

SOJA: ACCIÓN DE AC. FULVICOS Y BIOESTIMULANTES SOBRE CONDICIONES DE ESTRÉS ABIÓTICO Y COMPONENTES PRIMARIAS DEL RENDIMIENTO

Trabajo final de graduación para obtener el título de Ingenierío Agrónomo

Autores:

BOBILLO, Guido Andrés

TARDITI, Maximiliano.

Director:

Ing. Agr. Eduardo BARDELLO

Cátedra de Fruticultura de la FA

Evaluadores:

Ing. Agr. Carlos J. FERRERO

Cátedra de Práctica en Sanidad y Protección Vegetal de la FA

Ing. Agr. Osvaldo ZINGARETTI

Cátedra de Cereales y Oleaginosas de la FA



ÍNDICE:

RESUMEN:.....	3
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	5
HIPÓTESIS.....	9
OBJETIVOS.....	9
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
MATERIALES.....	10
MÉTODO.....	12
-Descripción zonal.....	12
-Distribución experimental.....	15
MANEJO DEL CULTIVO.....	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
CONCLUSIÓN.....	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27

RESUMEN

La expansión del cultivo de soja (*Glycine max*) en nuestro país, fue el resultado de una frecuente exposición a condiciones ambientales muy diferentes en términos de precipitaciones, radiación y temperatura. Actualmente existen regiones con una brecha entre el rendimiento potencial y el promedio ponderado. La Región Semiárida Pampeana representa un ejemplo tangible por efecto de las altas temperaturas y sequía sobre el cultivo de soja.

La implementación de diversas tecnologías permite hoy mitigar los efectos adversos del estrés abiótico en el cultivo.

El objetivo del trabajo fue analizar los efectos sobre el estrés que generan las aplicaciones en semilla y foliares de Ác. Fúlvicos y bioestimulantes a base de extractos vegetales, y el impacto sobre el rendimiento y la calidad de grano comparado con un testigo bajo las mismas condiciones. Se utilizó el cultivar DM 4800 GM 4,5 indeterminado. El ensayo constó de dos bloques con 8 tratamientos cada uno. En uno de los bloques la semilla fue tratada con Biozyme TS, mientras el otro bloque la semilla sólo contaba con tratamiento comercial. Los bioestimulantes utilizados fueron Biozyme TS, Biozyme TF, Biotron, Raizal, K-Fol y KTionic. De acción fitotónica sobre los procesos metabólicos de la semilla y planta.

Las variables analizadas fueron velocidad de emergencia y densidad, biomasa y expansión de raíz, biomasa aérea, fotosíntesis, intercepción, altura, nudos/planta, vainas/planta, incidencia de Septoria, defoliación, número de granos/planta y peso de mil semillas.

Se comprobó que los bioestimulantes promovieron diferenciales positivos en dichas variables.

Los mejores resultados se obtuvieron en los tratamientos con aplicaciones combinadas de bioestimulantes a lo largo del ciclo del cultivo.

Palabras claves: soja, bioestimulantes, estrés, rendimiento, calidad.

ABSTRACT

The expansion of the cultivation of soybean (*Glycine max*) in our country was the result of frequent exposure to different environmental conditions in terms of precipitation, radiation and temperature. While today there are regions where there is a gap between the potential yield and the weighted average. The Pampean semiarid Region represents a tangible example due to high temperatures and drought on the soybean crop. The implementation of various technologies today allows you to mitigate the adverse effects of abiotic stress in the cultivation. The objective of the study was to analyze the effects on stress generating applications in seed and leaf *Ac. Fulvicos* and biostimulants based plant extracts, and the impact on performance and the quality of grain compared with an absolute control under the same conditions. It was used to cultivate DM 4800 GM 4.5 indeterminate. The trial consisted of two blocks with 8 treatments each. In one of the blocks the seed was treated with Biozyme TS, while in the other bloc seed had only commercial treatment. The used bio-stimulants were Biozyme TS, Biozyme TF, Biotron, Raizal, K-Fol and KTionic. Action fitotonic on the metabolic processes of the seed and plant. The variables analyzed were speed of emergency and density, biomass, and expansion of root, aboveground biomass, photosynthesis, interception, height, knots/plant, pods/plant, incidence of *Septoria*, defoliation, seed number, and thousand-seed weight. It was found that the biostimulants promoted positive differential in these variables. The best results were obtained in the treatments with combined application of biostimulants during the crop cycle.

Key words: soybean, biostimulants, stress, yield, quality.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Los actuales niveles de producción de soja [*Glycine max* (L. Merr.)] posicionan a la Argentina entre los cinco mayores productores a nivel global. Esta expansión ha sido consecuencia de la implementación de factores tecnológicos y del crecimiento sostenido del cultivo en las regiones extrapampeanas (Sagpya 2004b). El amplio contexto geográfico donde se desarrolla el cultivo expone a la soja a condiciones ambientales muy diferentes en términos de precipitaciones, radiación y temperatura (Dardanelli et al. 2006).

En la pampa semiárida, norte y noreste del país, donde la soja llega a ocupar 16% de la superficie nacional (Sagpya 2004a), es frecuente el registro de variables ambientales asociadas a condiciones de elevada radiación, estrés hídrico, térmico y/o sus combinaciones.

El cultivo de soja en la Región Semiárida Pampeana se ha desarrollado de modo sostenido, alcanzando en anteriores zafas una superficie mayor a 400.000 has (MAGyP 2014). Si bien es un cultivo que ha adquirido relevancia propia, existe una marcada brecha entre el rendimiento actual, potencial y el promedio ponderado nacional. Esta representa un ejemplo tangible con referencia a la problemática planteada por efecto de las altas temperaturas y sequía sobre el cultivo de soja.

La falta de rotaciones tiende a reducir la capacidad de acumulación de agua en suelos al fomentar la pérdida de carbono y de estructura de los horizontes superficiales (Díaz Zorita et al. 2002). Asimismo, en diversas regiones sojeras se han registrado adelantamientos progresivos sobre las fechas de siembra, en asociación con grupos de madurez cortos ubicando las etapas reproductivas de los cultivos en los meses de menor probabilidad de ocurrencia de altas temperaturas y sequía.

