



VALIDACIÓN DE *GRAMINOSOIL – L*
INOCULANTE LÍQUIDO
A BASE DE BACTERIAS DEL GENERO
AZOSPIRILLUM EN MAÍZ
2004 - 2005



Departamento de Microbiología de Suelos y Control de Inoculantes. M.G.A.P. y LAGE y Cía. S.A.

INFORMACIÓN GENERAL

Nombre del Productor: Sergio Marrero.

Ubicación del predio: Ruta 81 Km 39, San Bautista, Canelones.

Historia de la chacra donde se implantó el experimento: 4 años de alfalfa para fardos por lo que es esperable alta disponibilidad de nutrientes.

Análisis de suelo :

PH (H ₂ O)	pH (KCl)	%MO	P(ppm)	K	Ca	Mg	Na
7,6	6,6	4,7	9	0,75	>41	2,3	0,11

Semilla: ACA 928.

Tratamientos a la semilla: curasemillas funguicida *C + T*, provista por CALPROSE.

Herbicidas: DUAL GOLD a la siembra.

Tipo de siembra: directa.

Densidad de siembra: 65000 semillas por hectárea.

Dosis de *Graminsoil-L*: 600 cc + 200 cc de *A.D.Cell* para 65000 semillas (20 Kg), dejándose orear las semillas inoculadas antes de colocarlas en la sembradora.

Procedimiento de inoculación: a mano y a la sombra.

Concentración de *Azospirillum* por semilla: 4.5×10^5 al momento de la siembra.

Problemas de implantación: no en el experimento. Sí en la chacra en general.

TRATAMIENTOS

Inoculado y sin inocular en tres niveles de fertilización:

- 1 : Sin fertilización.
- 2 : Fertilización a la Base (130 Kg / Há de 0-22-23-0).
- 3 : Fertilización a la Base y refertilizado con 120 Kg / Há de urea (a los 60 días).

CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

En cada nivel de fertilización se instalaron dos tratamientos, uno inoculado y otro sin inocular. A los efectos del muestreo se definieron 6 bloques de 6 metros de largo abarcando 5 líneas de cultivo. De cada bloque se hizo un muestreo de 10 plantas, por lo cual los resultados serían la media de 60 plantas por tratamiento en cada muestreo. Las medias de los distintos tratamientos se compararon por el test de Tukey (α 0.05).

Se realizaron muestreos a los 60 y 120 días después de la siembra.

RAICES

Una de las respuestas más importantes a la aplicación de *Azospirillum* en gramíneas es la mayor producción de Biomasa Radicular, que además de aumentar la absorción de agua y nutrientes lo cual es de especial importancia en años de déficit hídrico, aporta Materia Orgánica de rápida descomposición y reciclaje. Esto tiene especial significancia en sistemas de Laboreo Reducido o Cero Laboreo.

La mayor producción de raíces tiene un efecto inmediato en el cultivo en cuestión pero además tiene un valor adicional que habría que cuantificar en la rotación de cultivos. Estas raíces quedan en el suelo como aporte de Materia Orgánica que se descompone y libera nutrientes además de mejorar las condiciones físicas del horizonte productivo.

Por esto es importante conocer los volúmenes de Materia Orgánica Fresca que ingresan por hectárea al sistema luego de un cultivo de MAÍZ.

Resultados y Discusión

El Cuadro 1 presenta los resultados del Peso Verde de Raíces (g / planta) de MAÍZ a los 60 días después de la siembra, en parcelas inoculadas con *Graminsoil-L* y fertilizadas a la siembra (130 Kg / Há 0-22-23-0).

Cuadro 1: Respuesta de MAIZ a la inoculación con *Graminsoil-L* y fertilización con Fósforo a los 60 días posteriores a la siembra. Peso fresco de raíces / planta.

Primer muestreo (60 días después de la siembra)				
	I 1	I 2	T 1	T 2
Peso Verde Radicular (gr / planta)	163.4 a	183.2 a	131.0 a	163.4 a
	124.7 %	139.8 %	100 %	124.7 %
	124.7 %	112.1 %	100 %	100 %

I : Inoculado. T: Sin inocular. 1 : Sin fertilización. 2 : Fertilización a la Base (130 Kg / Há de 0-22-23-0). Datos refieren a la media de 6 repeticiones (60 plantas).

En el primer muestreo se verifica un incremento del peso verde de la raíz de 25 % en el nivel 1 de fertilización o sea sin fertilizar y de 12 % en el caso de fertilizar con Fósforo. También se

aprecia que la inoculación en el nivel 1 de fertilización permite alcanzar valores del parámetro similar a los que se obtienen en el tratamiento sin inocular en el nivel 2 de fertilización.

