



Respuesta del maní (*Arachis hypogaea* L.) a la aplicación combinada de bioestimulantes microbianos y no microbianos

Response of peanut (*Arachis hypogaea* L.) to combined application of microbial and non-microbial biostimulants

 Pedro Rafael Rosales Jenqui*,  Ionel Hernández Fortes

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

RESUMEN: En Cuba, la siembra y el rendimiento del maní son bajos y se producen con insumos limitados. El uso de bioestimulantes en el cultivo pudiera constituir una alternativa innovadora para contrarrestar esta problemática. En el país existen escasas investigaciones que abordan el tema. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación combinada de bioestimulantes microbianos y no microbianos en la nodulación y el crecimiento del maní. Se realizaron ensayos de inoculación en condiciones controladas donde se aplicaron inoculantes de dos cepas de rizobios, así como formulados a base de estas cepas y de Pectimorf®. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado y, a los 45 días de la siembra, se evaluaron variables de nodulación, bioquímicas y de crecimiento en las plantas de maní. Los resultados demostraron que la aplicación de inoculantes a base de la cepa *Rhizobium* sp. C145 en combinación con el Pectimorf® incrementó la masa seca de los nódulos, el contenido relativo de clorofilas totales, la conductancia estomática, el contenido de nitrógeno y fósforo, así como la altura de las plantas, el largo de la raíz y el número de flores. Esta investigación es la primera evidencia en Cuba que comprueba el efecto positivo de la combinación de inoculantes bacterianos con el Pectimorf® en el cultivo del maní.

Palabras clave: inoculación, bioestimulantes, nodulación, *Rhizobium*.

ABSTRACT: In Cuba, peanut planting and yield are low and produced with limited inputs. The use of biostimulants in cultivation could constitute an innovative alternative to counteract this problem. In the country, there is little research that addresses the issue. The aim of this work was to evaluate the effect of the combined application of microbial and non-microbial biostimulants on peanut nodulation and growth. Inoculation tests were carried out under controlled conditions where inoculants of two strains of rhizobia were applied as well as formulations based on these strains and Pectimorf®. A completely randomized design was used and 45 days after sowing, nodulation, biochemical and growth variables were evaluated in peanut plants. The results showed that the application of inoculants based on the *Rhizobium* sp. C145 in combination with Pectimorf® increased the dry mass of the nodules, the relative content of total chlorophylls, the stomatal conductance, the content of nitrogen and phosphorus, as well as the height of the plants, the root length and the number of flowers. This research is the first evidence in Cuba that proves the positive effect of the combination of bacterial inoculants with Pectimorf® in the cultivation of peanuts.

Keywords: inoculation, bioproducts, nodulation, *Rhizobium*.

*Autor para correspondencia: prafael@inca.edu.cu

Recibido: 12/02/2022

Aceptado: 20/05/2022

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de los autores: **Conceptualización-** Pedro Rafael Rosales Jenqui. **Investigación-** Pedro Rafael Rosales Jenqui, Ionel Hernández Forte. **Metodología-** Pedro Rafael Rosales Jenqui, Ionel Hernández Forte. **Supervisión-** Ionel Hernández Forte. **Escritura del borrador inicial, Escritura y edición final y Curación de datos-** Pedro Rafael Rosales Jenqui, Ionel Hernández Forte

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

El maní o cacahuate (*Arachis hypogaea* L.) es una de las leguminosas más importantes, pues es el sexto cultivo oleaginoso y económico del mundo, además, resalta por su alto valor nutricional, genera empleos e ingresos (1). La producción mundial de maní se encuentra en expansión y supera los 35 millones de t, los que generan 6 millones de t de aceite (2).

En Cuba, las producciones de maní no superan las 2 t ha⁻¹ y se producen, fundamentalmente, por pequeños productores con bajos insumos (3,4). Contar con estrategias que permitan incrementar el rendimiento del cultivo, propiciaría un impacto positivo en la sociedad y la economía cubanas. El uso de bioestimulantes microbianos y no microbianos puede constituir una alternativa innovadora para este fin.

Los bioestimulantes son microorganismos o sustancias que favorecen la nutrición de las plantas, confieren tolerancia ante el estrés abiótico e incrementan el rendimiento y la calidad de los cultivos. Además, actúan directamente en la fisiología y el metabolismo vegetal (5). El empleo de estos productos naturales permite disminuir el uso de fertilizantes minerales, que impactan negativamente en el ambiente y la salud (6).

