

Selección de rizobios adaptados a ecosistemas ganaderos de Sancti Spíritus, Cuba, inoculados en maíz (*Zea mays*, L.). Fase I: Invernadero

Selection of rhizobia adapted to livestock production ecosystems of Sancti Spiritus, Cuba, inoculated in corn (*Zea mays* L.). Stage I: Greenhouse

C.J. Bécquer¹, Beatriz Salas¹, *D. Archambault², J. Slaski² y A. Anyia²

¹ Estación Experimental de Pastos y Forrajes Sancti Spíritus, Cuba

E-mail: becquer@pastos.yayabo.inf.cu

² Department Environmental Technologies, Alberta Research Council, Vegreville, AB, Canada

E-mail: slaski@arc.ab.ca

* Dirección actual: Laurentian University, 935 Ramsey Lake Road, Sudbury, ON

E-mail: DArchambault@laurentian.ca

Resumen

Se efectuó un ensayo en invernadero con el objetivo de seleccionar cepas de rizobio inoculadas en maíz (*Zea mays*, L.). Para ello se utilizaron 30 cepas nativas cubanas pertenecientes a *Bradyrhizobium* sp., así como 12 cepas comerciales, pertenecientes a diferentes géneros y especies de rizobio. Los inóculos se confeccionaron en medio CLM y fueron agitados hasta alcanzar un título de 10^6 - 10^8 cél./mL. Se utilizaron los métodos estándar para la inoculación de cereales. Se evaluaron las variables: peso seco aéreo (PSA), peso seco raíz (PSR), longitud del tallo (LT), diámetro del tallo (DT) y presencia de mazorcas (PM). En las variables PSA, LT y DT se hallaron tratamientos superiores al control absoluto, y en el caso de la LT, dos tratamientos presentaron valores sin diferencias significativas a los del control fertilizado. No se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos en la PM. En el PSR los tratamientos inoculados fueron inferiores al control fertilizado, excepto JI2, TD1, SP7 y SP12. Se obtuvo una agrupación en conglomerados, mediante la cual se seleccionaron las cepas TD₁, JK₆, SP₁₂, SP₇, TE₄, JK₁, SP₂₁, USDA 110, JI₂, JJ₆, USDA 76, SP₂₀, 25B6, SP₁₅, NITRAGIN, ATCC 10317, que se destacaron para su posterior evaluación en condiciones de campo. Los tratamientos seleccionados en el dendrograma constituyeron el 69% para las cepas nativas y el 31% para las comerciales. Al evaluar los tratamientos inoculados en cuanto al grado de dependencia de las diferentes variables con respecto al PSR, se determinó que el índice de regresión fue débil, pero al analizarlos por separado, se observó una regresión fuerte en las variables DT (cepas nativas) y PSA (cepas comerciales). Se recomienda la continuación de estas investigaciones en condiciones de campo.

Palabras clave: *Bradyrhizobium*, inoculación, *Zea mays*

Abstract

A greenhouse trial was carried out with the objective of selecting rhizobia strains inoculated in corn (*Zea mays*, L.). Thirty Cuban native strains belonging to *Bradyrhizobium* sp. were used, as well as 12 commercial strains belonging to different rhizobium genera and species. The inoculi were made in BYM medium and were shaken until reaching a titer of 10^6 - 10^8 cel./mL. The standard methods for cereal inoculation were used. The variables evaluated were: aerial dry weight (ADW), root dry weight (RDW), stem length (SL), stem diameter (SD) and presence of ears (PE). In the variables ADW, SL and SD treatments higher than the absolute control

were found, and in the case of SL, two treatments showed values without significant differences with the fertilized control. No statistical differences were found among treatments in PE. In RDW the inoculated treatments were lower than the fertilized control, except JI2, TD1, SP7 and SP12. A grouping in clusters was obtained, by means of which the strains TD₁, JK₆, SP₁₂, SP₇, TE₄, JK₁, SP₂₁, USDA 110, JI₂, JJ₆, USDA 76, SP₂₀, 25B6, NITRAGIN, ATCC 10317, were selected, which stood out to be evaluated later under field conditions. The treatments selected in the dendrogram constituted 69% for the native strains and 31% for the commercial ones. When evaluating the inoculated treatments regarding the degree of dependence of the different variables with regards to RDW, the regression index was determined to be weak, but when analyzing them separately, a strong regression was observed in the variables SD (native strains) and ADW (commercial strains). To continue these studies under field conditions is recommended.

Key words: *Bradyrhizobium*, inoculation, *Zea mays*

Introducción

Muchos autores señalan que los rizobios (rizobacterias conocidas comúnmente como bacterias dinitro fijadoras en simbiosis con las leguminosas) pueden colonizar e influir en el crecimiento de las plantas no leguminosas (Antoun, Beauchamp, Goussard, Chabot y Lalande, 1998). Las rizobacterias colonizan de forma agresiva las raíces de las plantas. Aquellas que reciben el nombre de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR, en Inglés) son una pequeña porción (2-5%) de las rizobacterias que promueven el crecimiento de las plantas (Antoun y Kloepper, 2001). Este proceso estimulante puede ser beneficioso, por lo tanto, para aquellas plantas que tradicionalmente han sido sometidas a altas dosis de fertilizantes inorgánicos por su efecto esquilante en el suelo. Entre éstas, se encuentran los cereales. Existen criterios conservadores, como el de Cocking (2004), quien considera que en la mayoría de los casos, la bacteria coloniza sólo la superficie de la raíz de los cereales y queda vulnerable a la competencia de otros microorganismos. No obstante, Bécquer, Salas, Archambault, Slaski y Anyia (2006) han demostrado los beneficios de la inoculación de plantas de trigo con cepas nativas de *Bradyrhizobium* sp., procedentes de ecosistemas ganaderos de Sancti Spiritus, Cuba.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la inoculación de rizobios nativos cubanos y comerciales en maíz, y seleccionar las cepas más promisorias para su posterior evaluación en condiciones de campo.

Introduction

Many authors state that rhizobia (rhizobacteria commonly known as nitrogen-fixing bacteria in symbiosis with legumes) can colonize non leguminous plants and influence their growth (Antoun, Beauchamp, Goussard, Chabot and Lalande, 1998). Rhizobacteria colonize aggressively plant roots. Those that receive the name of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) are only a small portion (2-5%) of the rhizobacteria that promote plant growth (Antoun and Kloepper, 2001). This stimulating process can be beneficial, therefore, for those plants which have been traditionally subject to high doses of inorganic fertilizers due to their impoverishing effect on the soil. Among them are cereals. There are conservative criteria, such as those expressed by Cocking (2004), who considers that in most cases, the bacteria colonizes only the root surface of cereals and remains vulnerable to the competition of other microorganisms. Nevertheless, Bécquer, Salas, Archambault, Slaski and Anyia (2006) have demonstrated the benefits of the inoculation of wheat plants with native *Bradyrhizobium* sp. strains, from livestock production ecosystems in Sancti Spiritus, Cuba.

The objective of this work was to evaluate the effect of the inoculation of native Cuban and commercial rhizobia in corn, and to select the most promising strains for their later evaluation under field conditions.

Materiales y Métodos

Identificación de las cepas de rizobio. Se utilizaron 30 cepas procedentes de leguminosas naturalizadas de Sancti Spíritus, Cuba (*Centrosema*, *Neonotonia* y *Stylosanthes*). Estas cepas fueron confirmadas en trabajos anteriores como rizobios y ubicadas taxonómicamente en el género *Bradyrhizobium* sp. (Bécquer, 2003). Se utilizaron también 12 cepas comerciales pertenecientes a diferentes géneros y especies de rizobio (tabla 1).

Preparación de los inóculos. Los inóculos se confeccionaron en medio CLM (caldo-levadura-manitol) (Somasegaran y Hoben, 1994), a partir de una asada de cultivos frescos en medio agarizado. Se colocaron en agitación (120 rpm) durante siete días (para las especies de lento crecimiento) o de tres a cuatro días (especies de rápido crecimiento), en una zaranda orbital a 30°C, hasta alcanzar un título UFC (unidad formadora de colonias) de 10^6 - 10^8 cél./mL

Ensayos de invernadero. Se escogió la variedad de maíz 2338 F15, donada por el Alberta Research Council, Canadá. Las semillas fueron pregerminadas previamente a su siembra en macetas. Cada maceta contenía 1,0 kg de suelo estándar mezclado con bajo nivel de N: 30 ppm (mg/kg). Se ralearon las macetas a los cuatro días de la siembra hasta dejar dos plantas por maceta. Se utilizaron los métodos estándar para la inoculación de los cereales (Sabry, Saleh, Batchelor, Jones, Jotham, Webster, Kothari, Davey y Cocking, 1997; Biswas, Ladha y Dazzo, 2000), con cambios en la frecuencia y la cantidad de inóculo. El inóculo bacteriano en cantidad de 3 mL/planta, que contenía 10^6 - 10^8 cél./mL, se aplicó a los cinco días de la siembra y, consecutivamente, se realizaron otras tres inoculaciones con el mismo título (6 mL/planta, 12 mL/planta, y 12 mL/planta, respectivamente), a los 20, 30 y 40 días de la siembra, con un total de cuatro inoculaciones por maceta. Se evaluaron las plantas a los 90 días de la siembra, excepto la presencia de mazorcas (PM), a los 60 días de la siembra. El resto de las variables medidas fueron: peso seco aéreo (PSA), peso seco raíz (PSR),

Materials and Methods

Identification of the rhizobium strains. Thirty strains were used from naturalized legumes of Sancti Spiritus Cuba (*Centrosema*, *Neonotonia* and *Stylosanthes*). These strains were confirmed in previous works with rhizobia and taxonomically located in the genus *Bradyrhizobium* sp. (Bécquer, 2003). Twelve commercial strains were used too, belonging to different rhizobium genera and species (table 1).