En el Cuadro 2 figuran los resultados del Peso Verde de raíces de MAIZ (g / planta) a los 120 días después de la Siembra (Segundo muestreo). Se presentan los datos de tratamientos inoculados y no inoculados con *Graminsoil-L*, sin fertilizar, fertilizados con Fósforo a la siembra y refertilizados con 120 Kg / Ha de Urea a los 60 días.

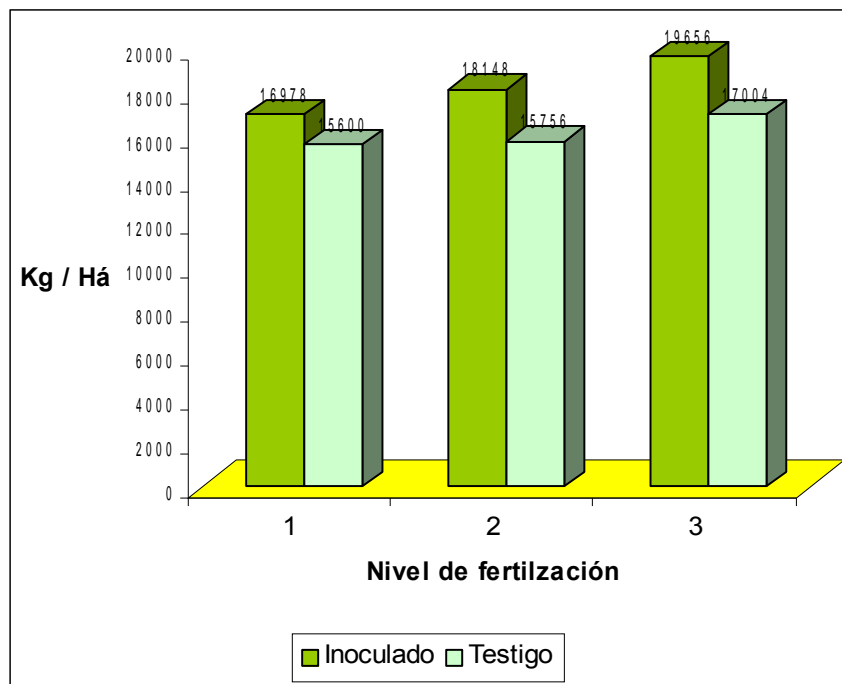
Cuadro 2: Respuesta de MAIZ a la inoculación con *Graminsoil-L* en tres niveles de fertilización (0, +P205 a la siembra , +P205 a la siembra + Urea a los 60 días).
 Peso verde de raíces (gramos / planta).

Segundo muestreo (120 días después de la siembra)						
	I 1	I 2	I 3	T 1	T 2	T 3
Peso Verde Radicular (gr / planta)	261.2 ab	279.2 ab	302.4 a	240.0 b	242.4 b	261.6 ab
	108.8 %	116.3 %	126.0 %	100 %	101.0 %	109.0 %
	108.8 %	115.2 %	115.6 %	100 %	100 %	100 %

I: Inoculado. T: Sin inocular. 1: Sin fertilización. 2: Fertilización a la Base (130 Kg / há de 0-22-23-0). 3: Fertilización a la Base y refertilizado con 120 Kg / Há de urea (a los 60 días). Datos refieren a la media de 6 repeticiones (60 plantas).

En el segundo muestreo se verifica un incremento en el peso verde de la raíz de 9%, 15 % y 15 % en los niveles 1, 2 y 3 respectivamente. El rendimiento del tratamiento sin inocular en el nivel 3 de fertilización es igual al obtenido en el tratamiento inoculado en el nivel 1. Para una visualización de la información a escala de producción se llevaron los datos a kilogramos producidos por hectárea, asumiendo una densidad de 65000 plantas por hectárea (Figura 1).

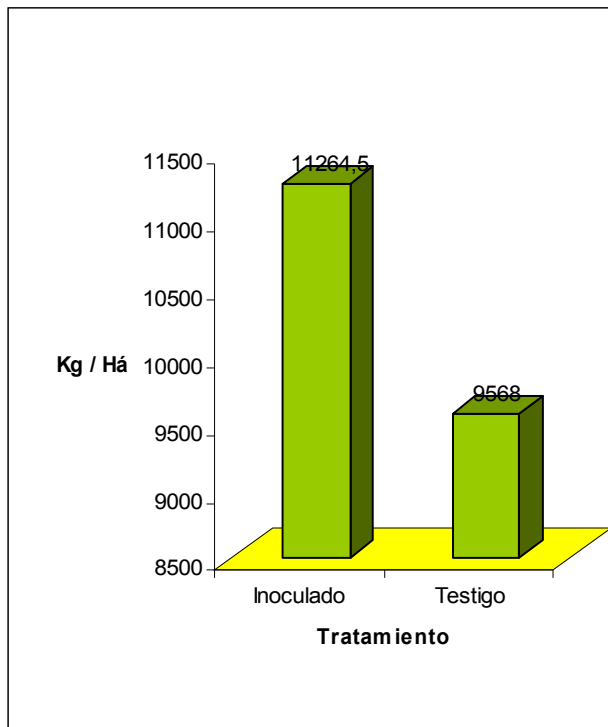
Figura 1: Biomasa radicular de MAIZ en respuesta a la Inoculación con *Graminsoil-L* y Fertilización con Fósforo y Nitrógeno. Muestreo a los 120 días de la siembra.