Los bioproductos a base de Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (BPCV) forman parte de los bioestimulantes microbianos. Los rizobios, son bacterias que pertenecen a este grupo y se estudian, fundamentalmente, por la simbiosis que establecen con las plantas leguminosas y por realizar la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) (7). Estudios previos comprueban un efecto positivo de la inoculación de rizobios en la nodulación y el crecimiento del cultivo del maní (8,9). Sin embargo, en Cuba solo existe un antecedente de estos resultados en la leguminosa (4). El Azofert® es un inoculante comercial cubano a base de factores de nodulación y de cepas de rizobios que potencia el crecimiento y el rendimiento de leguminosas de importancia económica (10).

Por otra parte, dentro de los bioestimulantes no microbianos se distinguen una serie de productos derivados de oligosacarinas, polisacáridos y oligosacáridos naturales que forman parte de las paredes celulares de las plantas. El Pectimorf® es un producto comercial a base de oligogalacturónidos (OGAs) y su empleo atenúa el estrés abiótico en las plantas, incrementa el crecimiento y el rendimiento de cultivos como el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y el arroz (*Oryza sativa* L.) (11,12).

Como parte de la estrategia para incrementar los rendimientos en cultivos priorizados y conservar el agroecosistema, se ofrecen posibilidades de combinaciones de bioestimulantes con el objetivo de potenciar mecanismos complementarios que mejoren la nutrición, el crecimiento, la resistencia a enfermedades y el rendimiento de los cultivos (13). La aplicación del Azofert® y el Pectimorf® en el frijol provoca incrementos de la nodulación y el crecimiento (14). En Cuba, estos estudios

no están documentados para el cultivo del maní, a pesar de sus propiedades nutricionales y su potencialidad como renglón exportable. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la aplicación combinada de bioestimulantes microbianos y no microbianos en la nodulación y el crecimiento del maní.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron ensayos de inoculación en plantas de maní cv. Cascajal Rosado, donde se aplicaron inoculantes de dos cepas de rizobios: *Rhizobium* sp. PL y *Rhizobium* sp. C145, y formulados a base de estas bacterias y de Pectimorf®. Ambas cepas provienen de nódulos de plantas de maní y forman parte de la colección de bacterias del Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, de Cuba.

Los inoculantes de rizobios se prepararon a partir de una asada de las cepas, conservadas en medio Manitol-Extracto de Levadura (LM) sólido que se inocularon en frascos Erlenmeyer de 100 mL, con 10 mL del mismo medio líquido. Los cultivos se mantuvieron en agitación a 150 r min⁻¹ y 30 °C, durante 16 h. La pureza de los inóculos se monitoreó mediante tinción de Gram. Los inoculantes presentaron una concentración de 1,9 x 10⁹ UFC mL⁻¹ y 4,2 x 10⁷ de las cepas *Rhizobium* sp. PL y *Rhizobium* sp. C145, respectivamente.

Los formulados consistieron en una mezcla de los inoculantes bacterianos con Pectimorf® (Registro No. RCF 017/18 y patente No. 22859/2003), a una concentración final de este último de 8 mg L⁻¹. Teniendo en cuenta lo anterior, se establecieron los siguientes tratamientos que se describen en la [Tabla 1](#).

Tabla 1. Tratamientos realizados en los ensayos de aplicación de inoculantes y formulados a base de cepas de *Rhizobium* y Pectimorf®, en plantas de maní

No.	Tratamientos
1	Control absoluto
2	<i>Rhizobium</i> sp. C145
3	<i>Rhizobium</i> sp. PL
4	Formulado 1 (<i>Rhizobium</i> sp. C145 + Pectimorf®)
5	Formulado 2 (<i>Rhizobium</i> sp. PL + Pectimorf®)

Las semillas de maní se colocaron sobre un sustrato de suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico (15), en macetas de 0,27 kg de capacidad, que contenían el mismo volumen del sustrato. Algunas de las características químicas de este sustrato se resumen en la [Tabla 2](#).

Después de la siembra, las semillas de maní se inocularon con 1 mL de los inoculantes de rizobios. Los formulados se aplicaron por imbibición de las semillas de maní durante 30 min antes de la siembra. El control del experimento consistió en inocular semillas con 1 mL de medio LM estéril. Se sembraron dos semillas por maceta y siete días después de la inoculación, se realizó un raleo,

Tabla 2. Características químicas del suelo (profundidad: 0-20 cm)

pH H ₂ O	MO (%)	P ₂ O ₅ (mg 100 g ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
			(cmol _c kg ⁻¹)		
6,7	4,16	4,72	13,3	2,8	0,20

pH (Potenciometría); MO, Materia orgánica (Walkley Black); fósforo asimilable por extracción con H₂SO₄ 0,1N (método de Oniani); cationes intercambiables por extracción con NH₄Ac 1 mol L⁻¹ a pH 7, por complejometría (Ca²⁺ y Mg²⁺) y por fotometría de llama (Na⁺ y K⁺)

dejando una planta por maceta. Las plantas crecieron en condiciones controladas (16 h luz/8 h de oscuridad, 25-27 °C, 50-70 % de humedad relativa) y se regaron todos los días con agua corriente.