Preparation of the inoculi. The inoculi were prepared in BYM medium (broth-yeast-mannitol) (Somasegaran and Hoben, 1994) from a set of fresh cultures in agar medium. They were placed in shaking (120 rpm) during seven days (for the slow-growing species) or from three to four days (fast-growing species) in an orbital shaker at 30°C, until they reached a CFU (colony-forming unit) titer of 10^6 - 10^8 cel./mL.

Greenhouse essays. The corn variety 2338 F15, donated by the Alberta Research Council, Canada, was chosen. The seeds were pregerminated before being sown in pots. Each pot contained 1,0 kg of standard soil mixed with a low level of N: 30 ppm (mg/kg). The pots were thinned four days after sowing until leaving two plants per pot. Standard methods for the inoculation of cereals were used (Sabry, Saleh, Batchelor, Jones, Jotham, Webster, Kothari, Davey and Cocking, 1997; Biswas, Ladha and Dazzo, 2000), with changes in the frequency and quantity of inoculum. The bacterial inoculum in quantity of 3 mL/plant, containing 10^6 - 10^8 cel./mL, was applied five days after seeding and, consecutively, other three inoculations were performed with the same titer (6 mL/plant, 12 mL/plant and 12 mL/plant, respectively), 20, 30 and 40 days after seeding, with a total of four inoculations per pot. The plants were evaluated 90 days after sowing, except the presence of ears (PE), 60 days after seeding. The other variables measured were: aerial dry weight (ADW), root dry weight (RDW), stem length (SL) and stem diameter (SD). The data corresponding to PE were transformed by Bartlett's coefficient, according to Lerch (1976).

Tabla 1. Relación de las cepas nativas cubanas y comerciales utilizadas en el experimento.
Table 1. Relation of the Cuban native and commercial strains used in the trial.

Tratamiento	Especie de rizobio	Leguminosa hospedera
TD ₁	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Neonotonia wightii</i>
TE ₁	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Neonotonia wightii</i>
TE ₄	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Neonotonia wightii</i>
TD ₄	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Neonotonia wightii</i>
JH ₁	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema virginianum</i>
JJ ₂	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema virginianum</i>
JK ₃	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema virginianum</i>
JJ ₆	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema virginianum</i>
JK ₆	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema virginianum</i>
JJ ₂	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema virginianum</i>
JK ₁	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema virginianum</i>
JH ₂	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema virginianum</i>
JJ ₄	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema virginianum</i>
HA ₃	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema plumieri</i>
HA ₁	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema plumieri</i>
HG ₂	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema plumieri</i>
SP ₁	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema</i> sp.
SP ₄	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema</i> sp.
SP ₆	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Stylosanthes viscosa</i>
SP ₇	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema virginianum</i>
SP ₈	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema virginianum</i>
SP ₉	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema virginianum</i>
SP ₁₂	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema pubescens</i>
SP ₁₅	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema pubescens</i>
SP ₁₆	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema pubescens</i>
SP ₁₈	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema pubescens</i>
SP ₂₀	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema pubescens</i>
SP ₂₁	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema pubescens</i>
SP ₂₃	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema pubescens</i>
SP ₂₂	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema pubescens</i>
61B7	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Glycine javanica</i>
25B6	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	<i>Centrosema pubescens</i>
NITRAGIN	<i>Azorhizobium caulinodans</i>	<i>Sesbania</i> sp.
ORS 571	<i>Azorhizobium caulinodans</i>	<i>Sesbania rostrata</i>
ATCC 10004	<i>R. leguminosarum</i> bv <i>viciae</i>	<i>Pisum sativum</i>
ATCC 10317	<i>Bradyrhizobium lupini</i>	<i>Lupinus</i> sp.
ATCC 14480	<i>R. leguminosarum</i> bv <i>trifolii</i>	<i>Trifolium pratense</i>
ATCC 9930	<i>Sinorhizobium meliloti</i> group A	<i>Medicago sativa</i>
MSDJ 865	<i>Rhizobium loti</i>	<i>Lotus corniculatus</i>
USDA 110	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	<i>Glycine max</i>
USDA 76	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>	<i>Glycine max</i>
USDA 191	<i>Sinorhizobium fredii</i>	<i>Glycine max</i>

longitud del tallo (LT) y diámetro del tallo (DT). Los datos correspondientes a PM fueron transformados por el coeficiente de Barlett, según Lerch (1976).

Experimental design and statistical analysis. A randomized block design with 44 treatments and four replications was used. An absolute control and a control with a nitrogen porter

Diseño experimental y análisis estadístico. Se empleó un diseño en bloques al azar con 44 tratamientos y cuatro réplicas. Se incluyó un control absoluto y uno con un portador nitrogenado (NH_4NO_3 , 150 kg N/ha). Se realizó un ANOVA mediante el paquete estadístico StatGraphics Plus, versión 2.0, 1994-1996, Statistical Graphics Corporation. Las diferencias entre medias se hallaron mediante la prueba de LSD de Fisher y se tomó en consideración la desviación estándar (DE). Se construyó un dendrograma mediante el método de Ward (distancia euclidiana).

Resultados y Discusión

En el peso seco aéreo se constataron cuatro tratamientos inoculados con cepas nativas: JI_2 (12,75 g/maceta), JK_1 (12,44 g/maceta), SP_7 (12,69 g/maceta) y SP_{21} (13,43 g/maceta) que fueron estadísticamente superiores ($P < 0,05$) al control absoluto (tabla 2), lo cual representó un incremento del 25,5% (JI_2), 22,4% (JK_1), 27,0% (SP_7) y 32,2% (SP_{21}). Estos valores fueron superiores a los encontrados por Prévost, Saddiki y Antoun (2000) en un experimento donde se inoculó maíz con cepas comerciales de *Bradyrhizobium japonicum*, en el cual se obtuvieron incrementos en el PSA de la planta desde un 6,7% hasta 8,7% en comparación con el control absoluto. También fueron superiores a los datos obtenidos por Antoun y Prévost (2000), con la cepa P31 de *Rhizobium leguminosarum*, al ser inoculada en maíz.

Por otra parte, en este experimento los tratamientos inoculados con cepas comerciales presentaron superíndices comunes con respecto al control absoluto, en cuanto a PSA, PSR y NM. Estos resultados pudieran deberse a una mayor secreción total de sustancias promotoras del crecimiento vegetal por las cepas nativas; o a la secreción por éstas de determinadas fitohormonas mayormente dirigidas al desarrollo de partes aéreas de la planta, con un efecto superior en comparación al de las cepas comerciales. Según Biswas *et al.* (2000) los microorganismos diazotrofos pueden promover el crecimiento vegetal mediante la transferencia

(NH_4NO_3 , 150 kg N/ha) were included. An ANOVA was performed by the statistical pack StatGraphics Plus, version 2.0, 1994-1996, Statistical Graphics Corporation. The differences between means were found by Fisher's LSD test and the standard deviation (SD) was taken into consideration. A dendrogram was built through the Ward method (Euclidian distance).

Results and Discussion

In the aerial dry weight four treatments inoculated with native strains: JI_2 (12,75 g/pot), JK_1 (12,44 g/pot), SP_7 (12,69 g/pot) and SP_{21} (13,43 g/pot), were observed to be statistically higher ($P < 0,05$) than the absolute control (table 2), which represented an increase of 25,5% (JI_2), 22,4% (JK_1), 27,0% (SP_7) and 32,2% (SP_{21}). These values were higher than the ones found by Prévost, Saddiki and Antoun (2000) in a trial in which corn was inoculated with commercial strains of *Bradyrhizobium japonicum*, and increases were obtained in the ADW of the plant from 6,7% to 8,7% as compared to the absolute control. They were also higher than the data obtained by Antoun and Prévost (2000) with the strain P31 of *Rhizobium leguminosarum*, when it was inoculated in corn. On the other hand, in this trial the treatments inoculated with commercial strains showed common letters as compared to the absolute control regarding ADW, RDW and NE. These results could be due to a higher total secretion of plant growth promoting substances by the native strains; or to the secretion by them of certain phytohormones mainly aiming at the development of aerial parts of the plant, with a higher effect as compared to the commercial strains. According to Biswas *et al.* (2000), diazotrophic microorganisms can promote plant growth through the transference of the fixed N_2 , or by means of the improvement of nutrient absorption through the modulation of hormonal activities in the inoculated plants. Another possibility is concerning the entry mechanism of rhizobia in the roots of cereals, because it is known that such mechanism is different from the one performed in the legume-rhizobium symbiosis (Reddy, Ladha, So,

del N₂ fijado, o mediante el mejoramiento de la absorción de nutrientes a través de la modulación de actividades hormonales en las plantas inoculadas. Otra posibilidad es en cuanto al mecanismo de entrada de los rizobios en las raíces de los cereales, ya que se conoce que dicho mecanismo es diferente al realizado en la simbiosis leguminosa-rizobio (Reddy, Ladha, So, Hernández, Ramos, Ángeles, Dazzo y de Bruijn, 1997), el cual depende principalmente de la capacidad de la bacteria (cepas) para romper las paredes de la célula vegetal, y no de reacciones bioquímicas basadas en dependencias genéticas específicas.

Aunque Lupwayi y Clayton (2004) plantearon que los rizobios pueden actuar como promotores del crecimiento vegetal y cambian la fisiología y morfología de las raíces inoculadas, en este experimento en la variable peso seco raíz ningún tratamiento presentó diferencias significativas con el control absoluto y todos fueron estadísticamente inferiores al control fertilizado (3,80 g/maceta). Algunos tratamientos, como los inoculados con JI₂ (3,15 g/maceta), TD₁ (3,04 g/maceta), SP₇ (3,11 g/maceta) y SP₁₂ (3,00 g/maceta), mostraron una tendencia estadística al incremento de sus valores, por presentar superíndices superiores con respecto al control absoluto. También Bécquer *et al.* (2006), al inocular trigo en condiciones de invernadero, hallaron 27 tratamientos, inoculados indistintamente con cepas nativas y comerciales, cuyos valores fueron estadísticamente iguales a los del control absoluto en el peso de la raíz. Estos resultados apuntan necesariamente a una escasa secreción, por parte de las cepas, de fitohormonas específicas al desarrollo radicular, aunque no se descartan otras variantes.