Las consecuencias del déficit hídrico sobre el desarrollo y el rendimiento han sido ampliamente investigados (Prasad y Staggenborg. 2008). Sin embargo los efectos lineales de

la exposición del cultivo a altas temperaturas no fueron ponderados conforme al incremento acumulado de la temperatura y de la frecuencia de episodios de estrés térmico. Estos factores como consecuencia del cambio climático global provocarían un impacto negativo sostenido e irreversible en el largo plazo sobre el rendimiento (Boote *et al.* 2005; Craufurd y Wheeler 2009).

Es esperable que las altas temperaturas generen mayor estrés si son acompañadas por déficit hídrico (Stone 1999). Sin embargo, son escasos los estudios que han abordado ambos estrés conjuntamente (Reynolds *et al.* 2010). En cultivos con un adecuado suministro de humedad, la temperatura del canopeo se encuentra generalmente por debajo de la temperatura ambiente, como resultado de la pérdida de calor latente a través de la transpiración. Esto contrasta con cultivos expuestos a déficit hídrico, donde la temperatura de las hojas puede estar incluso por encima de la temperatura del ambiente al reducirse la transpiración por el cierre estomático (Idso *et al.* 1981; Reynolds *et al.* 2001).

El rendimiento en el cultivo de soja está estrechamente relacionado con las condiciones de desarrollo durante el período crítico que limitan de modo determinante el número de granos y los efectos que factores de estrés, como la temperatura y sequía, ejercen tanto en la actividad de la fuente (disminución de la tasa fotosintética) como de los destinos (incapacidad para utilizar fotoasimilados) regulando el aborto de vainas (Liu *et al.* 2004). En este contexto, es necesario comprender cómo estos procesos y mecanismos pueden ser afectados por el estrés térmico y su combinación con déficit hídrico.

Las condiciones de estrés térmico e hídrico deprimen el desarrollo radicular y procesos de nodulación. La exposición de las plantas al estrés hídrico interfiere negativamente sobre el crecimiento y la productividad de la planta (Namich, 2007).

Condiciones de estrés abiótico emergentes de altas temperaturas y condiciones de sequía promueven a nivel celular cambios reversibles e irreversibles sobre membranas y proteínas como consecuencia del incremento de radicales libres (ROS) (Artlip y Wisniewski, 2002; Castrillo et al, 2001) y cambios estratégicos en el sistema de defensa de las plantas (Schützendübel y Polle, 2002; Rahman et al., 2004). Los mecanismos de inactivación oportuna de los radicales libres (ROS) es estratégico en defensa de los niveles de rendimiento del cultivo (Gratão et al., 2005). Mohamed (2005) reportó que la folcisteina en aplicaciones foliares fue sinérgica sobre el desarrollo de antioxidantes, neutralizadores de radicales libres (ROS). Zhang y Schmidt, 2000 reportan resultados que señalan que la aptitud fisiológica de la planta se rige en gran medida por el equilibrio hormonal y sistemas de defensa y balance de antioxidantes.

La interacción de los bioestimulantes en la mitigación de los efectos adversos del estrés abiótico en el cultivo de soja fue señalada por Hammad (2008).

Numerosas ventajas obtenidas de la aplicación de bioestimulantes se basan en su capacidad de moderar la síntesis y acción de los fitoreguladores endógenos responsables de regular el desarrollo del cultivo, así como las respuestas al medio ambiente (Long, 2006).

Csinzinszky (1990) señala que condiciones de estrés restringen la síntesis endógena de citocininas. El equilibrio de los niveles endógenos bajo condiciones de estrés favorecería la fijación de flores y vainas tardías redistribuyendo asimilados hacia estos órganos a expensas de tejidos vegetativos (tallos-raíces) de las plantas (Nagel *et al.* 2001).

Los bioestimulantes constituyen una herramienta clave en el manejo de cultivo en ambientes adversos. Se reconocen tres grupos estructurales sobre la base de su origen y contenido: Sustancias Húmicas y Fúlvicas, complejos de acción hormonal y complejos aminoácidos (Akande, 2006). Estos actúan de modo sinérgico sobre expresiones metabólicas y/o

fisiológicas de las plantas, desarrollo y diferenciación de procesos vegetativos y reproductivos, tasa de fotosíntesis, y reducción de los efectos directos e indirectos causados por condiciones de estrés biótico y abiótico, restringen limitantes del desarrollo, el rendimiento y estado nutricional de la planta, favoreciendo el equilibrio y síntesis de reguladores endógenos como auxinas, giberelinas y citoquininas (F. Fuchs, 2004).

La aplicación de bioestimulantes a la semilla y al cultivo sobre la base de ác. Fúlvicos, extractos vegetales terrestres + Folcisteina y poliaminas, y extracto de algas marinas promueven fuerte desarrollo de la rizósfera y clara acción osmoreguladora sobre el canopeo bajo condiciones de estrés.

Los aminoácidos presentes en los bioestimulantes participan de la síntesis de pigmentos, vitaminas, enzimas, coenzimas, purina y bases de pirimidina claves en la cadena respiratoria y del balance bioquímico endógeno bajo condiciones adversas. Los estudios han demostrado que pueden influir directa o indirectamente sobre las actividades fisiológicas, el crecimiento y el rendimiento del cultivo (Mohamed, 2006). Los extractos vegetales presentan acción bioestimulante sobre la reducción de radicales libres y son fuente de antioxidantes como folcisteina y, cofactores enzimáticos como tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina y vitaminas B1, B2, B3 y B12, citoquininas, auxinas, micronutrientes, proteínas, carbohidratos, ácidos nucleicos y lípidos (Barnett et al, 1990; Nagodawithana, 1991).

La aplicación de bioestimulantes con el objetivo de mejorar los niveles de productividad ha promovido resultados satisfactorios bajo condiciones favorables al cultivo (Castro, 1980). Sin embargo tratamientos en base a bioestimulantes aplicados bajo condiciones de estrés del cultivo reportaron un mayor diferencial del rendimiento, calidad y retorno (KARNOK, 2000).

HIPÓTESIS

Los factores del ambiente, radiación, temperatura, y disponibilidad hídrica regulan la mayoría de los procesos fisiológicos y bioquímicos inherentes al desarrollo y diferenciación de las componentes del rendimiento. Desvíos de la temperatura y disponibilidad hídrica por fuera del óptimo desencadenan factores de estrés abiótico que limitan la expansión del canopeo y el potencial absoluto del rendimiento con incidencia sobre:

- Reducción de la biomasa aérea total de la planta y partición reproductiva.
- Reducción en la diferenciación de flores, establecimiento y fijación de vainas.
- Disminución de la capacidad de compensación entre los componentes de rendimiento, número y peso de granos en interacción con las fuente/destino más favorables.