A los 45 días de la siembra, se determinaron variables de nodulación, bioquímicas y de crecimiento. En el primer grupo, se determinó el número de nódulos y la masa seca de nódulos de la raíz primaria y secundarias (g). La masa seca se determinó con una balanza analítica (+ 0,1 mg) (Sartorius CPA 3245), luego de mantener los nódulos durante 72 h a 75 °C en estufa (BINDER, USA).

Las variables bioquímicas que se determinaron fueron: el contenido de nitrógeno y fósforo en las hojas de las plantas, a partir de 0,2 g de masa seca por tratamiento. Para ello, se realizó una digestión de las muestras con ácido sulfúrico y se desarrolló color con los reactivos de Nessler y azul de molibdeno para N y P, respectivamente (16). Se determinó, además, el contenido relativo de clorofilas totales (SPAD) en la parte central sin nervadura del tercer trifolio de las hojas, para lo cual se utilizó el medidor de clorofila portátil Spad 502. La conductancia estomática (mmol m⁻² s⁻¹) se determinó a las 11:00 am, con un porómetro de difusión (Delta-T Devices modelo AP3) y las mediciones se realizaron en la zona abaxial de la tercera hoja trifoliada.

En cuanto al crecimiento de las plantas, se determinó: el área foliar total (cm²), mediante el medidor portátil AM-300, la masa seca aérea y radical (g) con balanza analítica (+ 1 mg) (Sartorius CPA 3245), luego de 72 h a 75 °C en estufa (BINDER, USA). Además, se determinó la altura (cm), desde la base del tallo hasta el brote de la hoja terminal y la longitud radical (cm), desde la base del cuello hasta la cofia de la raíz principal; con una regla graduada (+ 1 mm); el número de foliolos y el número de flores.

Análisis estadístico

Se empleó un diseño completamente aleatorizado con 20 plantas por tratamiento. Los datos se sometieron a la prueba de normalidad (prueba de Bartlett) y homogeneidad de varianza (prueba de Kormogorov-Smirnov). Se aplicó análisis de varianza de clasificación simple, con la prueba de comparación de medias de Tukey con p<0,05; para determinar diferencias entre las medias. Los datos se procesaron en el programa Statgraphic Plus versión 5.0 y se empleó el programa Microsoft Excel 2016 para su representación.

RESULTADOS

En esta investigación, se pudo comprobar el efecto de la aplicación de inoculantes a base de cepas de *Rhizobium*, así como de formulados de estos productos en combinación con el Pectimorf®, en variables relacionadas con la nodulación, la fisiología y el crecimiento de plantas de maní cv. Cascajal Rosado, a los 45 días de crecimiento. Los resultados mostraron que la inoculación de la cepa *Rhizobium* sp. C145 incrementó la masa seca de los nódulos de la raíz secundaria, respecto al control del experimento. Ninguno de los tratamientos afectó el número de nódulos y la masa seca de los nódulos de la raíz principal, ni el número de nódulos en la raíz secundaria (Tabla 3).

Por otra parte, el empleo de inoculantes de la cepa *Rhizobium* sp. C145 incrementó el contenido relativo de clorofilas totales. Todos los tratamientos incrementaron la conductancia estomática, sobre todo cuando se inoculó la cepa *Rhizobium* sp. C145, tratamiento con los mayores valores de la variable (Tabla 4).

La inoculación del formulado con la cepa *Rhizobium* sp. C145 produjo incrementos en el contenido

Tabla 3. Efecto de inoculantes y formulados a base de cepas de *Rhizobium* y Pectimorf® en la nodulación de plantas de maní

Tratamientos	Raíz principal		Raíz secundaria	
	Número de nódulos	Masa seca nódulos (g)	Número de nódulos	Masa seca nódulos (g)
Control ^a	18,5+1,7	0,011+0,001	22,6+2,4	0,007+0,001 b
<i>Rhizobium</i> sp. C145	18,4+2,0	0,012+0,002	33,4+5,7	0,013+0,002 a
<i>Rhizobium</i> sp. PL	20,6+2,3	0,013+0,002	23,9+5,0	0,008+0,002 b
F1 ^b	21,2+2,4	0,009+0,001	34,3+6,5	0,004+0,001 b
F2 ^c	16,5+0,8	0,010+0,001	24,9+4,5	0,007+0,001 b
ESx	1,9 ns	0,001 ns	5,0 ns	0,002*