En la longitud del tallo, excepto los tratamientos inoculados con TE₁ (53,93 cm), TE₄ (55,63 cm), HA₃ (61,63 cm), HG₂ (61,88 cm), JH₁ (61,88 cm), JJ₄ (60,13 cm), JK₃ (61,50 cm), SP₁ (60,88 cm), SP₈ (60,88 cm), SP₁₆ (61,13 cm), SP₁₈ (61,00 cm), SP₂₃ (60,25 cm) y ATCC9930 (61,50 cm), los demás resultaron estadísticamente superiores (P<0,05) al control absoluto y dos de éstos, sin diferencias significativas con el con-

Hernández, Ramos, Angeles, Dazzo and de Bruijn, 1997), which depends mainly on the capacity of the bacteria (strains) to break the plant cell walls, and not on biochemical reactions based on specific genetic dependences.

Although Lupwayi and Clayton (2004) stated that rhizobia can act as plant growth promoters and change the physiology and morphology of the inoculated roots, in this experiment in the variable root dry weight no treatment showed significant differences with the absolute control and all of them were statistically lower than the fertilized control (3,80 g/pot). Some treatments, such as the ones inoculated with JI₂ (3,15 g/pot), TD₁ (3,04 g/pot), SP₇ (3,11 g/pot) and SP₁₂ (3,00 g/pot), showed a statistical trend towards the increase of their values, for presenting higher letters with regards to the absolute control. Also Bécquer *et al.* (2006), when inoculating wheat under greenhouse conditions, found 27 treatments, indistinctly inoculated with native and commercial strains, which values were statistically equal to those of the absolute control in root weight. These results necessarily indicate a scarce secretion, by the strains, of root development specific phytohormones, although other variants are not discarded.

In stem length, with the exception of the treatments inoculated with TE₁ (53,93 cm), TE₄ (55,63 cm), HA₃ (61,63 cm), HG₂ (61,88 cm), JH₁ (61,88 cm), JJ₄ (60,13 cm), JK₃ (61,50 cm), SP₁ (60,88 cm), SP₈ (60,88 cm), SP₁₆ (61,13 cm), SP₁₈ (61,00 cm), SP₂₃ (60,25 cm) and ATCC9930 (61,50 cm), they were statistically higher (p<0,05) than the absolute control and two of them, did not show significant differences with the fertilized control (TD₁: 74,68 cm and JK₁: 73,38 cm). This indicates a strong dependence of the plant growth with regards to root development, maybe based on the mechanism of specific phytohormone emission by these strains. However, when inoculating wheat with Cuban strains, Bécquer *et al.* (2006) found that the treatments inoculated with the above-mentioned strains (except HG₂, JJ₄ and JK₃) showed common letters with the absolute control. Similar results were found in corn, when

trol fertilizado (TD_1 : 74,68 cm y JK_1 : 73,38 cm). Esto indica una fuerte dependencia del crecimiento de la planta con relación al desarrollo radicular, quizás basada en el mecanismo de emisión de fitohormonas específicas por parte de estas cepas. Sin embargo, al inocular trigo con cepas cubanas, Bécquer *et al.* (2006) encontraron que los tratamientos inoculados con las cepas mencionadas anteriormente (excepto HG_2 , JJ_4 y JK_3) presentaron superíndices comunes con el control absoluto. Resultados similares se encontraron en maíz, al ser inoculado con cepas canadienses (Bécquer, Salas, Archambault, Slaski y Anyia, 2008) en condiciones de invernadero. Al parecer, estos mecanismos pudieran variar de acuerdo con el tipo de cultivo que se inocula, aunque deben efectuarse otras evaluaciones para determinar las verdaderas causas.

En la variable diámetro del tallo sólo cinco tratamientos inoculados con cepas nativas fueron estadísticamente superiores ($P < 0,05$) al control absoluto (TD_1 : 10,60 cm, TD_4 : 10,70 cm, JL_2 : 11,05 cm, SP_7 : 10,55 cm y $SP18$: 10,45 cm) y ninguno superior al control fertilizado. Según Yanni (2001), los beneficios de la asociación rizobio-cereal conllevan una mayor producción de la biomasa vegetativa y reproductiva, y están mayormente relacionados con la modulación de la arquitectura radicular de la planta, provocada por el rizobio para una mejor adquisición de algunos nutrientes del suelo, más que por la fijación biológica del dinitrógeno.

En cuanto a la presencia de mazorcas a los 60 días de la siembra, todos los tratamientos presentaron letras comunes con el control fertilizado y el control absoluto, por lo que esta variable no fue lo suficientemente discriminante como para seleccionar las cepas por su efecto fisiológico en la planta.

En el dendrograma (fig. 1) se muestran dos grandes conglomerados: el 1, compuesto por el control fertilizado y 16 tratamientos, que constituyen aquellas cepas que mostraron valores estadísticos superiores en una o más variables (TD_1 , JK_6 , SP_{12} , SP_7 , TE_4 , JK_1 , SP_{21} , USDA 110, JL_2 , JJ_6 , USDA 76, SP_{20} , 25B6, SP_{15} , NITRAGIN, ATCC 10317) (tabla 2). Por otra parte, el con-

being inoculated with Canadian strains (Bécquer, Salas, Archambault, Slaski and Anyia, 2008) under greenhouse conditions. Seemingly, these mechanisms could vary according to the type of crop that is inoculated, although other evaluations must be carried out in order to determine the real causes.

In the variable stem diameter only five treatments inoculated with native strains were statistically higher ($p < 0,05$) than the absolute control (TD_1 : 10,60 cm, TD_4 : 10,70 cm, JL_2 : 11,05 cm, SP_7 : 10,55 cm and $SP18$: 10,45 cm) and none was higher than the fertilized control. According to Yanni *et al.* (2001), the benefits of the rhizobium-cereal association lead to a higher production of vegetative and reproductive biomass, and are mostly related to the modulation of the root architecture of the plant, caused by the rhizobium for a better acquisition of some soil nutrients, rather than by the biological fixation of dinitrogen.

Regarding the presence of ears 60 days after sowing, all the treatments showed common letters with the fertilized control and the absolute control, for which this variable was not discriminating enough so as to select the strains according to their physiological effect on the plant.

In the dendrogram (fig. 1) two large clusters are shown: number 1, composed by the fertilized control and 16 treatments, which constitute those strains that showed higher statistical values in one or more variables (TD_1 , JK_6 , SP_{12} , SP_7 , TE_4 , JK_1 , SP_{21} , USDA 110, JL_2 , JJ_6 , USDA 76, SP_{20} , 25B6, SP_{15} , NITRAGIN, ATCC 10317) (table 2). On the other hand, cluster 2 included 26 treatments and the absolute control, grouped independently, where 2.1.1 was integrated by the absolute control and treatment TE_1 . This treatment showed the statistically lowest values with regards to the fertilized control in the different variables, except in the presence of ears, and did not differ from the absolute control in all the variables (table 2). The positively selected treatments in the dendrogram constituted 69% for the native strains and 31% for the commercial ones.

When evaluating all the treatments inoculated with native or commercial strains, indistinctly,

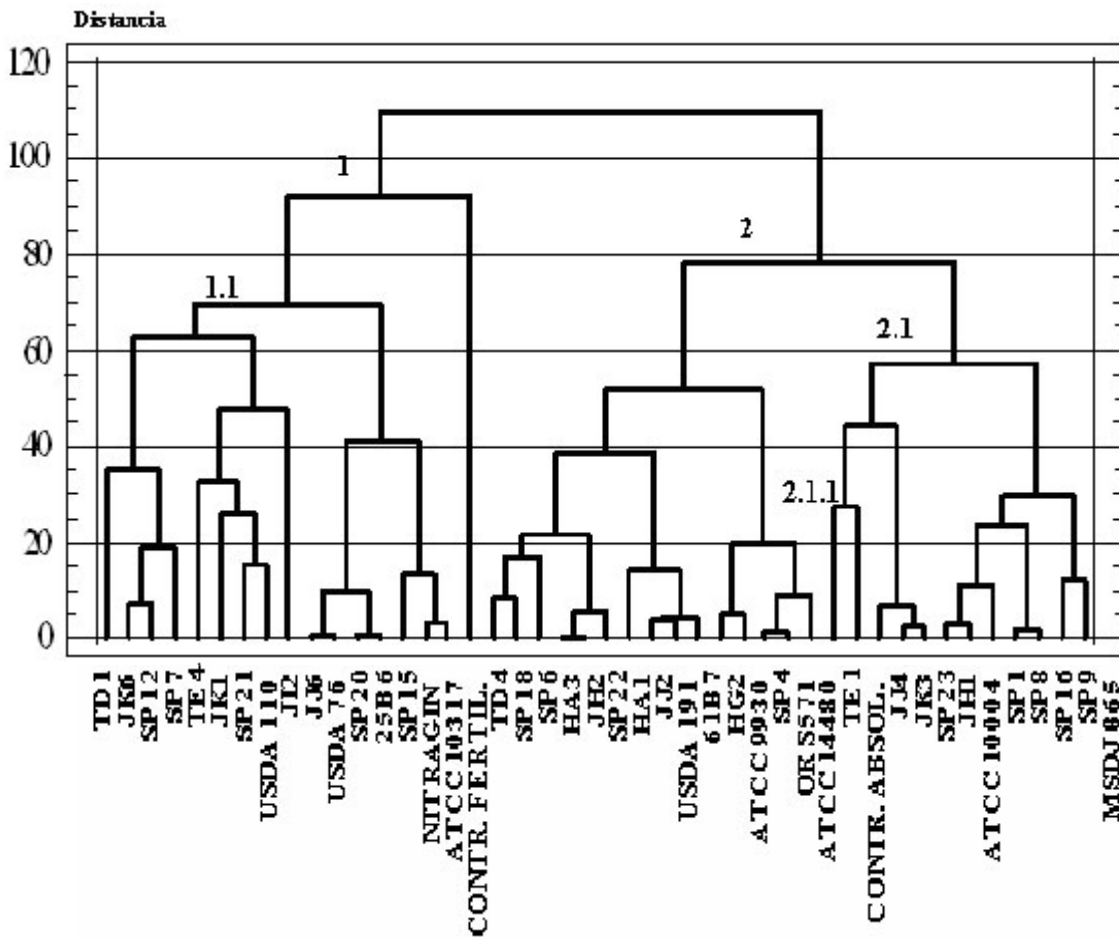


Fig. 1. Agrupación de los tratamientos.
Fig. 1. Grouping of treatments.

glomerado 2 incluyó un total de 26 tratamientos y el control absoluto, agrupados de forma independiente, donde el 2.1.1 lo integraron el control absoluto y el tratamiento TE₁. Este tratamiento presentó los valores estadísticamente inferiores con respecto al control fertilizado en las distintas variables, excepto en la presencia de mazorcas, y no difirió del control absoluto en todas las variables (tabla 2). Los tratamientos seleccionados positivamente en el dendrograma constituyeron el 69% para las cepas nativas y el 31% para las comerciales.

