

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

**PROYECTO DE TRABAJO FINAL
Para optar para el grado de Ingeniero Agrónomo**

**“RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN AZUFRADA DEL
CULTIVO DE MAÍZ (*Zea Mays l*), EN SISTEMA DE SIEMBRA
DIRECTA”**

Autor: Diaz Facundo Ezequiel

DNI: 28816517

Director: Ing. Agr. Castillo Carlos A.

**Río Cuarto-Córdoba-Argentina
Abril/2008**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: “Respuesta a la fertilización azufrada del cultivo del maíz (*Zea mays l*), en sistema de siembra directa”.

Autor: Facundo Ezequiel Diaz

DNI: 28.816.517

Director: Ing. Agr. Carlos A. Castillo

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado

Evaluador:

Ing. Agr. M. Sc. Viale Susana _____

Ing. Agr. Grosso Liliana _____

Dra. Thuar Alicia _____

Fecha de Presentación: ____/_____/____

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____

Secretario Académico

Agradecimientos

En primer lugar a mi familia por el apoyo que me brindaron a lo largo de toda la carrera.

Al mi director de tesis por la ayuda en la realización y en la confección de la misma.

A docentes y no docentes que intervinieron en mi formación como profesional.

Especialmente a mi novia por el tiempo y apoyo brindado durante mi carrera.

A mis amigos que me acompañaron durante toda la carrera.

INDICE GENERAL

| | Pag. |
|--|------|
| I.I Resumen..... | V |
| I.II Summary..... | VI |
| 2 Respuesta a la Fertilización Azufrada del Cultivo del Maíz (Zea Mays L), En Sistema de Siembra Directa | 7 |
| 2.1 Introducción General..... | 7 |
| 2.2 Hipótesis..... | 9 |
| 2.3 Objetivos | 9 |
| 2.3.1 Objetivo general | 9 |
| 2.3.2 Objetivo específico..... | 9 |
| 3. Materiales y Métodos | 10 |
| 3.1 Caracterización climática | 12 |
| 4. Resultado y Discusión..... | 14 |
| 4.1 Biomasa Aérea en distintos Estadios Fenológicos | 14 |
| 4.1.2 Materia Seca en trece hojas (V_{13})..... | 14 |
| 4.1.3 Materia Seca en Grano Lechoso (R_3) | 14 |
| 4.1.4 Materia Seca en Madurez Fisiológica (R_6)..... | 15 |
| 4.2 Rendimiento en Grano | 15 |
| 5. Conclusiones | 17 |
| 6. Bibliografía | 18 |

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS.

| | Pag. |
|--|------|
| Tabla 1. Requerimientos y extracción en grano de nutrientes para producir una tonelada de grano de maíz..... | 10 |
| Tabla 2. Requerimientos y extracción en grano de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) para distintos rendimientos de maíz | 10 |
| Grafico 1: Precipitaciones decádicas y temperaturas máximas y mínimas 2003-2004 y precipitaciones decádicas históricas 1974-2003 | 12 |
| Gráfico 2: Régimen de precipitaciones Río Cuarto, período 1974-2004 | 13 |
| Tabla 3: Biomasa aérea según diferentes estadios fenológicos..... | 14 |
| Tabla 4: Peso de 1000 granos, Número de granos ha ⁻¹ y Rendimiento de grano ha ⁻¹ | 15 |
| Grafico 3: Peso de 1000 Granos..... | 16 |
| Grafico 4: Numero de granos ha ⁻¹ | 16 |

“RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN AZUFRADE DEL CULTIVO DEL MAÍZ (*ZEA MAYS L*), EN SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA”

II RESUMEN

El presente ensayo se llevo a cabo durante la campaña agrícola 2003/2004, en un establecimiento de la zona rural de la localidad de Alejandro Roca (33° 20' L.S., 63° 58' L.O. y a 210 m.s.n.m.), Departamento Juárez Celman, Provincia de Córdoba, el objetivo del mismo fue evaluar la respuesta del cultivo de maíz en siembra directa a la aplicación de distintos niveles de fertilización con azufre (0 S, 13 S y 26 S). Para lo cual se utilizó un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones espaciales, el tamaño de las mismas fue de 150 m. de longitud por 7,35 m. de ancho. Se utilizó una sembradora marca Fercam a 0,52 m. entre surcos. Debido al atraso de las precipitaciones durante dicha campaña no se pudo realizar una siembra en fecha óptima para la región, realizándose la misma el 16 de diciembre a una densidad de 65000 plantas/ha, utilizando el híbrido simple, DK 682 MG, fertilizándose al costado y por debajo de la línea de siembra con Fosfato Diamónico y se refertilizó cuando el cultivo estuvo en el estadio de 4 hojas verdaderas con UAN y Azufre. Se evaluó biomasa en los estadios fenológicos de V13, R3 (período crítico) y R6 para las cuales se tomaron 5 muestras por parcelas, de ocho plantas cada una, se pesó y se tomó una alícuota, de una planta por muestra, la que fue secada a estufa a 105 °C hasta peso constante y rendimiento en granos. Los resultados fueron analizados mediante el test LSD al 5 % de probabilidad para determinar las diferencias significativas entre las medias. Los resultados de biomasa en los estadios V13, R3, R6, presentaron diferencia significativa cuando se aplicó 13 kg ha⁻¹ de S, con respecto a los demás tratamientos; Con referencia a la variable rendimiento ésta presentó diferencia significativa entre el tratamiento con 13 kg. ha⁻¹ de S (8112 kg. ha⁻¹), con respecto a los tratamientos de 0 S y 26 S azufre (7682 kg. ha⁻¹ y 7841 kg. ha⁻¹)

Palabras claves: Maíz, Fertilización, Azufre, Secano.