^aPlantas inoculadas con medio Manitol-Extracto de levadura estéril; ^bPlantas tratadas con el Formulado 1 (Cepa *Rhizobium* sp. 145 +Pectimorf® 8 mg L⁻¹); ^cPlantas tratadas con el Formulado 2 (Cepa *Rhizobium* sp. PL+ Pectimorf® 8 mg L⁻¹); Se muestran las medias + error estándar de la media. Medias con letras iguales en la misma columna no difirieron significativamente (Tukey HSD p<0.05, n=10)

Tabla 4. Efecto de inoculantes y formulados a base de cepas de *Rhizobium* y Pectimorf® en variables bioquímicas de plantas de maní

Tratamientos	Contenido relativo de clorofilas totales (SPAD)	Conductancia estomática (mmol m ² s ⁻¹)	Contenido de macronutrientes (%)	
			N	P
Control ^a	39,9+1,3bc	42,6+2,6 c	3,18+0,02 c	0,38+0,03 b
<i>Rhizobium</i> sp. C145	45,3+1,5 a	168,9+9,1 a	3,16+0,02 c	0,48+0,04 ab
<i>Rhizobium</i> sp. PL	42,9+1,1 ab	132,9+4,0 b	3,17+0,01 c	0,47+0,04 ab
F1 ^b	37,3+1,1 c	129,9+4,1 b	3,39+0,02 a	0,54+0,06 a
F2 ^c	36,2+0,9 c	145,6+8,9 ab	3,30+0,02 b	0,43+0,03 ab
ESx	1,23*	6,3***	0,019*	0,040*

^aPlantas inoculadas con medio Manitol-Extracto de levadura estéril; ^bPlantas tratadas con el Formulado 1 (Cepa *Rhizobium* sp. C145 +Pectimorf® 8 mg L⁻¹); ^cPlantas tratadas con el Formulado 2 (Cepa *Rhizobium* sp. PL+Pectimorf® 8 mg L⁻¹); Se muestran las medias + error estándar de la media. Medias con letras iguales en la misma columna no difirieron significativamente (Tukey HSD p<0.05, n=10)

de nitrógeno y fósforo en las hojas de las plantas. Un efecto similar se manifestó con el empleo de los formulados a base de la cepa *Rhizobium* sp. PL y el Pectimorf®, en el contenido de fósforo (Tabla 3).

También, se constataron efectos de los tratamientos en el crecimiento de las plantas de maní. Los resultados mostraron que la aplicación de los dos formulados provocó incrementos significativos en la altura. Un efecto similar se comprobó con el empleo del formulado de la cepa *Rhizobium* sp. C145 en el largo de las raíces (Figura 1A). Ninguno de los tratamientos afectó el número de foliolos (Figura 1B). Sin embargo, la aplicación del formulado que consistió en la mezcla de la cepa *Rhizobium* sp. C145 y Pectimorf®, provocó incrementos en el número de flores (Figura 1B).

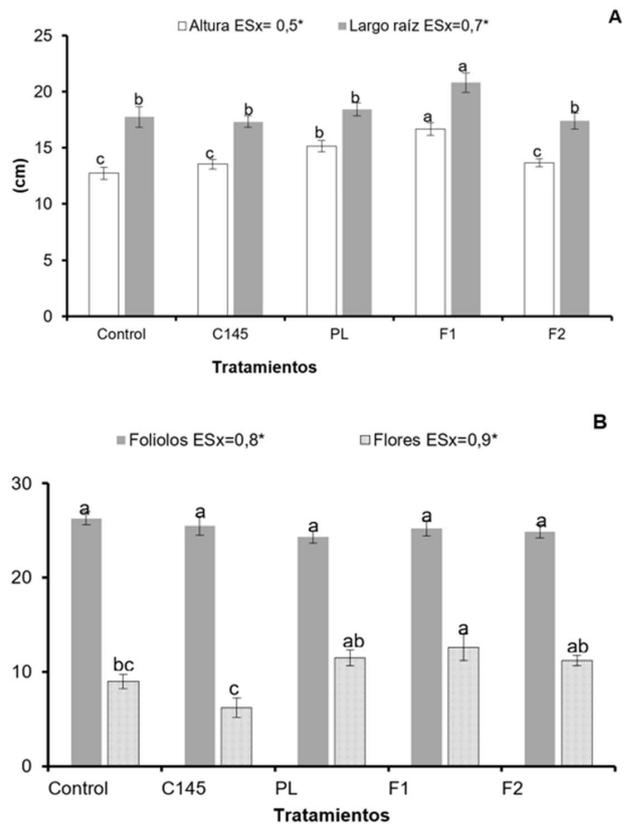
Por último, el empleo de la cepa *Rhizobium* sp. PL y del formulado correspondiente produjeron plantas de maní con un área foliar menor que las del tratamiento control. Ninguno de los tratamientos afectó la masa seca de la parte aérea y radical de las plantas de maní (Tabla 5).