Al evaluar todos los tratamientos inoculados con cepas nativas o comerciales, indistintamente, en cuanto al grado de dependencia entre variables, se determinó que el índice de regresión

regarding the degree of dependence among variables, it was determined that the regression index was relatively weak in all the analyzed cases: $r^2 = 21,7\%$ for the dependent variable ADW and the independent one RDW (fig. 2), as well as $r^2 = 9,6\%$ for SL and RDW (fig. 3), $r^2 = 21,3\%$ for SD and RDW (fig. 4) and $r^2 = 4,3\%$ for PE and RDW (fig. 5). However, when separating the analysis by provenance of the strains, it was observed that among the native strains these indexes varied, when SD showed a moderately strong regression ($r^2 = 25,29\%$) (fig. 6) with regards to RDW, although the regression index was relatively weak ($r^2 = 20,00\%$) in ADW as compared to RDW (fig. 7). These results coincide with the

Tabla 2. Resultados de la inoculación de maíz con rizobios nativos cubanos y comerciales.
Table 2. Results of the inoculation of corn with Cuban native and commercial rhizobia.

Tratamiento	Peso seco aéreo (g/maceta)	Peso seco raíz (g/maceta)	Longitud del tallo (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Presencia de mazorcas a los 60 días
TD ₁	11,84 ^{bcd}	3,04 ^{abc}	74,68 ^{ab}	10,60 ^{bcd}	0,707 ^b
TD ₄	11,97 ^{bcd}	2,66 ^{bcd}	64,00 ^{bcdefgh}	10,70 ^{bc}	0,8365 ^{ab}
TE ₁	10,27 ^{de}	2,13 ^d	53,83 ^{hi}	9,58 ^{defg}	0,707 ^b
TE ₄	11,21 ^{bcd}	2,66 ^{bcd}	55,63 ^{ghi}	10,20 ^{bcdefg}	1,0955 ^a
HA ₁	12,37 ^{bcd}	2,62 ^{bcd}	72,25 ^{bcd}	9,88 ^{cdefg}	0,8365 ^{ab}
HA ₃	11,38 ^{bcd}	2,55 ^{bcd}	61,63 ^{defghi}	10,23 ^{bcdefg}	0,8365 ^{ab}
HG ₂	11,60 ^{bcd}	2,30 ^{bcd}	61,88 ^{cdefghi}	10,08 ^{bcdefg}	0,966 ^{ab}
JH ₁	11,48 ^{bcd}	2,57 ^{bcd}	61,88 ^{cdefghi}	10,43 ^{bcdef}	0,707 ^b
JH ₂	11,49 ^{bcd}	2,57 ^{bcd}	62,88 ^{cdefgh}	10,25 ^{bcdefg}	0,8365 ^{ab}
JJ ₂	12,75 ^{bc}	3,15 ^{ab}	63,88 ^{bcdefgh}	11,05 ^b	1,0955 ^a
JJ ₂	11,39 ^{bcd}	2,64 ^{bcd}	69,00 ^{bcdef}	10,23 ^{bcdefg}	0,8365 ^{ab}
JJ ₄	11,50 ^{bcd}	2,58 ^{bcd}	60,13 ^{fghi}	9,50 ^{defg}	0,8365 ^{ab}
JJ ₆	11,05 ^{cde}	2,68 ^{bcd}	64,38 ^{bcdefgh}	10,00 ^{bcdefg}	0,966 ^{ab}
JK ₁	12,44 ^{bcd}	2,35 ^{bcd}	73,38 ^{abc}	9,83 ^{cdefg}	1,0955 ^a
JK ₃	10,74 ^{cde}	2,52 ^{bcd}	61,50 ^{defghi}	9,58 ^{defg}	0,8365 ^{ab}
JK ₆	11,86 ^{bcd}	2,67 ^{bcd}	71,63 ^{bcdef}	10,18 ^{bcdefg}	0,966 ^{ab}
SP ₁	11,17 ^{cde}	2,81 ^{bcd}	60,88 ^{defghi}	10,20 ^{bcdefg}	0,707 ^b
SP ₄	11,46 ^{bcd}	2,11 ^d	64,63 ^{bcdefgh}	10,23 ^{bcdefg}	0,8365 ^{ab}
SP ₆	12,35 ^{bcd}	2,89 ^{bcd}	65,38 ^{bcdefg}	10,20 ^{bcdefg}	0,8365 ^{ab}
SP ₇	12,69 ^{bc}	3,11 ^{ab}	69,63 ^{bcdef}	10,55 ^{bcde}	0,966 ^{ab}
SP ₈	11,68 ^{bcd}	2,65 ^{bcd}	60,88 ^{defghi}	9,43 ^{fg}	0,707 ^b
SP ₉	10,91 ^{cde}	2,70 ^{bcd}	67,50 ^{bcdef}	10,00 ^{bcdefg}	0,707 ^b
SP ₁₂	12,33 ^{bcd}	3,00 ^{abc}	71,69 ^{bcde}	10,13 ^{bcdefg}	0,966 ^{ab}
SP ₁₅	10,68 ^{cde}	2,42 ^{bcd}	67,00 ^{bcdefg}	10,08 ^{bcdefg}	0,966 ^{ab}
SP ₁₆	11,42 ^{bcd}	2,57 ^{bcd}	61,13 ^{defghi}	9,58 ^{defg}	0,707 ^b
SP ₁₈	12,22 ^{bcd}	2,52 ^{bcd}	61,00 ^{defghi}	10,45 ^{bcdef}	0,8365 ^{ab}
SP ₂₀	12,13 ^{bcd}	2,78 ^{bcd}	64,88 ^{bcdefgh}	9,98 ^{bcdefg}	0,966 ^{ab}
SP ₂₁	13,43 ^b	2,55 ^{bcd}	66,50 ^{bcdefg}	10,13 ^{bcdefg}	1,0955 ^a
SP ₂₂	11,14 ^{cde}	2,76 ^{bcd}	63,13 ^{cdefgh}	10,25 ^{bcdefg}	0,8365 ^{ab}
SP ₂₃	10,89 ^{cde}	2,49 ^{bcd}	60,25 ^{efghi}	9,80 ^{cdefg}	0,8365 ^{ab}
25B6	11,89 ^{bcd}	2,83 ^{bcd}	64,25 ^{bcdefgh}	9,95 ^{bcdefg}	0,966 ^{ab}
61B7	11,93 ^{bcd}	2,56 ^{bcd}	70,50 ^{bcdef}	10,18 ^{bcdefg}	0,8365 ^{ab}
NITRAGIN	10,88 ^{cde}	2,51 ^{bcd}	67,63 ^{bcdef}	9,48 ^{efg}	0,966 ^{ab}
ORS 571	11,46 ^{bcd}	2,24 ^{cd}	66,75 ^{bcdefg}	10,25 ^{bcdefg}	0,8365 ^{ab}
MSDJ 865	11,05 ^{cde}	2,42 ^{bcd}	67,88 ^{bcdef}	9,53 ^{defg}	0,707 ^b
USDA 110	12,08 ^{bcd}	2,74 ^{bcd}	67,50 ^{bcdef}	10,30 ^{bcdefg}	1,0955 ^a
USDA 191	11,86 ^{bcd}	2,65 ^{bcd}	67,13 ^{bcdefg}	10,08 ^{bcdefg}	0,8365 ^{ab}
USDA 76	11,48 ^{bcd}	2,65 ^{bcd}	64,63 ^{bcdefgh}	9,95 ^{bcdefg}	0,966 ^{ab}
ATCC 10004	11,62 ^{bcd}	2,59 ^{bcd}	63,63 ^{bcdefgh}	10,18 ^{bcdefg}	0,707 ^b
ATCC 10317	11,17 ^{cde}	2,46 ^{bcd}	64,63 ^{bcdefgh}	9,53 ^{defg}	0,966 ^{ab}
ATCC 14480	11,35 ^{bcd}	2,39 ^{bcd}	64,75 ^{bcdefgh}	9,93 ^{cdefg}	0,8365 ^{ab}
ATCC 9930	11,58 ^{bcd}	2,30 ^{bcd}	61,50 ^{defghi}	10,10 ^{bcdefgh}	0,8365 ^{ab}
Control absoluto	10,16 ^e	2,63 ^{bcd}	50,83 ⁱ	9,28 ^g	0,8365 ^{ab}
Control fertilizado	17,16 ^a	3,80 ^a	84,17 ^a	12,28 ^a	0,966 ^{ab}
	DE: 1,7399	DE: 0,612509	DE: 9,09183	DE: 0,848454	DE: 0,243089

a,b,c,d,e,f,g,h,i Valores con superíndices no comunes difieren a $p < 0,05$
(Datos originales transformados según Lerch, 1976)

fue relativamente débil en todos los casos analizados: $r^2 = 21,7\%$ para la variable dependiente PSA y la independiente PSR (fig. 2), así como $r^2 = 9,6\%$ para LT y PSR (fig. 3), $r^2 = 21,3\%$ para DT y PSR (fig. 4) y $r^2 = 4,3\%$ para PM y PSR (fig. 5).

