

I. INTRODUCCIÓN	23
II. MATERIALES Y MÉTODOS	25
III. CONCLUSIONES	35
IV. RESUMEN Y SUMMARY	36
V. BIBLIOGRAFÍA	38

**EFFECTOS DEL POTASIO INTERCAMBIABLE SOBRE LA
PERMEABILIDAD DE UN SUELO DE MANFREDI
(PROVINCIA DE CORDOBA) ¹**

STELIO E. FAEDO y LUIS A. CERANA ²

I. INTRODUCCION

En un trabajo anterior (2) utilizando muestras de los distintos horizontes de un suelo Brunizem de la Provincia de Santa Fe, los autores estudiaron los efectos del potasio intercambiable sobre la permeabilidad al agua. Introduciendo en las muestras cantidades crecientes de potasio intercambiable efectuaron las siguientes comprobaciones:

En los horizontes B (arcilloso, con 0,9 % de materia orgánica) y C (franco arcilloso, con 0,4 % de materia orgánica), la permeabilidad al agua, observada a las 7 horas de percolación, disminuía pronunciadamente de acuerdo a la progresión que se indica a continuación:

Potasio intercambiable (% sobre CIC)	5-5,4	7,2	11,3-12,3	17,7	22,7	31,1
Permeabilidad relativa (a las 7 horas de percolación)	100	77	17-12	7,2	4,5	0,13

¹ Trabajo presentado en la Reunión de los Comités de Química y Físico-química de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, diciembre de 1972.

² Ing. Agr., Ex-Profesor Adjunto e Ing. Qco., Ex-Profesor Titular, respectivamente, de la Cátedra de Edafología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba.

en el horizonte A (franco limoso, con 1,7 % de materia orgánica) los efectos del potasio intercambiable, presentaban menor importancia.

Potasio intercambiable

(% sobre CIC) 4,0 20,0 50,0 69,3

Permeabilidad relativa

(a las 7 horas de
percolación) 100 85 70 24

Estos resultados se representan en la fig. 1.

La turbidez y coloración de los percolados se intensificaba al aumentar el porcentaje de potasio intercambiable; ante esa evidencia del efecto del potasio sobre la dispersión de arcilla y los coloides húmicos, la disminución de la permeabilidad se atribuyó a la migración de las partículas coloidales, con cegamiento de la porosidad.

La presencia de carbonato de calcio en la masa del suelo, reprimía los efectos del potasio intercambiable sobre la permeabilidad, minimizando la dispersión y migración de las partículas coloidales.

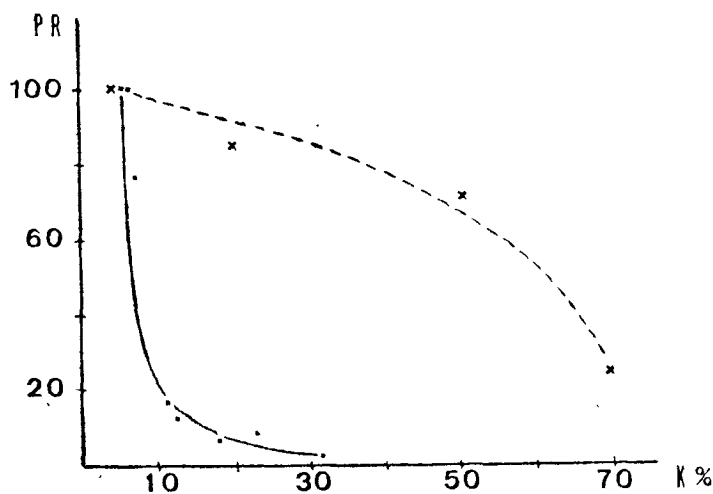


FIG. 1. — Suelo de Santa Fe.

PR Permeabilidad Relativa

K% Porcentaje de K Intercambiable

x Horizonte A

* Horizontes B y C

Esas comprobaciones apoyaban las críticas efectuadas por uno de los autores (1-2) a los métodos y criterios empleados por los investigadores del U. S. Salinity Laboratory (3-4) en la realización de las experiencias y en su interpretación, sobre cuya base su Staff sostiene que "el potasio intercambiable tiene poco o ningún efecto adverso sobre las condiciones físicas de los suelos".

