

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE MEJORAMIENTO DE SUELOS SALINO-ALCALINOS REALIZADO EN LABORATORIO E INVERNÁCULO *

BEILE RUBINSKY DE LIS **

SUMMARY. In order to conduct field improving works, a laboratory and greenhouse study of soils of the N. W. of Neguev (Israel) was made.

The study of the original conditions, proved the presence of a loessic saline-alkaline soil, with a high carbonate content. With these conclusions, improving treatments were made to lessen the exchangeable sodium percentage (ESP) with a simultaneous leaching of the soluble salts. The treatments included leaching with 5.000, 10.000, 15.000 and 20.000 Cu. m. of water per hectare.

Three subtreatments were made: without gypsum, with gypsum applied directly to the soil and with gypsum added to water.

A salt sensible species, *Phaseolus vulgaris* (L.) was choosen, to verify the effects of this improvement upon a crop. It was grown in a greenhouse under controlled temperature and moisture conditions.

It has been concluded that the mere soil leaching is not enough to liberate the quantity of Ca to replace the Na of the complex.

The addition of gypsum is useful, only, if it is accompanied by a leaching of more than 10.000 Cu. m. per hectare. No differences between the gypsum applied directly to the soil and that suspended in water, were noted. A complementary study using sulphur as a chemical amendment is reccomended.

INTRODUCCIÓN

Como parte de un plan de mejoramiento de suelos salino-alcalinos que se lleva a cabo en el NO del desierto de Neguev (Israel), se realizó en laboratorio un estudio experimental de dichos suelos con el objeto de orientar los trabajos de mejoramiento de campo.

La agricultura de la región sufre las consecuencias del problema siguiente: implantado un cultivo, después de una germinación lenta

* Trabajo realizado en el Institut of Soil and Water, Agricultural Research Station, Rehovot, ISRAEL, durante el año 1960. Bajo el auspicio de la Beca KETTY MIRELMAN de Buenos Aires y del mismo Instituto.

** Ing. Agr. Investigadora del Instituto de Biología Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.

pero en general positiva, las plántulas mueren cuando alcanzan pocos centímetros de altura. El objeto del trabajo consistió en establecer la correlación existente entre este fenómeno y las condiciones del suelo del lugar. Para ello, se encauzó la investigación en tres etapas sucesivas, a saber:

Primera etapa: Determinación de las condiciones originales.

Segunda etapa: Tratamientos mejoradores y determinación de su influencia sobre las condiciones originales.

Tercera etapa: Determinación de la influencia de las mejoras sobre un cultivo en invernáculo.

Primera etapa: Determinación de las condiciones originales

El área afectada abarca una extensa zona alrededor de la ciudad de Beer-Sheva, capital del distrito del Neguev, con características muy irregulares por tratarse en su mayor parte de suelos de deposición eólica, generalmente sobre sustratos con gran contenido de carbonatos de calcio y magnesio.

Ateniéndonos estrictamente a la terminología edafológica no correspondería, en este caso, la denominación de "suelo", pues nos hallamos ante un perfil sin estructura en toda su profundidad, producto del origen del mismo y de la evolución de las deposiciones en clima desértico, donde la precipitación anual no alcanza a 200 milímetros y la humedad relativa ambiente de sus largos veranos varía entre un 30 y 40 %. La temperatura media del verano que abarca 9 meses, es de 32-33° con extremas frecuentes de 38-39°. El invierno se caracteriza por su corta duración (no más de tres meses) y porque es esencialmente la estación de las lluvias, ya que toda la precipitación anual se produce en su transcurso. Como en todo clima desértico la diferencia entre las temperaturas diurnas y nocturnas es muy pronunciada, especialmente en verano. Al comenzar y finalizar el verano (primavera y otoño) sopla intermitentemente un viento desértico (JAMSIN) que eleva la temperatura hasta 40° y hace descender la humedad relativa hasta un 5 %.

La zona carece de fuentes propias de irrigación, efectuándose ésta con agua conducida por cañerías desde el norte del país (fuentes del río Jordán distantes a 200 km.).

Material y método

El análisis se realizó sobre muestras de suelo extraídas del mismo lugar donde se llevarían a cabo los ensayos de mejoramiento a campo, ubicado en la colonia agrícola Jatzeirim, distante 10 km al oeste de la ciudad de Beer-Sheva. Dichas muestras correspondieron a los

primeros 30 cms de perfil, como paso preliminar a un estudio más exhaustivo del mismo. Para la realización de los análisis se siguió, en su mayor parte la metodología descrita en el Agriculture Handbook N° 60 (U.S.Dept of Agric.): Richards, ed.