“CORN RESPONSE TO SULPHUR FERTILIZATION IN DIRECT SOWING “

I.II SUMMARY

This experiment was carried out during the sowing season 2003/2004, in the countryside in Alejandro Roca (33*20' S.L., 63*58' W.L., and 210 m.s.n.m.), Juarez Celman Department, in the Province of Córdoba. The aim of the experiment was to assess the corn response to the application of different levels of sulphur fertilization in direct sowing (0 S, 13 S and 26 S). To carry out the experiment, it was necessary to use a randomized block design with three spatial repetitions, 150 m. long, and 7,35 m. wide each. A Fercam sowing machine was used that left spaces of 0,52 m. between furrows. Due to the droughts that took place during that season, it was not possible to sow in the right time for that region, so the sowing had to be done December 16 at a density of 65000 plants/hectare, and a common hybrid was used, DK 682 MG, which was fertilized with Diamonic Phosphate by the sides and downward the sowing line, and it was fertilized again with Sulphur and UAN (Urea Ammonium Nitrate) when the crop had reached the four leaves stage. The bio-mass was evaluated in the phenologic stages of V13, R3 (critical period), and R6, and 5 samples of eight plants each were taken in parts and weighted. One plant of each sample was taken and dried in a heater at 105 °C until it reached constant weight and produced grains. The results were measured through the LSD test with a 5% of probability to determine the significant differences between the average percentages. The results of the bio-mass in the V13, R3, and R6 stages showed an important difference when 13 kg./hectare⁻¹ of S were applied compared to the other treatments; regarding the production variable, it showed a significant difference in the treatment with 13 kg./hectare⁻¹ of S (8112 kg/hectare⁻¹) compared to the other treatments with 0 S, and 26 S (7682 kg./hectare⁻¹, and 7841 kg./hectare⁻¹)

Key words: Corn, Fertilization, Sulphur, Unirrigated land

“RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN AZUFRADA DEL CULTIVO DEL MAÍZ (*ZEA MAYS L*), EN SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA”

2. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

2.1 INTRODUCCION GENERAL

A partir del descubrimiento de América el cultivo de maíz fue introducido en el viejo mundo, donde rápidamente se convirtió en un factor clave de la alimentación humana y animal. (Andrade *et al.*, 1996).

El maíz es el tercer cultivo en importancia a nivel mundial después del trigo y del arroz en volúmenes de producción (Andrade *et al.*, 1996). En el mundo todos los años se siembran unas 130 millones de hectáreas, con una producción de alrededor de 500 millones de toneladas de grano. La Argentina ocupa el sexto lugar a nivel mundial, con una superficie de 3.084.374 hectáreas por año, que producen alrededor de 9.560.000 toneladas que representan alrededor del 22% del volumen del total de granos producidos (SAGPYA, 2003).

El maíz es un cultivo que se realiza en casi todo el territorio nacional desde el norte hasta los límites con la Patagónia.

Debido a la inestabilidad de los agroecosistemas que predominan en el área de influencia de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba, Argentina), asociada a un manejo inapropiado de los mismos, ha provocado un marcado deterioro de las condiciones físicas y químicas de los suelos de la región (Cantero y Cantú., 1984).

Esta degradación del suelo resulta principalmente por la reducción de su estabilidad estructural, provocada entre otras cosas, por la reducción de materia orgánica del mismo (Gesumaría *et al.*, 2002).

La intensificación de la actividad agrícola en las últimas tres décadas en la región pampeana trajo aparejado entre otras cosas, una gran extracción de nutrientes del suelo, que no fueron repuestos con la misma intensidad. Los nutrientes más aprovechados por los procesos de degradación de la agricultura continua son aquellos que provienen de la materia orgánica del suelo tales como el nitrógeno, el fósforo y el azufre. En las últimas campañas se ha registrado respuesta al agregado de azufre en maíz mostrando evidencia de una mayor eficiencia en el uso de nitrógeno y poniendo de manifiesto la necesidad de realizar una fertilización balanceada (Salvagiotti *et al.*, 2000).

El nitrógeno y el fósforo son los dos macronutrientes más limitante para la producción agrícola en la región maicera de la República Argentina, estos condicionan, entre otros aspectos, el establecimiento y el mantenimiento de la capacidad fotosintética del canopeo y la determinación de la capacidad de los destinos reproductivos (Andrade *et al.*, 1996).

En la región pampeana, la disponibilidad de nitrógeno (N) y fósforo (P) aparecen como las principales limitantes nutricionales en los cultivos de cereales. En la pampa ondulada, ya desde principios de los '80 (Senigagliesi *et al.*, 1984) observaron respuestas a la fertilización fosforada en cultivos de maíz. Desde entonces, la disponibilidad de fósforo en los suelos de la región ha disminuido marcadamente, y como consecuencia en los últimos años aumentó el uso de fertilizantes fosforados (García, 2000).

El azufre es esencial para las plantas, en las que actúa como componente de las proteínas y vitaminas. Las plantas toman el azufre que proviene de la mineralización de la materia orgánica en la mayoría de los suelos (Caviglia *et al.*, 2000).

El ciclo del azufre en el sistema de producción presenta cierta similitud con el del nitrógeno, es decir que se encuentra muy asociado a la dinámica de la materia orgánica, pero con la diferencia que posee menos aportes al no existir un mecanismo de fijación biológica, como ocurre en el caso del nitrógeno (Caviglia *et al.*, 2000).