Sin embargo, al separar los análisis por el origen de las cepas, se observó que entre las cepas nativas estos índices variaron, al presentar el DT con respecto al PSR una regresión moderadamente fuerte ($r^2 = 25,29\%$) (fig. 6), aunque el índice de regresión fue relativamente débil ($r^2 = 20,00\%$) en el PSA con respecto al PSR (fig. 7). Estos resultados coinciden con la regresión encontrada en estas mismas variables, pero en plantas de trigo, al ser inoculadas con las cepas anteriormente señaladas en condiciones de invernadero (Bécquer *et al.*, 2006). El índice de regresión en LT con respecto a PSR fue relativamente débil ($r^2 = 14,5\%$), así como el correspondiente a PM con relación a PSR (fig. 8 y fig. 9, respectivamente).

regression found in these same variables, but in wheat plants, when being inoculated with the above-mentioned strains under greenhouse conditions (Bécquer *et al.*, 2006). The regression index in SL with regards to RDW was relatively weak ($r^2 = 14,5\%$), as well as the one corresponding to PE in relation to RDW (fig.8 and fig. 9, respectively).

A moderately strong index ($r^2 = 30,5\%$) was also found between the variable ADW with regards to RDW (fig. 10) in the regression analysis for the commercial strains, and a weak one ($r^2 = 1,6\%$) for SL (fig. 11), SD ($r^2 = 1,8\%$) (fig. 12) and PE ($r^2 = 22,0\%$) (fig. 13).

These results indicate a weak dependence of these variables with regards to root development, except in stem diameter (native strains) and aerial dry weight (commercial strains), where the statements by Lupwayi and Clayton (2004) were corroborated regarding that rhizobia can act as plant growth promoters and change the physiology and morphology of the inoculated

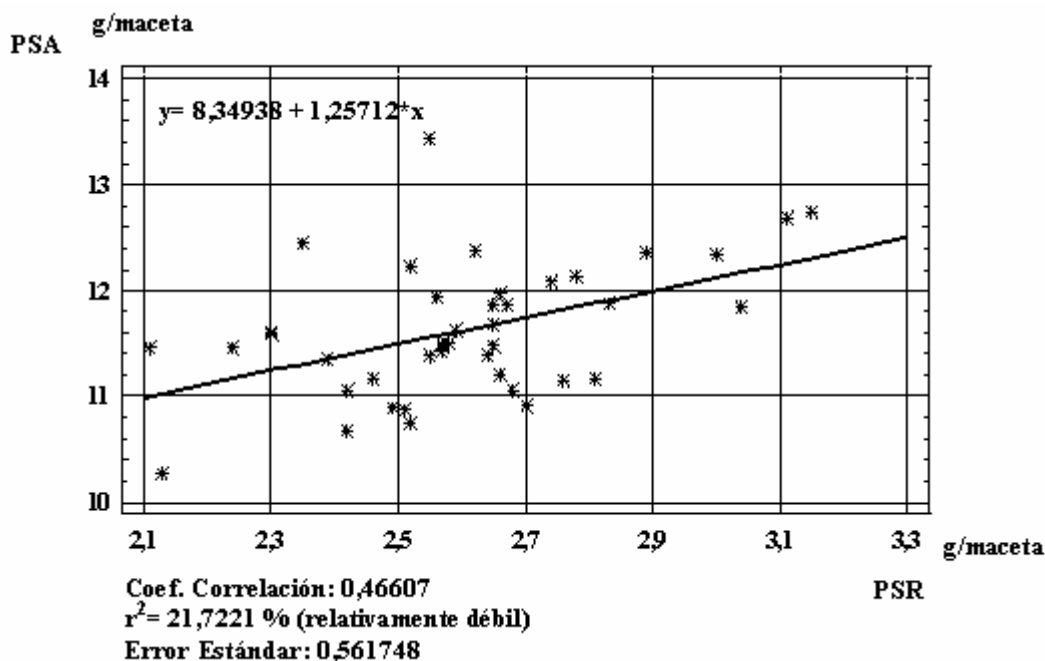


Fig. 2. Gráfico de dispersión de las variables PSR (independiente) y PSA (dependiente) de los tratamientos inoculados con todas las cepas.

Fig. 2. Dispersion graph of the variables RDW (independent) and ADW (dependent) of the treatments inoculated with all the strains.

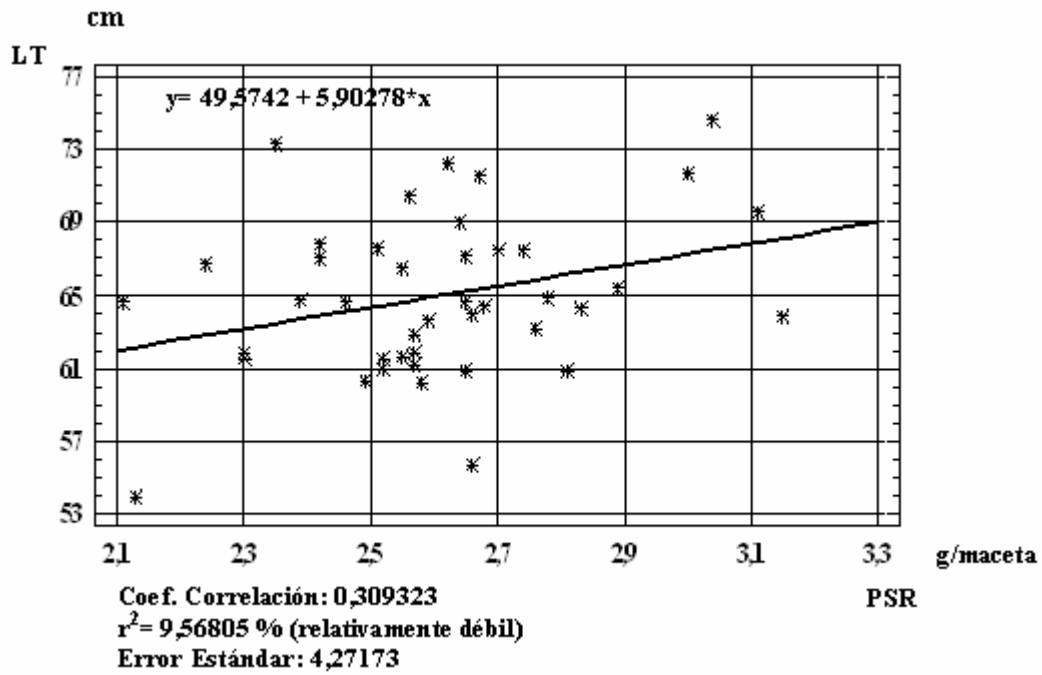


Fig. 3. Gráfico de dispersión de las variables PSR (independiente) y LT (dependiente) de los tratamientos inoculados con todas las cepas.

Fig. 3. Dispersion graph of the variables RDW (independent) and SL (dependent) of the treatments inoculated with all the strains.

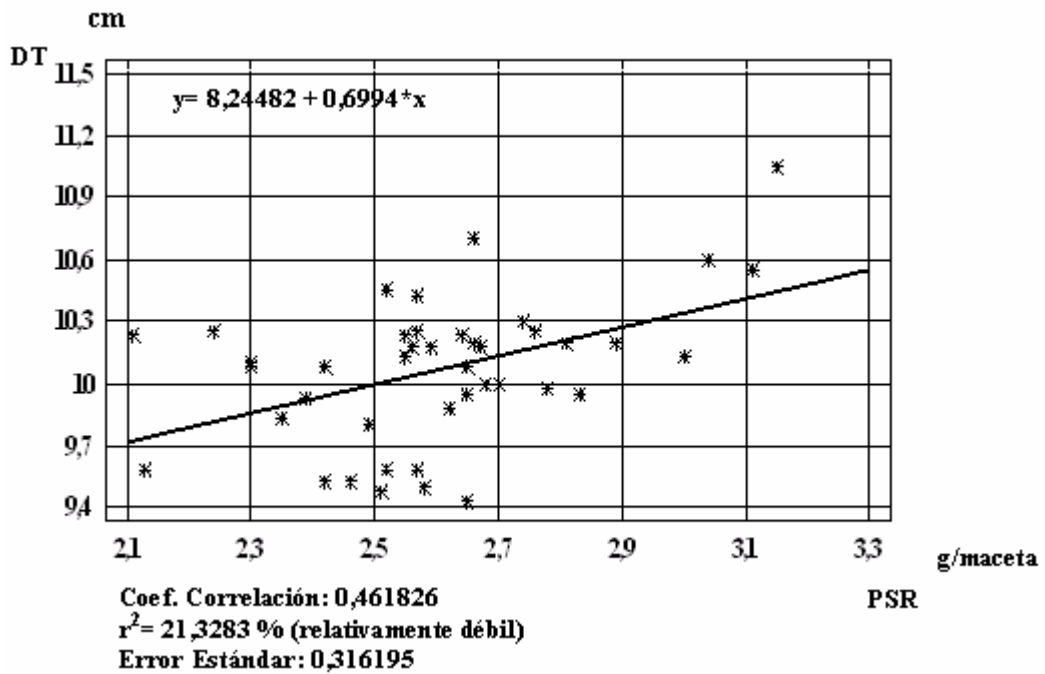


Fig. 4. Gráfico de dispersión de las variables PSR (independiente) y DT (dependiente) de los tratamientos inoculados con todas las cepas.

Fig. 4. Dispersion graph of the variables RDW (independent) and SD (dependent) of the treatments inoculated with all the strains.