La aplicación de bioestimulantes en los tratamientos de semilla y foliares a base de extractos vegetales y Ác. Fúlvicos promoverán fuerte desarrollo de la rizósfera, y, acción osmoreguladora sobre el canopeo bajo las condiciones de estrés. Este equilibrio permitirá sostener el rendimiento y calidad del grano sobre los niveles obtenidos por los estándares absolutos y comerciales.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estudiar la interacción de los bioestimulantes sobre los efectos del estrés abiótico, el desarrollo vegetativo y la fijación de componentes reproductivas, y su potencial interacción sobre los procesos vinculados con la generación del rendimiento de soja.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Analizar el impacto de la aplicación foliar y a la semilla de bioestimulantes frente a condiciones de altas temperaturas y estrés hídrico durante las fases de emergencia, fases vegetativas y fases reproductivas. Se propone:

- Estudiar la dinámica de la emergencia y desarrollo radicular.
- Analizar el crecimiento y la partición reproductiva.
- Estudiar la dinámica de producción y fijación de vainas.
- Analizar la compensación entre número y peso de granos, mecanismo de estabilidad y rendimiento del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES

-BIOZYME ST

Sinergiza los procesos de germinación

Incrementa el vigor de la semilla

Promueve mayor tolerancia a las dinámicas de estrés

De acción fitotónica.

Fomenta el mayor desarrollo radicular.

Incrementa la absorción de agua y nutrientes durante la etapa de implantación

-BIOZYME TF

División, elongación y diferenciación celular

Translocación de azúcares y nutrientes.

Síntesis de clorofila

Aumenta la capacidad fotosintética y el área foliar

Diferenciación y retención de yemas

Uniformidad en la floración

-BIOTRON

Corrige deficiencias nutricionales en las plantas y evita la caída de botones florales, vainas, y frutos.

Incrementa sustancialmente el desarrollo de la biomasa del cultivo.

Promueve la recuperación de cultivos frente a condiciones de estrés biótico y abiótico.

Contribuye a revertir procesos de fitotoxicidad causados por agroquímicos adsorbidos sobre la micela del suelo al momento de siembra o aplicados al cultivo.

-K-FOL

Regula la transpiración y transporte de agua y solutos de las plantas.

Favorece la calidad, calibre y uniformidad de granos y frutos.

-RAIZAL

Incentiva mayor desarrollo radicular.

Estimula la emisión de brotes laterales y puntos de fijación de flores y frutos.

Favorece una mayor tolerancia a la sequía y captación de agua y nutrientes.

-KTIONIC

Es un activo promotor de la Asimilación

Incrementa la CIC

Agente quelante secuestrante que evita la toxicidad de metales pesados

MÉTODO

-Descripción zonal

El ensayo se realizó en un lote agrícola ubicado en el establecimiento “Las Cuevas”, Ruta Nacional N°5, Km 532, del Departamento Catrিলó, geoposicionado sobre las coordenadas 36° 25′ 53” S y 63° 29′ 27” O. Dicha zona corresponde a la planicie medanosa de la región oriental de la provincia de La Pampa.

El suelo es *Haplustol éntico*, sin limitaciones de profundidad, desarrollados sobre materiales loessicos con secuencia de horizontes A - AC- C₁-C_{2k}.

En general estos suelos presentan una Capacidad de Campo (CC) menor a 80 mm hasta el metro de profundidad y su punto de Marchitez Permanente (PMP) es de 60 mm. La capacidad de retención de agua es alrededor del 19%.

Durante el semestre cálido predominan masas de aire del N-NE-E, las cuales son calurosas y húmedas producidas por los anticiclones del Atlántico y Pacífico. Las variaciones de temperatura son más amplias que en el semestre frío. El mes más cálido (Enero) presenta una media mensual de 24 °C con una máxima absoluta entre 40 y 45 °C.

Las precipitaciones en su mayoría se presentan en el semestre estival (Octubre a Marzo). El mes de menores lluvias, en general, es Agosto, el régimen hídrico es Monzónico. La variabilidad de las precipitaciones tanto en los totales mensuales como en los anuales es de marcada amplitud siendo esta una característica de las regiones áridas y semiáridas.

Si bien las precipitaciones son mayores en el semestre cálido, la acción de la elevada temperatura y vientos persistentes hace que la evapotranspiración sea marcada, por lo tanto las deficiencias hídricas aumentan notablemente.

El establecimiento “las Cuevas” se localiza en el sector pampeano caracterizado como subhúmedo seco, zona en la cual se concentran condiciones favorables a la producción de granos y forrajes.

Registros de precipitaciones y temperatura campaña 14/15

Tabla N°1: Registro de precipitaciones

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ene	Feb	Mar	Abr	TOTAL
Medias mensuales (1921-2011)	33,3	22	20,5	23,7	48,1	76,8	77,8	82,3	75,2	74,5	106	61,3	701,5
Precipitaciones 2014/2015	33,5	2	92	0	98	125	26	10	2	55	9,5	106	559
Acumulado	33,5	35,5	127,5	127,5	225,5	350,5	376,5	386,5	388,5	443,5	453	559	
Diferencia porcentual	101	9	449	0	204	163	33	12	3	74	9	173	80

Tabla N°1.a: Registro de precipitaciones durante el ciclo del cultivo

	Dic.	Ene	Feb.	Mar	Abr.	TOTAL
Medias mensuales (1921-2011)	82,3	75,2	74,5	106	61,3	399,2
Precipitaciones 2014/2015	10	2	55	9,5	106	182,5
Diferencia porcentual	12	3	73	9	174	46

Desde el mes de mayo (culminación del cultivo antecesor) hasta la siembra, las lluvias acumuladas fueron de 376 milímetros lo que permitió contar con humedad suficiente para lograr la implantación.

Durante el ciclo del cultivo las precipitaciones totalizaron 182 mm. En el mes de diciembre, momento en el cual la soja se encontraba en etapa vegetativa, los 10 mm entregados representaron el 12% del total de lluvia que históricamente registra la zona para dicho mes. En el mes de enero, durante la etapa reproductiva las precipitaciones representaron el 3% que

registra la media histórica, con un aumento porcentual hacia mitad del ciclo (Febrero 55mm) también por debajo de la media mensual histórica, pero que favoreció el llenado de vainas y recarga del perfil.

