

## Evaluación de fuentes y formas de aplicación de azufre en el cultivo de maíz

Vicente Gudelj, Pedro Vallone, Carlos Galarza (\*), Beatriz Masiero (\*\*) - (\*)Area Suelos y Producción Vegetal. (\*\*)Area Economía, Estadística e Informática - Jul. 2003

Tabla de contenido

[\[Introducción\]](#) [\[Materiales y métodos\]](#) [\[Resultados y discusión\]](#) [\[Conclusiones\]](#)

### Introducción

En los últimos años en el área pampeana, generalmente en lotes con una larga historia agrícola de buena fertilización con Nitrógeno y Fósforo, bajo contenido de Materia Orgánica y Siembra Directa, se ha verificado un aumento de rendimientos de soja, trigo y maíz por la fertilización con Azufre. Este es un nutriente que los cultivos necesitan desde su implantación.

La respuesta al Azufre en el área de Marcos Juárez se da fundamentalmente en el doble cultivo trigo/soja y en un bajo porcentaje en cultivos de Maíz y Soja de 1era. De 24 ensayos en los que se usó Azufre en el cultivo de Maíz en los últimos 4 años, sólo en 2 hubo respuesta a la aplicación de este elemento.

Existen diferentes fuentes de Azufre como fertilizante y es necesario determinar su comportamiento. Por otro lado, no todos los productores poseen sembradoras que ubiquen en forma localizada el fertilizante. Muchos de ellos poseen sembradoras que ubican el fertilizante en la misma línea de siembra, por lo que resulta necesario determinar el comportamiento de las diferentes fuentes de Azufre en esos casos.

En el ciclo 2002/2003 se realizó un ensayo de fertilización en el cultivo de maíz para evaluar distintas fuentes y formas de aplicación de Azufre. El objetivo fue determinar el efecto del yeso granulado y el sulfato de amonio -aplicados en la línea de siembra y a un costado y debajo de la semilla en el cultivo de maíz- sobre el número de plantas emergidas, altura de plantas y rendimiento del cultivo.

### Materiales y Métodos

El ensayo se realizó en un lote de producción de la EEA INTA Marcos Juárez con suelo Argiudol típico, Clase I de la Serie Marcos Juárez (25,1% de arcilla, 68,9% de limo, 5,4% de arena muy fina y 0,6% de arena fina en el horizonte superficial), con las siguientes características:

- Años de agricultura continua: 24
- Años de siembra directa continua: 8
- Secuencia de cultivos en los últimos años: Trigo/Soja-Soja-Soja
- Antecesor: Soja de 1era.: 4660 kg/ha

Previo a la siembra se tomó una muestra de suelo de 0-18 cm para la determinación de propiedades químicas (Cuadro 1) y de 0-150 cm para la determinación de humedad de suelo, las que figuran en el Cuadro 2.

Se usaron desde antes de la implantación y hasta la cosecha herbicidas de control total y residual que mantuvieron el sitio libre de malezas.

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

| <b>Aplicaciones a la siembra</b>   | <b>Aplicación en 6ª hoja</b> |
|--|------------------------------|
| 1. Testigo   | -----                        |
| 2. 10 kg fósforo (P) + 50 kg Nitrógeno (N) localizado lateral  | 50 kg N                      |
| 3. 10 P + mezcla (50 N+ 12 Azufre (S)-Azufertil) localizado lateral 50 kg N                                      |                              |
| 4. 10 P + mezcla (50 N+ 12 S-Sulfato de amonio) localizado lateral 50 kg N                                       |                              |
| 5. Mezcla (10 P + 12 S-Azufertil) aplicada en la misma línea de la semilla - 50 N aplicado al costado            | 50 kg N                      |
| 6. Mezcla (10 P + 12 S-sulfato de amonio) aplicada en la misma línea de la semilla- 50 de N aplicado al costado. | 50 kg N                      |
| 7. Mezcla (10 P + 24 S Azulfertil) aplicada en la misma línea de la Semilla- 50 de N aplicado al costado.        | 50 kg N                      |
| 8. Mezcla (10P + 24S – Sulfato de amonio) aplicado en la misma línea de la semilla- 50 N aplicado al costado     | 50 kg N                      |
| 9. 10 P de Superfosfato simple en la línea- 50 N aplicado al costado   | 50 kg N                      |

La siembra se realizó el 19 de setiembre de 2002 utilizando el híbrido DK688 a razón de 5,5 semilla por metro lineal a 70 cm entre surcos.