DISCUSIÓN

Según resultados del análisis de suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico (Tabla 2), presentó pH ligeramente ácido, contenido alto de materia orgánica y medio de fósforo asimilable, así como bajos niveles de potasio, calcio y magnesio (15)

Aunque la inoculación de la cepa *Rhizobium* sp. C145 no provocó un incremento en el número de nódulos de las plantas de maní, si produjo nódulos con una masa superior al del resto de los tratamientos. Investigaciones previas confirman que cepas nativas de rizobios dificultan el éxito de la inoculación, debido a la competencia de cepas nativas (17). Sin embargo, esto no parece ser el caso de la cepa *Rhizobium* sp. C145.

Otro de los factores a tener en cuenta para explicar lo anterior es la especificidad de la planta y la bacteria para establecer la simbiosis (18). El hecho de que los inoculantes a base de la cepa *Rhizobium* sp. C145, con menor concentración (4,2 x 10⁷ UFC mL⁻¹) provoquen mayor masa nodular que la aplicación de la cepa *Rhizobium* sp. PL, con mayor concentración (1,9 x 10⁹ UFC mL⁻¹); puede contribuir a explicar una mayor



Tratamiento control: plantas inoculadas con medio Manitol-Extracto de levadura estéril, F1: Formulado 1 (Cepa *Rhizobium* sp., C145+Pectimorf® 8 mg L⁻¹), F2: Formulado 2 (Cepa *Rhizobium* sp, PL+Pectimorf® 8 mg L⁻¹). Las barras representan las medias + error estándar. Letras iguales, no difieren estadísticamente (Tukey HSD p<0,05, n=10)

Figura 1. Efecto de inoculantes y formulados a base de cepas de *Rhizobium* y Pectimorf® en la altura, largo de raíz (A) y en el número de foliolos y de flores (B) de plantas de maní

especificidad de la primera de estas cepas con las plantas de maní. Nódulos con mayor masa implicaría un mayor contenido de bacteroides en su interior y con ello la potenciación de la FBN (19).

El incremento en el contenido relativo de clorofilas totales, moléculas ricas en nitrógeno, en las plantas de

Tabla 5. Efecto de inoculantes y formulados a base de cepas de *Rhizobium* y Pectimorf® en el crecimiento de plantas de maní

Tratamientos	Área foliar (cm ²)	Masa seca (%)	
		Parte aérea	Raíz
Control ^a	601,4+15,0 a	1,8+1,7	0,20+0,01
<i>Rhizobium</i> sp. C145	543,1+22,6 ab	1,8+2,0	0,18+0,01
<i>Rhizobium</i> sp. PL	510,8+22,8 b	2,1+2,3	0,20+0,01
F1 ^b	560,4+15,8 ab	2,1+2,4	0,17+0,01
F2 ^c	525,8+14,6 b	1,6+0,8	0,17+0,01
ESx	18,6*	1,9 ns	0,0014 ns

^aPlantas inoculadas con medio Manitol-Extracto de levadura estéril; ^bPlantas tratadas con el Formulador 1 (Cepa *Rhizobium* sp. C145 +Pectimorf® 8 mg L⁻¹); ^cPlantas tratadas con el Formulador 2 (Cepa *Rhizobium* sp. PL+Pectimorf® 8 mg L⁻¹). Se muestran las medias + error estándar de la media. Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente (Tukey HSD p<0,05, n=10)

maní tratadas con los inoculantes de la cepa *Rhizobium* sp. C145, indica un efecto positivo de estos productos en la FBN. Se conoce que la síntesis de la clorofila está estrechamente relacionada con la disponibilidad de nitrógeno para la planta y la capacidad de esta para asimilarlo. La FBN permite un mayor aporte de nitrógeno, que conllevaría al incremento de la síntesis de los pigmentos fotosintéticos (20).

