Facultad de Agronomía
Universidad Nacional de La Pampa

Trabajo Final de Graduación.

FIJACION BIOLOGICA DE NITROGENO EN SOJA (*Glicyne max*) APLICANDO DOS METODOS DE INOCULACION EN CATRILO, PROVINCIA DE LA PAMPA.

Autor:

Horacio Esteban García Salvo

Director:

Ing. Agr. Carlos Ferrero

Ingeniería Agronómica, UNLPam

2016

INDICE

AGRADECIMIENTOS:.....4
RESUMEN 4
HIPOTESIS: 9
OBJETIVOS:.....9
METODOLOGIA EMPLEADA 9
CONCLUSIONES:.....20
BIBLIOGRAFIA.....22

AGRADECIMIENTOS:

Este trabajo fue posible gracias al convenio entre la Facultad de Agronomía UNLPam, la firma Lartirigoyen y Cia. y el señor Alberto Cazenave, propietario del establecimiento “Las Cuevas”.

RESUMEN

El cultivo de soja es uno de los de mayor importancia en Argentina y de la región agrícola de la provincia de La Pampa. Esta leguminosa es muy demandante de nitrógeno, presentando generalmente un desbalance negativo de este nutriente. Éstas tienen la propiedad de asociarse a bacterias presentes en el suelo las cuales poseen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, siendo esta una fuente de nutriente de gran importancia para ser tomado por las plantas. Actualmente, existen diferentes métodos de inoculación de bacterias del genero *Bradyrhizobium.* El objetivo de este trabajo es evaluar la eficiencia en la formación de nódulos de diferentes métodos de inoculación y dosis de inoculantes en un suelo de la Región Semiárida Pampeana y su impacto en el rendimiento. El ensayo se efectúo en un establecimiento cercano a la localidad de Catriló, La Pampa, mediante un diseño estadístico de Bloques Completos Aleatorios. Los métodos de inoculación utilizados fueron, Inoculación líquida de la semilla, Tratamiento Profesional de Semillas y Chorreados de inoculante líquido en el fondo del surco, los que dieron origen a los siguientes tratamientos: *Tratamiento profesional de semillas, Optimize 2 en semilla (liquido), Optimize 2 doble dosis chorreado. (Liquido), Optimize 2 cuádruple dosis chorreado. (Liquido), Inoculante comercial simple dosis. (Sólido), Inoculante comercial doble dosis. (Sólido), Inoculación en semilla simple dosis con protector. (Sólido), Inoculación en semilla doble dosis con protector. (Sólido), Inoculación en semilla simple dosis sin protector. (Sólido), Inoculación en semilla doble dosis sin protector. (Sólido), Inoculación en semilla con anti-estrés. (Sólido), Inoculación en semilla doble dosis con anti-estrés. (Sólido), Testigo sin inocular.* No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la formación de nódulos que justificara un aumento en el rendimiento.

Palabras claves: *Glicyne max*, Inoculación líquida, Formación de nódulos.

INTRODUCCION

En la República Argentina la superficie agrícola esta principalmente ocupada por el cultivo de soja, Durante la campaña 2014/15 se sembraron alrededor de 20 millones de hectáreas de este cultivo, de las cuales 484.900 ha fueron implantadas en la provincia de La Pampa (SIIA, 2016).

Todos los cultivos de cosecha presentan un balance de nutrientes desfavorable más allá de la fertilización que se les aplica, en la campaña 2010/11 la extracción nivel país, fue de 3,93 millones de toneladas de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, mientras que la reposición alcanzó 1,36 millones de toneladas, lo cual representa un 34,6% (Casas, 2011).

Para aprovechar el potencial de las leguminosas que fijan nitrógeno a partir de la simbiosis que realizan con bacterias del género *Bradyrhizobium,* las semillas son inoculadas con estos microorganismos, en un proceso llamado "inoculación" o "pre-inoculación". La misma consiste en agregar estas bacterias específicas a la semilla. El objetivo de estos procesos es asegurar una cantidad suficiente de bacterias sobre la semilla que garanticen la máxima provisión posible de nitrógeno atmosférico a la planta, y así disminuir el aporte del suelo para satisfacer las demandas del cultivo.

Según Keyser y Li, (1992) la soja es uno de los cultivos que posee mayor requerimientos de nitrógeno, sus necesidades son de 100 kg de nitrógeno por cada tonelada de grano que produce. En estudios realizados por Varco (1999) del 25 % al 75% del N que tiene una planta madura proviene de la fijación simbiótica de N_2, el resto lo aporta el suelo.