Ca⁺⁺ y Mk⁺⁺ se determinaron por titulación con versenato (etileno-di-amino-tetraacetado); Na⁺ y K⁺ por fotometría de llama (BECKMAN); Cl⁻ por titulación con nitrato de plata; SO₄^{''} por gravimetría como sulfato de bario; CO₃H['] por titulación con ácido. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) por saturación con acetato sódico. El pH se determinó con electrodo de vidrio y la conductividad eléctrica por intermedio del puente de WHEATSTONE con célula de inmersión. El requerimiento de yeso por el método de SCHONDER (1952).

Resultados

Efectuados los estudios analíticos, los resultados demostraron que se estaba en presencia de un suelo loésico, salino-alcálico, con alto contenido de carbonatos.

Cuadro N° 1 - *Condiciones originales del suelo*

	Iones solubles (m.e./100 gr.)							Iones interc.				
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	SO ₄ ⁻	RAS	Na ⁺	K ⁺	CIC PSI	Ph	CE3
Extracto a sat.	0.63	0.48	5.90	5.67	0.09	1.16	37.0	4.5	1.0	14.8 31	8.2	9.7
" 1:5	0.31	0.31	7.50	5.70	0.97	1.17					9.4	
" 1:10	0.55	0.57	8.00	5.80	2.60	1.20					9.7	

Datos complementarios

Reacción a carbonatos solubles:	negativa
Carbonatos (volumetría)	28 %
Peso específico:	1.3
Capacidad de campo	18 %
Punto de marchitamiento (con girasol)	7 %
Requerimiento de yeso:	4 m.e./100 gr.

Cuadro N° 2 - *Proporción aproximada de las sales presentes en el suelo **

	m.e./100 gr.		
	Extracto a sat.	Extracto 1:5	Extracto 1:10
CaSO ₄	0.63	0.31	0.55
MgSO ₄	0.48	0.31	0.31
Na ₂ SO ₄	0.05	0.55	0.08
NaCl	5.67	5.70	5.70
Na ₂ CO ₃	0.09	0.97	2.22

* Según DURAND, J. H. (1958): Les sols irrigables (étude pédologique).

Conclusiones

- 1 - Dentro de las sales solubles, el ClNa constituye la sal predominante.
- 2 - La solubilidad de los carbonatos es muy baja, aun en el extracto 1:10, comparada con la cantidad de Na^+ libre. El aumento de Na^+ soluble en los extractos 1:5 y 1:10, demostraría que hay liberación de Na del complejo adsorbente.
- 3 - Los extractos acuosos muestran un marcado ascenso de pH , lo que unido al aumento de Na^+ soluble, demuestran un fenómeno de hidrólisis con presencia de oxhidrilos.

Segunda etapa: Tratamientos mejoradores y determinación de su influencia sobre las condiciones originales.

De acuerdo a los resultados anteriores, se fijó como objetivo de la mejora la disminución del porcentaje de sodio intercambiable (PSI o ESP) con lixiviación simultánea de las sales solubles.

Para la disminución del PSI se debía disponer de una fuente de iones Ca^{++} que actuaran como reemplazantes del Na^+ adsorbido en el complejo de suelo. Dada la baja solubilidad del carbonato de calcio naturalmente presente, se introdujeron tratamientos con yeso (5 toneladas por hectárea), como compuesto de Ca^{++} más soluble. Ante la eventualidad de solubilizar ese carbonato se incluyó un tratamiento completo de lixiviación sin yeso.

Enfocado así el planteamiento, se debía establecer también la cantidad de agua más apropiada para la lixiviación. Para ello se eligieron cuatro subtratamientos: 5.000, 10.000, 15.000, y 20.000 metros cúbicos por hectárea. Además, el yeso se aplicó de dos maneras diferentes: directamente mezclado a los primeros centímetros del suelo y suspendido en el agua de lixiviación. El objeto de esta aplicación diferencial fue tratar de esclarecer su influencia sobre la actividad del Ca^{++} como ion reemplazante.

El definitiva, el ensayo de las mejoras quedó planteado de la siguiente manera:

		Lixiviación: m^3 / ha			
Sin yeso	5.000	10.000	15.000	20.000	
Yeso en suelo	"	"	"	"	
Yeso en agua	"	"	"	"	

Material y método

Dado que el ensayo se realizó en laboratorio debieron hacerse

los cálculos correspondientes de pesos, volúmenes, etc. para homologar la cantidades de campo.