Una alta proporción de los suelos de la Provincia de Córdoba presenta contenidos de potasio intercambiable relativamente elevados, los que en el horizonte A suelen alcanzar a 12-15 %. En cuenta de esos contenidos surgió el interés de estudiar los efectos del potasio intercambiable en un suelo representativo de los dominantes en la zona central de la Provincia.

II. MATERIALES Y METODOS

Suelo experimentado

Para los ensayos se utilizó el horizonte A de un suelo Brunizem intergrado a Castaño, de la Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Las características analíticas que interesan a este estudio son:

Textura	: franco limosa
Materia orgánica	: 2,57 %
pH	: 5,5
Capacidad de intercambio de cationes	: 22,5 meq/100 g.
Potasio intercambiable	: 2,6 meq/100 g.
Sodio intercambiable	: 0,5 meq/100 g.

Preparación de la muestra

La muestra fue secada al aire, molida sin pulverizarla y tamizada para separar la fracción 0,25-1 mm que se usó en las experiencias. A una parte de la muestra se le incorporó en forma homogénea 0,5 % de carbonato de calcio precipitado.

Tubos de percolación

Se usaron tubos de vidrio de 35 mm de diámetro interno y 200 mm de largo; en su parte inferior se fijaba una malla de nylon.

Carga de las muestras

En los tubos de percolación se introducía gravilla (2-4 mm) hasta formar una capa de 2 cm de espesor. Sobre ella se cargaba la muestra de suelo (50 g) procurando obtener columnas uniformes.

Tratamiento de las muestras en las columnas

Se indican en cada experiencia.

Percolación del agua

Completado el tratamiento, estando las columnas de suelo colmadas con las soluciones de los tratamientos, estas se reemplazaban por agua destilada, e iniciaba la percolación del agua procurando mantener una carga hidrostática constante (20 cm). Los volúmenes percolados en cada hora, se recogían y medían.

Determinación del potasio intercambiable

Finalizada la experiencia, de los percoladores se extraían las columnas de suelo, tomando una submuestra de cada una. Las submuestras se secaban al aire y se procedía a la determinación del potasio intercambiable por fotometría de llama; previo desplazamiento con acetato de amonio.

EXPERIENCIA N° 1

Tratamiento del suelo en las columnas

En todas las columnas se hicieron percolar 200 ml de agua destilada o de solución de cloruros con concentración total 0,1 N, con las relaciones porcentuales de calcio y de potasio que se indican a continuación:

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Calcio %	0	100	70	70	50	50	30	30	0	0	0
Potasio %	0	0	30	30	50	50	70	70	100	100	0

Las muestras de las columnas 4, 6, 8, 10 y 11 contenían 0,5 % de carbonato de calcio distribuido en toda la masa.

Resultados de la experiencia N° 1

En el cuadro 1 se indican los contenidos de potasio intercambiable que los suelos de cada columna poseían luego de las siete horas de percolación del agua, así como los volúmenes de agua percolados en cada hora.

Los percolados de las columnas 1, 3, 5, 7 y 9 eran turbios y coloreados, aumentando la intensidad de la turbidez y de la coloración en el orden indicado; el percolado de la columna 9 era negro.

También eran turbios y coloreados los percolados de las columnas 4, 6, 8 y 10 aumentando la intensidad de la turbidez y de la coloración en ese orden, pero, en cada caso, la turbidez y coloración eran muy inferiores a las que presentaban las columnas sin carbonato de calcio que habían recibido igual tratamiento.

Los percolados de la columna 2 mostraban ligera turbidez en las primeras dos horas, siendo luego prácticamente límpidos e incoloros.

Los percolados de la columna 11, suelo con carbonato de calcio sin tratamiento, siempre fueron límpidos e incoloros.

Discusión de la experiencia N° 1

Los resultados y observaciones experimentales, evidencian que en el suelo ensayado, el aumento de la proporción de potasio intercambiable favorece la dispersión de la arcilla y de los coloides húmicos y reduce la permeabilidad al agua. Por consiguiente, brindan una nueva comprobación respecto a que el potasio intercambiable produce efectos desfavorables en relación a las propiedades físicas de los suelos.