La acumulación de N en los nódulos es lenta en las primeras etapas de desarrollo del cultivo y se incrementa a partir de los 30 días después de la emergencia (coincidiendo aproximadamente con el inicio de la floración – R1, Fehr y Caviness, 1971) hasta aproximadamente la finalización de llenado de grano. Sin embargo, el curso

de la Fijación Biológica de Nitrógeno (en adelante mencionada como FBN), durante el ciclo del cultivo muestra 3 etapas diferentes. La primera de ellas es desde la emergencia hasta aproximadamente 30 días luego de la misma, donde el aporte de la FBN es muy bajo debido a que el aparato nodular se está desarrollando y tiene baja funcionalidad. La absorción de N del cultivo depende en gran medida del aporte de N del suelo. En situaciones en las cuales los suelos presentan un bajo aporte de N, esta etapa puede ser critica para el establecimiento de los nódulos, ya que el N disponible puede no ser suficiente para desarrollar el área foliar mínima necesaria para el crecimiento inicial del cultivo y de los nódulos. En línea con este razonamiento, Collino (2007) mostraron que la radiación acumulada entre emergencia y R1 estuvo positivamente asociada a la cantidad de N aportado por FBN (asociado a un mayor desarrollo del sistema nodular). A partir de los 30 días post emergencia el aparato nodular es capaz de trabajar a la máxima tasa y donde mayor importancia relativa tiene la FBN para la acumulación de N del cultivo. Cualquier factor que afecte la actividad durante este periodo afecta el aporte de FBN. La tercera etapa ocurre a partir del comienzo del llenado de granos en el cultivo (i.e. R5). A partir de este momento, los granos se convierten en el principal destino de fotoasimilados de la planta, y por lo tanto los nódulos pasan a ser un destino secundario. Las tasas de FBN van decayendo en este periodo y podrían llegar a limitar el aporte de N al cultivo.

La inoculación de la semilla con la cepa de *Bradyrhizobium* se realiza de varias maneras. El método tradicional de inoculación es el que realiza el productor en el campo previo a la siembra. Otra alternativa es el Tratamiento Profesional de Semilla, donde la semilla es tratada en plantas especializadas en la actividad. Recientemente se ha incorporado un método de inoculación liquida con un “chorreado” del caldo de bacterias en el fondo del surco. Este último método fue analizado en ensayos realizados

en la localidad de Nueve de Julio, Buenos Aires, en las campañas comprendidas entre el 2002 y el 2007. Según el autor, "La metodología propuesta para introducir bacterias del género *Bradyrhizobium* presentó ventajas sumamente importantes comparadas con la metodología clásica de inoculación. Estas ventajas van desde la mayor practicidad a la hora de realizar el trabajo, hasta una mayor eficiencia productiva alcanzada por el cultivo (Ventimiglia, 2007).

Ferraris y Couretot (2010) en ensayos realizados en la localidad de Pergamino, Buenos Aires y Wheelwright, Santa Fe, no encontraron diferencias significativas en parámetros del cultivo tales como número de nódulos en raíz primaria (RP), en raíz secundaria (RS), peso seco (PS) de nódulos por planta, PS de raíces, o nodulación específica medida en mg nódulo / mg raíz. La intensidad del color de las plantas reflejó una ventaja a favor de los tratamientos inoculados frente al testigo. Algunos tratamientos se destacaron del resto, duplicar la dosis o usar protector incrementó significativamente los rendimientos, al igual que la inoculación en el surco. Estos tratamientos alcanzaron a su vez buenos índices de nodulación, y fueron los más efectivos para maximizar la eficiencia de la (FBN) y los rendimientos.

Según Sotelo *et al.* (2010) en un ensayo sobre suelos recién desmontados, las plantas de soja inoculadas en las que el cultivo antecesor no fue inoculado presentaron los mayores valores de peso seco aéreo mientras que las plantas de soja no inoculadas sobre antecesor inoculado presentaron los valores más bajos de peso seco aéreo y peso seco radicular.

Investigaciones llevadas por Toresani *et al.* (2006) el uso de especies capaces de nodular vigorosamente y de fijar el nitrógeno eficientemente, combinado con estrategias agronómicas tales como la inoculación en la semilla permiten obtener altos rendimientos y contribuir a las reservas nitrogenadas del suelo. Mientras las poblaciones bacteria-

nas naturalizadas compiten por la ocupación de los nódulos de manera significativa, perjudicando los efectos benéficos de la inoculación.