Cada tratamiento se hizo sobre aproximadamente 5 kgs de suelo. Se utilizaron embudos Buchner de 19,8 cm de diámetro interno y de 8 cm de altura, llenándose los hasta una altura de 6 cm.

El cálculo de la cantidad de agua que correspondía agregar a cada embudo de acuerdo a las cantidades fijadas para campo, se efectuó considerando que:

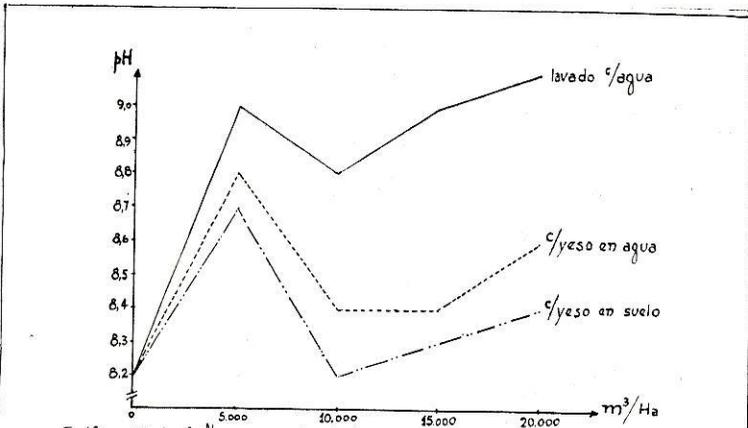


Gráfico N° 1 Influencia de los tratamientos mejoradores sobre el pH original

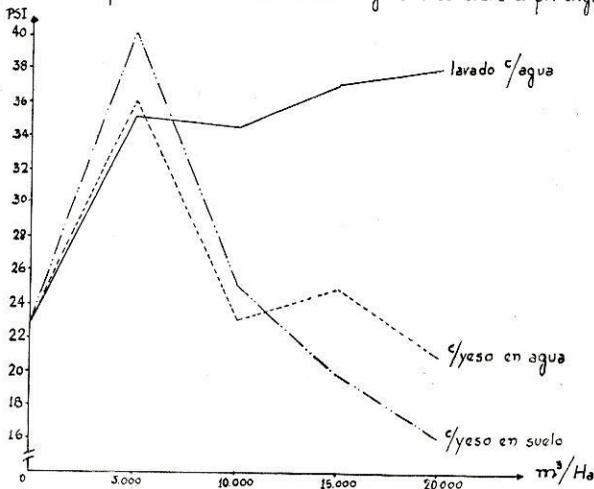


Gráfico N° 2 Influencia de los tratamientos mejoradores sobre el porcentaje de Sodio intercambiable (PSI)

- a) una hectárea de suelo, hasta una profundidad de 2 m pesa:
 $20.000 \text{ m}^3 \times 1.3 = 26.000 \text{ ton} = 26.000.000 \text{ kg}$
- b) el suelo contenido en cada embudo pesa:
 $1.827 \text{ dm}^3 \times 1.3 = 2,375 \text{ kg.}$
- c) humedad "de campo" del embudo: 24.5 %.

El cálculo de la cantidad de yeso a aplicar en cada embudo se realizó de manera semejante. Así sobre una base de 5.000 kg de yeso por hectárea y para una profundidad de 10 cm en la aplicación de campo, resulta para cada embudo la cantidad de 8.8 gr de yeso.

En el tratamiento con yeso aplicado al suelo se mezclaron los 8,8 grs con los dos primeros centímetros del suelo del embudo. En el tratamiento con yeso en el agua de lixiviación se suspendió esa cantidad de yeso en las cantidades previamente determinadas de agua.

El agua utilizada para la lixiviación, se preparó en laboratorio en base a la composición del agua del riego del lugar previamente determinada.

Composición del agua de lixiviación

NaCl ———	300 ppm	Cl ⁻ ———	180 ppm = 5.1 m.e./1
Na ₂ SO ₄ ———	90 ppm	Na ⁺ ———	149 ppm = 6.4 m.e./1

Agregadas al suelo las cantidades respectivas de agua o de suspensión de yeso en agua, se conectaron los embudos a una bomba de vacío extrayéndose el agua de drenaje hasta dejar el suelo en su humedad "de campo". Se procedió luego al secado del suelo de cada tratamiento (tierra seca al aire), y posteriormente se trituró cada muestra hasta que el contenido de cada embudo pasó por la malla de 2 mm. Obtenidas así las muestras, se realizaron los análisis cuyos resultados se consignan en el Cuadro N° 3. Para el estudio analítico se utilizaron los métodos descriptos en la etapa anterior.