En todos los casos, los tratamientos inoculados superaron la Producción de Biomasa radicular de los testigos sin inocular. Pero el incremento fue mayor en la situación de mayor nivel de fertilización lo que indica que la inoculación con *Graminsoil-L* favorece la eficiencia de uso de los fertilizantes por la promoción de crecimiento y la mayor exploración radicular. Los incrementos en Biomasa radicular por efecto de la inoculación representaron 1.4, 2.4 y 2.7 toneladas adicionales de raíces para los niveles 1, 2 y 3 de fertilización respectivamente.

Se promediaron los tratamientos inoculados y no inoculados en el Primer y Segundo muestreo de raíces y la información se presenta en las Figuras 2 y 3 respectivamente.

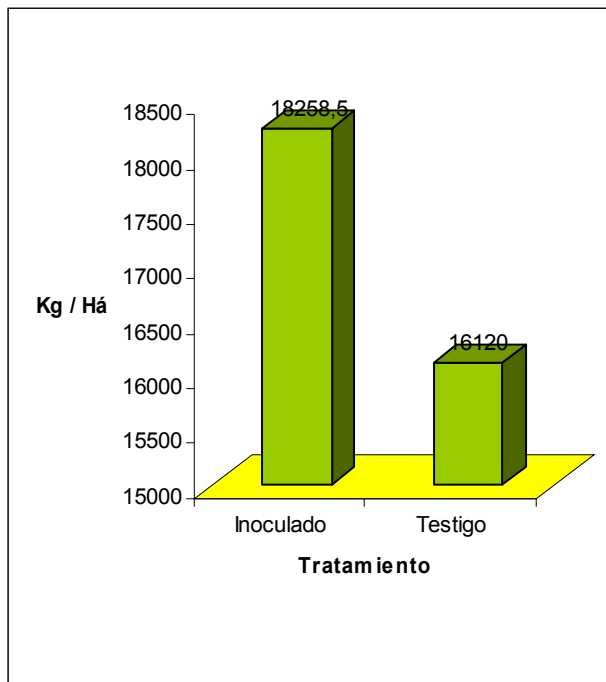
Figura 2: Kilogramos por hectárea de raíces de Maíz en respuesta a la inoculación con *Graminsoil-L* a los 60 días de la siembra.



La inoculación con *Graminsoil-L* representó un incremento del 17.7 % en la Biomasa radicular que representó el equivalente a 1696 Kg adicionales.

Estas diferencias son adjudicadas al efecto promotor del *Azospirillum* que favorece la emergencia temprana, la mayor producción de raíces y la mayor exploración radicular de agua y nutrientes que son fundamentales a esta altura del ciclo de la planta.

Figura 3: Kilogramos por hectárea de raíces de MAÍZ en respuesta a la inoculación con *Graminsoil-L* a los 120 días de la siembra.



A los 120 días se mantienen las diferencias entre tratamientos inoculados con *Graminsoil-L* y los no inoculados. Esta diferencia es del orden del 13 % a favor de la inoculación. Significan 2.16 toneladas de raíces adicionales, mayor absorción y aprovechamiento de la fertilización y del agua disponible.

Luego de la cosecha, esta materia orgánica fresca adicional será de rápida descomposición por parte de los microorganismos y aprovechadas por los cultivos de la siguiente rotación.

PARTE AÉREA

Además de producir más raíces, *Graminsoil-L* promueve el crecimiento de la parte aérea de la planta: **hojas, tallos y choclos** a través del mayor aprovechamiento del fertilizante aplicado al cultivo.

Los incrementos de biomasa aérea en respuesta a *Graminsoil-L* tienen significancia agronómica fundamentalmente en materiales para ensilaje; también son importantes desde el

punto de vista de una producción sustentable los incrementos en las entradas de C al sistema, a través de la mayor producción de rastrojos.

En el caso particular del MAÍZ, debido a su composición química, los rastrojos son degradados más lentamente, lo cual permite una inmovilización del N por períodos de tiempo más prolongados.

Resultados y discusión

El Cuadro 1 presenta los resultados del Peso Verde de la Parte Aérea (gr / planta) de MAÍZ a los 60 días después de la siembra en parcelas inoculadas con **Graminsoil-L** y sin inocular, fertilizadas a la siembra (130 Kg / Há 0-22-23-0) y sin fertilizar.