HIPOTESIS:

Hipótesis 1 - El método de inoculación líquida en el fondo del surco incrementará el número de nódulos en la raíz de la planta y el rendimiento del cultivo de soja con respecto a la inoculación directa sobre la semilla.

Hipótesis 2 – Las dosis superiores a la normal incrementará el número de nódulos en la raíz de la planta y el rendimiento del cultivo.

OBJETIVOS:

El objetivo de este trabajo es evaluar los nódulos de diferentes métodos de inoculación y dosis de inoculantes en un suelo de la Región Semiárida Pampeana y su impacto en el rendimiento.

METODOLOGIA EMPLEADA

Se realizó un ensayo en el Establecimiento "Las Cuevas", ubicado en la localidad de Catriló, sobre la ruta nacional N° 5 Km. 530, durante la campaña 2012/2013. El cultivo antecesor fue de soja. Previo a la siembra, en el mes de octubre, debido que el lote se encontraba con malezas, se optó por realizar un barbecho que consistió en una aplicación de 2 L/ha de desecante Secafol Paraquat, 3 L/ha de glifosato (48%) y 1 L/ha de imazetapir. El día 23 de Noviembre de 2012 se sembró la variedad 4670 del semillero Don Mario en siembra directa, con una sembradora Agrometal adaptada para el "chorreado" de inoculante de 3 surcos distanciados a 0,525 m. entre hilera. Se aplicó una fertilización con fosfato di-amónico a razón de 50 kg/ha. Los métodos de inoculación empleados fueron:

1- Previo a la siembra, en un recipiente se mezcló la semilla con inoculante líquido. Las dosis de inoculante serán calculadas para la cantidad de semilla a sembrar en base a las recomendaciones del marbete.)

2- Tratamiento Profesional de Semillas (TPS).

3- Inoculación con Inoculantes Secos a base de turba.

4- Aplicación de inoculante liquido (chorreado). Se diseñó un equipo que coloque la solución con inoculante en el fondo del surco previo a la caída de la semilla en el mismo. Al momento de la siembra el equipo fue calibrado para realizar una aplicación constante de 90 litros de solución por hectárea. Para variar la cantidad de bacterias que queden expuestas a las semillas se cambiara la concentración de éstas en la solución que se deposite en el fondo del surco.

Tratamientos:

1) *Tratamiento profesional de semillas.*

2) *Optimize 2 en semilla (liquido)*

3) *Optimize 2 doble dosis chorreado. (liquido)*

4) *Optimize 2 cuádruple dosis chorreado. (liquido)*

5) *Inoculante comercial simple dosis. (sólido)*

6) *Inoculante comercial doble dosis. (sólido)*

7) *Inoculación en semilla simple dosis con protector. (sólido)*

8) *Inoculación en semilla doble dosis con protector. (sólido)*

9) *Inoculación en semilla simple dosis sin protector. (sólido)*

10) *Inoculación en semilla doble dosis sin protector. (sólido)*

11) *Inoculación en semilla con anti-estrés. (sólido)*

12) *Inoculación en semilla doble dosis con anti-estrés. (sólido)*

13) *Testigo sin inocular.*

14) *TPS: SPS 4x99 Plenus.*

El diseño experimental fue en Bloques Completos Aleatorios con 3 repeticiones y el tamaño de la unidad experimental fue de 25 metros de largo por 6 surcos de ancho separados 0.525 m. La evaluación de la nodulación se realizó en dos estados fenológicos del cultivo, el primero en R1 y el segundo en R5.

Cuando el cultivo se encontraba en R1 se hizo un recuento del número de nódulos, extrayendo al azar 3 plantas por parcela, obteniendo 9 plantas por tratamiento. Las plantas extraídas de la parcela fueron lavadas de forma individual, para poder determinar el total de nódulos. Cuando el cultivo se encontraba en R5, se realizó la extracción al azar de 3 plantas por parcela, obteniendo 9 plantas por tratamiento, para el posterior recuento de peso y numero de nódulos y peso de la biomasa aérea.

La cosecha se realizó el día 12 de abril, 2013 con una cosechadora experimental perteneciente a la facultad de agronomía (U.N.L.Pam). Se cosecharon 3 surcos centrales por 25 metros, dando una superficie de 39,37 m².

