

INCORPORACIÓN DE AZUFRE Y YESO EN SUELO SALINO-SÓDICO: SU EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LECHUGA BAJO INVERNADERO

LONGO, A.¹; FERRATTO, J.²; MONDINO, M. C.³ & GRASSO, R.³

RESUMEN

En los suelos de los invernaderos pueden incorporarse sales y/o sodio con el agua de riego. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la incidencia de la incorporación al suelo de yeso y de azufre sobre las condiciones químicas del mismo y la productividad del cultivo de lechuga bajo en invernadero.

Se cultivó lechuga durante nueve ciclos consecutivos, en Rosario. Los tratamientos fueron: Testigo; Yeso (2.500 kg/ha) y Azufre (2.500 kg/ha). Se realizaron tres repeticiones, las cuales se evaluaron por análisis de variancia. Las variables analizadas fueron: rendimiento; calidad y condiciones químicas del suelo.

El azufre presentó diferencias altamente significativas en calidad y rendimiento. En un primer momento el pH sufrió una disminución y luego a medida que avanzó el ensayo a valores similares del inicio. La conductividad eléctrica aumentó en todos los tratamientos, pero en mayor medida en el azufre. La incorporación de azufre permite aumentar los rendimientos y la calidad en lechuga, en suelos salino-sódico.

Palabras clave: enmiendas, suelo sódico, invernadero, lechuga.

SUMMARY

Incorporation of sulphur and gypsum into saline-sodium soils: Effect to the rate of productivity of greenhouse lettuce.

Greenhouse soils usually have problems of salt accumulation whith water irrigation. The incorporation of chemical amendmets would improve this situation. The objective of this work was to evaluate the incidence of gypsum and sulphur in the soil chemical properties and the productivity of greenhouse lettuce.

Nine lettuce crops were carried out in Rosario. The treatments were: Control, Gypsum (2500 kg/ha) and Sulphur (2500 kg/ha), replicated three times. They were evaluated according to the ANOVA.

1.- Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. AER INTA Arroyo Seco. Agente de Proyecto Cambio Rural. 9 de Julio 530. (2128) Arroyo Seco, Santa Fe. Email: alelongo@arnet.com.ar

2.- Investigador de CIURN. Facultad de Ciencias Agrarias (UNR). Proyecto Hortícola Rosario.

3.- Facultad de Ciencias Agrarias (UNR). Proyecto Hortícola Rosario.

Manuscrito recibido el 29 de setiembre de 2005 y aceptado para su publicación el 27 de febrero de 2006.

The variables analyzed were: yield, lettuce quality and chemical soil properties.

Sulphur showed highly significant differences in relation to quality and rate of productivity when compared to check and gypsum. The pH slowed down at the beginning and the was reestablished to the initial values an the end of the experiment. The incorporation of sulphur increases not only the rate of productivity but also the quality of the lettuce in saline-sodium soils.

Key words: soil amend, degraded soils.

INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas bajo invernadero ha tenido un amplio crecimiento en el mundo y especialmente en nuestro país (Ferratto *et al.*, 2006). Los aumentos de rendimientos y calidad que es posible lograr con este sistema, permitirían una rentabilidad razonable; sin embargo existen problemas limitantes. Dentro de ellos, en el Cinturón Hortícola de Rosario, luego de cuatro o cinco años de uso continuo del suelo, se produce una acumulación de sales y sodio del agua de riego en el perfil (Ferratto *et al.*, 2006); agravado por un drenaje insuficiente, debido a que son suelos del grupo Arguidoles, subgrupo Vérticos, que presentan un horizonte B textural con elevado porcentaje de arcilla (INTA, 1974). El exceso de sales solubles y sodio producen efectos nocivos en las plantas, al aumentar el contenido de sal de la solución de suelo y el grado de saturación de las bases, con sodio intercambiable (Richards, L., 1973); los suelos que presentan dichas características se denominan “suelos salinos sódicos”. El agua de origen freático, extraída en esta región a una profundidad de 15 a 30 m de profundidad, presenta un valor medio de conductividad del orden de 1,0 a 1,5 dS/m; con una relación de adsorción de sodio (RAS) cercano a 10, y un pH de 8 a 8,5 (INTA, 1974).