De la comparación de los volúmenes percolados a la 7ª hora, surge que al pasar el contenido de potasio de 1,3 a 2,6 meq/100 g. (5,8 a 11,5 % de la CIC) la permeabilidad disminuye en un 19 % y que la disminución se eleva a un 66,6 % cuando el potasio intercambiable aumenta a 5,0 meq/100 g (22,2 % de la CIC). La importancia práctica de estas comprobaciones, surge del hecho que el suelo de la columna 1, con 11,5 % de potasio intercambiable, es el suelo original, sin tratamiento, representativo de suelos que ocupan extensas áreas. A ello debe agregarse que la mayor parte de los suelos de los sectores este y central de la provincia, poseen

horizontes A similares al experimentado, con contenidos de potasio intercambiable comprendidos entre 12 y 17 % de la capacidad de intercambio catiónico.

En el trabajo anterior (2) los autores habían comprobado que la incorporación de carbonato de calcio en proporción de 4 %, compensaba los efectos del potasio intercambiable. En esta experiencia, de la comparación de los volúmenes percolados y de los porcentajes de potasio intercambiable al finalizar el ensayo (cuadro 1) y del cotejo de la turbidez y coloración de los percolados (fig. 3) se deduce que la presencia en el suelo de carbonato de calcio en proporción de 0,5 %, tiene como principal efecto, durante los tratamientos, reprimir la incorporación de potasio intercambiable en el suelo y, durante la percolación, desalojar parte del potasio intercambiable.

De la comparación de los volúmenes y características de los percolados y de los contenidos de potasio intercambiable al finalizar el ensayo, surgen otras interesantes comprobaciones. La incorporación al suelo de carbonato de calcio en proporción de 0,5 % (5 meq. para los 50 g de suelo) es más efectiva en el desalojo del potasio intercambiable naturalmente presente en el suelo, que el tratamiento por elución con 200 ml de solución 0,1 N de cloruro de calcio (20 meq. para los 50 g de suelo). En el suelo de la columna 11, el carbonato de calcio al reducir el contenido de potasio intercambiable hasta 3,6 % y mantener una pequeña concentración de calcio en el agua percolante, impide la dispersión de la arcilla y la de los coloides húmicos, manteniendo constante la permeabilidad al agua del suelo, de modo tal, que a las siete horas de percolación la permeabilidad del suelo de la columna resulta 3 veces la del suelo natural de la columna 1 y 2,5 veces la del suelo de la columna 2 que recibió el tratamiento con la solución que únicamente contenía cloruro de calcio.

EXPERIENCIA Nº 2

Tratamiento del suelo en las columnas

En todas las columnas se hizo percolar 100 ml de agua o de solución de cloruros que contenían las cantidades de calcio y de potasio que se indican a continuación:

Columna	1	2	3	4	5	6
Calcio, meq.	0	10	10	0	0	0
Potasio, meq.	0	0	2	2	4	0

Al suelo de la columna 6 se le incorporó 0,5 % de carbonato de calcio.

Resultados de la experiencia N° 2

Los resultados de la experiencia N° 2 se indican en el cuadro 2. En cuanto a las características de turbidez y coloración de los percolados, ellas concordaban con las observadas en la primera experiencia en las columnas con similares proporciones de potasio intercambiable.

Para comparar las cantidades de coloides dispersados y lixiviados, se recogieron los primeros 100 ml de percolados de cada columna; los sólidos en suspensión se separaron por centrifugación, los sedimentos se secaron a 105°C y pesaron. Los valores obtenidos se dan a continuación:

Columna	1	2	3	4	5	6
Material lixiviados, mg	70	20	78	92	100	5

Discusión de los resultados de la experiencia N° 2

En la fig. 2 se representan agrupados los resultados obtenidos en las dos experiencias; se observa una completa concordancia entre ellos respecto a la relación entre el porcentaje de potasio intercambiable presente al final del ensayo y la permabilidad relativa luego de 7 horas de percolación. También concordaban la turbidez y la coloración de los percolados obtenidos en esta experiencia, con las observadas en los percolados recogidos de las columnas con similares proporciones de potasio intercambiable en la experiencia N° 1.