Cuadro 1: Respuesta de MAIZ a la inoculación con *Graminsoil – L* y fertilización con Fósforo a los 60 días posteriores a la siembra. Peso fresco de parte aérea /planta

Primer muestreo (60 días después de la siembra)				
	I 1	I 2	T 1	T 2
Peso Verde Parte Aérea (gr / planta)	460.8 a	522.6 a	447.9 a	529.8 a
	102.9 %	116.7 %	100 %	118.3 %
	102.9 %	98.6 %	100 %	100 %

I: inoculado. T: Sin inocular. 1: Sin fertilización. 2 : Fertilización a la Base (130 Kg / Há de 0-22-23-0). Datos refieren a la media de 6 repeticiones (60 plantas).

En el primer muestreo no hubo mayor respuesta a la inoculación. Debemos tener en cuenta que el suelo del Ensayo venía de una historia de Alfalfa por lo tanto la disponibilidad de nutrientes se supone era satisfactoria, lo cual pudo haber enmascarado los efectos.

En el Cuadro 2 figuran los resultados del Peso Verde de la Parte Aérea de MAIZ (gr / planta) a los 120 días después de la Siembra (Segundo muestreo). Se presentan los datos de tratamientos inoculados y no inoculados con *Graminsoil-L*, sin fertilizar, fertilizados con Fósforo a la siembra y refertilizados con 120 Kg / Ha de Urea a los 60 días.

Cuadro 2: Respuesta de MAIZ a la inoculación con *Graminsoil-L* en tres niveles de fertilización (0, +P205 a la siembra , +P205 a la siembra + Urea a los 60 días).

Peso Verde de Parte Aérea (gr / planta).

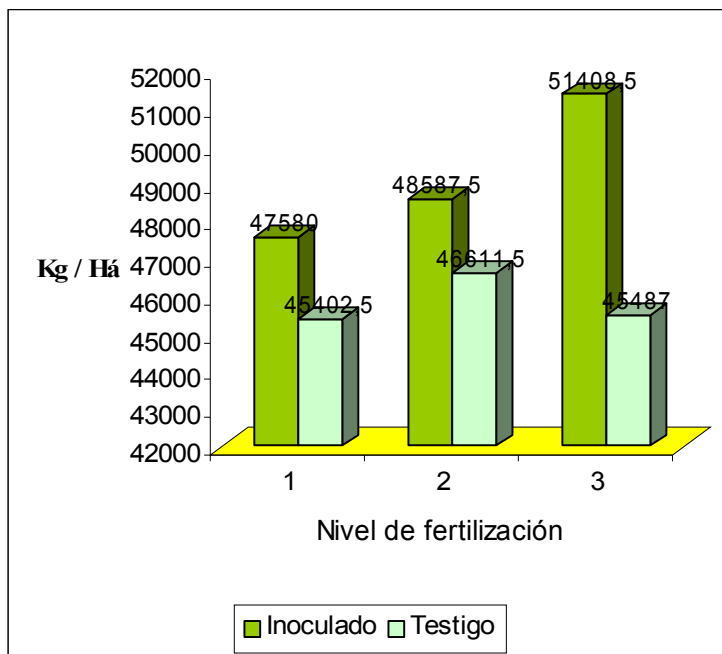
Segundo muestreo (120 días después de la siembra)						
	I 1	I 2	I 3	T 1	T 2	T 3
Peso Verde Parte Aérea (gr / planta)	732.0 a	747.5 a	790.9 a	698.5 a	717.1 a	699.8 a
	104.8 %	107.0 %	113.2 %	100 %	102.6 %	100.1 %
	104.8 %	104.2 %	113.0 %	100 %	100 %	100 %

I: Inoculado. T: Sin inocular. 1: Sin fertilización. 2: Fertilización a la Base (130 Kg / Há de 0-22-23-0). 3: Fertilización a la Base y refertilizado con 120 Kg / Há de urea (a los 60 días). Datos refieren a la media de 6 repeticiones (60 plantas).

En el segundo muestreo, cuando el cultivo ya supero la etapa inicial de desarrollo y los nutrientes dejados por el cultivo antecesor (alfalfa) ya fueron utilizados, la inoculación con *Azospirillum* produjo un incremento aproximado del 5 % en los niveles 1 y 2 de fertilización y del 13 % en el nivel 3 lo que nos indica que cuanto más fertilizante es aplicado, mayores incrementos de biomasa aérea por acción del *Graminsoil-L* son obtenidos; estos incrementos guardan una relación con los observados en las raíces donde en el nivel 2 y 3 fueron en los que se observaron los mayores incrementos.

Para una visualización de la información a escala de producción se llevaron los datos a kilogramos producidos por hectárea, asumiendo una densidad de 65000 plantas por hectárea (Figura 1).