Resultados

Interpretando los datos analíticos obtenidos, el efecto de los tratamientos puede resumirse de la siguiente manera:

pH:

Se nota un ascenso de los valores del pH, especialmente en los tratamientos *sin yeso*. En el mejor de los casos el pH se mantuvo estacionario. Repítese, por lo tanto la situación manifestada en los extractos acuosos, acusándose un fenómeno de hidrólisis con presencia de OH⁻ que se atenúa en los casos de incorporación de Ca⁺⁺.

- Conductividad eléctrica:** Descenso marcado en los valores de la conductividad eléctrica en los tratamientos *sin yeso*, efecto evidente de la lixiviación salina. En los tratamientos *con yeso* se nota un descenso menos marcado que resultaría favorable por la presencia de Ca^{++} reemplazante del Na^+ .
- Iones solubles:** Los valores de la relación de sodio adsorbido (RAS) muestran un marcado descenso, sin mayores diferencias entre los tratamientos con y sin yeso.
- Cationes intercambiables:** En los tratamientos *sin yeso* se nota un aumento del porcentaje de sodio intercambiable (PSI). En los tratamientos *con yeso* recién se nota un descenso del PSI en los lixiviados con más de 10.000 m^3/ha . No se notan mayores diferencias entre los tratamientos con yeso aplicado al suelo y el suspendido en el agua de lixiviación.

Tercera etapa: Determinación de la influencia de las mejoras sobre un cultivo en invernáculo.

Material y método

Se cultivó poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) suministrándosele 12 horas de luz diarias por intermedio de lámparas de neón. El cultivo se realizó en una habitación con temperatura (25°C) y humedad relativa ambiente (80 %) controladas constantes.

Se utilizaron recipientes cerrados (sin drenaje), con capacidad para 700 gr de suelo cada uno. De cada tratamiento se hicieron 6 repeticiones. Se formaron así seis bloques con trece tratamientos (doce con los distintos suelos tratados y un testigo con suelo original) distribuidos al azar. En total 78 recipientes. Se determinó la "capacidad de campaña" del suelo de los recipientes resultando igual a 23 %. En cada recipiente se sembraron 4 semillas y se regó hasta la "capacidad de campaña". En el agua del primer riego se agregó una solución fertilizante standard para invernáculos.

Los riegos sucesivos se hicieron con agua destilada, determinándose la frecuencia de los mismos por pesada diaria de cada recipiente. Se permitió descender la humedad hasta un 60 % de la humedad aprovechable.

La germinación fue normal en todos los recipientes, aunque algo lenta en los testigos y en los tratamientos con 5.000 m^3/ha . Cuando las plántulas tenían 4-5 días habiendo emergido los cotiledones,