Asimismo, hubo coincidencia en los efectos del agregado de carbonato de calcio, en proporción de 0,5 % sobre el desplazamiento de parte del potasio intercambiable, originariamente presente en el suelo, sobre la minimización de la dispersión de arcilla y de los coloides húmicos y sobre el incremento y constancia de la permeabilidad relativa en las columnas sin tratamiento (cuadros 1 y 2, fig. 2).

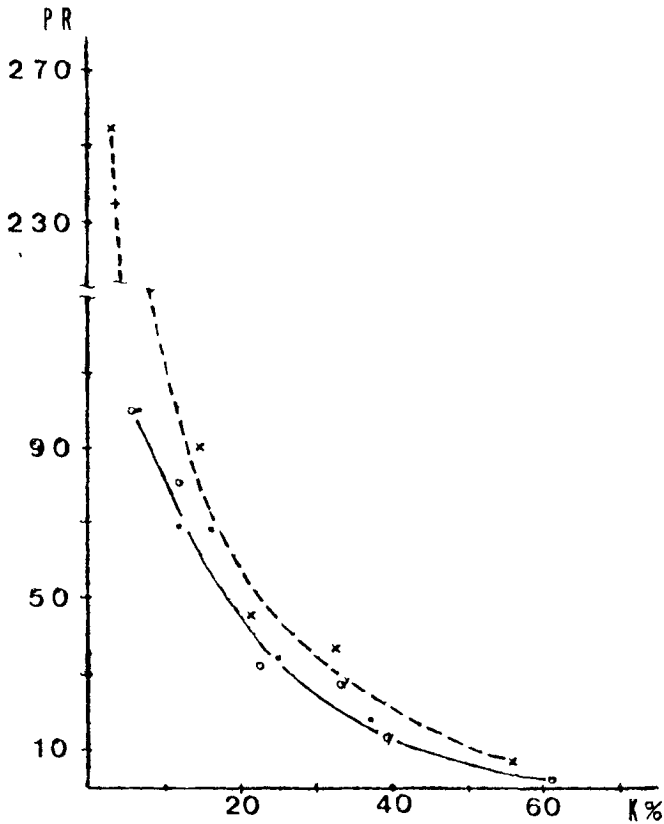


FIG. 2. — Suelo de Manfredi, Horizonte A

PR Permeabilidad Relativa
 K% Porcentaje de K Intercambiable
 o Suelo sin CO_3 Ca (Experiencia N° 1)
 * Suelo sin CO_3 Ca (Experiencia N° 2)
 x Suelo con CO_3 Ca (Experiencia N° 1)
 ÷ Suelo con CO_3 Ca (Experiencia N° 2)

Es de destacar la apreciable cantidad de materiales dispersados y lixiviados de las columnas 1 a 5, cuyos suelos contenían porcentajes de potasio intercambiables superiores a 5. Para un mismo volumen de percolado, esas cantidades aumentaban en relación directa con el porcentaje de potasio intercambiable. Estas comprobaciones apoyan el punto de vista de los autores (2), respecto a que el principal efecto del potasio intercambiable es favorecer la dispersión y migración de las partículas coloidales, las que, cuan-

do son retenidas en los poros finos, los obturan gradualmente con la consiguiente reducción de la permeabilidad del agua.

El agregado de carbonato de calcio al suelo en proporción de 0,5 % y la posterior percolación de 970 ml de agua (columna 11 de la experiencia N^o 1 y columna 6 de la experiencia N^o 2) redujo el contenido de potasio intercambiable de 2,6 a 0,8 meq/100 g.; ese hecho agrega un nuevo argumento a las objeciones hechas por Cerana (1-2) al procedimiento y a la interpretación de las experiencias realizadas por Reeve y colaboradores (3) en base a cuyas conclusiones el U. S. Salinity Laboratory (4) sostiene que el potasio intercambiable tiene poco o ningún efecto adverso sobre las condiciones físicas de los suelos.