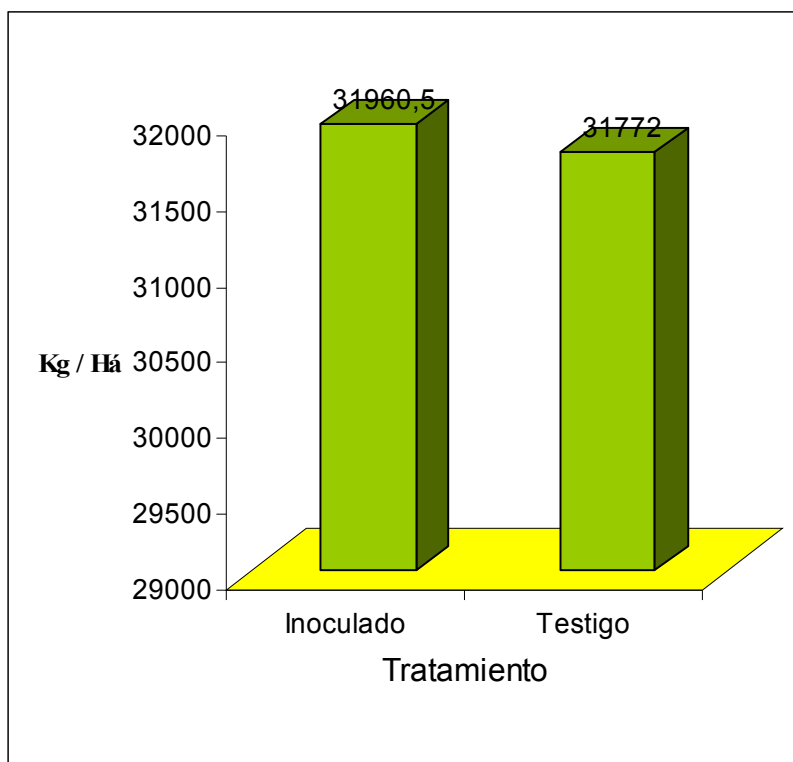
Figura 1: Biomasa de parte aérea de MAIZ en respuesta a la Inoculación con *Graminsoil-L* y Fertilización con Fósforo y Nitrógeno. Muestreo a los 120 días de la Siembra.



La inoculación con *Graminsoil-L* favorece la producción de Biomasa Aérea a través del mayor aprovechamiento del fertilizante. La fertilización complementaria a los 60 días conjuntamente con la Inoculación con *Graminsoil-L* significó un incremento de casi 6 ton de materia verde / Há respecto del tratamiento sin *Graminsoil-L*.

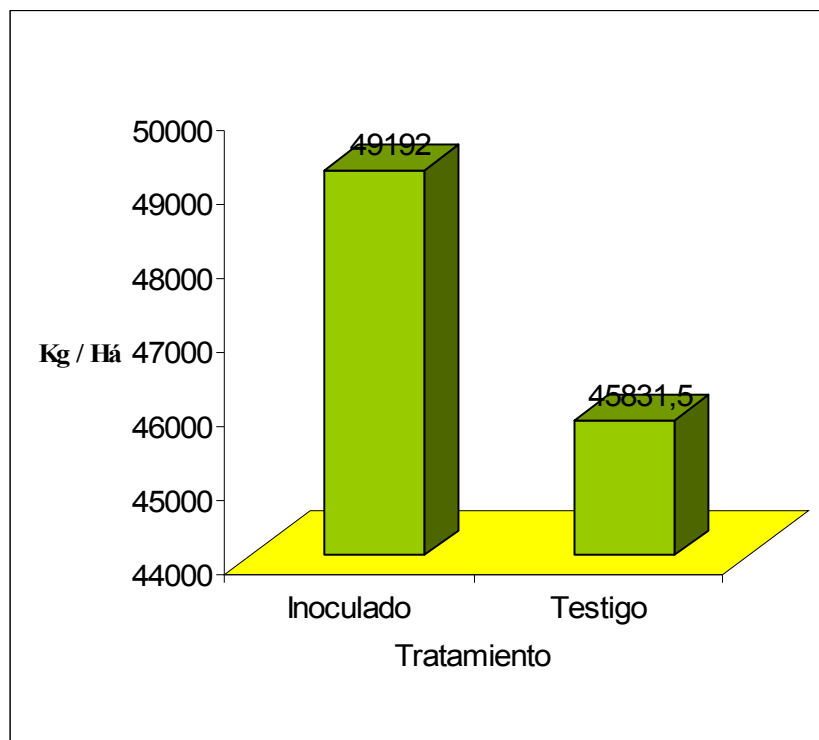
Se promediaron los tratamientos inoculados y no inoculados en el Primer y Segundo muestreo de la parte aérea y la información se presenta en las Figuras 2 y 3 respectivamente

Figura 2: Kilogramos por hectárea de parte aérea de MAÍZ en respuesta a la inoculación con *Graminsoil-L* a los 60 días de la siembra.