Las variables a determinar serán cantidad de nódulos en la raíz principal, y secundaria, peso seco de los nódulos, estimación de biomasa de nódulos y rendimiento. Los datos fueron analizados utilizando el Software estadístico InfoStat, versión 2009 (Di Rienzo)

I. RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se presenta el promedio de precipitaciones histórico y el régimen de precipitaciones correspondientes a la campaña 2012/13. Analizando la distribución de las precipitaciones surge que en los meses de octubre, noviembre y diciembre fueron superiores a la media, lo contrario ha ocurrido en los meses de enero y febrero. Durante marzo las precipitaciones aumentaron, disminuyendo levemente en abril y mayo.

Teniendo en cuenta la cantidad y la distribución de las precipitaciones en el ciclo del cultivo no se observó estrés hídrico.

Tabla1: Promedio de Precipitaciones históricas y precipitaciones campaña 2012/13.

	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	total
Precipitaciones 1961-2012	83,8	91,2	102,2	88,2	80,9	118,3	69,7	33,6	669,6
Precipitaciones 2012-2013	199,5	121	176,7	15,2	23,1	123,9	50,6	0	710
Diferencia (%)	138	33	73	-83	-71	5	-27	-100	5,7

En las Tablas 2 y 3 se muestran los datos de, peso de los nódulos por planta, cantidad de nódulos por planta, y distribución de estos en la raíz primaria y raíz secundarias obtenidos en las evaluaciones realizadas en los estados fenológicos de R1 y R5 del cultivo.

Tabla 2: Peso (mg) de nódulos por planta (Pn/pl), Número de nódulos por planta (Nºn/pl) y Distribución de nódulos en las raíces primerias y secundarias (%) para el estado fenológico R1 de soja.

Tratamiento	Pn/pl (mg)	Nºn/pl	%raíz 1ª	%raíz 2ª
Tratamiento Profesional de Semillas	12,0	6,2	78,5	21,5
Optimize 2 en semilla	21,7	8,5	81,2	18,8
Optimize 2 doble dosis chorreado	18,9	7,4	78,5	21,5
Optimize 2 cuádruple dosis chorreado	14,3	7,3	80,7	19,3
Facyt 1	24,4	9,7	66,3	33,7
Facyt 2	19,1	6,5	78,1	21,9
Inoculación común simple dosis c/protector	20,0	8,0	81,3	18,7
Inoculación común doble dosis c/protector	18,7	7,4	76,2	23,8
Inoculación común simple dosis	19,0	7,7	82,5	17,5
Inoculación común doble dosis	18,4	8,3	88,5	11,5
Inoculación común simple + anti stress	16,9	8,0	90,6	9,4
Inoculación común doble dosis + anti stress	24,5	8,7	83,3	16,7
Testigo sin inocular	11,9	5,6	93,2	6,8
SPS 4x99 Plenus	14,7	8,9	81,7	18,3
Promedio	18,1	7,7	81,5	18,5

Tabla 3: Peso (mg) de nódulos por planta (Pn/pl), Número de nódulos por planta (Nºn/pl) y Distribución de nódulos en las raíces primarias y secundarias (%) para el estado fenológico R5 de soja.

Tratamientos	Pn/pl (mg)	Nºn/pl	%raíz 1ª	%raíz 2ª
Tratamiento Profesional de Semillas	287,4	22,2	66,6	33,4
Optimize 2 en semilla	325,0	22,8	57,7	42,3
Optimize 2 doble dosis chorreado	282,9	24,8	47,7	52,3

Optimize 2 cuádruple dosis chorreado	388,6	20,6	51,1	48,9
Facyt 1	335,3	21,8	68,3	31,7
Facyt 2	493,6	29,2	73,3	26,7
Inoculación común simple dosis c/protector	327,4	30,5	67,7	32,3
Inoculación común doble dosis c/protector	416,1	29,2	68,3	31,7
Inoculación común simple dosis	373,8	31,4	70,0	30,0
Inoculación común doble dosis	447,1	27,9	69,4	30,6
Inoculación común simple + anti stress	293,2	33,0	67,2	32,8
Inoculación común doble dosis + anti stress	399,5	40,9	61,1	38,9
Testigo sin inocular	389,4	34,3	78,3	21,7
SPS 4x99 Plenus	403,8	35,6	60,0	40,0
Promedio	368,8	28,9	64,8	35,2

Comparando las Tablas 2 y 3 se puede observar la evolución en la formación de los nódulos y la distribución de estos en las raíces. En la Tabla 2, correspondiente al estado fenológico R1 se observó que la fijación simbiótica tiene un efecto retrasado en los primeros estadios del cultivo viéndose reflejado en la cantidad de nódulos que presentan las plantas como así también en el peso de los mismos, en concordancia con lo expresado en los trabajos de Varco (1999) y Collino (2007).