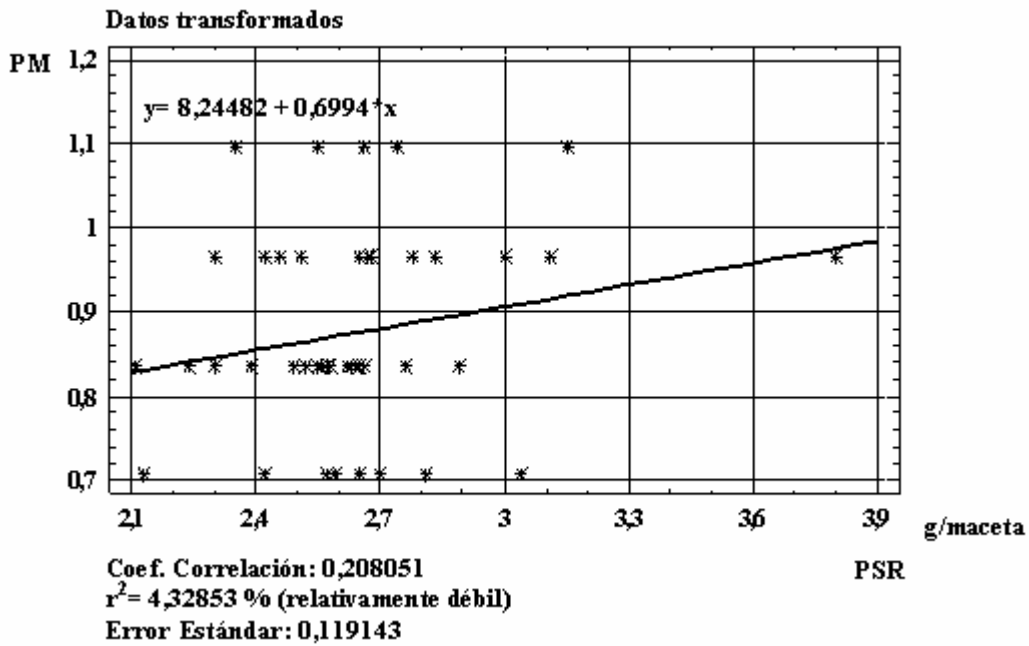


Fig. 5. Gráfico de dispersión de las variables PSR (independiente) y PM (dependiente) de los tratamientos inoculados con todas las cepas.

Fig. 5. Dispersion graph of the variables RDW (independent) and PE (dependent) of the treatments inoculated with all the strains.

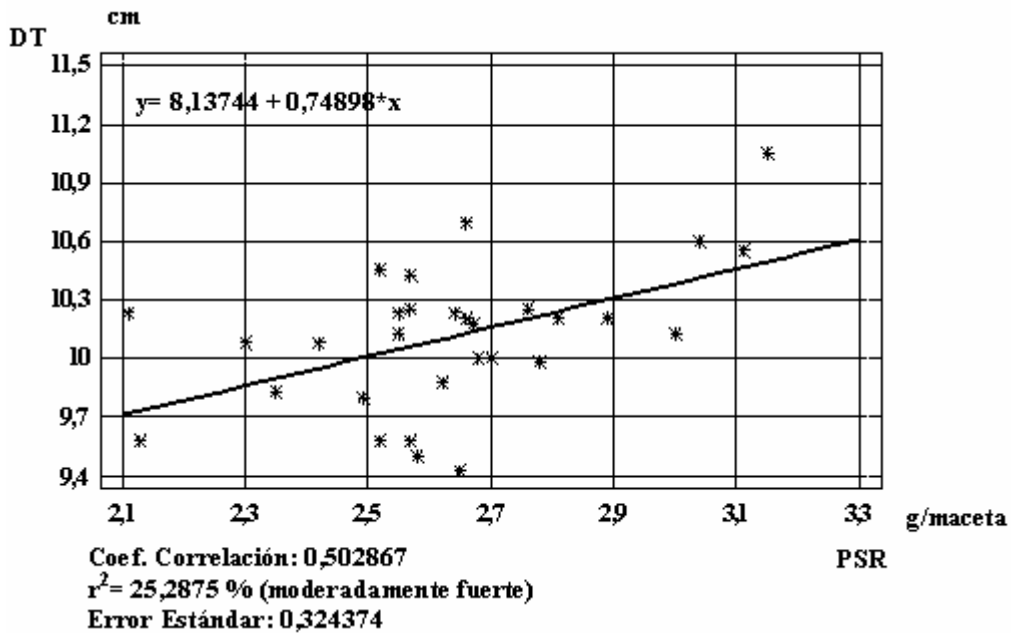


Fig. 6. Gráfico de dispersión de las variables PSR (independiente) y DT (dependiente) de los tratamientos inoculados con las cepas nativas.

Fig. 6. Dispersion graph of the variables RDW (independent) and SD (dependent) of the treatments inoculated with native strains.

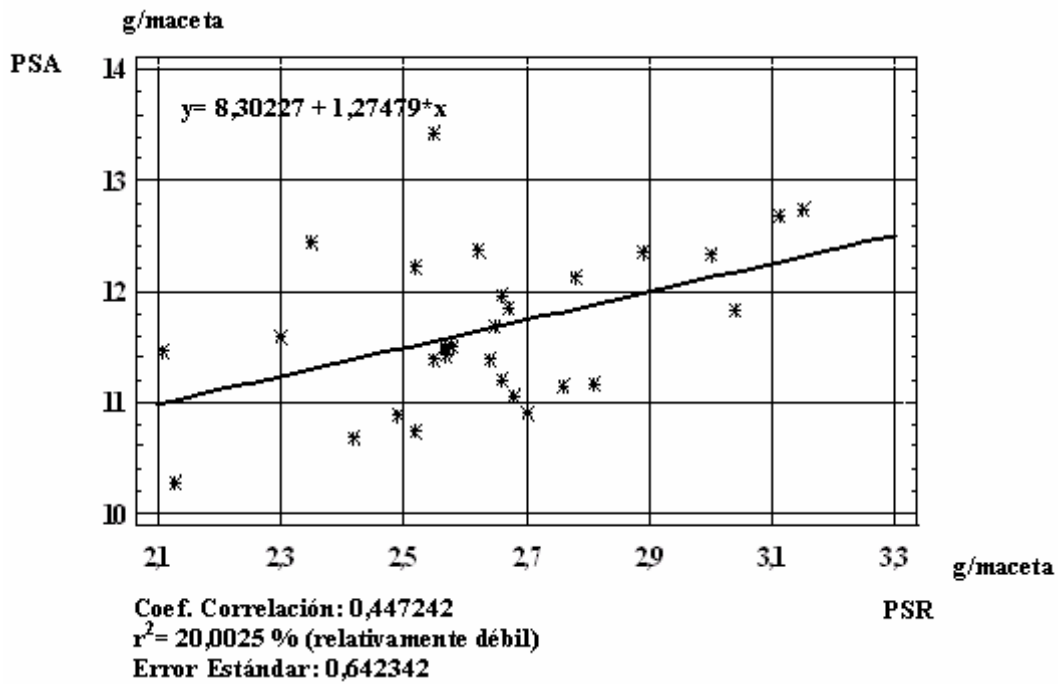


Fig. 7. Gráfico de dispersión de las variables PSR (independiente) y PSA (dependiente) de los tratamientos inoculados con las cepas nativas.

Fig. 7. Dispersion graph of the variables RDW (independent) and ADW (dependent) of the treatments inoculated with native strains.

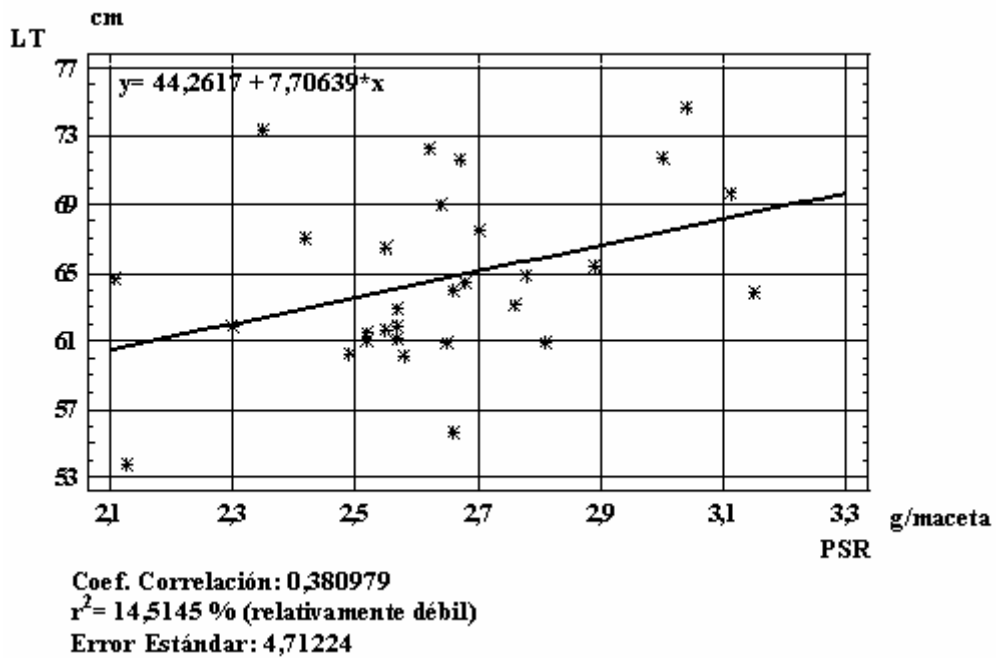


Fig. 8. Gráfico de dispersión de las variables PSR (independiente) y LT (dependiente) de los tratamientos inoculados con las cepas nativas.

Fig. 8. Dispersion graph of the variables RDW (independent) and SL (dependent) of the treatments inoculated with native strains.