Los incrementos en este primer muestreo no fueron significativos posiblemente debido a que como ya se mencionó, el terreno venía de un cultivo de Alfalfa y la disponibilidad de nutrientes sería satisfactoria.

Figura 3: Kilogramos por hectárea de parte aérea de Maíz en respuesta a la inoculación con *Graminsoil-L* a los 120 días de la siembra.



A los 120 días las diferencias entre tratamientos inoculados con *Graminsoil-L* y los no inoculados son del orden del 7.3 % a favor del inoculado, significando 3.36 toneladas de materia verde vegetal adicional.

CHOCLOS

El Peso de Choclos por planta es uno de los componentes del Rendimiento e indicador en parte del nivel nutricional general de la planta de MAÍZ. En cultivo destinado a la Producción

de Silos este dato se suma a la Biomasa Vegetal Aérea porque todo va destinado a la elaboración del silo.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 figuran los resultados del Peso Verde de choclos (gr / planta) a los 120 días después de la Siembra (Segundo muestreo). Se presentan los datos de tratamientos inoculados y no inoculados con *Graminsoil-L*, sin fertilizar, fertilizados con Fósforo a la siembra y refertilizados con 120 Kg / Há de Urea a los 60 días.

Cuadro 1: Respuesta de MAIZ a la inoculación con *Graminsoil-L* en tres niveles de fertilización (0, +P205 a la siembra, +P205 a la siembra + Urea a los 60 días). Peso Verde de Choclos (gr / planta).

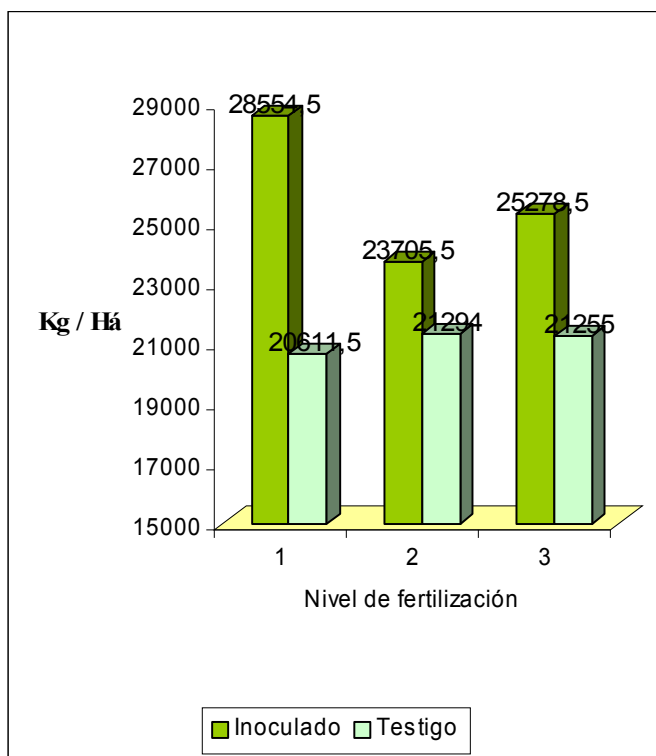
Segundo muestreo (120 días después de la siembra)						
	I 1	I 2	I 3	T 1	T 2	T 3
Peso Verde choclos (gr / planta)	439.3 a	364.7 ab	388.9 ab	317.1 b	327.6 ab	327.0 ab
	138.5 %	115.0 %	122.6 %	100 %	103.3 %	103.1 %
	138.5 %	111.3 %	118.9 %	100 %	100 %	100 %

I: Inoculado. T: Sin inocular. 1: Sin fertilización. 2: Fertilización a la Base (130 Kg / Há de 0-22-23-0) 3: Fertilización a la Base y refertilizado con 120 Kg / Há de urea (a los 60 días).

Los resultados indican que las plantas inoculadas tienen mayores rendimientos en cualquiera de los niveles de fertilización que las plantas testigo y que la mayor diferencia a favor de la inoculación se da en el nivel 1 (40 %) siendo estadísticamente significativa; sin embargo no se aprecia una correlación con los niveles de fertilización.

Para una visualización de la información a escala de producción se llevaron los datos a kilogramos producidos por hectárea, asumiendo una densidad de 65000 plantas por hectárea (Figura 1).