Debido a la gran adopción de las nuevas técnicas de labranzas, en especial la de siembra directa, la mineralización de la materia orgánica podría encontrarse disminuida lo que hace suponer que se vea disminuida la disponibilidad del azufre para el cultivo (Caviglia *et al.*, 2000).

A su vez, se ha incrementado la frecuencia de respuestas positivas al agregado de azufre en el norte de Buenos Aires, especialmente en suelos con muchos años de agricultura continua, que poseen bajos contenidos de materia orgánica o han sufrido erosión (Ferraris *et al.*, 2004).

En las últimas campañas se han registrado respuestas al agregado de azufre en maíz mostrando evidencias de una mayor eficiencia en el uso del nitrógeno y poniendo de manifiesto la necesidad de realizar una fertilización balanceada (Salvagiotti *et al.*, 2005).

La respuesta al azufre se relaciona con el bajo nivel de materia orgánica del suelo (Díaz Zorita, 1998; Ventimiglia *et al.*, 1998). En la zona Norte de la Pcia de Bs As, la respuesta se observa en suelos degradados, con muchos años de agricultura continua (especialmente soja), y con cultivos de alta producción con fertilización nitrogenada y fosforada (Martínez y Cordone, 1999).

La principal limitante para un uso racional de la fertilización azufrada en este y otros cultivos es la falta de un método de diagnóstico en el cual basar una recomendación de fertilización. (Salvagiotti *et al.*, 2005)

Actualmente la decisión de fertilización con azufre se basa en el uso conjunto de características del lote tales como: contenido de materia orgánica, estabilidad estructural, la historia agrícola, el grado de erosión del suelo, la cantidad de años en siembra directa o la historia de fertilización del lote. (Martínez y Cordone, 1999; Vilches *et al.*, 2002).

El análisis de suelo es una herramienta útil y fundamental para diagnosticar la fertilidad de cada lote y determinar la necesidad de fertilizar. También es importante tener en cuenta las características climáticas, del suelo y del manejo del cultivo para definir el plan de fertilización (García, 2000).

El manejo eficiente de la nutrición del cultivo de maíz es uno de los pilares principales para poder alcanzar rendimientos elevados sostenidos en el tiempo y con resultados económicos positivos, no solo en el mismo cultivo de maíz, sino en los que participan en su rotación, ya que por las altas cantidades de rastrojos aportados por el maíz, facilitan el reciclado de nutrientes y mejoran las condiciones físicas del suelo (Ferraris *et al.*, 2004).

Por lo general los suelos de la región pampeana presentan deficiencia de nitrógeno y en fósforo, no obstante en los últimos años se ha observado la falta de azufre y otros micronutrientes, como resultado de la intensificación de la agricultura (García, 2003).

2.2 HIPÓTESIS

Diferentes niveles de fertilización azufrada inciden en la producción de biomasa vegetativa y grano del cultivo de maíz.

2.3 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la respuesta del maíz en siembra directa a la aplicación de distintos niveles de fertilización con azufre.

2.3.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar como inciden los distintos tratamientos sobre la producción de biomasa total, en las distintas etapas de su ciclo.
- Evaluar el efecto de los distintos tratamientos sobre los componentes del rendimiento (numero de granos y peso de los mismos).

3. MATERIALES Y METODOS

El diagnóstico de la fertilización del cultivo de maíz implica conocer las necesidades nutricionales para alcanzar un rendimiento objetivo y la capacidad del suelo de proveer los nutrientes en cantidad y en el momento adecuado (García, 2003) (Tabla 1 y 2).

Tabla 1. Requerimientos y extracción en grano de nutrientes para producir una tonelada de grano de maíz.

| Nutrientes | Requerimientos | Índice de cosecha | Extracción |
|------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | Kg t ⁻¹ | | Kg t ⁻¹ |
| Nitrógeno | 22 | 0.66 | 14.5 |
| Fósforo | 4 | 0.75 | 3 |
| Azufre | 4 | 0.45 | 1.8 |

Tabla 2. Requerimientos y extracción en grano de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) para distintos rendimientos de maíz.

| Rendimiento | Absorción en planta | | | Extracción en grano | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|----|---------------------|---------------------|----|
| | N | P | S | N | P | S |
| Kg ha ⁻¹ | | Kg ha ⁻¹ | | | Kg ha ⁻¹ | |
| 9000 | 198 | 36 | 36 | 131 | 27 | 16 |
| 12000 | 264 | 48 | 48 | 174 | 36 | 22 |
| 15000 | 330 | 60 | 60 | 218 | 45 | 27 |

El ensayo se realizó durante la campaña agrícola 2003/04, en un establecimiento de la zona rural de la localidad de Alejandro Roca, cuya ubicación geográfica es de 33° 20' L.S., 63° 58' L.O. y a 210 m.s.n.m., Departamento Juárez Celman, Provincia de Córdoba.

El lote presenta una ubicación oeste-este, siendo el suelo un Apludol típico de textura franco arenosa, teniendo un historial de 10 años de agricultura continua, con una rotación maíz-soja-trigo/soja-maíz.

En el análisis de suelo se observaron los siguientes datos:

| | |
|--|--------|
| MO | 1,9 % |
| Fosforo (0 – 20 cm) | 14 ppm |
| NO ₃ (0 – 20 cm) | 42 ppm |
| (20- 40 cm) | 26 ppm |
| S-SO ₄ ⁻ (0 – 20 cm) | 12 ppm |
| pH | 6,7 |

El ensayo se realizó en sistema de siembra directa, sobre un rastrojo de soja, siendo el tamaño de las parcelas de 150 metros de largo por 14 surcos a 0,52 m, de distancia entre líneas.