CUADRO Nº 3 - INFLUENCIA DE LOS TRATAMIENTOS MEJORADORES SOBRE LAS CONDICIONES ORIGINALES DEL SUELO

Tratamiento	pH	CE3	PS	Iones solubles M.E./l					Iones solub. M.E./100 gr.				Cat. interc.		PSI	% Sales
				Ca++	Mg++	Na+	Cl-	RAS	Ca++	Mg++	Na+	Cl-	Na+	K+		
Suelo original	8.2	9.7	64.	9.4	11.6	110.0	100.0	34.8	0.61	0.74	7.04	6.4	3.3	1.0	23.0	3.97
(1) Lixiviado 5.000 m3/ha	9.0	1.7	70.	3.4	2.6	22.8	14.3	13.0	0.24	0.18	1.6	1.0	5.2	"	35.1	0.76
(2) Lixiviado 10.000 "	8.8	1.1	49.	1.2	1.8	23.4	11.4	18.9	0.06	0.08	1.1	0.55	5.1	"	34.4	0.34
(3) Lixiviado 15.000 "	9.0	0.9	53.	1.4	1.6	13.5	8.5	11.2	0.07	0.08	0.7	0.44	5.5	"	37.0	0.33
(4) Lixiviado 20.000 "	9.1	0.8	50.	1.4	1.6	8.7	5.7	7.1	0.07	0.08	0.4	0.25	5.6	"	37.8	0.32
Yeso en suelo + lixiviado (1)	8.7	6.9	67.	1.0	1.0	13.7	5.7	13.0	0.06	0.06	0.9	0.38	5.9	"	40.0	0.32
Yeso en suelo + lixiviado (2)	8.2	4.5	54.	10.0	7.0	52.0	34.1	17.8	0.54	0.38	2.8	1.85	3.7	"	25.0	1.62
Yeso en suelo + lixiviado (3)	8.3	3.3	56.	7.0	9.0	43.5	17.1	15.5	0.39	0.50	2.4	0.95	3.0	"	20.0	1.20
Yeso en suelo + lixiviado (4)	8.4	1.8	54.	3.4	3.4	22.0	5.7	11.9	0.18	0.18	1.3	0.31	2.4	"	16.2	0.65
Suspensión yeso en (1)	8.8	3.7	66.	1.0	1.0	22.0	2.8	22.0	0.06	0.06	1.4	0.18	5.4	"	36.0	0.57
Suspensión yeso en (2)	8.4	2.5	73.	6.0	5.0	27.0	2.8	11.5	0.44	0.36	2.0	0.20	3.4	"	23.0	0.90
Suspensión yeso en (3)	8.4	1.3	59.	2.4	3.6	17.5	5.6	10.0	0.14	0.21	1.0	0.34	3.8	"	25.6	0.46
Suspensión yeso en (4)	8.6	1.9	73.	4.0	4.0	23.0	5.7	11.5	0.28	0.29	1.7	0.41	3.1	"	21.0	0.68

REFERENCIAS:

- CE: conductividad eléctrica
RAS: relación de adsorción de sodio
PSI: porcentaje de sodio intercambiable
PS: porcentaje de saturación

$$\text{Iones solubles m.e./100 gr.} = \frac{\text{iones solubles m.e./l.} \times \text{PS}}{1.000}$$

$$\text{Cationes intercambiables m.e./100 gr.} = \text{cationes extraíbles m.e./100 gr.} - \text{cationes solubles m.e./100 gr.}$$

detuvieron su crecimiento en los testigos y después de vegetar unos días más fueron muriendo paulatinamente. Es decir que se repetía en el invernáculo la situación observada en el campo.

Las plántulas que se cultivaban en los suelos tratados siguieron creciendo, muy lentamente las correspondientes a los tratamientos con 5.000 m³/ha. Cuando poseyeron dos pares de hojas se realizó una selección dejándose en cada recipiente una planta. Se eliminaron

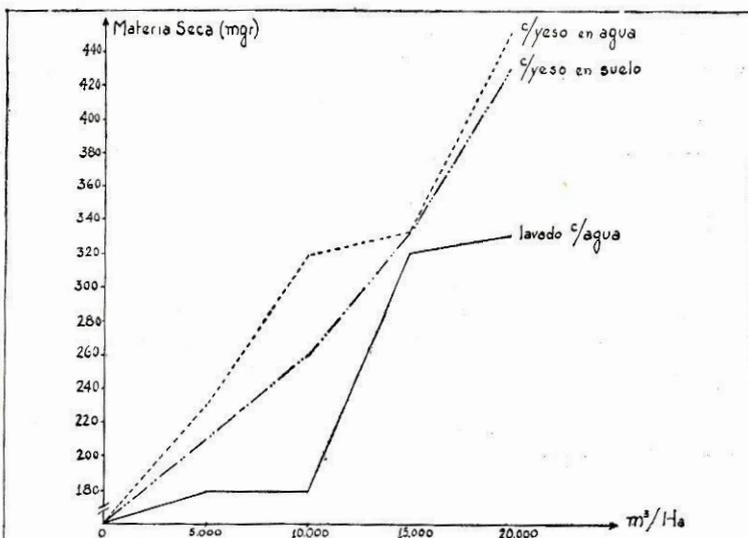


Gráfico N° 3 Influencia de los tratamientos mejoradores sobre el cultivo de Phaseolus vulgaris (materia seca)

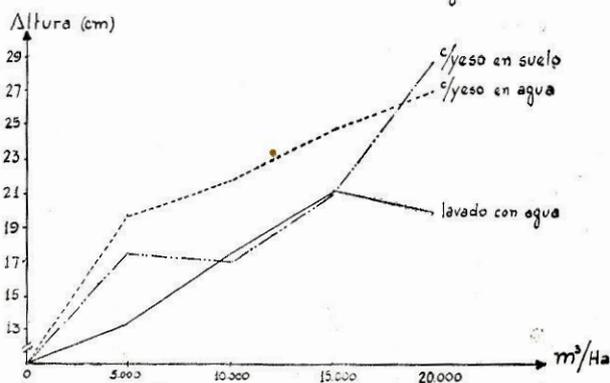


Gráfico N° 4 Influencia de los tratamientos mejoradores sobre el cultivo de Phaseolus vulgaris (altura)

las muy débiles y las que diferían demasiado del crecimiento medio observado en las seis repeticiones de cada tratamiento.