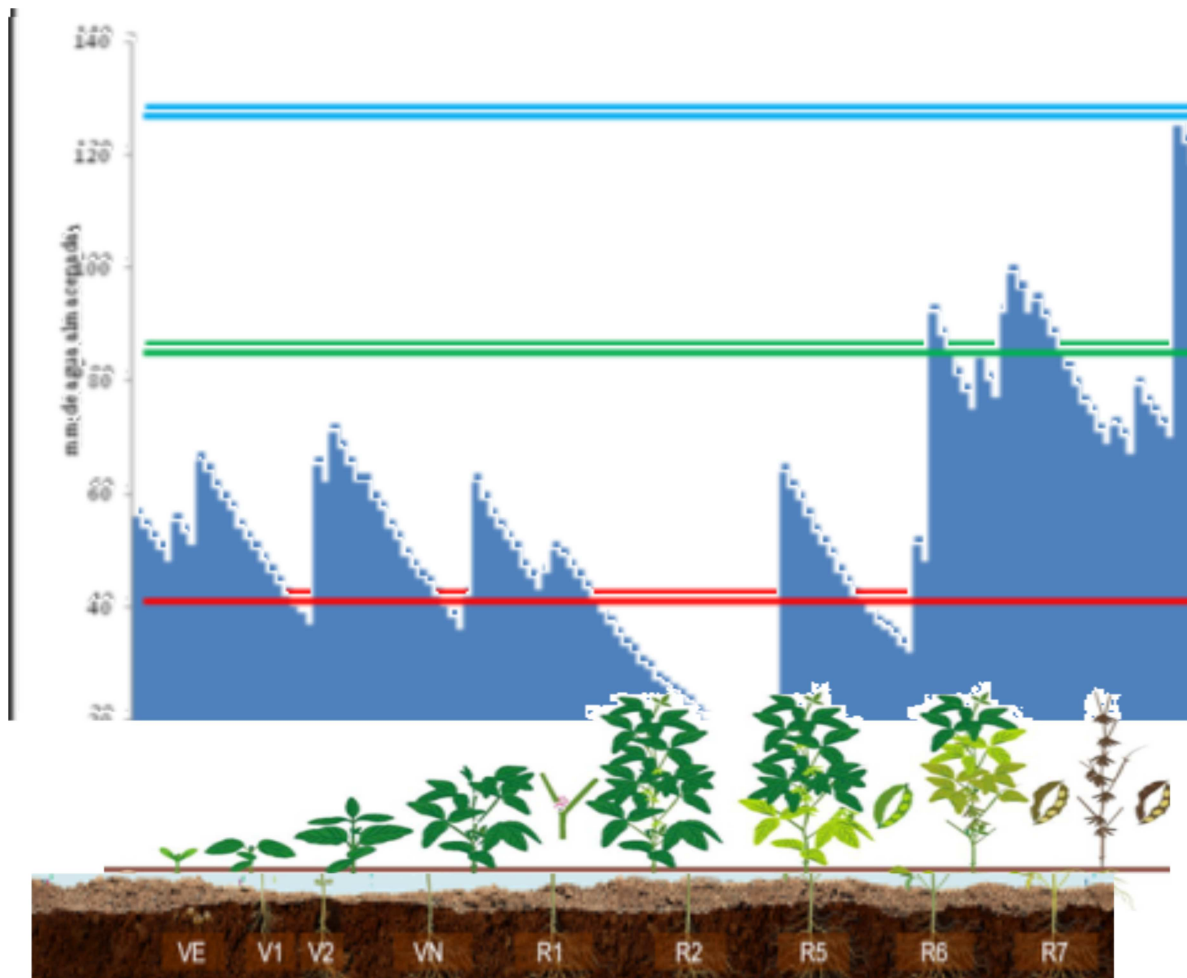


Gráfico 1: Agua almacenada hasta el metro de profundidad, desde el 1 de noviembre de 2014 al 30 de abril de 2015. CC: capacidad de campo. HO: humedad óptima. PMP: punto de marchitez permanente.

Al momento de la siembra (5/12/14) el perfil del suelo se encontraba con suficiente agua acumulada para permitir el desarrollo normal del cultivo. A finales del mes de enero, todos los tratamientos se encontraban en R1, hacia mediados de febrero habían alcanzado R3.

Tabla N°2 Registro de temperaturas

	dic-14	ene-1			
TEMP. MAX	38,4	3			
TEMP. MEDIA MAX	32,5	31			
TEMP. MIN	1,1	5,			
TEMP. MEDIA MIN	13,7	15			
TEMP MEDIA	23,4	23			

Los datos corresponden a la estación meteorológica de la EEA INTA Anguil.

Las precipitaciones afectaron claramente al cultivo durante tres meses (Diciembre a Febrero) mientras que las temperaturas también tuvieron influencia dado que se registraron máximas próximas a los 40°C en los meses de Diciembre y Enero, 36,5°C para el mes de Febrero; y mínimas absolutas de 1,1°C en el mes de Diciembre y 2,6°C en Febrero.

A medida que el cultivo avanzaba en su ciclo, las condiciones predisponentes a stress se acrecentaron debido al impacto de factores abióticos.

-Distribución experimental

Bloques completamente aleatorizados en un esquema 8x2 con tres repeticiones con y sin tratamiento a la semilla(A y B).

Cada parcela se diseñó sobre la base de 6 surcos x 10mts.

	Tratamiento						
1	BIOZYME ST						
2	RAIZAL+KTIONIC						
3	BYOZIME TF						
4	BIOTRON						
5	KFOL						

*TCS: tratamiento comercial de la semilla (inoculante más fungicida)

**TCS+BZ TS: tratamiento comercial de la semilla más Biozyme Tratamiento Semilla.

-Cuadro de distribución experimental:

TRAT. COMERCIAL DE LA SEMILLA + B											
PARC.	TRAT.		PARC.	TRAT.	PA						
1	T1		9	T2							
2	T2		10	T4							
3	T3		11	T6							
4	T4		12	T8							
5	T5		13	T1							

MANEJO DEL CULTIVO

-Descripción

La implantación del cultivo se realizó en el mes de Diciembre, bajo el sistema de siembra directa y dosificación neumática a 52 cm entre hileras y con una población promedio ponderada potencial de 300000 plantas/ha.

Se seleccionó la soja DM 4800 (GM 4,5 Indeterminada).

Al momento de la siembra se aplicaron 60 Kg/ha de fosfato diamónico (Grado técnico 18-46-0) apareado sobre la línea de siembra.