La máquina sembradora tenía un doble disco implantador y otro doble disco que se encontraba adelante del anterior incorporando el fertilizante. Para la aplicación del fertilizante en la línea de siembra, se hicieron coincidir los dos en una misma línea y profundidad, de manera tal que el fertilizante cayera en el mismo lugar que la semilla. Hay que considerar, de todos modos, que el alineamiento puede sufrir pequeñas variaciones durante el avance de la máquina, y que al no caer semilla y fertilizante de un mismo disco, hay una pequeña remoción por el paso de un disco sobre el otro. Debido a estas dos situaciones, en alguna oportunidad, el fertilizante puede quedar algo separado de la semilla, aunque muy cercano a ella.

Para la aplicación a un costado y debajo de la semilla, al doble disco fertilizador se lo corrió lateralmente 5 cm y se le dio un poco más de profundidad.

El día 30 de octubre de 2002 se realizó la aplicación del Nitrógeno en post-emergencia incorporado entre líneas con el maíz en 6 hojas.

Las parcelas tuvieron un tamaño de 12 m de largo por 4 surcos a 70 cm entre hileras, y se cosecharon los dos surcos centrales.

Diez días después de la emergencia, se determinó el número de plantas emergidas contando en cada parcela las que había en los dos surcos centrales, que fueron los que luego se cosecharon para determinar el rendimiento.

Cuando el cultivo estaba en seis hojas se determinó la altura de planta. Para ello se midieron 15 plantas por parcela. La altura se determinó desde la superficie del suelo hasta el ápice de la hoja que mayor altura alcanzaba.

## **Resultados y discusión**

El análisis de la muestra de suelo tomada en el momento de la siembra se muestra en el Cuadro 1 y las determinaciones de humedad de suelo en el Cuadro 2.

### Cuadro 1. Análisis químico de suelo

| Profundidad | % MO | pH  | NO <sub>3</sub> ppm | Fósforo Disponible ppm | Azufre SO <sub>4</sub> ppm | K ppm |
|-------------|------|-----|---------------------|------------------------|----------------------------|-------|
| 0 - 18 cm   | 2.28 | 6.1 | 59                  | 8                      | 10.56                      | 860   |

### Cuadro 2. Determinaciones de humedad de suelo

| Profundidad (cm) | 2 - 7 cm | 0 - 150 cm |
|------------------|----------|------------|
| % Humedad        | 20,83    | -          |
| Agua útil mm     | 4.99     | 210        |

El porcentaje de humedad de suelo de 2 a 7 cm en el momento de siembra se puede considerar bueno, y muy buena la disponibilidad de agua útil que había hasta los 150 cm de profundidad.

Las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo (Cuadro 3) fueron las siguientes:

| DIA  | 1  | 2 | 3  | 4  | 5 | 6 | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | TOTAL |      |
|------|----|---|----|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|------|
| MES  |    |   |    |    |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |      |
| Set. |    |   |    |    | 1 |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 5  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 2  | 21 |    | 28,5  |      |
| Oct. |    |   |    |    |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    | 16 | 24 |    |    | 2  | 9  |    |    |    |    |    |    |    | 19 | 4  | 5  |    |       | 77   |
| Nov. |    |   | 25 |    |   |   |    |    | 18 |    |    |    |    |    | 11 |    | 4  |    | 0  |    |    |    |    |    | 40 |    |    |    |    |    |    |       | 97,7 |
| Dic. | 35 |   |    | 13 |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 11 | 1  | 4  | 33 |    |    | 20 | 12 |    |    |    |    |    | 58 | 10 |    | 194,5 |      |
| En   | 1  |   | 30 | 1  |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 9  | 3  |    | 6  | 5  | 4  | 2  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 60,4  |      |
| Feb  |    |   | 30 | 2  |   |   | 27 | 24 |    | 23 | 12 |    |    |    |    | 4  |    |    | 8  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 7  |    |    | 136   |      |

Desde la siembra (19/02/2002) hasta la madurez fisiológica del cultivo (04/04/2003), precipitaron 481 mm que sumados a los 210 mm que había en el momento de la siembra hasta 150 cm de profundidad, hacen un total de 687 mm que es lo que dispuso el cultivo para expresar su rendimiento. La floración ocurrió

el 9 de diciembre por lo que las lluvias en el período crítico del cultivo se pueden considerar adecuadas.

Número de plantas emergidas: no hubo diferencias significativas entre tratamientos respecto del número de plantas emergentes consiguiéndose en promedio 74.382 plantas/ha (Cuadro 4). Cabe recalcar que estos resultados ocurrieron para el tipo de suelo y condiciones ambientales que se especifican en este informe. Es importante entre estas últimas, la humedad de suelo en el momento de la siembra. Los fertilizantes pueden producir un aumento de la concentración salina en la solución que rodea a la semilla lo que puede afectarla. Cuanto mayor es el índice salino de ellos mayor es el problema, que se amortigua si hay una buena humedad de suelo.