El exceso de cationes como el sodio y aniones como carbonatos y bicarbonatos, presentes en el agua de riego, incrementan en el suelo el pH, la conductividad eléctrica y el porcentaje de sodio intercambiable y la

mayoría de las veces, afecta el crecimiento de los cultivos (Choudhary *et al.*, 2004).

La alteración que produce este fenómeno sobre el crecimiento del vegetal depende de varios factores, tales como la distribución de las sales en el perfil, condiciones físicas del suelo, tipo de sal y la sensibilidad al exceso de sales y sodio de las diferentes especies implantadas (Conti, M., 1998). Estos aspectos mencionados pueden provocar en el suelo problemas de infiltración (Ruda *et al.*, 2005) y en el cultivo de lechuga, baja germinación y achaparramiento y clorosis de las hojas, provocando importantes pérdidas en la producción y/o calidad (Maroto Borrego *et al.*, 2000).

Debido a lo mencionado anteriormente es importante evaluar estrategias que permitan el mejoramiento del suelo dentro del invernadero, una de ellas es la utilización de los mejoradores químicos o enmiendas, incorporados al suelo, para sustituir al sodio intercambiable y disminuir el pH y salinidad. Si bien son varios los productos que se pueden utilizar, el yeso y el azufre, son los más aconsejables, debido principalmente al bajo costo (Richards, L., 1973). El yeso ($\text{Ca SO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) actúa en el complejo de intercambio desplazando al sodio, el que se eliminaría con un lavado posterior. Además, la utilización de yeso permitiría mejorar la estructura del suelo, facilitando el drenaje y la absorción de agua y nutrientes de la planta (Maroto Borrego *et al.*, 2000). El azufre elemental (S_2), es un formador de ácido que permitiría una disminución de pH en forma rápida (Richards, L., 1973), bajo condiciones

favorables de humedad y temperatura.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la incidencia de la aplicación de yeso y de azufre sobre la mejora de las condiciones químicas del suelo y en la productividad y calidad del cultivo de lechuga bajo cubierta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el Módulo Demostrativo de nuevas tecnologías hortícolas del Proyecto Hortícola de Rosario (33° X'S; 60 ° X'W), utilizando una estructura con las siguientes dimensiones: 46 m de largo, 4,7 m de ancho y 1,9 m de alto. Fue construido con caños estructurales y cubierto con polietileno térmico de 150 micrones de espesor.

Según Köppen el clima en la región corresponde a subtropical húmedo con precipitaciones anuales que oscilan entre 900 y 1.000 mm. El suelo utilizado correspondió al grupo de los Argiudoles, subgrupo Vérticos, serie Roldán, con pH entre 5,5 a 5,9 y una conductividad entre 0,4 a 0,6 dS/m. El suelo donde se realizó el ensayo, se encontraba totalmente modificado respecto a los originales, dado que tenía más de cincuenta años destinado a la horticultura al aire libre y tres años bajo cubierta; con un pH (1:2,5) superior a 9 (debido principalmente al alto contenido de sodio) y la conductividad eléctrica (1:2,5) entre 0,4 y 0,5 dS/m

El agua utilizada como riego, presentó una conductividad eléctrica al momento de iniciar el trabajo de 1,2 dS/m; con un RAS de 9,5, pH de 8,3, el Carbonato de Sodio Residual de 8,75 cmol/kg y valores de Sodio cercano a 260 cmol/kg (10).

El 20/10/98 se efectuaron las siguientes labores: una pasada de cincel, dos de disco doble acción y rastra de dientes. Luego se

incorporaron el yeso y el azufre, dando lugar a los tratamientos: a) Testigo sin tratar; b) 2500 kg/ha de yeso agrícola de composición granulada y c) 2500 kg/ha de azufre. La determinación de la cantidad de enmienda a aplicar en los tratamientos a) y b) se realizó en función al contenido de sodio intercambiable al inicio del experimento (Richards, L., 1974).