El contenido de clorofilas y la conductancia estomática son algunos de los determinantes que rigen el proceso de fotosíntesis (21). Ambas variables se potencian en las plantas de maní con el empleo de la cepa *Rhizobium* sp. C145 y su correspondiente formulado. Con estas evidencias, plantas con un mayor contenido de clorofilas, pigmento que permitiría una mayor cosecha de radiación; y por otra parte, plantas con mayor conductancia estomática, lo que permitiría una mayor incorporación de CO₂ al ciclo de Calvin, independientemente de que compartan un área foliar similar (Tabla 5); se potenciaría en ellas el proceso de la fotosíntesis (22, 23). Esto provocaría una mayor ganancia de esqueletos carbonados que pueden utilizarse en la síntesis de proteínas, proceso que se vería beneficiado por la actividad de esta bacteria en los nódulos de las plantas de maní. Investigaciones recientes muestran tales efectos con formulados a base de cepas de rizobios y de OGAs en el cultivo del frijol (24).

En Cuba, existe solo un estudio publicado sobre los beneficios de los bioestimulantes microbianos en el cultivo del maní. Este comprobó que la coinoculación del hongo micorrízico arbuscular *Glomus cubense* y el producto comercial Azofert® incrementó, significativamente, la masa seca aérea y el rendimiento del cultivo (4). Sin embargo, los resultados de esta investigación son los primeros en Cuba que demuestra tales efectos en el cultivo del maní, con la aplicación de formulados a base de bioestimulantes microbianos y no microbianos combinados. Otros estudios muestran que la aplicación combinada de Quitosano y Microorganismos Eficientes potencian el desarrollo de las plantas de frijol y maní (25).

Por otra parte, en la presente investigación se comprobó un efecto de los formulados con Pectimorf® en el contenido de nitrógeno y fósforo de las plantas de maní. Estudios previos mostraron que la aplicación foliar de 344 mg ha⁻¹ del bioestimulante, provocó incrementos significativos en el contenido de nitrógeno foliar en plantas de lechuga

(*Lactuca sativa* L.), a los 12 y 30 días después de la siembra, lo que favoreció el rendimiento del cultivo (26).

La aplicación de Pectimorf® afecta algunos procesos fisiológicos y estimula el crecimiento de frijol y papa (11, 27). La estimulación de este producto se atribuye a su actividad auxínica y al efecto positivo en la fotosíntesis (28). Raíces más largas, como resultado del efecto del Pectimorf® explorarían mayor área de suelo, lo que propiciaría una mayor absorción de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, sobre todo, en las plantas que se trataron con el formulado de la cepa *Rhizobium* sp. C145.

Investigaciones previas demuestran que, como resultado del desarrollo radical, se potencia el crecimiento foliar de las plantas (11, 29). En la presente investigación se muestra que ninguno de los tratamientos supera a las plantas control en la masa seca de la parte aérea y radical y el número de folíolos. Sin embargo, se comprueba la actividad positiva del Pectimorf® en la altura y el largo de la raíz, efecto que no se constató sólo con el empleo de los inoculantes a base de rizobios.

La floración del maní abarca el 80 % de su ciclo evolutivo y se superpone con la fructificación (30). Potenciar esta fase del cultivo con el empleo de productos biológicos pudiera propiciar beneficios fisiológicos que posteriormente se traducirían en un mayor rendimiento. La aplicación de formulados a base de la cepa *Rhizobium* sp. C145 y de Pectimorf® pueden contribuir a ese fin. Esta es la primera evidencia, en Cuba, que comprueba el efecto de la combinación de inoculantes bacterianos con el Pectimorf®, en la fase de floración del maní.

Los resultados que se presentan constituyen un acercamiento a la posibilidad de incrementar el crecimiento y el rendimiento de un cultivo poco estudiado en Cuba. El uso de la combinación de bioestimulantes de producción nacional, inocuos para el ambiente y relativamente baratos es una oportunidad atractiva que contribuya a la seguridad alimentaria del país.

CONCLUSIONES

El maní constituye un cultivo que no ha sido estudiado extensamente en Cuba, en comparación con otras leguminosas como el frijol y la soya. La aplicación de formulados a base de la cepa *Rhizobium* sp. C145 y el producto comercial Pectimorf® mostraron ser efectivos para

incrementar la nodulación y el crecimiento del maní. La aplicación de estos productos a la leguminosa puede ser una opción de manejo deseable e, incluso, necesario para mejorar su nutrición y productividad.