Debido al atraso de las precipitaciones durante dicha campaña no se pudo realizar una siembra en fecha óptima para la región, realizándose la misma el 16 de diciembre a una densidad de 65000 plantas.ha⁻¹, utilizando el híbrido simple, DK 682 MG.

Todos los tratamientos fueron fertilizados a la siembra con fósforo, empleando el producto comercial fosfato diamónico (18:46:0) a una cantidad de 32 kg ha⁻¹ de PO₅.

Al estado de V₆ se aplicó fertilizante nitrogenado líquido, compuesto por urea más nitrato de amonio, cuyo producto comercial es UAN plus (32:0:0) en una dosis equivalente a 46 kg. de nitrógeno.

Para calcular la dosis de P y N se utilizó el modelo “NP-Zea. Cálculo de Dosis de Nitrógeno y Fósforo en Maíz” (Gesumaría *et al.*, 2000).

Para la fertilización azufrada se empleó tiosulfato de amonio, cuyo nombre comercial es Sol Plus, (12:0:0:26) en tres dosis de azufre, de 0, 13 y 26 kg ha⁻¹ de S, realizándose la misma conjuntamente con la aplicación del nitrógeno.

Se hicieron controles de malezas para obtener condiciones óptimas de crecimiento del cultivo, previo a la siembra se realizó un barbecho químico con Glifosato a razón de 2 l.ha⁻¹, en el mes de agosto y debido al atraso de la siembra se debió realizar una segunda aplicación del mismo producto a la misma dosis, los primeros días de diciembre.

En preemergencia del cultivo se realizó una aplicación de los siguientes herbicidas, atrazina (2.5 lts ha⁻¹) y acetoclor (1 lt ha⁻¹).

Los muestreos de biomasa se realizaron durante el estadio vegetativo de 13 hojas (V₁₃), grano lechoso (R₃) y madurez fisiológica (R₆) siguiendo la escala fenológica de Ritchie y Hanway (1997). Se tomaron 5 muestras por parcelas, de ocho plantas cada una.

En el mismo lote, se pesaron las muestras y se tomó una alícuota, de una planta por muestra, la que fue secada a estufa a 105 °C hasta peso constante.

Las plantas muestreadas fueron aquellas que presentaron una altura semejante y se encontraban en competencia perfecta.

La cosecha se efectuó en forma manual sobre 9,5 metros lineales, lo que equivale a 5 metros cuadrados; extrayéndose 4 muestras por parcelas.

El peso de las mil semillas, se realizó mediante un cuarteo de una muestra específica, por medio de un contador de semilla automático se obtuvieron dos muestras de 200 granos cada una y se determinó el peso de las 1000 semillas.

3.1. CARACTERIZACION CLIMATICA

De la estación meteorológica más cercana al lugar se obtuvieron los datos de precipitaciones, temperatura máxima y mínima (Gráfico 1).

La caracterización climática del campo donde se llevo a cabo el ensayo comparativo se basan según una serie de datos registrados en la estación de la Universidad Nacional de Río Cuarto durante el período 1974-2004, el cual está caracterizado por un régimen de precipitaciones Monzónico, que concentra el 80% de las lluvias en el periodo de octubre a abril.

Como podemos observar en la Gráfico 2 la precipitación media anual es de 793.69 mm con valores extremos mínimos de 451.1 mm en 1989 y máximos de 1195.2 mm en 1984, para la serie 1974-04, (Cátedra de Agrometeorología, Comunicación personal, 2004).