Al igual que Ferraris y Couretot (2010) no se encontraron diferencias significativas en la cantidad de nódulos por planta, como en la cantidad de nódulos en la raíz primaria y raíz secundaria. Se notó una mayor intensidad del color del follaje en los tratamientos inoculados comparado al testigo.

En el estado fenológico R5 se puede observar cómo se revierten los parámetros en comparación con lo observado en R1, ya que toman relevancia la cantidad de nódulos contados, el peso que tienen los mismos, y la distribución que estos toman (Tabla 3). Si bien no hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a estos parámetros, en general se confirma lo observado por Varco (1999), donde la nodulación empieza a tener mayor relevancia a medida avanza el ciclo del cultivo, y se ve reflejado en la cantidad de nódulos por planta, y la proporción de estos en raíz primaria y secundaria.

Cantidad de nódulos por planta:

En cuanto a la variación en cantidad se puede inferir que en R1 las raíces pueden haber sido infectadas con la bacteria pero no estaba desarrollado el nódulo; mientras que al observarla en R5 estos se encontraban desarrollados.

Dentro de la observación realizada en R1 no hubo diferencias significativas en la cantidad de nódulos observados entre los distintos tratamientos, como lo muestra la Tabla 4. El incremento promedio que sufrió la cantidad de nódulos es desde el estado de R1 a R5 fue de 962%.

Tabla 4: Números de Nódulos por plantas.

Tratamiento	Medias	
Facyt 1	9,73	A
SPS 4x99 Plenus	8,90	A
Inoculación común doble dosis + anti stress	8,70	A
Optimize 2 en semilla	8,53	A
Inoculación común doble dosis	8,37	A
Inoculación común simple dosis c/protector	8,00	A
Inoculación común simple + anti stress	8,00	A
Inoculación común simple dosis	7,76	A
Inoculación común doble dosis c/protector	7,45	A
Optimize 2 doble dosis chorreado	7,40	A
Optimize 2 cuádruple dosis chorreado	7,33	A
Facyt 2	6,56	A
Tratamiento Profesional de Semillas	6,27	A
Testigo sin inocular	5,63	A
DMS	5,50	
CV (%)	42,64	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

En cuanto a las observaciones realizadas en R5 tampoco hubo diferencias significativas, como lo muestra la Tabla 5.

Peso de los nódulos:

En cuanto al peso de los mismos, la evolución de estos se debe al tiempo que tuvieron para poder desarrollarse y las condiciones ambientales que fueron adecuadas para poder llevar a cabo este desarrollo. El incremento promedio que sufrieron desde R1

a R5 fue de 6041%.

Sin embargo no hubo diferencias significativas entre tratamientos como lo muestran la Tabla 5 para el estado de R1 mientras que si se encuentran en el estado de R5 como lo muestra la Tabla 6. En este caso, solo el tratamiento Facyt 2 difiere del resto.

Tabla 5: Peso de los Nódulos en R1.

Tratamiento	Medias (mg)	
Inoculación común doble dosis + anti stress	24,53	A
Facyt 1	24,40	A
Optimize 2 en semilla	21,77	A
Inoculación común simple dosis c/protector	20,00	A
Facyt 2	19,11	A
Inoculación común simple dosis	19,01	A
Optimize 2 doble dosis chorreado	18,90	A
Inoculación común doble dosis c/protector	18,75	A
Inoculación común doble dosis	18,49	A
Inoculación común simple + anti stress	16,92	A
SPS 4x99 Plenus	14,72	A
Optimize 2 cuádruple dosis chorreado	14,34	A
Tratamiento Profesional de Semillas	12,01	A
Testigo sin inocular	11,94	A
DMS	15,60	
CV (%)	51,10	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 6: Peso de Nódulos en R5.

Tratamiento	Medias (mg)	Diferencias	
Optimize 2 doble dosis chorreado	282,93	A	
Tratamiento Profesional de Semillas	287,40	A	
Inoculación común simple + anti stress	293,17	A	
Optimize 2 en semilla	325,00	A	
Inoculación común simple dosis c/protector	327,33	A	B
Facyt 1	335,33	A	B
Inoculación común simple dosis	373,83	A	B
Optimize 2 cuádruple dosis chorreado	388,60	A	B
Testigo sin inocular	389,43	A	B
Inoculación común doble dosis + anti stress	399,57	A	B
SPS 4x99 Plenus	403,77	A	B
Inoculación común doble dosis c/protector	416,13	A	B
Inoculación común doble dosis	447,07	A	B
Facyt 2	493,57		B
DSM	167,50		

CV (%)	27,00

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Distribución radicular de los nódulos:

En cuanto a la distribución de los nódulos, se puede observar que en el primer estadio sobre la raíz principal en promedio había el 81% de los nódulos y en R5 se encontraba el 64%.