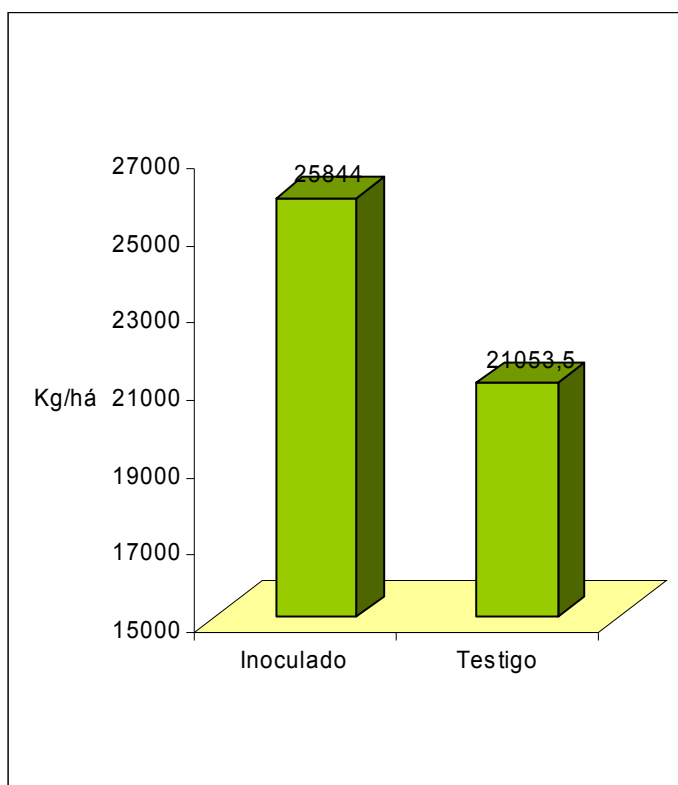
Figura 1: Biomasa de Choclos en respuesta a la Inoculación con *Graminsoil-L* y Fertilización con Fósforo y Nitrógeno. Muestreo a los 120 días de la Siembra.



Importantes incrementos se obtuvieron en todos los niveles de fertilización destacándose un incremento de casi 8.0 toneladas por hectárea en el nivel 1 de fertilización.

Se promediaron los tratamientos inoculados y no inoculados del segundo muestreo donde se obtuvieron choclos. La información se presenta en la Figura 2.

Figura 2: kilogramos por hectárea de Choclos en respuesta a la inoculación con *Graminsoil-L* a los 120 días de la siembra.

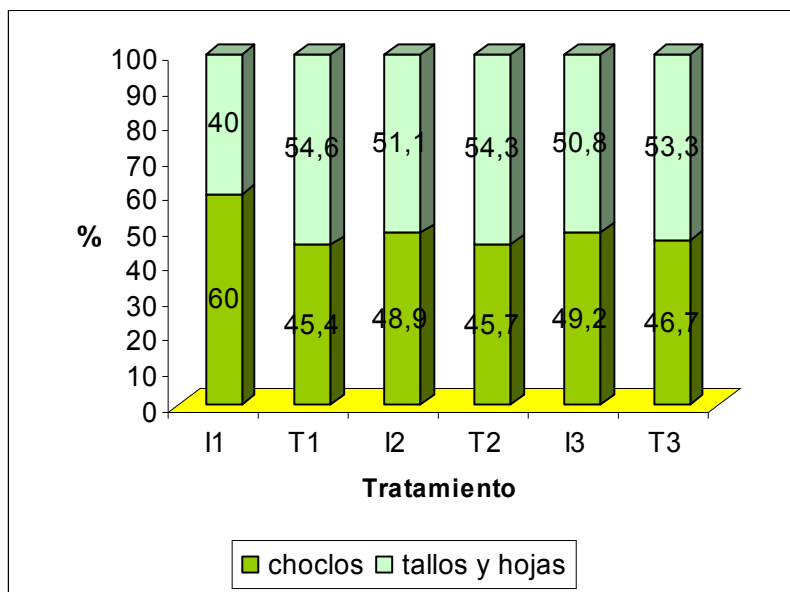


A los 120 días las diferencias entre tratamientos inoculados con *Graminsoil-L* y los no inoculados son del orden del 23 % a favor del inoculado, significando más de 4.5 toneladas de choclos adicionales por hectárea.

DISTRIBUCIÓN COMPONENTES PARTE AÉREA

Podemos dividir la parte aérea de la planta de MAÍZ en dos componentes principales: tallos + hojas y choclos. El análisis de la proporción de los componentes de la Parte Aérea (choclos y tallos + hojas) se encuentran en el Grafico 1.

Grafico 1: Proporción de los componentes de la Parte Aérea en tres niveles de fertilización (0, +P205 a la siembra, +P205 a la siembra + Urea a los 60 días).



I: Inoculado. T: Sin inocular. 1: Sin fertilización. 2: Fertilización a la Base (130 Kg / Há de 0-22-23-0). 3: Fertilización a la Base y refertilizado con 120 Kg / Há de urea (a los 60 días). Datos refieren a la media de 6 repeticiones (60 plantas).