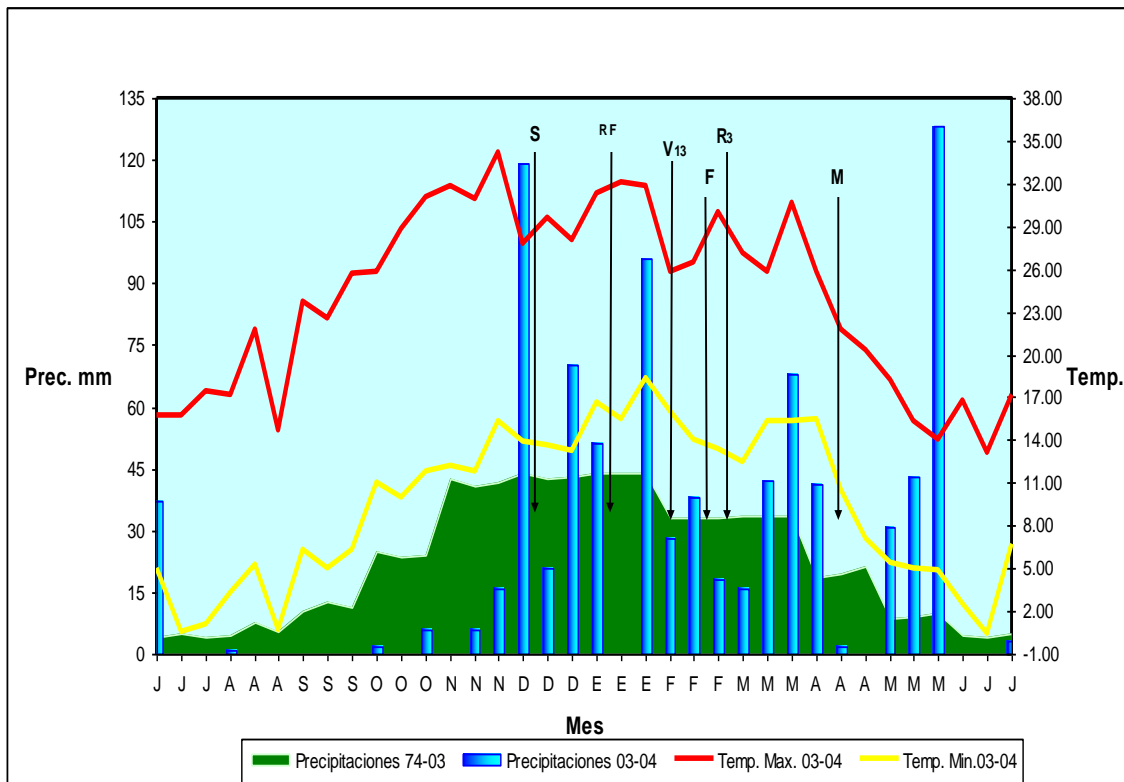


Grafico 1: Precipitaciones decádicas y temperaturas máximas y mínimas 2003-04 y precipitaciones decádicas históricas 1974-03.

Referencia: S: siembra; RF: refertilización; V₁₃: periodo vegetativo de 13 hojas; F: floración; R₃: grano lechoso; MF: madures fisiológica.

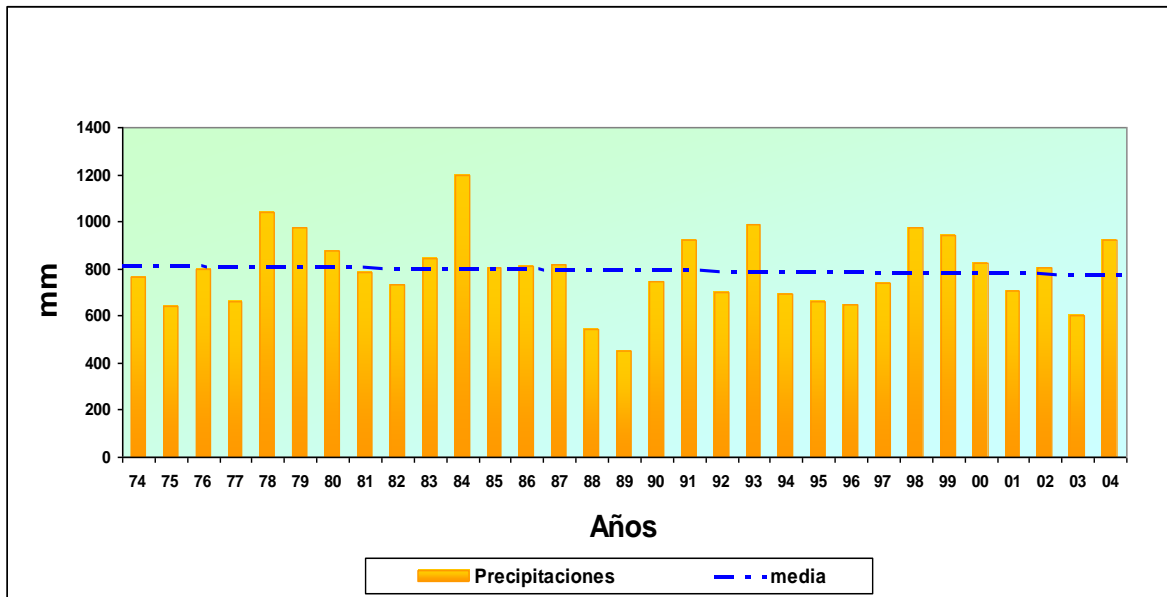


Gráfico 2: Régimen de precipitaciones Río Cuarto, período 1974-04.

Durante la campaña en estudio se llevaron registros de precipitaciones, temperaturas máximas y mínimas (Grafico 1) desde el mes de Julio de 2003 al mes de mayo del 2004.

La suma de las precipitaciones durante los meses de julio de 2003 a abril de 2004 fueron de 678 mm., se observa en la grafico 1 que la siembra se retrazó debido a las escasas precipitaciones de la primavera, las cuales comenzaron a regularizarse a fines del mes de noviembre, lo cual permitió que al momento de la siembra el perfil del suelo estuviera con una disponibilidad hídrica adecuada. Durante todo el ciclo se produjeron precipitaciones de intensidades variadas las que mantuvieron al cultivo en un buen estado hídrico.

El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados, con tres repeticiones espaciales, donde cada parcela tenía una dimensión de 787,5 m² (5.25 m de ancho por 150 m de largo).

Los resultados fueron analizados mediante el ANAVA y separación de medias empleando el test LSD al 5% de probabilidad. Para los análisis estadísticos se utilizó el programa INFOTAT.

4. RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1 BIOMASA AEREA EN DISTINTOS ESTADIOS FENOLOGICOS

El análisis estadístico de la varianza realizado para la variable (Azufre) en la producción de biomasa aérea total en diferentes estadios fenológicos (V₁₃, R₃, R₆ y R_{to}), (Tabla 3).