BIBLIOGRAFÍA

- Montero Torres J. Importancia nutricional y económica del maní (*Arachis hypogaea* L.). Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales. 2020;7(2):112-125. ISSN 2409-1618. [Consultado: 19 de octubre de 2023]. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2409-16182020000200014&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Argentina. Maní 20-21. Sistema de Información Simplificado Agrícola. 2020. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sisa_if_maní_20_21.pdf
- Moreno ÁAT. Uso de Abonos Orgánicos para el Desarrollo Sustentable de la Escuela Técnica Agronómica Salesiana. Revista Cientific. 2017;2(3):99-117. ISSN 2542-2987. DOI 10.29394/scientific.issn.2542-2987.2017.2.3.5.99-117. [Consultado: 19 de octubre de 2023]. Disponible en: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/article/view/47
- Mujica Pérez Y, Medina Carmona A, Rodríguez Guerra E. Inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting bacteria in peanut crop (*Arachis hypogaea* L.). Cultivos Tropicales. 2017;38(2):15-21. ISBN impreso: 0258-5936, digital: 1819-4087. Disponible en: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1357>
- Yakhin OI, Lubyantsov AA, Yakhin IA, Brown PH. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. Frontiers in Plant Science. 2017;7. ISSN 1664-462X. [Consultado: 19 de octubre de 2023]. Disponible en: <http://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.02049>
- Bulgari R, Cocetta G, Trivellini A, Vernieri P, Ferrante A. Biostimulants and crop responses: A review. Biological Agriculture and Horticulture. 2015;31:1-17. DOI 10.1080/01448765.2014.964649. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/266786101_Biostimulants_and_crop_responses_A_review
- Calero Hurtado A, Pérez Díaz Y, Quintero Rodríguez E, Olivera Viciado D, Peña Calzada K. Effect of the associated application between *Rhizobium leguminosarum* and efficient microorganisms on common bean production. Cienc. Tecnol. Agropecuaria. 2019;20(2):309-322. [Consultado: 19 de octubre de 2023]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062019000200295&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Cardoza Rivas CJ, Ruiz Rocha RR. Evaluación de la inoculación de maní (*Arachis hypogaea* L.) con diferentes dosis de *Bradyrhizobium* spp y su influencia sobre el rendimiento en el cultivo, el Viejo - Chinandega, 2018. [en línea] [engineer]. Universidad Nacional Agraria; 2019. p. 57. [Consultado: 19 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/3855/>
- Guimarães SL, Bonfim-Silva EM, Souza ACP de, Simeon BG. Efficiency of Inoculation with *Rhizobium* in Peanuts (*Arachis hypogaea* L.) Grown in Brazilian Cerrado Soil. Agricultural Sciences. 2019;10(07):948. DOI 10.4236/as.2019.107072. [Consultado: 19 de octubre de 2023]. Disponible en: <http://www.scirp.org/journal/Paperabs.aspx?PaperID=93822>
- García MCN, Pino JCC, Onderwater R, Wattiez R, Forte IH, González LM, Vázquez MN. Señales producidas por *Rhizobium leguminosarum* en la interacción con frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Cultivos Tropicales. 2016;37(2):37-44. ISSN 1819-4087. [Consultado: 19 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193246554005>
- Dell'Amico J, Morales D, Jerez E, Rodríguez P, Álvarez I, Martín R, Días Y. Efecto de dos variantes de riego y aplicaciones foliares de pectimorf® en el desarrollo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cultivos Tropicales. 2017 Nov 6;38(3):129-134. ISSN 1819-4087. Disponible en: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/18>. Consultado el 19 de octubre de 2023.
- Núñez-Vázquez M, Martínez-González L, Reyes-Guerrero Y. Oligogalacturónidos estimulan el crecimiento de plántulas de arroz cultivadas en medio salino. Cultivos Tropicales. 2018 Aug 1;39(2):96-100. ISSN 1819-4087. Disponible en: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1451>. Consultado el 19 de octubre de 2023.
- Rivera Espinosa R, Fernandez F, Ruiz Martinez L, González J P. Manejo, integración y beneficios del biofertilizante micorrízico EcoMic® en la producción agrícola. Ediciones INCA. 2020. p. 151. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/340223155_Manejo_integracion_y_beneficios_del_biofertilizante_micorrizico_EcoMicR_en_la_produccion_agricola. Consultado el 19 de octubre de 2023.
- Álvarez Bello I, Reynaldo Escobar IM. Pectimorf® y Azofert -F® en el crecimiento de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cultivos Tropicales. 2015;36(3). Disponible en: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1046>. Consultado el 19 de octubre de 2023.
- Hernández-Jiménez A, Pérez-Jiménez JM, Bosch-Infante D, Speck NC. La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. Cultivos Tropicales. 2019 Mar 31;40(1):a15-e15. ISSN 1819-4087. Disponible en: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1504>. Consultado el 19 de octubre de 2023.
- Paneque-Pérez VM. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. 2010. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Manual-de-t%C3%A9cnicas-anal%C3%ADticas-para-an%C3%A1lisis-de-y-Paneque-P%C3%A9rez/a0255840ec7a05b9386483908176c71b884f573c>. Consultado el 18 de octubre de 2023.
- Fabra A, Castro S, Taurian T, Angelini J, Ibañez F, Dardanelli M, Tonelli M, Bianucci E, Valetti L. Interaction among *Arachis hypogaea* L. (peanut) and beneficial soil microorganisms: how much is it known? Critical Reviews in Microbiology. 2010 Aug;36(3):179-194. ISSN