Los resultados indican una mayor proporción de choclos en los tratamientos inoculados, sobresaliendo claramente en el nivel 1 de fertilización. Esta mayor proporción de choclos en los tratamientos inoculados indica que la presencia del *Azospirillum* aportado por el inoculante *Graminsoil-L* modifica los patrones de distribución de los asimilados dentro de la planta. El adelanto en la producción de mazorcas en maíces para silo tiene importancia práctica por

cuanto los materiales a ensilar tienen mayor contenido de azúcares para la fermentación al momento del corte.

La presencia de fertilizantes modifica las diferencias en % pero esto se compensa con las diferencias incrementales en toneladas de Biomasa vegetal aérea, por lo que en términos de Kg de mazorcas es mayor la cantidad producida en el tratamiento con más alto nivel de fertilización.

Se promediaron los tratamientos inoculados y no inoculados, expresándose los resultados en gramos por planta y porcentaje del total en los Gráficos 2 y 3 respectivamente.

Gráfico 2: Distribución en gramos de los distintos componentes de la parte aérea, para los tratamientos Inoculado y Testigo.

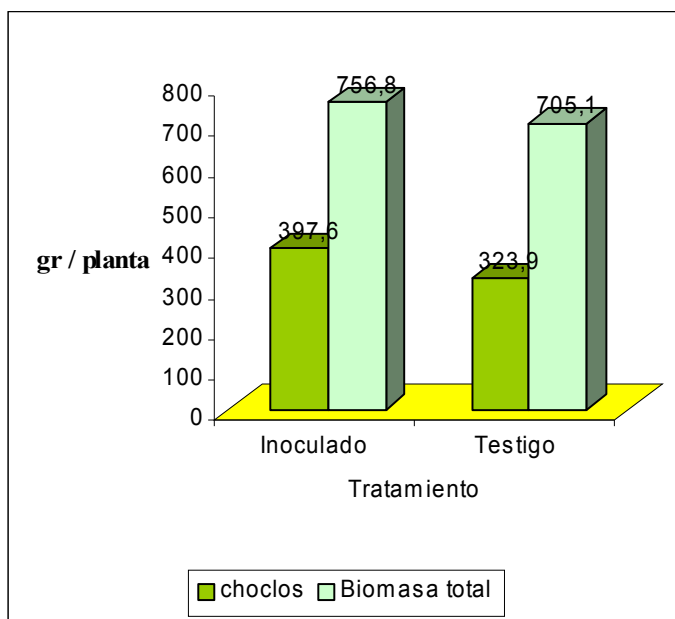
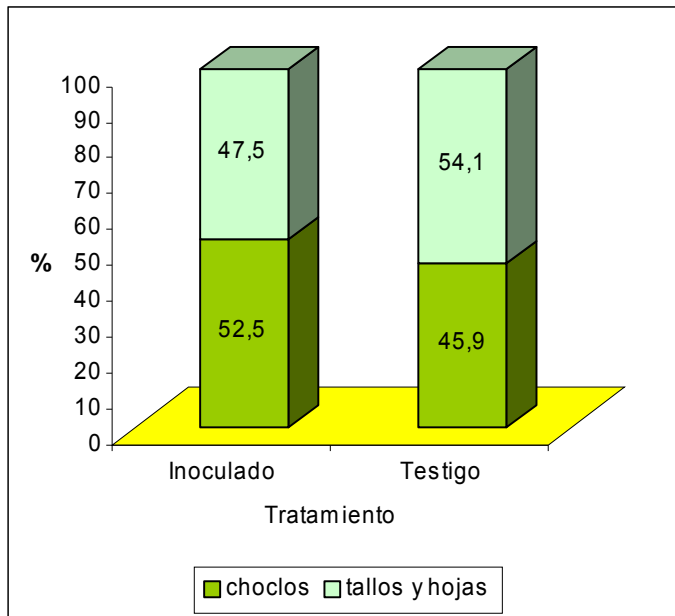


Gráfico 3: Distribución porcentual de los distintos componentes de la parte aérea en los tratamientos Inoculado y Testigo.



Una mayor proporción de choclos (que llega casi al 7 %) se da en el caso de los tratamientos Inoculados, lo cual mejora el nivel de azúcares fermentescibles del mismo, lo que es de gran importancia principalmente cuando su destino es el ensilado.

El beneficio de la Inoculación con *Graminsoil-L* se da a través de la mayor producción de Biomasa Vegetal aérea y además, de la mejor distribución de esa Biomasa a favor de los componentes reproductivos que redunda en mayor contenido de azúcares.

Consideraciones finales-

Los resultados indican un efecto positivo de la inoculación en los parámetros evaluados, encontrándose la tendencia de que las mayores diferencias entre Testigo e Inoculado se dan en los niveles más altos de fertilización. Solamente en el primer muestreo de la parte aérea no se vio un efecto positivo a la inoculación seguramente debido al alto contenido de nitrógeno del suelo al momento de la siembra, ya que el efecto de la inoculación si se pudo verificar en un mayor desarrollo radicular.



MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA
DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGÍA DE SUELOS