Tabla 3: Biomasa aérea en los diferentes estadios fenológicos del cultivo de maíz.

| Dosis S | V13 | R3 | R6 | Rto |
|------------------------------|-------------|------------|------------|------------|
| 13 kg de S. ha ⁻¹ | 6220.80 a | 15758.00 a | 18121.70 a | 8112.00 a |
| 26 kg de S. ha ⁻¹ | 5995.33 a b | 15320.33 b | 17518.38 b | 7841.33 b |
| TESTIGO | 5793.33 b | 14860.00 b | 17089.00 b | 7682.33 b |
| C.V | 1.96 | 1.27 | 2.16 | 1.24 |
| LSD=0.05 | DMS=666.31 | DMS=438.54 | DMS=521.36 | DMS=222.24 |

Letras distintas en la misma columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el Test LSD.

4.1.2 MATERIA SECA EN TRECE HOJAS (V₁₃)

Se observa diferencia significativa entre los tratamientos de la dosis de 13 kg S ha⁻¹ y el testigo. La dosis de 13 kg S ha⁻¹ es un 4% mayor a la dosis de 26 kg S ha⁻¹ y esta un 7% mayor que la del testigo (Tabla 3).

Se concuerda con Fontanetto *et al.* (1998), quienes obtuvieron la mayor respuesta en biomasa seca aérea en maíz, con el agregado de la dosis mínima de azufre, siendo para ese ensayo de 12 kg S ha⁻¹.

4.1.3 MATERIA SECA EN GRANO LECHOSO (R₃)

Se observa en la Tabla 3 que en éste estadio fenológico del cultivo podemos apreciar que existen diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento con una dosis 13 kg S ha⁻¹ y los tratamientos de 26 kg S ha⁻¹ y el testigo.

Concordando con Fernando O. García quien obtuvo similares resultados en ensayos realizados en un red de ensayos en la región Pampeana, donde el autor supone que esta diferencia

encontrada en los tratamientos a menores dosis de azufre se deberían a que el suelo tiene un porcentaje bajo (2-2.5%) de materia orgánica para la zona y como se sabe el azufre es un nutriente que está muy asociado a esta fracción del suelo (García, 2000).

Por otro lado, estos resultados son similares a los obtenidos por Fontanetto *et al.*, (1998) del INTA Rafaela los que obtuvieron mejores resultados con el agregado de una dosis similar a la utilizada en esta experiencia (12 kg S ha⁻¹), en lo que hace a materia seca y rendimiento final de granos.

4.1.4 MATERIA SECA EN MADUREZ FISIOLÓGICA (R₆)

Podemos observar en la Tabla 3 que durante este estadio fenológico los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento que poseía una dosis de 13 Kg de S. ha⁻¹ y los tratamientos con 26 Kg S ha⁻¹ y el Testigo.

Entre el tratamiento de 26 Kg S ha⁻¹ y el Testigo no se encontraron diferencias significativas en cuanto a kg de MS producida.

4.2 RENDIMIENTO EN GRANO

Tabla 4: Peso de 1000 granos, Número de granos ha⁻¹ y Rendimiento de grano ha⁻¹

| Dosis S | Peso 1000 g. | Nº granos ha ⁻¹ | Rto |
|----------|--------------|----------------------------|------------|
| 13 S | 306.44 a | 2647177 a | 8112.00 a |
| 26 S | 306.23 a | 2560601 b | 7841.33 b |
| TESTIGO | 305.49 a | 2514756 b | 7682.33 b |
| C.V | 3.26 | 1.31 | 1.24 |
| LSD=0.05 | DMS=0.69 | DMS=110256 | DMS=222.24 |

Letras distintas en columnas indican diferencias significativas ((p<= 0.05) para el Test LSD.

Como se observa en la Tabla 4 el peso de los 1000 granos no presentó diferencias significativas entre los distintos tratamientos, esto concuerda con los resultados obtenidos por Miralles y Slafer (2001), esto mismo ocurre si observamos el Gráfico 3 (R² 0.80) el peso de los mil granos no tuvo una mayor incidencia sobre el rendimiento al no presentar diferencias estadísticamente entre los tratamientos.

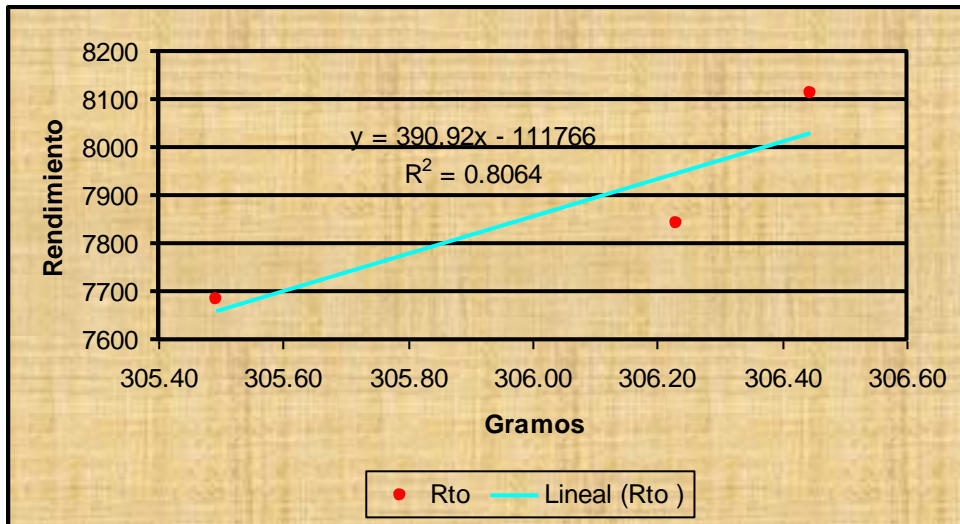


Gráfico 3: Relación entre el Rendimiento en Kg.ha⁻¹ y el Peso de 1000 Granos.