En todos los recipientes las plantas mostraron hojas con manchas necróticas. Estas hojas se fueron desprendiendo a medida que el crecimiento avanzaba. De esta manera casi todas las plantas perdieron sus primeras hojas y gran parte de ellas también las segundas. Esta situación se presentó en todos los recipientes sin que se notara efecto específico de los tratamientos sobre este fenómeno.

A los 30 días contados desde la siembra, más del 50 % de las plantas habían florecido, dándose por finalizado el cultivo. Las diferencias notables observadas entre los cultivos de los distintos tratamientos se ven reflejadas en los datos consignados en el cuadro n° 4. Se cosechó de cada planta tallo y hojas por separado determinándose peso fresco (materia verde) y peso seco en estufa a 105 °C.

Resultados

El estudio estadístico de los resultados muestra diferencias altamente significativas (nivel 0.01) para los tratamientos con yeso, subtratamientos con 15.000 y 20.000 m³/ha de lixiviación. Este resultado corrobora el efecto observado en los análisis de los suelos tratados donde se acusa un descenso en los valores del porcentaje de sodio intercambiable recién con una lixiviación mayor de 10.000 m³/ha en presencia de yeso.

CONCLUSIONES GENERALES

- 1 - El solo lixiviado del suelo disuelve algo los compuestos de Ca naturalmente presentes en el suelo original, pero ese Ca no alcanza a reemplazar al Na del complejo en la medida necesaria. Las plantas crecieron (en el suelo original sólo germinaron) pero no alcanzaron a completar su desarrollo.
- 2 - El agregado de yeso al suelo resulta beneficioso, pero si va acompañado de una lixiviación con más de 10.000 m³/ha. Se alcanzan diferencias significativas con 15.000 m³/ha, lo que no justificaría el uso de cantidades mayores.
- 3 - No se notan diferencias entre los tratamientos con yeso aplicado directamente al suelo y el de yeso suspendido en el agua de lixiviación. Aparentemente la suspensión previa no aumenta la actividad del Ca como ion reemplazante del Na.
- 4 - Se recomienda un estudio complementario utilizando azufre como enmienda química. Los resultados obtenidos en el presente ensayo muestran que el yeso no produce descensos significativos en el pH de los suelos tratados. El azufre actuando como agente

en la oxidación microbiológica, reaccionaría con los carbonatos naturalmente presentes produciendo CaSO_4 , fuente de Ca reemplazante, y además liberando CO_2 eficiente reductor del pH edáfico.

CUADRO Nº 4 - INFLUENCIA DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE UN CULTIVO
(*PHASEOLUS VULGARIS*)

Tratamiento	Altura media (cm)	Materia verde gr/planta			Materia seca gr/planta			
		Hojas	Tallos	Total	Hojas	Tallos	Total	
Suelo original	—	—	—	—	—	—	—	
(1) Lixiviado 5.000 m ³ /a.	13.5	0.51	0.55	1.03	0.12	0.06	0.18	
(2) " 10.000 "	17.6	0.62	0.74	1.36	0.09	0.09	0.18	
(3) " 15.000 "	21.6	1.25	1.08	2.33	0.14	0.14	0.32	
(4) " 20.000 "	19.7	1.43	0.94	2.37	0.21	0.12	0.33	
Yeso en suelo+lixiv.	(1)	17.8	0.74	0.75	1.49	0.12	0.09	0.21
" "	(2)	17.1	1.24	0.89	2.13	0.15	0.11	0.26
" "	(3)	21.4	1.52	0.95	2.47 xx	0.21	0.11	0.33xx
" "	(4)	28.8	1.83	1.06	2.89 xx	0.24	0.17	0.43xx
Suspensión de yeso en	(1)	19.7	0.93	0.84	1.77	0.14	0.09	0.23
" "	(2)	21.6	1.51	0.87	2.38	0.22	0.10	0.32
" "	(3)	24.6	1.71	0.94	2.65 xx	0.22	0.11	0.33xx
" "	(4)	26.6	2.30	1.23	3.53 xx	0.29	0.16	0.45xx

REFERENCIAS:

xx = altamente significativo (nivel 0.01).