**Cuadro 4. Valor promedio de la variable número de plantas**

| Tratamientos        | Número de plantas emergidas |
|---------------------|-----------------------------|
| 4                   | 76.190 a                    |
| 5                   | 75.000 a                    |
| 6                   | 75.000 a                    |
| 7                   | 74.603 a                    |
| 1                   | 74.206 a                    |
| 9                   | 74.206 a                    |
| 3                   | 73.413 a                    |
| 2                   | 73.412 a                    |
| 8                   | 73.411 a                    |
| % Coefic. Variación | 2.92                        |

Tratamientos seguidos de una misma letra no difieren significativamente entre sí.

Altura de planta: en general los tratamientos que tuvieron N + P (T2) o N + P + S (T 3, 4, 6 y 8) en la fertilización de siembra alcanzaron mayor altura en 6ta. hoja que el tratamiento con fósforo sólo (T 9) o el testigo sin fertilizar (T1). Aunque estos dos últimos no se diferenciaron significativamente del Tratamiento 5: mezcla de 10 de P + 12 S - Azufétil en la línea + 50 N a un costado. Tampoco se diferenciaron del Tratamiento 7: mezcla de 10 de P + 24 S Sulfato de amonio

**Cuadro 5. Valor promedio de la variable altura de planta (cm)**

| Tratamientos        | Altura de planta (cm) |
|---------------------|-----------------------|
| 8                   | 81,180 a              |
| 3                   | 80,953 a              |
| 4                   | 80,573 a b            |
| 2                   | 80,300 a b            |
| 6                   | 80,143 a b            |
| 7                   | 78,987 a b c          |
| 5                   | 77,133 b c            |
| 1                   | 75,867 c              |
| 9                   | 75,623 c              |
| % Coefic. Variación | 2.58                  |

Tratamientos seguidos de una misma letra no difieren significativamente entre sí.

Rendimientos: considerando las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo, el agua útil que había en el momento de siembra hasta 150 cm de profundidad y, que las precipitaciones que ocurrieron durante el período crítico del cultivo pueden considerarse adecuadas, se entiende los altos rendimientos obtenidos (Cuadro 6). En el mismo, se observa que no hubo diferencias significativas entre tratamientos fertilizados (T 2 a T 9); sí, hay diferencias significativas entre cualquiera de ellos y el testigo (T1) sin fertilizar. Esto nos indica que hubo respuesta a la aplicación de N + P, y esto es lógico si se tiene en cuenta que los valores de disponibilidad de estos nutrientes estaban, en el momento de siembra, por debajo de los niveles considerados críticos para el cultivo de maíz. De todos modos, no se tiene la certeza si la respuesta fue a uno u otro o a ambos y en qué magnitud, porque el ensayo no contempló un tratamiento que tuviera sólo

Nitrógeno.

No hubo respuesta a la aplicación de Azufre, ya que ninguno de los tratamientos que incluían este nutriente en la mezcla arrancadora se diferenció significativamente del Tratamiento 9, que no tenía Azufre como arrancador. Esta falta de respuesta al Azufre se da en un lote con muchos años de agricultura continua y con niveles de sulfatos que, en el momento de siembra, estaban por debajo de los valores considerados críticos para este tipo de suelo, donde cabría esperar respuesta (Cuadros 1 y 6).

**Cuadro 6. Valor promedio de rendimiento en kg/ha**

| Tratamientos        | Rendimiento<br>kg/ha |
|---------------------|----------------------|
| 7                   | 13.815 a             |
| 5                   | 13.769 a             |
| 9                   | 13.506 a             |
| 8                   | 13.461 a             |
| 2                   | 13.452 a             |
| 4                   | 13.438 a             |
| 6                   | 13.273 a             |
| 3                   | 13.224 a             |
| 1                   | 10.908 b             |
| % Coefic. Variación | 3.55                 |

Tratamientos seguidos de una misma letra no difieren significativamente entre sí.

## Conclusiones

- Hubo respuesta en el rendimiento a la aplicación conjunta de N + P.
- No hubo respuesta en el rendimiento del cultivo por la fertilización con Azufre.
- En general, los tratamientos que tuvieron N + P ó N + P + S en la fertilización de siembra, alcanzaron una mayor altura de planta a 6ta. hoja.
- No hubo efecto de las distintas fuentes de fertilizantes, dosis y formas de aplicación utilizadas sobre el número de plantas logradas por ha. ([volver arriba](#))