También se puede apreciar que hay un efecto de la fertilización con azufre en lo que se refiere a el número de granos ha⁻¹, habiendo diferencias significativas entre el tratamiento con 13 kg S ha⁻¹ y el resto de los tratamientos, no hay una diferencia significativamente marcada entre la dosis de 26 kg S ha⁻¹ y el testigo.

El N° de granos ha⁻¹ es el componente que más se asocio con el rendimiento (R^2 del 0.9993 % Gráfico 4), coincidiendo esto con los resultados alcanzados por Andrade *et al*, (1996), siendo el componente de más incidencia en el rendimiento, presentando una diferencia del 23% entre los valores de número de granos mínimos y máximos.

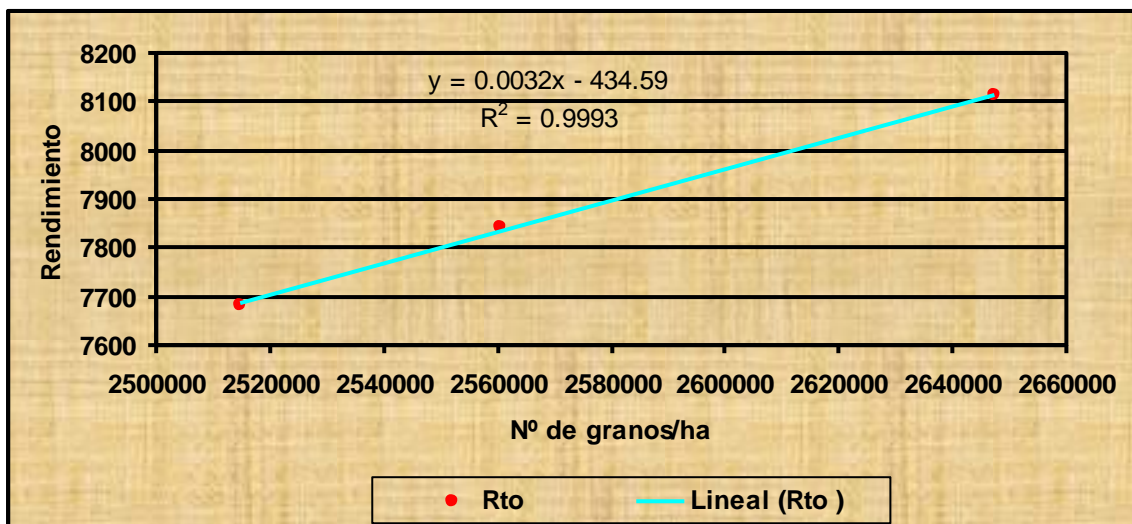


Gráfico 4: Relación entre el Rendimiento en Kg ha⁻¹ y el Número de granos ha⁻¹

En la Tabla 4 se observa que la respuesta del rendimiento de grano ha^{-1} fue mayor cuando se uso la dosis de 13 kg ha^{-1} de tiosulfato de amonio obteniendo un rendimiento de 8112 kg ha^{-1} de grano de maíz, diferenciándose de los tratamientos de 26 kg ha^{-1} de tiosulfato de amonio con un rendimiento de $7841,33 \text{ kg ha}^{-1}$ y el tratamiento con 0 kg ha^{-1} de tiosulfato de amonio con $7682,33 \text{ kg ha}^{-1}$, los cuales no se diferencian estadísticamente entre ellos.

Estos resultados se relaciona positivamente con lo obtenido por Miguez y Windauer (2004) los cuales encontraron que los tratamientos con azufre obtuvieron un rendimiento mayor que el testigo sin azufre. Demostrando que estos incrementos se debían a un aumento en el numero de espigas y en el peso de las misma, siendo este último componente del rendimiento el de mayor importancia; no ocurriendo lo mismo el lo que hace a la variable numero espigas, posiblemente debido a la densidad y época de siembra en la cual fue levado a cabo ésta experiencia.

Coincidiendo con Castillo *et al.* (2006) los cuales observaron que con una dosis de $13 \text{ kg de S ha}^{-1}$ obtuvieron aumentos en los rendimientos. Esto podría deberse a que el metabolismo del N dentro de las hojas de maíz depende de la disponibilidad de S-SO_4^- en las mismas y que un déficit de éste, interfiere en la actividad de la enzima nitrato reductasa y glutamino sintetasa necesarias para la transformación de NO_3^- en NH_4^+ y para la síntesis de proteínas azufradas respectivamente (Friedrich y Schrader, 1978). Por esta razón es posible que en situaciones de menor disponibilidad de N cobre mayor importancia la suficiencia de S.

En el ensayo anteriormente citado por Castillo *et. al.*, (2006), el agregado de N provocó incrementos de la producción muy satisfactorios, pero que fueron mayores cuando se combinaron con el S. En ésta situación el agregado de S con la dosis menor (S 13) produjo aumentos de la producción más significativos que la dosis doble (S 26), posiblemente por los niveles encontrados en el suelo, con un mayor contenido de azufre se haya llegado a una meseta no presentando el mismo respuesta significativa.

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las cuales se realizó este ensayo, se concluye que los tratamientos con fertilización azufrada aumentan el rendimiento en grano de maíz.

Cabe aclarar que este ensayo se realizó durante una sola campaña y en una fecha de siembra tardía y que los resultados son solamente validas para el aérea de influencia que tiene el campo donde se llevo a cabo el ensayo y bajo las condiciones ambientales presentes en el año en que se realizo dicha investigación.