El control de malezas se realizó en presiembra (Glifosato + Diclosulam) y complementó en postemergencia con la aplicación de Glifosato al estadio de R1 del cultivo.

En prefloración se realizaron tratamientos preventivos de acuerdo a monitoreo para el control de ácaros, hemípteros e himenópteros. Entre R3 y R5 se efectuó un tratamiento preventivo tendiente a controlar la prevalencia de enfermedades de fin de ciclo (Fluoxastrobina+Estrobirulina+Triazol). La aplicación se efectuó con una pulverizadora de CO2 de precisión sobre los 4 surcos centrales.

La cosecha se realizó en forma manual sobre una muestra de 3m en los dos surcos centrales.

En cada tratamiento se evaluaron: materia seca total, altura de plantas, número de vainas por planta, peso de mil semillas y rendimiento de granos por hectárea.

Los datos obtenidos se analizaron por ANOVA, y las medias se compararon con el test de LSD Fisher para un alfa de 0.05 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla N°3: Velocidad de emergencia y densidad para “TCS” y “TCS + BZ TS”

TCS		TCS+BZ TS		Tasa RT*		Tasa RT			
Vel. Emerg. días	Densidad nº pl/m.	Vel Emerg. días	Densidad nº pl/m.	Vel. Emerg.	Densidad	Vel. Emerg.	Densidad		
7,6	b	14,9	b	5,9	a	16,1	a	28,8	7,1

*Tasa RT: Tasa Relativa al Testigo expresado en valores porcentuales.

Evaluación alcanzado el 50 % de emergencia.

Biozyme TS impacta en mayor número de plantas logradas por metro lineal (7,1%), velocidad y uniformidad de emergencia (28,8%).

Tabla N°4: Biomasa y expansión de la raíz para “TCS” y “TCS + BZ TS”

TRATAMIENTO	TCS				Tasa RT	Tasa RT	TCS+BZ TS				Tasa RT	Tasa RT
	B. NETA dm3	Coef exp radicular (l/h)	B. NETA	Coef exp radicular	B. NETA dm3	Coef exp radicular (l/h)	B. NETA	Coef exp radicular	B. NETA	Coef exp radicular		
1 BZ TS	33,9	e	2,3	a	100,0	0	44,6	c	1,6	c	131,5	3,4
2 RZ+KT	55,2	a	1,2	e	162,8	5,1	44,9	c	0,9	f	132,5	4,2
3 BZ TF	41,8	d	1,9	b	123,3	7,5	46,2	bc	1,2	d	136,3	7,2
4 BT	46,9	cb	1,6	c	138,3	14,2	48,2	ab	1,1	de	142,1	11,8
5 KF	32,1	e	2,4	a	95,3	7,1	45,8	bc	1,8	b	135,1	6,3
6 BZ+BT+RZ	46,8	c	1,4	d	138,1	19,6	49,2	a	1,0	ef	145,1	14,1
7 BZ+BT+RZ+KF	49,1	b	1,4	d	144,8	19,5	50,3	a	1,0	ef	148,4	16,7
8 T. ABSOLUTO	33,9	e	2,3	a	100,0	0	33,9	d	2,3	a	100,0	0

Se destaca la diferencia significativa que genera la aplicación de Biozyme en semilla (TRAT 1) en relación al testigo (TRAT 8).

Tratamiento Comercial de Semilla:

BIOMASA NETA: La aplicación de Raizal generó los resultados más elevados con una respuesta destacada aplicado en estado vegetativo V8 (TRAT 2), cuyo valor fue 55,2 dm³. En contraposición los valores más bajos y sin diferencias significativa, se dieron en los TESTIGOS (TRAT 1 y 8) y con aplicación única de KFol (TRAT 5) con valores de 33,9 dm³ y 32,1 dm³ respectivamente. Las tasas de producción de biomasa, sin tener en cuenta el TRAT 5, oscilaron entre 23 y 63% por encima de los TESTIGOS.

COEFICIENTE DE EXPANSIÓN RADICULAR: Los resultados se dieron en el mismo orden que la variable “Biomasa Neta” con coeficientes destacados en los tratamientos donde se aplicó Raizal (1,2 en TRAT 2 y 1,4 en TRAT 6 Y 7). En los TESTIGOS y con aplicación única de KFol (TRAT 5) se registraron los más bajos valores de expansión radicular.

Tratamiento Comercial de Semilla + Biozyme TS:

Biozyme TS generó un efecto positivo en la mayoría de los tratamientos con resultados superiores al bloque de TCS, excepto para el caso de Raizal + KTionic (TRAT 2).

BIOMAS NETA: Los valores más destacados correspondieron a los tratamientos con aplicación de Biotron (TRAT 4, 6 y 7) superando los 48 dm³. Los demás resultados oscilaron entre 46,2 y 33,9 dm³ para el TESTIGO. Todos los tratamientos superaron al TESTIGO con valores por encima del 31% en relación a este.

COEFICIENTE DE EXPANSIÓN RADICULAR: La expansión radicular se incrementó en todos los tratamientos comparando resultados con el bloque TCS.

En los tratamientos con aplicación de Raizal (TRAT 2, 6 y 7) se favoreció el desarrollo radicular del cultivo mejorando las condiciones de competencia frente a estrés, destacándose con valores significativos respecto a los demás tratamientos. En el TESTIGO se obtuvieron los menores resultados en cuanto a expansión radicular.

Tabla N°5: Biomasa Neta y Fotosíntesis para “TCS” y “TCS + BZ TS”

TRATAMIENTO	TCS				Tasa RT	Tasa RT	TCS+BZ TS				Tasa RT	Tasa RT
	B. NETA tn/ha		FTSIS. U Spad		B. NETA	FTSIS.	B. NETA tn/ha		FTSIS. U Spad		B. NETA	FTSIS.
1 BZ TS	7134,1	d	43,1	C	0	0	7533,6	de	44,6	cd	5,6	3,4
2 RZ+KT	7519,3	cd	45,3	Bc	5,4	5,1	7854,6	cd	44,9	cd	10,1	4,2
3 BZ TF	7904,6	c	46,3	B	10,8	7,5	8025,9	c	46,2	bc	12,5	7,2
4 BT	7854,6	c	49,2	A	10,1	14,2	7876,0	cd	48,2	b	10,4	11,8
5 KF	7911,7	c	46,2	B	10,9	7,1	7911,7	cd	45,8	bc	10,9	6,3
6 BZ+BT+RZ	8446,8	b	51,5	A	18,4	19,6	8832,0	b	49,2	a	23,8	14,1
7 BZ+BT+RZ+KF	9238,7	a	51,5	A	29,5	19,5	9395,6	a	50,3	a	31,7	16,7
8 T. ABSOLUTO	7134,1	d	43,1	C	0	0	7134,1	e	43,1	d	0	0