A diferencia de Ferraris y Couretot, (2010) como se muestra en la Tabla 7, hubo diferencias significativas en la distribución radicular de los nódulos.

También se observa que en los tratamientos chorreados no hay diferencias significativas de peso de nódulos por tratamiento, pero si hay diferencias significativas en la distribución. En los tratamientos en R1 en promedio se encontraron el 81,5% de los nódulos en la raíz primaria, y solo el 18,5% en raíces secundarias. En el caso de los tratamientos chorreados se encontraron en 78,5% y 80,7% en raíz primaria respectivamente y 21,5% y 19,3% en raíz secundaria respectivamente. Al observarse en R5, el promedio de los tratamientos se encontraban en 64,8% en la raíz primaria y el 35,2% en la raíz secundaria, y en el caso puntual de los tratamientos chorreados se encontraron en 47,7% y 51,1% en raíz primaria para ambos tratamientos y 52,3% y 48,9% respectivamente en raíz secundaria. Por ende si los tratamientos difieren en cantidad de nódulos por planta, no difieren en peso, pero si en distribución, los nódulos formados en los tratamientos chorreados corresponden a bacterias que infectan a raíces que han tenido mayor tiempo de crecimiento que les permita alcanzar zonas del perfil más alejadas de la raíz primaria, por lo que no infectan en mayor proporción a raíces primarias.

Los tratamientos que se distinguieron en cuanto a esta característica en R1 fueron la inoculación común doble dosis, inoculación común simple dosis con anti estrés, y el

testigo. Si bien el tratamiento que mayor porcentaje de nódulos tuvo en la raíz primaria en R1 fue el testigo, por efecto de las bacterias naturalizadas. En discrepancia con lo expresado en el trabajo de Sotelo (2010), las semillas no inoculadas en suelos con historia de inoculación a los cultivos de soja, alcanzan un nivel de desarrollo de nódulos por planta que ayudan a la misma a no tener un déficit de nitrógeno, reflejado en el verdor del follaje.

Las Tablas 7 y 8 corresponden a la distribución en raíces primarias y secundarias, correspondientes a la cosecha de nódulos realizadas en R1.

Tabla 7: Distribución de nódulos en Raíz Primaria (%) en R1.

Tratamiento	Medias (%)	Diferencias	
Facyt 1	66,27	A	
Inoculación común doble dosis c/protector	76,17	A	B
Facyt 2	78,13	A	B
Optimize 2 doble dosis chorreado	78,50	A	B
Tratamiento Profesional de Semillas	78,54	A	B
Optimize 2 cuádruple dosis chorreado	80,70	A	B
Optimize 2 en semilla	81,20	A	B
Inoculación común simple dosis c/protector	81,30	A	B
SPS 4x99 Plenus	81,73	A	B
Inoculación común simple dosis	82,50	A	B
Inoculación común doble dosis + anti stress	83,30	A	B
Inoculación común doble dosis	88,53		B
Inoculación común simple + anti stress	90,63		B
Testigo sin inocular	93,20		B
DSM	22,06		
CV (%)	16,1		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 8: Distribución de nódulos en Raíz Secundaria (%) en R1.

Tratamiento	Medias (%)	Diferencias	
Testigo sin inocular	6,80	A	
Inoculación común simple + anti stress	9,37	A	B
Inoculación común doble dosis	11,47	A	B
Inoculación común doble dosis + anti stress	16,70	A	B
Inoculación común simple dosis	17,50	A	B
SPS 4x99 Plenus	18,27	A	B
Inoculación común simple dosis c/protector	18,70	A	B
Optimize 2 en semilla	18,80	A	B
Optimize 2 cuádruple dosis chorreado	19,30	A	B

Tratamiento Profesional de Semillas	21,46	A	B
Optimize 2 doble dosis chorreado	21,50	A	B
Facyt 2	21,87	A	B
Inoculación común doble dosis c/protector	23,83	A	B
Facyt 1	30,40		B
DMS	22,71		
CV (%)	74, 0		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Las Tablas 9 y 10 corresponden a la distribución de nódulos en la cosecha realizada en el estado de R5.

Tabla 9: Distribución de nódulos en Raíz Primaria (%) en R5.