El ensayo se diseñó como un experimento en bloques completamente aleatorizados con tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, en parcelas de 3,5 m² de superficie. Sus resultados se evaluaron por el análisis de la variancia y se determinó diferencias de medias entre tratamientos según Test de Tukey. Las variables analizadas fueron: rendimiento (kg/m²); calidad, que es considerada en función del peso fresco de la planta (gr/planta) y en el suelo se midió la evolución del pH; la conductividad; sodio en solución e intercambiable; Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

Las muestras de suelo fueron extraídas de 0 – 20 cm, a ambos lados del caño de riego por goteo, previo a la incorporación de las enmiendas y luego analizada con la siguiente metodología (11):

- *pH actual*: Relación suelo: Agua destilada (1: 2,5). Potenciometría.
- *Conductividad eléctrica*: Relación suelo: Agua destilada (1: 2,5). Conductometría.
- *Bases solubles*: Extractante: Acetato de Amonio 1N pH7.
- *Sodio*: medición por fotometría de llama.
- *Capacidad de Intercambio Catiónico*: Método de tren de extracción automatizado de Martín Ritcher. Medición por fotometría de llama.

Para la incorporación del yeso y el azufre al suelo se realizaron dos pasadas de rotovator, inmediatamente un riego de 6 mm, para

favorecer la reacción de las enmiendas con el suelo y finalmente el lavado del perfil en todos los tratamientos con riego por goteo; aplicando una lámina de 300 mm de agua con la calidad de agua citada en el párrafo anterior.

Se realizaron nueve experimentos consistentes en sucesivos cultivos de lechuga, cv "Waldman Green". Las fechas de siembra, transplante y cosecha se presentan en el Cuadro 1. Los plantines obtenidos en bandejas plásticas de 200 celdas con pan de tierra (30 cm³). El terreno fue sistematizado en lomos, distanciados a 80 cm y la plantación se realizó en doble hilera sobre cada lomo; los trasplantes fueron realizados en forma manual con una densidad de plantación de 12,5 pl/m², la reposición de plantas se efectuó a los

cinco días del trasplante para todos los tratamientos y cultivos. Las labores culturales fueron: carpida, fertilización, aplicación de insecticidas y funguicidas de acuerdo a las necesidades del cultivo. El sistema de riego utilizado fue por goteo. Las cosechas se realizaron en forma manual, eliminando las hojas inferiores que no presentaban calidad comercial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todos los experimentos el tratamiento con azufre presentó diferencias altamente significativas en rendimiento (kg/m²) con respecto al resto de los tratamientos, excepto para el cuarto y séptimo experimento. En

Cuadro 1: Fechas de siembra, transplante y cosecha para cada experimento.

Exp.	Fecha Siembra	Fecha Transplante	Fecha Cosecha
1	18/10/98	17/11/98	19/12/98
2	08/01/99	03/02/99	09/03/99
3	28/02/99	25/03/99	20/05/99
4	06/07/99	12/08/99	02/09/99
5	05/08/99	09/09/99	26/10/99
6	23/10/99	23/11/99	29/12/99
7	19/02/00	14/03/00	18/05/00
8	01/07/00	09/08/00	20/09/00
9	21/10/00	22/11/00	30/12/00

Cuadro 2: Rendimiento medio (kg/m²) para cada cultivo y tratamiento.