Para introducir en los suelos cantidades conocidas de potasio intercambiable, Reeve y colaboradores agregaban a los suelos soluciones de bicarbonato de potasio y luego secaban al aire. Con el desecamiento favorecían el desalojo de una cantidad de calcio intercambiable equivalente al potasio agregado. El calcio precipitaba como carbonato de calcio y el potasio se incorporaba al suelo en forma intercambiable. Luego se preparaban las columnas de suelo y se determinaba el efecto del potasio intercambiable sobre la permeabilidad del agua; para la interpretación de los resultados Reeve y colaboradores admitían que el potasio persistía en forma intercambiable durante la percolación del agua. Nuestros resultados muestran que ello no ocurre así, ya que durante la percolación del agua, el proceso se revierte; el carbonato de calcio se solubiliza gradualmente, desalojando a la mayor parte del potasio que se había incorporado en forma intercambiable.

En la fig. 2, la curva correspondiente a los suelos con carbonato de calcio, se aparta muy poco hacia la derecha respecto a la curva que representa la permeabilidad de los suelos sin carbonato. Ello sugiere que el carbonato de calcio es un factor secundario en la modificación de la permeabilidad al agua y que el factor principal es el porcentaje de potasio intercambiable. Además, la inclinación de ambas curvas en el campo de bajos valores del porcentaje de potasio intercambiable, indicaría que en los suelos experimentados, pequeños porcentajes de potasio intercambiable tienen una marcada influencia sobre la permeabilidad.

La fig. 1 ofrece una indicación similar para los horizontes B y C del suelo de Santa Fe, pero muestra un efecto muy diferente en el

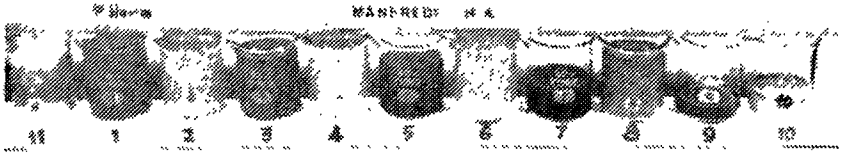


FIG. 3. — Experiencia N° 1. Turbidez y coloración de los percolados recogidos en la primera hora.

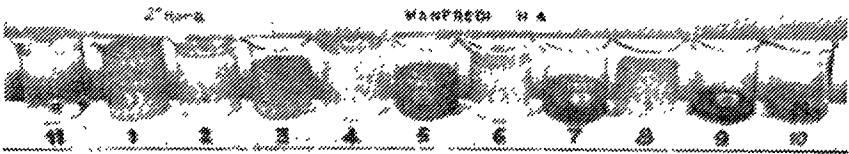


FIG. 3. — Experiencia N° 1. Turbidez y coloración de los percolados recogidos en la segunda hora.

CUADRO 1 - EXPERIENCIA N° 1

Columna de sueto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CO ₃ Ca %				0,5		0,5		0,5		0,5	0,5
K meq./100 g	2,6	1,3	5,0	3,2	7,4	4,6	8,7	7,1	13,6	12,4	0,8
K % sobre CIC	11,5	5,8	22,2	14,2	32,9	20,4	38,6	31,4	60,4	55,1	3,6
Volúmenes de agua percolados en cada hora; ml											
1ª hora	92	99	50	73	40	55	23	43	8	13	146
2ª hora	74	80	34	64	29	43	16	33	5	8	134
3ª hora	68	74	29	60	19	38	13	30	3	7	136
4ª hora	58	60	23	54	19	33	13	24	3	6	137
5ª hora	54	57	20	52	18	30	11	22	2	4	137
6ª hora	47	57	19	51	17	27	9	21	2	4	136
7ª hora	44	54	18	49	15	25	7	20	1	3	137

Volúmenes relativos, en porcentajes sobre volúmen percolado en la columna 2.

7ª hora	81	100	33	91	28	46	13	37	1,8	5,5	254
---------	----	-----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----

CUADRO N°2 - EXPERIENCIA N°2

Columna de suelo	1	2	3	4	5	6
CO ₃ Ca %						0,5
K meq./100	2,6	1,3	16,9	24,0	36,4	3,6
K % sobre CIC	11,5	5,8	16,9	24,0	36,4	3,6
Volúmenes de agua percolados en cada hora; ml						
1ª hora	93	112	87	52	39	148
2ª hora	69	89	64	34	23	138
3ª hora	60	82	53	29	18	136
4ª hora	48	65	42	23	15	139
5ª hora	47	66	44	22	13	138
6ª hora	43	65	42	21	12	137
7ª hora	41	59	40	20	11	138
Volúmenes relativos, en porcentajes sobre volumen percolado en la columna 2						
7ª hora	69	100	68	34	18	234

caso del horizonte A. En este último se requieren porcentajes de potasio intercambiable superiores a 20 para que el efecto sobre la permeabilidad sea importante.