Tratamiento	Medias (%)	Diferencias			
Optimize 2 doble dosis chorreado	47,73	A			
Optimize 2 cuádruple dosis chorreado	51,10	A	B		
Optimize 2 en semilla	57,73	A	B	C	
SPS 4x99 Plenus	59,97	A	B	C	D
Inoculación común doble dosis + anti stress	61,10	A	B	C	D
Tratamiento Profesional de Semillas	66,63	A	B	C	D
Inoculación común simple + anti stress	67,20	A	B	C	D
Inoculación común simple dosis c/protector	67,73	A	B	C	D
Facyt 1	68,30		B	C	D
Inoculación común doble dosis c/protector	68,33		B	C	D
Inoculación común doble dosis	69,43		B	C	D
Inoculación común simple dosis	69,97		B	C	D
Facyt 2	73,30			C	D
Testigo sin inocular	78,33				D
DMS	20,12				
CV (%)	18,5				

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 10: Distribución de nódulos en Raíz Secundaria (%) en R5.

Tratamiento	Medias (%)	Diferencias			
Testigo sin inocular	21,67	A			
Facyt 2	26,70	A	B		
Inoculación común simple dosis	30,03	A	B	C	
Inoculación común doble dosis	30,57	A	B	C	
Inoculación común doble dosis c/protector	31,67	A	B	C	
Facyt 1	31,70	A	B	C	
Inoculación común simple dosis c/protector	32,27	A	B	C	D
Inoculación común simple + anti stress	32,80	A	B	C	D
Tratamiento Profesional de Semillas	33,37	A	B	C	D

Inoculación común doble dosis + anti stress	38,90	A	B	C	D
SPS 4x99 Plenus	40,03	A	B	C	D
Optimize 2 en semilla	42,27		B	C	D
Optimize 2 cuádruple dosis chorreado	48,90			C	D
Optimize 2 doble dosis chorreado	52,27				D
DMS	20,12				
CV (%)	34,04				

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Rinde de grano:

En el Figura 1 se muestran los rindes de los tratamientos evaluados, expresados en Kg/Ha.

También se observó en el caso del testigo que hubo un aporte significativo al rendimiento por parte de las bacterias naturalizadas, tratándose de un suelo donde hubo con anterioridad el cultivo con inoculación.

En la Tabla 11 se puede observar el analisis estadistico del rinde de los diferentes tratamientos.

El ensayo con inoculación simple dosis, es el que mayor rendimiento manifestó y se diferenció estadísticamente del resto. A diferencia por lo observado por Ventimiglia (2007), el chorreado en el fondo del surco no presentó ventajas importantes en comparación con los tratamientos en semilla, viéndose reflejado esto en el rinde final del cultivo, como así también en parámetros descriptos anteriormente. Hubo coincidencias que este tratamiento es más práctico y sencillo que la inoculación común en semilla.

En la Figura 1 rendimiento de los tratamientos en kg/ha.

Tabla 11: Rendimiento en kg/ha de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Medias (kg/ha)	Diferencias			
SPS 4x99 Plenus	3070	A			
Inoculación común simple + anti stress	3133	A	B		
Optimize 2 doble dosis chorreado	3229	A	B		
Facyt 1	3255	A	B	C	
Inoculación común D/ dosis c/protector	3387	A	B	C	D

Tratamiento Profesional de Semillas	3415	A	B	C	D	
Testigo sin inocular	3476	A	B	C	D	
Facyt 2	3525	A	B	C	D	E
Optimize 2 cuádruple dosis chorreado	3593		B	C	D	E
Inoculación común doble dosis	3635		B	C	D	E
Inoculación común S/ dosis c/protector	3741			C	D	E
Optimize 2 en semilla	3750			C	D	E
Inoculación común D/ dosis + anti stress	3846				D	E
Inoculación común simple dosis	3991					E
DMS	509					
CV (%)	8,6					

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

CONCLUSIONES:

Según los resultados obtenidos la inoculación tiene efecto sobre los distintos parámetros evaluados en comparación con el testigo obteniéndose un efecto benéfico para el cultivo expresado en el rendimiento de grano del mismo.

La aplicación de las bacterias en la semilla o en el fondo del surco se vio que genera diferentes valores en cuanto a cantidad de nódulos, como así también al peso de los mismos. Si bien estadísticamente no son diferencias significativas, pero son reales, que se pueden expresar en el cultivo.