NOTA: Cada valor representa la media de seis repeticiones.

RESUMEN: Con el objeto de orientar los trabajos de mejoramiento de campo, se realizó en laboratorio e invernáculo un estudio de los suelos de un sector del NW del Neguev (Israel).

El estudio de las condiciones originales demostró que se estaba en presencia de un suelo loésico, salino-alkalino, con alto contenido en carbonatos. En base a estas conclusiones, se efectuaron tratamientos mejoradores persiguiendo disminuir el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) con lixiviación simultánea de las sales solubles. Los tratamientos incluyeron lixiviaciones con 5.000, 10.000, 15.000 y 20.000 metros cúbicos de agua por hectárea, con tres subtratamientos: sin yeso, con yeso aplicado al suelo y con yeso en el agua.

Para constatar el efecto de estas mejoras sobre un cultivo, se eligió una especie sensible a sales, *Phaseolus vulgaris* L. (poroto)

efectuándose el cultivo en invernáculo en condiciones de temperatura y humedad controladas.

Se concluye que el solo lixiviado del suelo no alcanza a liberar la cantidad de Ca suficiente para reemplazar el Na del complejo. El agregado de yeso resulta beneficioso pero si se acompaña de un lixiviado de más de 10.000 m³ por hectárea. No se notan diferencias entre yeso aplicado directamente al suelo y el suspendido en el agua. Se recomienda un estudio complementario utilizando azufre como enmienda química.

ZUSAMMENFASSUNG. Um Bodenverbesserungsarbeiten zu orientieren, wurden im Laboratorium und im Treibhaus Bodenstudien eines Landsektors im NW von Neguev (Israel) unternommen.

Die Studien der ursprünglichen Verhältnisse ergaben dass man in Gegenwart eines loessigen, salzig-alkalischen Bodens mit hohem Karbonat-Gehalt war. Auf dieser Tatsache begründet, wurden Verbesserungsbehandlungen unternommen, um mit gleichzeitiger Auswaschung (Auslaugen) der löslichen Salze, den Prozentsatz des austauschbaren Natriums zu vermindern. Die Behandlungen bestanden aus Auswaschungen mit 5.000, 10.000, 15.000 und 20.000 Kubikmetern Wasser per Hektar, mit drei Nebenbehandlungen: ohne Gips, mit unmittelbar dem Boden beigegebenem Gips, und mit im Wasser aufgelöstem Gips.

Um die Wirkung dieser Verbesserungen an einer Anpflanzung festzustellen, wurde eine Salzempfindliche Pflanzenart, und zwar *Phaseolus vulgaris* L. gewählt, und die Kultur unter kontrollierbaren Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen eines Treibhauses durchgeführt.

Die Schlussfolgerung ergab, dass die Bodenauswaschung allein nicht dazu ausreicht, die genügende Menge Ca freizumachen, um das Na des Komplexes zu ersetzen. Das Zusetzen des Gips ist nur dann nutzbringend, wenn es von einem Auswaschen mit mehr als 10.000 m³ Wasser p/Hektar begleitet wird. Ob der Gips unmittelbar dem Boden zugesetzt wird, oder im Wasser aufgelöst, macht keinen merkbaren Unterschied.

Es empfiehlt sich, ein Ergänzungsstudium der Benutzung des Schwefels, zur chemischen Verbesserung, durchzuführen.

RECONOCIMIENTO. La autora expresa su reconocimiento por la colaboración prestada en la realización de este trabajo al Dr. IAACOV RUBIN y al Ing. ELIJAU MOR, Director del Institut of Soil and Water y Jefe del Departamento de Salinidad respectivamente, dependiente de la Agricultural Research Station, Rehovot, Israel.