- 1549-7828. DOI 10.3109/10408410903584863. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20214416/>.
18. López-Alcocer J de J, Lépiz-Ildelfonso R, González-Eguiarte DR, Rodríguez-Macías R, López-Alcocer E. Eficiencia en fijación biológica de nitrógeno de cepas de *Rhizobium* spp. recolectadas en frijol cultivado y silvestre. Revista Terra Latinoamericana. 2020 Oct 11;38(4):841-852. ISBN 2395-8030. Disponible en: <https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/654>. Consultado el 16 de octubre de 2023.
 19. López-Lara I. Rhizobium y su destacada simbiosis con plantas. Microbios. Centro de Investigaciones sobre Fijación de Nitrógeno, Universidad Nacional Autónoma de México; 2001. p. 264. ISBN 968-36-8879-9. Disponible en: <http://biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap8/>. Consultado el 19 de octubre de 2023.
 20. Koskey G, Mburu SW, Njeru EM, Kimiti JM, Ombori O, Maingi JM. Potential of Native Rhizobia in Enhancing Nitrogen Fixation and Yields of Climbing Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Contrasting Environments of Eastern Kenya. Frontiers in Plant Science. 2017;8:443. ISSN 1664-462X. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.00443/>. Consultado el 18 de octubre de 2023.
 21. Azcon-Bieto J. Fundamentos de fisiología vegetal. 2da ed. Barcelona: MC GRAW HILL Education; 2004. ISBN 978-84-481-9293-8.
 22. París GMK. Respuestas genéticas de las plantas al estrés hídrico. 2004. p. 47. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/21201/u245690.pdf?sequence=1>.
 23. Anjum SA, Xie X-y, Wang L, Saleem MF, Man C, Lei W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. Afr J Agric Res. 2011;6(9):2026-2032. ISSN 991-637X. Disponible en: https://academicjournals.org/article/article1380900919_Anjum%2520et%2520al.pdf.
 24. Acosta DL, Menéndez DC. Los oligogalacturonidos en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Cultivos Trop. 2018;39(2):127-134. ISSN impreso: 0258-5936, digital: 1819-4087. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n2/ctr20218.pdf>.
 25. Lambert T, Santiesteban R, Ceiro WG, Fernández ME, López G de las M, Corrales WC. Efecto de bioproductos en la producción de *Phaseolus vulgaris* L. y *Arachis hypogaea* L. Rev Cienc Agríc. 2019;36(1):59-66. ISSN 2256-2273. DOI 10.22267/rcia.193601.98. Disponible en: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/4698>.
 26. Alfonso ET, Padrón JR, Peraza TT, Escobar IR, Armas MM de. Respuesta del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a la aplicación de diferentes productos bioactivos. Cultivos Trop. 2011;32(1):77-82. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193222352010>.
 27. Martín-Martín R, Jerez-Mompie E, Morales-Guevara D, Reynaldo-Escobar I. Empleo de pectimorf® para estimular la tuberización en papa (*Solanum tuberosum* L.). Cultivos Trop. 2017;38(3):72-76. ISSN 0258-5936. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362017000300002&lng=es&nrm=iso&tng=es.
 28. Borges-García M, González-Paneque O, Reyes-Avalos DM, Rodríguez-González M, Villavicencio-Ramírez A, Abeal EE. Respuesta de plantas *in vitro* de ñame clon «blanco de guinea» al uso del pectimorf®. Cultivos Trop. 2017;38(2):129-136. ISSN 0258-5936. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362017000200019&lng=es&nrm=iso&tng=pt.
 29. Pino AS, García YB, Trujillo MM, Torres JL, Pérez MB, Sánchez YG, Cabrera AR, Vega VM, González DR, Pérez DR, Toledo MB. Efecto del Pectimorf® como biorregulador del crecimiento en la micropropagación del cultivar 'INIVIT MX-2008' (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). Agric Trop. 2017;3(1). ISSN 2517-9292. Disponible en: <http://ojs.inivit.cu/index.php?journal=inivit&page=article&op=view&path%5B%5D=66>.
 30. Agricultura (IICA), I.I. de C. para la. y León, J. Botánica de los cultivos tropicales. 2000. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7228>. [Consultado: 19 de octubre de 2023]. [Accepted: 2018-11-13T20:28:01Z].