	1 ^{er} Cult. kg/m ²	2 ^{do} Cult. kg/m ²	3 ^{er} Cult. kg/m ²	4 ^{to} Cult. kg/m ²	5 ^o Cult. kg/m ²	6 ^{to} Cult. kg/m ²	7 ^{mo} Cult. kg/m ²	8 ^o Cult. kg/m ²	9 ^{no} Cult. kg/m ²
Testigo	2,40 B	0,71 B	0,98 B	1,48 A	1,82 B	2,78 B	0,92 B	1,44 B	0,95 B
Yeso	2,30 B	0,62 B	0,93 B	1,68 A	2,12 B	3,03 B	1,32 A	2,30 B	1,73 B
Azufre	3,10 A	1,41 A	2,40 A	1,92 A	3,47 A	4,42 A	1,62 A	2,83 A	2,14 A

Los valores seguidos de una misma letra mayúscula, dentro de cada columna, no difieren al 1%.

Cuadro 3: Calidad en peso por planta (gr/planta) para cada cultivo y tratamiento.

	1 ^{er} Cult gr/planta	2 ^{do} Cult gr/planta	3 ^{er} Cult gr/planta	4 ^{to} Cult gr/planta	5 ^o Cult gr/planta	6 ^{to} Cult gr/planta	7 ^{mo} Cult gr/planta	8 ^o Cult gr/planta	9 ^{no} Cult gr/planta
Testigo	188 B	72 B	85 B	148 C	184 B	278 B	112 B	151 B	88 C
Yeso	179 B	68 B	92 B	183 B	201 B	304 B	131 B	244 B	190 B
Azufre	281 A	143 A	197 A	222 A	288 A	435 A	171 A	291 A	235 A

Los valores seguidos de una misma letra mayúscula, dentro de cada columna, no difieren al 1%.

este último experimento los tratamientos con azufre y yeso se diferenciaron significativamente del testigo. Las diferencias de rendimientos se deben al aumento del peso de las plantas (Cuadros 2 y 3). Para el peso por planta existen diferencias altamente significativas entre el azufre y el resto de los tratamientos, excepto en el cuarto cultivo donde también el yeso difiere estadísticamente con el testigo.

En la Fig. 1 se observa que los tratamiento con azufre tienen un mayor rendimiento relativo con respecto al testigo que el tratamiento

con yeso, apreciándose una estabilización en los últimos tres cultivos de ambas enmiendas en cuanto al aumento relativo.

En el Cuadro 4 se observan los siguientes resultados: el pH del suelo tratado con azufre disminuye notablemente hasta el tercer muestreo y luego, a partir del cuarto se produce un aumento, pero que no alcanza a llegar a los valores iniciales, manteniéndose por debajo del resto de los tratamientos. No se observa disminución del Sodio intercambiable, después de la aplicación de las

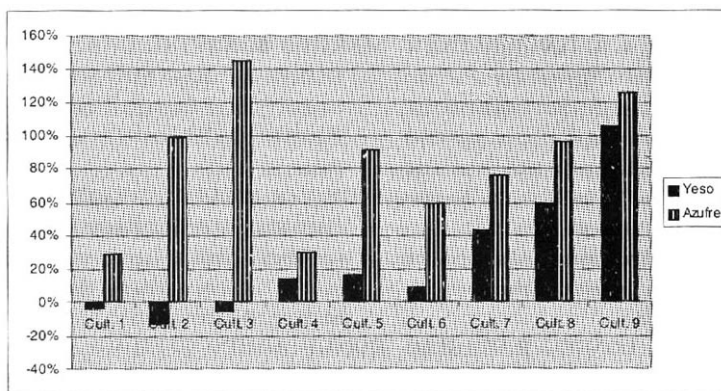


Fig. 1: Variación porcentual del rendimiento de las enmiendas con respecto al testigo.

Cuadro 4: Evolución de las condiciones químicas del suelo.