RECOGNITION. The autor express her indebtedness to Dr. IAACOV

RUBIN and the engineer Mr. ELIJAU MOR, Director of the Institute of Soil and Water and the Head of its Salinity Department respectively, dependent of the Agricultural Research Station, Rehovot, Israel, for their contribution in the realization of this work.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 AGARWAL, R. R. et al., 1956. *Diagnostic techniques for the saline and alkali soils of the Indian Gangetic alluvium in Uttar Pradesh*. Jour. of Soil Sci., 7:109.
- 2 AYERS, A. D. et al., 1943. *The inter-relationship of salt concentration and soil moisture content with growth of beans*. Jour. Am. Soc. Agron. 35: 796-810.
- 3 BERNSTEIN, L. et al., 1958. *Physiology of salt tolerance*. Plant Physiol. Vol. 9:25-46.
- 4 BERTRAND, G., 1951. *Recherche sur la présence générale et sur le rôle probable du sodium dans les plantes*. Ann. de l'Inst. Nat. Rech. Agron., Ser. A. - N° 4, Paris.
- 5 BOWER, C. A., 1946. *Ca and Mg deficiencies in alkali soils*. Jour. Amer. Soc. Agron., 38:723.
- 6 — et al., 1948. *Growth and cationic accumulations by four species of plants as influenced by various levels of exchangeable sodium*. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 13:218-227.
- 7 — et al., 1952. *Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils*. Soil Sci., 73:251-261.
- 8 — et al., 1958. *Replacement of adsorbed sodium soils by hidrolisis of calcium carbonate*. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 22:340.
- 9 — 1959. *Cation exchange equilibria in soils affected by sodium salts*. Soil. Sci., 88:32.
- 10 BUEHRER, T. F. et al., 1936. *The hidrolisis of calcium carbonate and its relations to the alkalinity of calcareous soils*. Univ. of Arizona, Agr. Exp. Sta., Tch. Bull. N° 64.
- 11 CHANG, C. W. et al., 1956. *Relation of soil pH and salt solution to exchangeable sodium percentage*. Soil Sci. 82:387-399.
- 12 DAVIES, L. E., 1958. *Exchangeable sodium in calcareous soils*. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 22.
- 13 DURAND, J. H., 1958. *Les sols irrigables (étude pédologique)*. Alger.
- 14 ELGABALY, M. et al., 1958. *Specific effects of adsorbed ions on plant growth*. Soil Sci. 85:161.
- 15 GAUCH, J., 1944. *Effects of high salt concentration on growth of bean plants*. Bot. Gaz. USA, Vol. 105.
- 16 GOERTZEN, A et al., 1958. *CO₂ from plant root as a factor in the replacement of adsorbed Na in calcareous soils*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 22: 36-37.
- 17 FRIED, M., 1959. *Exchangeable Na in calcareous soils*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23:172-179.
- 18 HAYWARD, H. E. and BERNSTEIN, L., 1958. *Plant growth relationships on salt-affected soils*. Bot. Rew. Vol. 24:584-635.

- 19 HAYWARD, H. E. and C. H. WADLEIGH, 1949. *Plant growth on saline and alkali soils*. Adv. Agron. Vol. 1:1-35.
- 20 MCGEORGE, W. T., 1942. *Studies on plant food availability in alkaline-calcareous soils: seedling test and soil analysis*. Univ. Arizona, Agr. Exp. Sta., Tech. Bull. N° 94.
- 21 MCGEORGE, W. T. and W. H. FULLER, 1959. *Relation between the Na:Ca ratio in the saturation extract and porcentage sodium in the echange complex*. Int. Cong. Sci. 1:400-403.
- 22 MAGISTAD, O. C., 1946. *Plant growth relations on saline and alkali soils*. Bot. Rev. 11:161-230.
- 23 MAKSIMYUK, G. P., 1958. *An experimental study of the leaching process of solonchak-like-solonets*. Soviet Soil Sci. N° 8.
- 24 MARSHALL, T. J., 1959. *Relation between water and soil*. Tech. Com. N° 50. Common. Bur. Soils. Hardepen.
- 25 MILLINGTON, A. J. et. al., 1951. *Salt toolerance, germination and growth test under controlled salinity conditions*. J. Agr. W. Aust., 28 (2end ser.): 198-210.
- 26 OVERSTREET, R. and J. C. MARTIN, 1955. *Reclamation of an alkali soil of the Hacienda series*. Hilgardia, Vol. 24, N° 3.
- 27 PEARSON, G. A. and L. BERNSTEIN, 1958. *Influence of exchangeable sodium on yield and chemical composition of plants*. Sol Sci. 86:254-261.
- 28 STERLING OBEN, W., 1959. *Solubility of CaCO₃ in calcareous soils*. Soil Sci. 88:123-125.
- 29 VAN DER BERG, E., 1952. *The influence of salts in the soil on the yield of agricultural crops on salt land*. Verl. Landbouwk. Onderz. N° 58.5 -s'Gravenhage.
- 30 WADLEIGH, C. H. and A. D. AYERS, 1945. *Growth and biochemical composition of bean plants as conditioned by soil moisture tension and salt concentration*. Plant Physiol. 20:107-112.