El método de inoculación liquida para las condiciones del ensayo no expresó diferencias con el resto de los tratamientos en los parámetros evaluados. Tampoco se observó el efecto de haber concentrado más a las bacterias en el chorreado, ya que al usar doble y cuádruple dosis no hubo un efecto benéfico, que logre destacar este tratamiento a la hora de elegirlo como una opción. Si es para considerar que el costo del tratamiento se duplicaría o cuadruplicaría sin obtener resultados positivos.

Evidentemente no es un problema de marcas, que logre una mayor y mejor relación entre las bacterias y el cultivo, sino las bacterias en sí y el medio en el que van a desarrollarse, como así también el tipo y nivel de bacterias naturalizadas que se encuentran en el lote. Las condiciones de cada suelo, el historial de cultivos y tratamientos que se han realizado sobre estos, van a ser fundamentales a la hora de

definir el comportamiento de un inoculante en un determinado lugar. Cabe destacar que cada laboratorio trabaja con una cepa determinada, la cual puede desarrollarse correctamente y expresar el potencial de la simbiosis en determinados lotes o regiones, mientras que en otras regiones no se comporte de igual manera.

Como se observa, las bacterias naturalizadas tienen un cierto efecto sobre el cultivo, esto puede observarse en el rendimiento del tratamiento testigo. Para la zona donde se realizó el ensayo, las bacterias naturalizadas tienen un aporte de consideración, que fue superior incluso al de bacterias provenientes de inoculantes chorreados en el fondo del surco, pero no tanto como el agregado de bacterias directamente sobre la semilla al momento de la siembra.

BIBLIOGRAFIA

Casas R., (2011), Reposición de nutrientes y rotaciones para una agricultura sustentable. Revista de investigaciones agropecuarias (RIA), ediciones del instituto Nacional de Tecnología agropecuaria. http://ria.inta.gov.ar/?p=2460#sthash.pQ5q7mwh.d

Collino D., (2007) Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/el-manejo-de-la-nutricion-nitrogenada-en-soja/at_multi_download/file/nutricion_nitrogenada.pdf

Di Rienzo J. A (2009) InfoStat 2009. *Versión 2009.* Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición.

Fehr y Caviness (1971) estado R1. Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/fenologia-en-el-cultivo-de-soja-una-hoja-de-ruta.-segunda-edicion-2010/at_multi_download/file/INTA-Fenologia-en-el-Cultivo-de-Soja-una-hoja-de-ruta-segunda-edicion-2010.pdf

Ferraris G. N, y Couretot (2010). Inoculación de soja en el norte, centro y oeste de Buenos Aires. Resultados de experiencias y prácticas de manejo para mejorar su eficiencia. Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino, Argentina. Disponible en: http://www.engormix.-com/MA-a Salvagiotti F.; Capurro J.; Enrico J. M. (2009). El manejo de la nutrición nitrogenada en soja. Nota de investigación, INTA EEA Oliveros, http://inta.gob.ar/documentos/el-manejo-de-la-nutricion-nitrogenada-en-soja/at_multi_download/file/nutricion_nitrogenada.pdf.

Keyser, H.H. y F. Li (1992). Potential for increasing biological nitrogen fixation in soybean.

SIIA (Sistema Integrado de Información Agrícola). 2016. Estimaciones: Siembra, Cosecha, Producción y Rendimiento (*En línea)*. Consultado el 12 de agosto de 2016. Disponible en http://www.siia.gob.ar/_apps/siia/estimaciones/estima2.php

Sotelo C, M Leconte y M Iglesias. (2010). Efecto de la inoculación al cultivo antecesor sobre la nodulación de la soja, en suelos de desmonte. Nota de investigación, Cátedra de microbiología agrícola, FCA-UNNE. Sargento Cabral 2131 CP 3400. Corrientes.

Toresani S, M. Bodrero M y J. M. Enrico. (2006). Comportamiento de inoculantes para soja en la zona sur de la Provincia de Santa Fe, Argentina. Nota de investigación, *Revista de investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias* –UNR, año VII – N° 11.

Varco, J.J. (1999). Nutrition and fertility requirements. En: Heatherly, L.G. y Hodges, H.F. (Eds), pp. 53-70. Soybean production in the Midsouth. CRC Press, Boca Raton, FL, EE.UU.

Ventimiglia L. A. (2007), Inoculación en soja: un nuevo sistema que permite mejorar la captura de nitrógeno. Ediciones del Instituto Nacional de Tecnología agropecuaria EEA 9 de julio. Disponible en: http://www.jogagro.com.ar/inta_campanas2002_07.pdf