6. BIBLIOGRAFIA

ANDRADE F, CIRILO A, UHART S y OTEGUI M.,1996. "Ecofisiología del cultivo de maíz". Editorial La Barrasa I.S.B.N.9879616308

CANTERO, A. Y CANTU, E. 1984 "Manejo integrado de los recursos naturales para la optimización de su productividad en el centro sur de la provincia de Córdoba". Revista de la U.N.R.C .; volumen 4 número 2. : 173-208.

CASTILLO C., ESPOSITO G., BALBOA R. 2006. "Fertilización del maíz en el sur de Córdoba. Interacción entre nitrógeno y azufre". XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo y I Reunión de Suelos de la Región Andina. Salta. Argentina.

CATEDRA AGROMETEOROLOGIA. 2004. Comunicación personal. Facultad Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

CAVIGLIA O, PAPANOTTI O, BARBAGALETA P. 2000 "Respuesta a la aplicación de fertilizantes con Azufre en los Cultivos de Trigo, Soja y Maíz en el Centro Oeste de Entre Ríos" Disponible en : www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/suelos/fertilidad/fert_azufre.htm

DIAZ ZORITA M.1998.Azufre: Balanceando la fórmula con otros nutrientes. Revista Fertilizar, N° Esp. Pastura, pag. 16-17

FERRARIS G, COURETOT L Y ELISEI J. 2004 "Fertilización de maíz en el norte de la provincia de Buenos Aires". Disponible en: www.inta.gov.ar/PERGAMINO/info/documentos/ext05/Fert_maiz_norteBA.pdf

FONTANETO, H, O KELLER, J. BORSARELLI Y C. GAGLIANO. "Efecto del nitrógeno y del azufre en maíz de segunda. En: http://rafaela.inta.gov.ar/productores97_98/p139.htm

FRIEDRICH, J. ; L. SCHRADER. 1978. Sulfur Deprivation and Nitrogen Metabolism in Maize Seedlings. Plant Physiol. 61(6): 900–903.

GARCIA F O. 2000 "Fertilización de maíz en la región pampeana". Disponible en:www.elsitioagricola.com/articulos/garcia/Fertilizacion%20de%20maiz%20en%20la%20region%20pampeana.asp

GARCIA F O. 2003. "Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz". Disponible En: www.fyo.com.ar/granos/produccion/especiales/maiz/ampliar.asp?Idinformacion=24700

GESUMARIA, J., C. A. CASTILLO, G. P. ESPÓSITO, R. G. BALBOA 2000. Creación, edición y publicación del Software "NP-Zea Cálculo de dosis de Nitrógeno y Fósforo en Maíz". Presentado ante la Dirección Nacional del Derecho de Autor (DNDA) Exp. N° 97476. 13/11/2000.

GESUMARIA, J., C. A. CASTILLO, G. P. ESPÓSITO 2002. "Respuesta a la fertilización del cultivo del maíz (zea mays L), en sistemas de siembra directa, bajo distintas condiciones ambientales". Publicación de docencia Cátedra de Cereales.

MARTINEZ F. y CORDONE G. 1999. Respuesta del maíz a la fertilización azufrada en franjas exploratorias. Evaluación de la producción física y de la viabilidad económica. Revista "Para mejorar la producción", N° 10. Maíz. EEA INTA Oliveros, Santa FE, Argentina.

MIGUEZ F. Y WINDAUER L. 2004 "Efecto de la fertilización con sulfato de amonio sobre rendimiento, contenido de proteína y aceite en grano". En: http://www.uca.edu.ar/esp/sec-fagrarias/esp/docs-revista/volumenes/tomo.php?numero=22_miguez-windaver_r. 12/12/06

MIRALLES D. y SLAFER G. 2001. Desarrollo, crecimiento y determinación de los componentes del rendimiento. Cuaderno de Actualización técnica N° 63. CREA. Pag: 10-17. Marzo de 2001. Buenos Aires, Argentina.

RITCHIE W. and J. HANWAY 1997. How a corn plant develops. Special Reports N° 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa.:21 p.

SAGPyA (secretaría de agricultura ganadería pesca y alimentación) 2003. Disponible en : www.sagpya.mecom.com.ar

SALVAGIOTTI F, GUTIÉRREZ BOEM F, FERRARIS F, PRYZTUPA P, COURETOT L y DIGNANI D. 2005 "Respuesta del maíz a dosis crecientes de azufre y su relación con las variables del suelo". Disponible en: www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/maiz/nutricion%20nota%203.pdf

SALVAGIOTTI F, PEDROL H. M, CASTELLANI J, VERNIZZI A. y ROSSO O. EEA Oliveros INTA.,2000. " Efecto de la fertilización balanceada con nitrógeno y azufre sobre el rendimiento y sus componentes y sobre la rentabilidad". Disponible en : www.fertilizando.com/articulos/Maiz%20Efecto%20Fertilizacion%20Balanceada.asp

SENIGAGLIESI C., GARCIA R. y DE GALETTO M.L. 1984. Evaluación de la respuesta del maíz a la fertilización nitrogenada y fosforada en el área centro-norte de Buenos Aires y Sur de Santa Fé. III Congreso Nacional de Maíz. AIANBA. Pergamino, Argentina.

VENTIMIGLIA L., CARTA H., RILLO S. 2001. Respuesta del maíz al azufre: Resultados de tres años de experiencias a campo. Experimentación en campos de productores. Campaña 2000/01. UEEA INTA 9 de Julio. Buenos Aires, Argentina.