Tratamiento Comercial de Semillas:

BIOMASA NETA: los tratamientos con combinación de Biozyme TF + Biotron + Raizal (TRAT 6 y 7) arrojaron resultados significativamente superiores al resto con valores por encima de los 8440 kg/ha. Biozyme TF + Biotron + Raizal + KFol (TRAT 7) fue superior en 792 kg/ha y con un 29,5% de producción por encima de los TESTIGOS (TRAT 1 y 8). Los tratamientos restantes oscilaron entre 7500-7900 kg/ha sin incluir a los TESTIGOS (7134 kg/ha).

FOTOSÍNTESIS: Resultados destacados y sin diferencias significativas para los tratamientos con aplicación de Biotron (TRAT 4, 6 y 7).

Todos los tratamientos superaron a los TESTIGOS en términos relativos por encima del 5% y hasta 19,6% en el caso de Biozyme TF + Biotron + Raizal (TRAT 6).

Los valores oscilaron entre 51,5 y 43,1 U Spad.

Tratamiento Comercial de Semilla + Biozyme TS:

Biozyme TS impacta en mayor número de plantas logradas por metro lineal, además de generar mayor velocidad y consecuente uniformidad de emergencia (Tabla N°3), la

producción de biomasa neta para cada uno de los tratamientos es mayor comparado con los tratamientos en donde la semilla sólo recibió el tratamiento comercial.

BIOMASA NETA: La aplicación de Biozyme TF generó resultados superiores al resto, destacándose los tratamientos 6 y 7 con valores mayores a los 8800 kg/ha y una diferencia de 563 kg/ha a favor de Biozyme TF + Biotron + Raizal + KFol (TRAT 7).

Las tasas relativas al TESTIGO fueron mayores que las del bloque TCS, partiendo de Biozyme TS (TRAT 1) con un 5,6% superior (+400kg/ha), y el resto de los tratamientos con valores entre 10 y 32 puntos porcentuales.

FOTOSÍNTESIS: Los tratamientos con aplicación de Biotron (TRAT 4, 6 y 7) superaron significativamente los demás resultados en al menos 2 u SPAD. El valor más alto correspondió a Biozyme+Biotron+Raizal+K-Fol (TRAT 7) y fue de 50,3 U Spad, 16,7% mayor al TESTIGO.

Tabla N°6: Componentes cuantitativas de rendimiento (TCS)

TRATAMIENTO		Intercepción (Green seeker)		Altura (cm)		Nudos/planta		Vainas/planta		Altura Septoria R3		Defoliación R7		NG/planta		P1000	
1	BZ TS	0,85	c	112	c	15	e	88	e	35	a	80	a	167,5	D	175,6	b
2	RZ+KT	0,86	bc	130	a	23	b	94	cd	30	b	70	b	159,0	D	190,4	a
3	BZ TF	0,86	bc	126	ab	21	ac	91	de	25	c	60	c	197,8	B	161,0	c
4	BT	0,86	ab	122	b	19	d	90	de	25	d	60	c	186,7	C	170,0	bc
5	KF	0,86	bc	120	b	16	e	96	bc	28	cd	58	cd	188,3	Bc	163,3	c
6	BZ+BT+RZ	0,88	a	125	ab	25	ac	100	b	25	cd	60	c	208,2	A	168,5	bc
7	BZ+BT+RZ+KF	0,88	a	125	ab	26	a	108	a	25	d	55	d	195,8	Bc	185,5	a
8	T. ABSOLUTO	0,85	c	112	c	15	e	88	e	35	a	80	a	167,5	D	175,6	b

INTERCEPCIÓN: Se obtuvieron los mayores porcentajes de intercepción en tratamientos con aplicación de Biotron (TRAT4, 6 y 7) destacándose Biozyme TF+Biotron+Raizal+K-Fol (TRAT 7) como consecuencia de la expresión sinérgica sobre variables correspondientes a desarrollo radicular y desarrollo aéreo. Los TESTIGOS fueron los valores porcentuales de

intercepción de radiación más bajos del bloque, 88% fue el porcentaje de intercepción mayor y 85% el menor valor.

ALTURA: Raizal+ KTionic (TRAT2) potenció el crecimiento del cultivo alcanzando una altura media de 130 cm. El valor más bajo correspondió a los TESTIGOS (112 cm).

NUDOS/PLANTA: La aplicación de Biozyme TF +Biotron + Raizal + K-Fol (TRAT 7) arrojó el resultado más destacado frente a los demás tratamientos. Los TRAT 2, 3 y 6 registraron una variabilidad en los resultados con medias de 21 y 25 nudos/planta posicionándose dentro de los tres valores significativamente más altos. KFol (TRAT 5) no produjo diferencias significativas con los testigos con una media de 15 nudos/planta.

VAINAS/PLANTA: Al igual que en el resto de las variables (componentes cuantitativas de rendimiento), los resultados para Biozyme TF + Biotron + Raizal + KFol (TRAT 7) fueron sobresalientes con una media de 108 vainas/planta, sobre un promedio ponderado igual o menor a 100 vainas para los restantes tratamientos.

ALTURA SEPTORIA: En los TESTIGOS fue donde más avanzó el patógeno alcanzando los 35 cm sobre el nivel del suelo afectando aproximadamente el 30% de cada planta. En los demás tratamientos no avanzó más de 30 cm.

Los resultados significativamente más bajos de avance de la enfermedad se dieron en Biozyme TF + Biotron + Raizal + K-Fol (TRAT 7).

DEFOLIACIÓN (R7): La aplicación de bioestimulantes redujo significativamente el proceso de defoliación ya sea por efecto contra condiciones naturales o incidencia de patógenos. Los TESTIGOS fueron los que mayor defoliación alcanzaron con un promedio de 80%. Los valores más bajos para dicha componente correspondieron a los tratamientos con aplicación de K-Fol (TRAT 2, 6 y 7) con valores por debajo del 58%.

Haciendo sólo una apreciación visual se pudo observar que en los tratamientos donde Septoria ocupó mayor proporción del cultivo, los porcentajes de defoliación se incrementaron al momento de su análisis en la etapa reproductiva R7.