VARIABLE MEDIDA	20/10/98	25/03/99			25/05/99		
	Inicio	Testigo	Yeso	Azufre	Testigo	Yeso	Azufre
pH actual (1:2,5)	9,39	9,19	9,23	7,85	8,94	8,91	7,31
Conductividad Eléctrica (1:2,5) dS/m	0,434	0,328	0,426	1,182	1,458	1,915	3,71
Sodio en solución (cmol/kg)		7,65	6,61	0,65	5,17	6,22	6,70
Sodio intercambiable (cmol/kg)	3,45	8,95	7,91	4,48	8,23	9,19	8,18
C.I.C (cmol/kg)	17,25	14,75	15,86	15,86	15,13	15,13	14,27
P.S.I (%)	25,68	60,72	49,87	28,23	60,74	60,74	57,32

VARIABLE MEDIDA	10/09/99			17/04/00			30/12/00		
	Test.	Yeso	Azufre	Test.	Yeso	Azufre	Test.	Yeso	Azufre
pH actual (1:2,5)	8,92	8,93	8,02	8,84	8,75	8,26	9,13	8,81	8,39
Cond. Eléctrica (1:2,5) dS/m	1,088	0,801	0,801	3,76	3,05	7,14	0,77	0,62	1,22
Sodio solución (cmol/kg)	4,17	3,13	3,13	11,3	9,04	15,3	4,17	3,13	3,65
Sodio Inter. (cmol/kg)	6,43	4,87	4,87	15,65	12,52	17,91	6,7	4,96	5,22
C.I.C (cmol/kg)	14,47	13,63	13,63	14,19	15,03	14,19	14,96	14,78	14,43
P.S.I (%)	44,44	35,73	35,73	110,3	83,33	126,2	44,77	33,53	36,14

enmiendas y el lavado; uno de los motivos posibles es que el horizonte B, debido a su elevado contenido de arcilla, reduce el drenaje y por lo tanto el lavado de sales (INTA, 1974), o bien debido a la lenta disolución de las enmiendas.

CONCLUSIÓN

La incorporación de azufre al suelo permite aumentos de rendimiento y calidad en un cultivo de lechuga, en suelos salino-sódico.

BIBLIOGRAFIA

- ALVA, A.** 1990. Reactions of Gypsum or Phosphogypsum in Highly Weathered Acid Subsoils. *Soil Science Society of America Journal*. Vol.54, 993-998 pp. USA.
- CHOUHARY, O.; A. JOSAN; M. BAJWA & M. KAPURB.** 2004. Effect of sustained sodic and saline-sodic irrigation and application of gypsum and farmyard manure on yield and quality of sugarcane under semi-arid conditions. *Field Crops Research*. Volume 87, Issues 2-3, 10, Pages 103-116
- CONTI, M.** 1998. Principios de edafología con énfasis en suelos argentinos. Orientación Gráfica. Buenos Aires.
- FERRATTO, J.; A. LONGO & E. SCAGLIA.** 2006. Análisis económico de los principales cultivos de hortalizas. *Revista Agromensajes*. Facultad de Ciencias Agrarias de Rosario.
- FERRATTO, J.; A. LONGO; R. GRASSO & M. MONDINO.** 2006. Diagnóstico Agronómico del Proyecto Hortícola de Rosario 2005/2010. INTA. Publicación Miscelánea N° 38, ISSN 0326-256.
- INTA.** 1974. Carta de Suelos de la República Argentina. Buenos Aires.
- RICHARDS, L.** (Ed). 1973. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Ed. Limusa. 173 pp. México.
- LABORATORIO DE SALINIDAD DE ESTADOS UNIDOS.** 1954. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. USDA, Agric. Handbook N° 60. pp 172.
- MAROTO BORREGO, J.; A. MIGUEL GÓMEZ & C. BAIXAULI SORIA.** 2000. La lechuga y la Escarola. Fundación Caja Rural Valencia. Ediciones Mundiprensa. España.
- PAGE, A.; R. MILLER & D. KEENEY.** (Eds.). 1982. *Methods of Soil Analysis, Chemical and Microbiological Properties*. Agronomy 9, Part 2, Second Edition. ASA, SSSA, Madison, Wisconsin. pp 1159.
- RUDA, E.; A. MONGIELLO, A. & A. ACOSTA.** 2005. Calidad del Agua Subterránea con Fines de Riego Suplementario en Argiudoles del Centro de Santa Fe, Argentina. *Agric.*