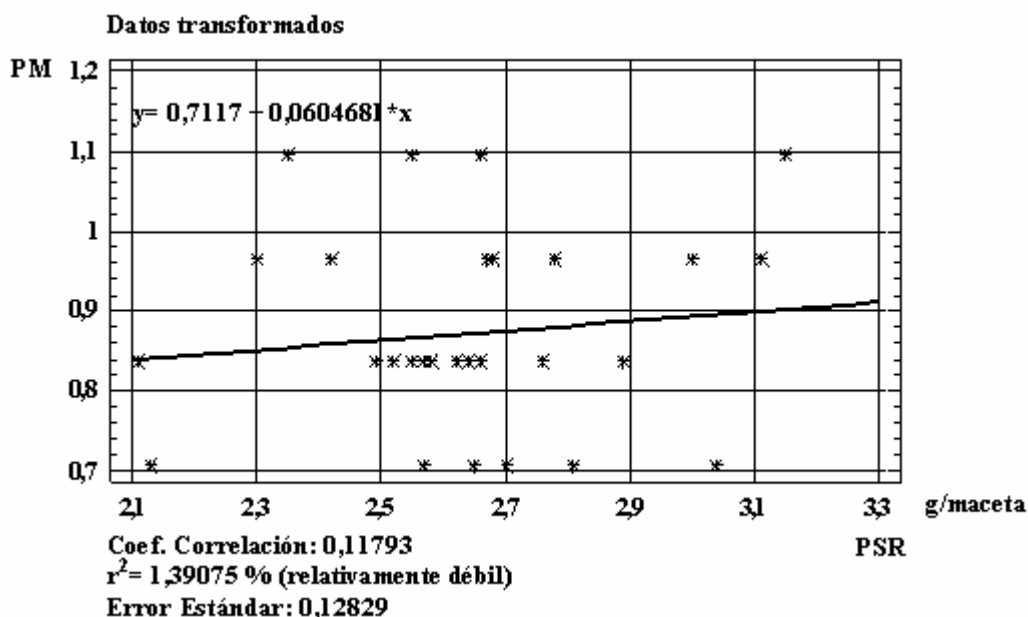


Fig. 9. Gráfico de dispersión de las variables PSR (independiente) y PM (dependiente) de los tratamientos inoculados con las cepas nativas.

Fig. 9. Dispersion graph of the variables RDW (independent) and PE (dependent) of the treatments inoculated with native strains.

También se halló un índice moderadamente fuerte ($r^2 = 30,5\%$) entre la variable PSA con respecto a PSR (fig. 10) en el análisis de regresión para las cepas comerciales, y débil ($r^2 = 1,6\%$) para LT (fig. 11), DT ($r^2 = 1,8\%$) (fig. 12) y PM ($r^2 = 22,0\%$) (fig. 13).

Estos resultados indican una débil dependencia de estas variables con respecto al desarrollo radicular, excepto en el diámetro del tallo (cepas nativas) y en el peso seco aéreo (cepas comerciales), donde se corroboró lo planteado por Lupwayi y Clayton (2004) acerca de que los rizobios pueden actuar como promotores del crecimiento vegetal y cambiar la fisiología y morfología de las raíces inoculadas, lo que resulta en una mayor absorción de N y otros nutrientes. Es posible que al no evaluar algunos de los indicadores agroproductivos de la planta, no se haya podido determinar una relación o dependencia más definitiva entre las variables; aunque este aspecto, en opinión de los autores, no le resta calidad a la selección de las cepas.

Se concluye que en las variables PSA, LT y DT existieron tratamientos que fueron

roots, which results in a higher absorption of N and other nutrients. It is possible that as some agroproductive indicators were not evaluated, a more definitive relationship among the variables could not have been determined; although this aspect, from the authors' point of view, does not diminish the quality of the strain selection.

It is concluded that in the variables ADW, SL and SD, there were treatments which were statistically higher than the absolute control, and in the case of SL two treatments showed values without significant differences from the fertilized control. In the RDW the inoculated treatments were lower than the fertilized control, except JI_2 , TD_1 , SP_7 and SP^{12} .

No statistical differences were detected among treatments in PE. A grouping in clusters was obtained of the inoculated treatments which showed higher or lower statistical values, according to the different variables, for which a selection of the outstanding strains (TD_1 , JK_6 , SP_{12} , SP_7 , TE_4 , JK_1 , SP_{21} , USDA 110, JI_2 , JJ_6 , USDA 76, SP_{20} , 25B6, SP_{15} , NITRAGIN, ATCC 10317) was made, for their later evaluation under

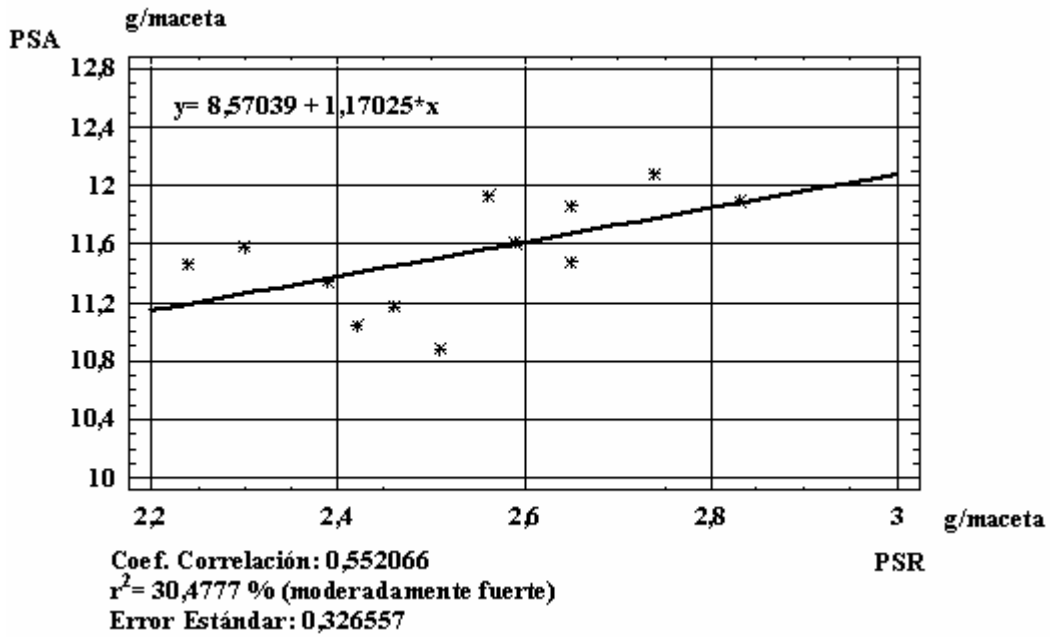


Fig. 10. Gráfico de dispersión de las variables PSR (independiente) y PSA (dependiente) de los tratamientos inoculados con las cepas de referencia.

Fig. 10. Dispersion graph of the variables RDW (independent) and ADW (dependent) of the treatments inoculated with reference strains.

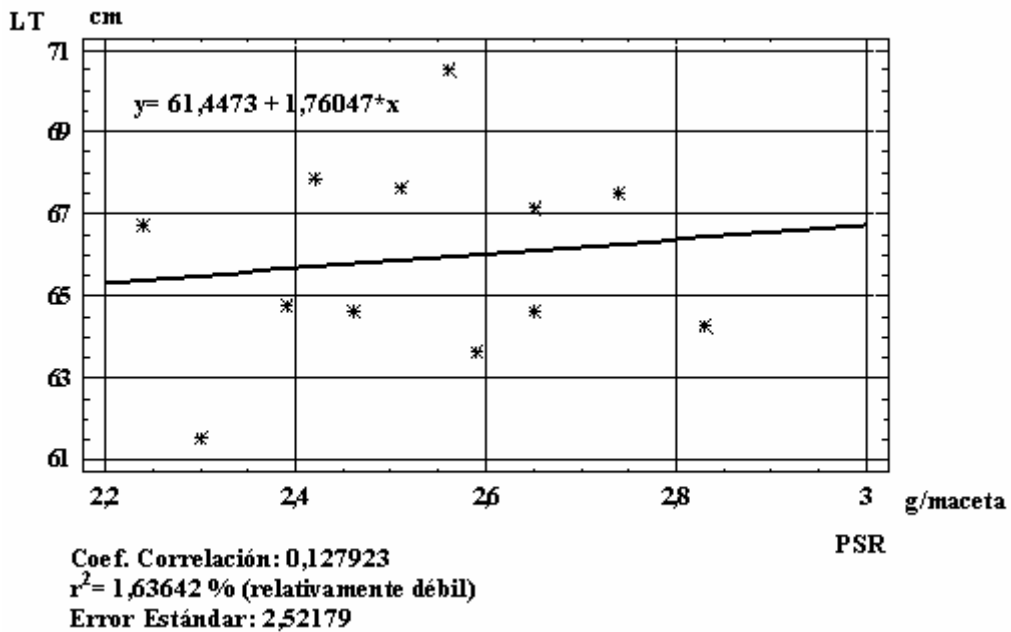


Fig. 11. Gráfico de dispersión de las variables PSR (independiente) y LT (dependiente) de los tratamientos inoculados con las cepas de referencia.

Fig. 11. Dispersion graph of the variables RDW (independent) and SL (dependent) of the treatments inoculated with reference strains.