NÚMERO DE GRANOS (NG): El mayor NG se obtuvo con la aplicación de Biozyme TF + Biotron + Raizal (TRAT 6) con una media de 208,2 granos/planta, con diferencias significativas por encima de los demás tratamientos.

La aplicación sólo de Biozyme TF (TRAT 3), arrojó valores que lo posicionaron únicamente por debajo del mayor resultado del bloque con 197,8 granos/planta.

PESO DE MIL SEMILLAS (PMS): El menor PMS se obtuvo en los TRAT 3 y 5.

Los TRAT 2 y 7 superaron los 185 grs no registrándose diferencias significativas entre ambos.

Aplicando la fórmula de rendimiento a cada uno de los tratamientos se puede observar el efecto positivo en la producción al aplicar bioestimulantes, comparado con el testigo.

Fórmula: $\text{RENDIMIENTO} = \text{NG/Planta} * \text{PMS}$

TRAT 1: 29,41 grs/planta

TRAT 2: 30,27 grs/planta

TRAT 3: 31,84 grs/planta

TRAT 4: 31,73 grs/planta

TRAT 5: 30,74 grs/planta

TRAT 6: 35,08 grs/planta

TRAT 7: 36,32 grs/planta

TRAT 8: 29,41 grs/planta

Tabla N° 6.a: Componentes cuantitativas de rendimiento (TCS + BZ TS)

TRATAMIENTO		Intercepción (Green seeker)		Altura (cm)		Nudos/planta		Vainas/planta		Altura Septoria R3		Defoliación R7		NG/pl		P1000	
1	BZ TS	0,93	ab	112	d	15,75	Ef	88	d	30	b	80	b	171,1	e	182,7	ab
2	RZ+KT	0,98	a	130	a	26,45	B	98,7	c	25	c	70	c	161,9	e	189,1	a
3	BZ TF	0,93	ab	125	abc	22,68	C	104,7	b	30	b	60	d	201,8	ab	164,0	d
4	BT	0,96	ab	125	abc	20,9	D	80,3	e	25	bc	60	cd	187,6	d	173,7	bc
5	KF	0,91	ab	120	c	16,8	E	100,8	bc	25	bc	60,9	cd	188,4	cd	173,1	cd
6	BZ+BT+RZ	0,99	a	128	ab	28,75	A	120	a	25	c	68,25	c	210,9	a	169,2	cd
7	BZ+BT+RZ+KF	0,99	a	122	bc	22,8	C	104,4	b	25	c	70	c	198,1	bc	189,3	a
8	T. ABSOLUTO	0,85	b	122	bc	15	F	88	d	35	a	88	a	167,5	e	175,6	bc

INTERCEPCIÓN: Se observó una igualdad significativa entre los tratamientos con aplicación de Raizal 2,5 kg (TRAT 2, 6 y 7) con valores superiores al resto. El máximo fue 99%.

Hubo diferencias significativas entre la aplicación de Biozyme TS (TRAT 1) y el TESTIGO (TRAT 8) en el orden del 0.08% a favor del TRAT 1.

ALTURA: La aplicación de Raizal + KTionic (TRAT 2) generó, al igual que en el bloque TCS, el mejor resultado pero sin diferencias en el valor a pesar de contar con la aplicación de Biozyme en semilla. Los demás tratamientos no superaron los 128 cm (TRAT 6) e incluso Biozyme TS (TRAT 1) tuvo menor altura que el TESTIGO.

NUDOS/PLANTA: Los resultados destacados correspondieron a los dos tratamientos que lograron mayor altura dentro del bloque (TRAT 2 y 6). En los demás tratamientos no se dio esta interacción de componentes, ya que el TESTIGO esta vez arrojó el resultado más inferior con 15 nudos/planta en 122 cm, siendo superado por Biozyme TS (TRAT 1) con casi 16 nudos promedio en plantas de 112 cm de altura.

VAINAS/PLANTA: los tratamientos con aplicación de Biozyme TF (TRAT 3, 6 y 7) superaron a los demás tratamientos con valores por encima de 104 vainas/planta.

El menor valor correspondió al TRAT 4 (Biotron) con 80,3 vainas/planta en promedio.

ALTURA SEPTORIA: En el TESTIGO, la enfermedad alcanzó los 35 cm medidos desde el cuello del cultivo, involucrando aproximadamente el 30% de la planta. En Biozyme TS (TRAT 1) y Biozyme TF (TRAT 3) avanzó 30 cm. En los tratamientos restantes no superó los 25 cm de altura.

DEFOLIACIÓN: La aplicación de Biozyme TF (TRAT 3) y Biotron (TRAT 4) provocó una diferencia a favor del 28% en cuanto a retención foliar al estado R7 comparado con el TESTIGO cuyo porcentaje de defoliación alcanzó el 88%. En los tratamientos donde se aplicaron dichos bioestimulantes pero combinándolos en una misma aplicación (TRAT 6 y 7), la defoliación superó el 68%.

NÚMERO DE GRANOS (NG): Los tratamientos con aplicación de Biozyme TF (TRAT 3, 6 y 7) arrojaron los mayores valores. Biozyme TS (TRAT 1) Raizal + KTionic (TRAT 2) no tuvieron diferencias significativas con el TESTIGO, sus valores anduvieron entre 160 y 170 granos/planta.

PESO DE MIL SEMILLAS (P1000): Los mayores valores se registraron en Raizal + KTionic (TRAT 2) y Biozyme TF + Biotron + Raizal + KTionic (TRAT 7) sin diferencias significativas entre ellos y con un promedio de 189 grs/planta. El valor más bajo fue 164 grs/planta y correspondió Biozyme TF (TRAT 3).

Aplicando la fórmula de rendimiento a cada uno de los tratamientos se pueden observar los siguientes resultados:

TRAT 1: 31.25 grs/planta

TRAT 2: 30.61 grs/planta

TRAT 3: 33.09 grs/planta

TRAT 4: 32.58 grs/planta

TRAT 5: 32.61 grs/planta

TRAT 6: 35.68 grs/planta

TRAT 7: 37.50 grs/planta

TRAT 8: 29.41 grs/planta

Tabla n° 7: Distribución del calibre de granos (TCS)

TRATAMIENTO		Calibre >60mm		Calibre 40-60mm		Calibre < 40mm	
1	BZ TS	19,6	e	79,8	A	0,6	D
2	RZ+KT	26,5	d	71,4	B	2,1	A
3	BZ TF	34,2	c	64,3	C	1,5	B
4	BT	51,1	a	48,0	D	0,9	C
5	KF	49,2	ab	50,7	D	0,1	E
6	BZ+BT+RZ	48,1	b	52,3	D	0,5	D
7	BZ+BT+RZ+KF	52,0	a	48,0	D	0,6	D
8	T. ABSOLUTO	19,6	e	79,8	A	0,6	D

Los calibres mayores a 40 mm concentraron entre 97,9 y 99,5% de las muestras evaluadas.

