto al control.

Este comportamiento puede estar atribuido a la acción benéfica que realizan los microorganismos en el sistema suelo-planta (rizosfera) que podrían acelerar el proceso de reciclaje de nutrientes disponible para las plantas (Higa *et al.* 1994) y garantizar un mayor crecimiento y desarrollo de las parcelas inoculadas con respecto al control.

Por su parte este cultivo de microorganismos presentan en su composición variedades y diversidad de géneros y especies nativas del suelo, como es el caso del *Rizobium* quien presenta una elevada capacidad para solubilizar el fósforo

contenido en el suelo, lo que es una de las mayores limitantes del tipo de suelo donde se desarrolló la investigación. Otro proceso no menos importante, es la producción de fitohormonas por parte de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal, particularmente el ácido indol acético (AIA). Mediante su liberación por parte de los microorganismos, se estimula el crecimiento de los cultivos a partir de diferentes mecanismos fisiológicos (Camelo *et al.* 2011).

En las variables hileras por mazorca y granos por mazorcas también se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ambos tratamientos donde el mejor comportamiento fue alcanzado por la variante donde se usaron los microorganismo eficientes con un incremento con respecto al control de 13,55 y 33,83% respectivamente.

Además se puede apreciar que si se tienen en cuenta la producción de maíz sin paja por planta, en áreas con poblaciones similares, se obtendría una producción superior en 51,98% en los tratados con microorganismos eficientes que en el control. Resultados positivos también alcanzaron Terry *et al.* (2005) con la aplicación de microorganismos benéficos en el cultivo del tomate y obtuvieron un incremento de los rendimientos de 12,69%.

LITERATURA CITADA

- Alarcón, A; Barreiro, P; Alarcón, A; Díaz, SY. 2012. Efecto del Biobras 16 y el Fitomas E en algunos indicadores del crecimiento y el rendimiento del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad "Vyta". Revista Granma Ciencia 16(1):1-10.
- Camelo, M; Vera, SP; Bonilla, R. 2011. "Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal". Revista CORPOICA. Ciencia y Tecnología Agropecuaria 12(2):159-166.
- Fonseca, R; Molinet, D; Arias, F; Agüero, Y; Torres, M. 2013. Efecto de los hongos micorrizógenos arbusculares (cepa *Glomus fasciculatum*) y la materia orgánica en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Granma Ciencia 17(2):12-22.
- Fuentes, P; Peña, K; Cristo, M. 2008. Sistema de siembra con cobertura en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.), I: Efecto sobre los rendimientos. Cuadernos de Fitopatología. Revista de Fitopatología y Entomología 84(2):10-13.
- Guevara, TE; Méndez, GJC; Vega, LJ; González, POS; Puertas, AA; Fonseca, CJ. 2013. Influencia de diferentes dosis de FitoMas-E en el frijol común. Centro Agrícola 40(1):39-44.
- Hernández, A; Pérez, JM; Bosch, D; Castro, N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Ediciones INCA. Mayabeque, Cuba. 93 p.
- Hernández, AM; Morales, MO; Ascanio, Y; Borges, D; Vargas, YA. 2013. Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores, de "La llanura roja de la Habana". Cultivos Tropicales 34(3):45-51.
- Higa, T; Parr, JF. 1994. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment Vol. 1, 16 p. Atami, Japan: International Nature Farming Research Center.
- LABIOFAM. 2014. Vademecum. La Habana, Cuba: Palcograf. 303 p.
- López, M. 2009. Contribución al manejo de prácticas orgánicas y sostenibles a través del uso de coberturas muertas en el cultivo del ajo (*Allium sativum* L.). En Memorias Seminario Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) (p. 16-18). La Habana, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).
- Martínez, R; Dibut, B. 2012. Biofertilizantes bacterianos. La Habana, Cuba, Editorial científica técnica. 279 p.
- Martínez, R; Grillo, E; Orellana, R. 2011. Uso de materiales locales como arrope para contribuir a la eficiencia de los sistemas productivos. Agricultura Orgánica 17(1):35-36.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura, Cuba). 2010. Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones de Granos, Instituto de Investigaciones del Tabaco. Guía Técnica del Cultivo del Frijol Común. 12 p.
- Olivera, D; Ayala, J; Calero, A; Santana, M; Hernández, A. 2014. Prácticas agroecológicas en la provincia de Sancti Spiritus. Microorganismos eficientes (EM) una tecnología apropiada sobre bases agroecológicas. In Neder, RT; Murilo, F. (eds.), Ciência, tecnologia, sociedade (cts) na construção da agroecologia. Brasília, Brasil, Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina / NEPEAS. p. 77-83.
- ONE (Oficina Nacional de Estadística, Cuba). 2014. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Producción agrícola por cultivos seleccionados. Ed. 2015, Cienfuegos, Cuba. 33 p.
- Peña, K; Rodríguez, JC; Meléndrez, JF. 2015. Beneficios de la cobertura muerta para el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Sancti Spiritus, Cuba. Infociencia 19(2):1-12.
- Peña, K; Rodríguez, JC; Meléndrez, JF. 2016. "El VIUSID agro una alternativa en el incremento de la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)" (en línea). Revista Caribeña de Ciencias Sociales. 6 p. Consultado junio 2016. Disponible en <http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/05/viusid.html>
- Peña, K; Rodríguez, JC; Olivera, D. 2013. Coberturas muertas y regulación de arvenses en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Agricultura Orgánica 19(4):32-35.
- Pulido, J; Soto, R; Castellanos, L. 2013. Efecto del Biobras 16 y el Fitomas E en el tomate de crecimiento indeterminado en casas de cultivo protegido. Centro Agrícola 40(1):29-34.
- Robaina, N; Socarrás, A; Pérez, D. 2010. Importancia de la cobertura vegetal para el mejoramiento de la diversidad biológica del suelo. Agricultura Orgánica 16(2):30-31.

- SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, USA). 2006. Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), version 15.0.1. Chicago, USA: SPSS Inc. Programa estadístico.
- Terry, E; Leyva, A; Hernández, A. 2005. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Colombiana Biotecnología 7(2):47-54.
- WRB (World reference base for soil resources, Italia). 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports N°. 106. FAO, Rome, Italia.



Todos los derechos reservados. Universidad de Costa Rica. Este artículo se encuentra licenciado con Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica. Para mayor información escribir a rac.cia@ucr.ac.cr