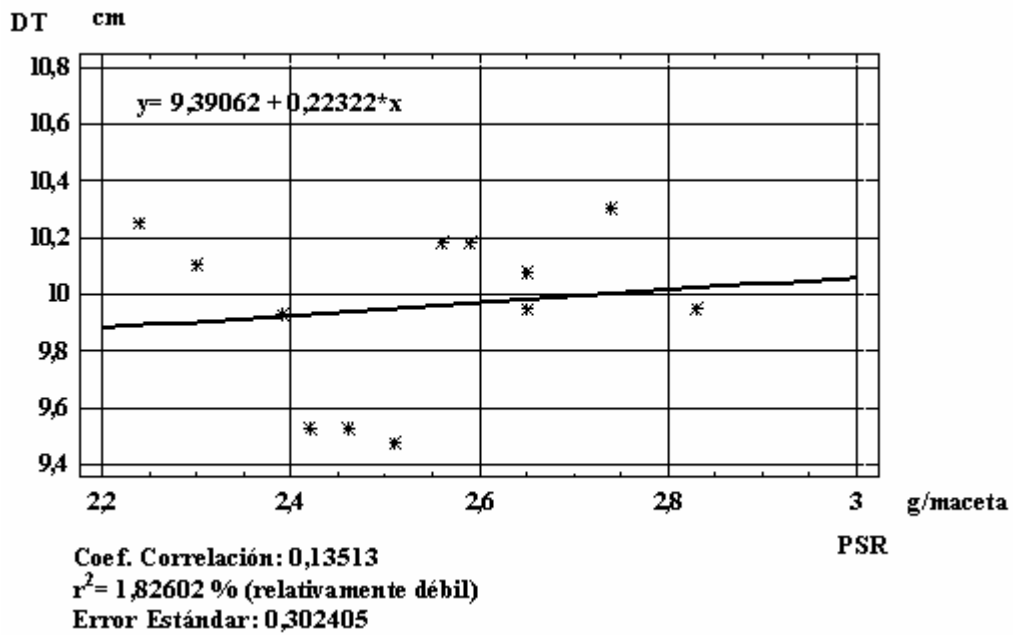


Fig. 12. Gráfico de dispersión de las variables PSR (independiente) y DT (dependiente) de los tratamientos inoculados con las cepas de referencia.

Fig. 12. Dispersion graph of the variables RDW (independent) and SD (dependent) of the treatments inoculated with reference strains.

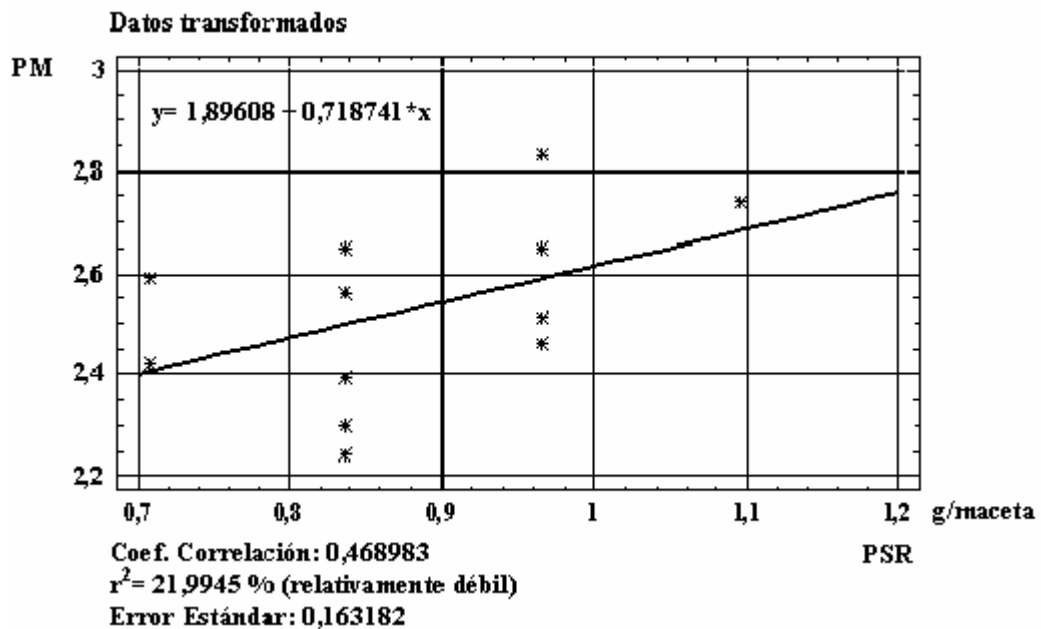


Fig. 13. Gráfico de dispersión de las variables PSR (independiente) y PM (dependiente) de los tratamientos inoculados con las cepas de referencia.

Fig. 13. Dispersion graph of the variables RDW (independent) and PE (dependent) of the treatments inoculated with reference strains.

estadísticamente superiores al control absoluto, y en el caso de la LT dos tratamientos presentaron valores sin diferencias significativas a los del control fertilizado. En el PSR los tratamientos inoculados fueron inferiores al control fertilizado, excepto JI2, TD1, SP7 y SP12.

No se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos en la PM. Se obtuvo una agrupación, en conglomerados, de los tratamientos inoculados que mostraron valores estadísticos superiores o inferiores, de acuerdo con las distintas variables, por lo que se efectuó una selección de aquellas cepas (TD₁, JK₆, SP₁₂, SP₇, TE₄, JK₁, SP₂₁, USDA 110, JI₂, JJ₆, USDA 76, SP₂₀, 25B6, SP₁₅, NITRAGIN, ATCC 10317) que se destacaron, para su posterior evaluación en condiciones de campo. Al evaluar todos los tratamientos en cuanto al grado de dependencia de las diferentes variables con respecto al PSR se determinó que, en general, el índice de regresión fue débil, pero al analizarlos por separado se observó una regresión fuerte en las variables DT (cepas nativas) y PSA (cepas comerciales).

Se recomienda la continuación de estas investigaciones en condiciones de campo.

Agradecimientos

Al igual que en experimentos anteriores realizados con trigo, el financiamiento, así como las instalaciones, equipos y materiales utilizados para este trabajo, fueron provistos por Alberta Research Council (Vegreville, Alberta, Canadá), a través de un proyecto de colaboración con la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Sancti Spiritus, Cuba. Los autores agradecen profundamente a todos los funcionarios de esta Institución canadiense, especialmente al Dr. Daniel Archambault y al Dr. Jan Slaski, por su gran esfuerzo en hacer realidad este proyecto.

Referencias bibliográficas

Antoun, H.; Beauchamp, C.J.; Goussard, N.; Chabot, R. & Lalonde, R. 1998. Potential of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: Effect on radishes (*Rhaphanus sativus* L.). *Plant and Soil*. 204:57

field conditions. When evaluating all the treatments regarding the degree of dependence of the different variables to the RDW, in general, the regression index was determined to be weak, but when they were analyzed separately, a strong regression was observed in the variables SD (native strains) and ADW (commercial strains).

To continue these studies under field conditions is recommended.

Acknowledgements

As in the previous experiments performed with wheat, the financing, as well as the facilities, equipment and materials used for this work, were provided by the Alberta Research Council (Vegreville, Alberta, Canada), through a collaboration project with the Experimental Station of Pastures and Forages Sancti Spiritus, Cuba. The authors thank deeply all the officials of this Canadian Institution, especially Dr. Archambault and Dr. Jan Slaski, for their great effort in achieving this project.

--End of the English version--

- Antoun, H. & Kloepper, J.W. 2001. Plant growth promoting rhizobacteria. *Encyclopedia of Genetics*. (Brenner, S. and Miller, J.F., Eds.). Academic Press, New York. p. 1477
- Antoun, H. & Prévost, D. 2000. PGPR activity of *Rhizobium* with nonleguminous plants. *Proceedings of the 5th International PGPR workshop*. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina. p. 62
- Bécquer, C.J. 2003. Caracterización y selección de rizobios adaptados a ecosistemas ganaderos de Sancti Spiritus, Cuba. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad de La Habana. 140 p.
- Bécquer, C.J.; Salas, Beatriz; Archambault, D.; Slaski, J. & Anyia, A. 2006. Inoculación de trigo (*Triticum aestivum*, L.) con rizobios adaptados a ecosistemas ganaderos de Sancti Spiritus, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 29:255
- Bécquer, C.J.; Salas, Beatriz; Archambault, D.; Slaski, J. & Anyia, A. 2008. Selección de rizobios adapta-

- dos a ecosistemas ganaderos de Alberta, Canadá; inoculados en maíz (*Zea mays*, L.). Fase I: invernadero. Logro Científico del Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. La Habana, Cuba
- Biswas, J.C.; Ladha, J.K. & Dazzo, F.B. 2000. Rhizobia inoculation improves nutrient uptake and growth of lowland rice. *Soil Sc. Soc. of America J.* 64:1644
- Cocking, E.C. 2004. Endophytic colonization of plant roots by nitrogen-fixing bacteria. *Plant and Soil.* 252:169
- Lerch, G. 1976. La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas. Ed. Ciencia y Técnica. La Habana, Cuba. 452 p.
- Lupwayi, N.Z. & Clayton, G.W. 2004. Endophytic rhizobia and other diazotrophic bacteria in nonlegume crops. *Recent Res. Devel. Crop Sci.* 1:227
- Prévost, D.; Saddiki, S. & Antoun, H. 2000. Growth and mineral nutrition of corn inoculated with effective strains of *Bradyrhizobium japonicum*. Proceedings of the 5th International PGPR workshop. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina. 7 p.
- Reddy, P.M.; Ladha, J.K.; So, R.B.; Hernández, R.J.; Ramos, M.C.; Ángeles, O.R.; Dazzo, F.B. & de Bruijn, F.J. 1997. Rhizobial communication with rice roots: Induction of phenotypic changes, mode of invasion and extent of colonization. *Plant and Soil.* 194:81
- Sabry, S.R.S.; Saleh, S.A.; Batchelor, Caroline; Jones, J.; Jotham, J.; Webster, G.; Kothari, S.L.; Davey, M.R. & Cocking, E.C. 1997. Endophytic establishment of *Azorhizobium caulinodans* in wheat. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 264:341
- Somasegaran, P. & Hoben, H.J. 1994. Handbook for rhizobia. Springer-Verlag, New York. 450 p.
- Yanni, Y.G. *et al.* 2001. The beneficial plant growth-promoting association of *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii with rice roots. *Australian Journal of Plant Physiology.* 28 (9):845

Recibido el 28 de junio del 2007

Aceptado el 4 de marzo del 2008

VII ENCUENTRO DE EDITORES DE REVISTAS CIENTÍFICAS

Fecha: 17 de noviembre del 2009

Lugar: Instituto de Ciencia Animal
La Habana, Cuba

Contacto:

Dr. Rafael S. Herrera García
Presidente del Comité Organizador
E-mail: rcca@ica.co.cu