Los calibres superiores a 60 mm fueron más frecuentes en los tratamientos con aplicación de Biotron y KFol (TRAT 4, 5, 6 y 7). Los resultados para dichos tratamientos rondaron el 50 % del total de la muestra de granos, mientras que para los TESTIGOS (TRAT 1 y 8) solo el 19,6% de los granos dieron un calibre superior a 60 mm.

Tabla N°7.a: Distribución del calibre de granos (TCS + BZ TS)

TRATAMIENTO		Calibre >60mm		Calibre 40-60mm		Calibre < 40mm	
1	BZ TS	23,8	e	74,3	B	1,9	a
2	RZ+KT	30,5	d	68,4	C	1,1	c
3	BZ TF	44,1	c	54,4	D	1,5	b
4	BT	52,1	b	46,5	E	1,4	b
5	KF	32,2	d	67,7	C	0,1	e
6	BZ+BT+RZ	50,1	b	49,4	E	0,5	d
7	BZ+BT+RZ+KF	58,3	a	40,6	F	1,1	c
8	T. ABSOLUTO	19,6	f	79,8	A	0,6	D

Los calibres menores a 40 mm, en términos generales no superaron el 2% del total de granos mientras que al menos el 98% restante superó los 40 mm de calibre para todos los tratamientos.

CONCLUSIÓN

El ensayo evolucionó bajo condiciones de clima y ambiente desfavorables al crecimiento y desarrollo del cultivo.

Las altas temperaturas y la ausencia de precipitaciones acentuaron las condiciones de estrés en el cultivo de soja, conforme a la hipótesis planteada.

Las aplicaciones de bioestimulantes reportaron resultados positivos sobre las variables cuantitativas del rendimiento y calidad con relación al TESTIGO.

La aplicación de Biozyme TS promovió mayor velocidad de emergencia bajo condiciones de estrés y uniformidad del cultivo al arranque, mitigando factores de competencia interpoblacional.

Biozyme, Biotron, Raizal y KTionic indujeron el desarrollo de la rizósfera activa y biomasa aérea con consecuente impacto sobre las componentes cuantitativas de rendimiento.

Las aplicaciones de KFol promovieron la acción de factores inherentes a calidad y uniformidad del grano.

La acción sinérgica de los bioestimulantes, precisamente en los tratamientos 6 y 7, manifestó comportamientos más estables a lo largo del ciclo del cultivo e incluso los resultados obtenidos en todas las variables analizadas siempre se destacaron entre los mejores valores.

De este modo podemos concluir que los bioestimulantes generan efectos sobre el desarrollo del cultivo permitiéndole sostener el rendimiento y calidad de grano frente a condiciones de estrés abiótico, e incluso la combinación de bioestimulantes promueve una mayor estabilidad

del cultivo a lo largo de todo su ciclo incrementando las probabilidades de obtener mayores diferenciales de rendimiento y calidad.

BIBLIOGRAFIA

Andriani JM, Andrade FH, Suero EE, Dardanelli JL (1991) Water deficits during reproductive growth of soybeans. I. Their effects on dry matter accumulation, seed yield and its components. *Agronomie* 11, 737-746.

Boote K, Allen Jr. LH, V Prasad PV, Baker JT, Gesch RW, Snyder AM, Pan D, Thomas MG (2005) Elevated temperature and CO₂ impacts on pollination, reproductive growth, and yield of several globally important crops. *Journal of Agric. Meteorol.* 60, 469-474.

Craufurd PQ, Wheeler TR (2009) Climate change and the flowering time of annual crops. *J. Exp. Bot.* 60, 2529-2539.

Dardanelli JL, Balzarini M, Martinez MJ, Cuniberti M, Resnik S, Ramunda SF, Herrero R, Baigorri H (2006) Soybean Maturity Groups, Environments, and Their Interaction Define Mega-environments for Seed Composition in Argentina
Crop Sci 46, 1939-1947.

Diaz Zorita M, Duarte GA, Grove JH (2002) A review of no-till and soil Management for sustainable crop production in the subhumid and semiarid Pampas of Argentina. *Soil and tillage research* 65, 1-18.

Idso SB, Jackson RD, Pinter P.J. J, Reginato RJ, Hatfield JL (1981) Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agric. Meteorol.* 24, 45-55.

Liu F, Jensen CR, Andersen MN (2004) Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. *Field Crops Research* 86, 1-13.

Nagel L, Brewster R, Edell WER, Reese RN (2001) Cytokinin regulation of flower and pod set in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). *Annals of Botany* 88, 27-31.

Prasad PVV, Staggenborg SA (2008) Impacts of Drought and/or Heat Stress on Physiological, Developmental, Growth, and Yield Processes of Crop Plants. In 'Response of crops to limited water: Understanding and modeling water stress effects on plant growth processes'. (Ed. Z Ristic) pp. 301-355. (Advances in Agricultural Systems Modeling: Madison).

Reynolds MP, Hays D, Chapman SC (2010) Breeding for adaptation to heat and drought stress. In 'Climate Change & Crop Production'. (Ed. MP Reynolds). (CAB International: Oxfordshire, U.K.).

Sagpya. 2004a. Indicadores del sector sojero 2003/2004 [Online].

<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/00/nuevositio/agricultura/cultivos/granos/soja.php>
(verified Noviembre 2009).

Sagpya. 2004b. Soja- Informe general [Online]

<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/00/agricultura/otros/estimaciones/soja/infsoja.php>
(verified Noviembre 2009).

Stone PJ (1999) 'The effects of heat stress on cereal yield and quality. . In Crop responses and adaptations to temperature stress. A. Basra (ed.), Food Products Press, NY.'

Datos de Lluvia www.apa.lapampa.gov.ar

Datos Históricossiga2.inta.gov.ar

Agrometeorología EEA Anguil 2015 | INTA :: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
inta.gob.ar