Las diferencias en los contenidos de materia orgánica no explican el distinto comportamiento. En los suelos experimentados no se conoce con certeza la mineralogía de sus arcillas, pero, por analogía con otros suelos de la región, la ilita sería el mineral dominante.

La capacidad de intercambio de cationes del horizonte A del suelo de Santa Fe, es de 12,4 meq/100 g, mientras que en los otros suelos está comprendida entre 18 y 22,5 meq./100 g. En esta diferencia relacionada con el contenido de arcilla y el tamaño de las partículas, puede radicar la explicación de las distintas intensidades de los efectos observados.

III. CONCLUSIONES

1) Los resultados de las experiencias realizadas agregan nueva evidencia a las obtenidas en un trabajo anterior (2) respecto a que el potasio intercambiable contribuye a crear malas condiciones físicas en los suelos.

2) En el suelo ensayado (horizonte A de un suelo Brunizem intergrado a Castaño) cuando el contenido de potasio intercambiable se incrementa de 5,8 % sobre la CIC a 11,5 %, la permeabilidad al agua a las 7 horas de percolación se reduce en un 19 % si el contenido de potasio se incrementa al 22 %, la reducción de la permeabilidad alcanza al 66 %.

3) Al aumentar el porcentaje de potasio intercambiable, aumenta considerablemente la dispersión de la arcilla y la de los coloides húmicos. La dispersión y migración de las partículas coloidales, en el transcurso de la percolación del agua, bloquearían gradualmente la porosidad de las columnas de suelo, reduciendo la permeabilidad.

4) El agregado de carbonato de calcio al suelo, en proporción de 0,5 %, reprime la incorporación del potasio durante los tratamientos con cloruros de potasio y de calcio y, luego de los tratamientos, durante la percolación del agua, el calcio proveniente del carbonato, desaloja parcialmente al potasio originariamente presente como intercambiable o incorporado durante los tratamientos.

5) En el suelo no tratado, el agregado de carbonato de calcio al suelo, en proporción de 0,5 %, aumentó la permeabilidad al agua inicial en un 50 %, además, en la columna de suelo con carbonato de calcio la permeabilidad se mantuvo constante durante todo el ensayo, de modo que a las 7 horas de percolación era 3 veces mayor que la observada en la columna de suelo sin agregado de carbonato de calcio. Ese comportamiento se atribuyó a la disminución del contenido de potasio intercambiable en los suelos con carbonato de calcio en el agua percolante, por lo que las partículas coloidales permanecían floculadas.

6) Los resultados obtenidos y las observaciones realizadas, pueden contribuir a la mejor comprensión de suelos con altas proporciones de potasio intercambiable, que ocupan extensas superficies de la provincia de Córdoba, con horizontes A similares al experimentado, cuyos contenidos de potasio intercambiable suelen estar comprendidos entre 12 y 16 %.

7) Los resultados obtenidos sugieren que es de interés estudiar la posibilidad de utilizar el carbonato de calcio para mejorar las condiciones físicas de dichos suelos.

8) Del estudio realizado surgen nuevas objeciones a las formuladas por uno de los autores (1-2) a las experiencias de Reeve y colaboradores (3) y a su interpretación, en base a las cuales el Staff del U. S. Salinity Laboratory (4) sostiene que el potasio intercambiable tiene poco a ningún efecto sobre las condiciones físicas de los suelos.

IV. RESUMEN

Empleando técnicas de percolación en los tratamientos con soluciones de cloruro de calcio y de potasio para incorporar al suelo cantidades determinadas de potasio intercambiable y en la comparación de las permeabilidades, se estudió la influencia del potasio intercambiable sobre la permeabilidad. Los resultados concuerdan con los obtenidos por los autores en experiencias anteriores, que mostraban que el potasio intercambiable contribuye a crear condiciones físicas desfavorables en los suelos.

En el suelo experimentado, Brunizem intergrado a Castaño, la permeabilidad fue de 1,3 y 1,8 para suelos cuyos porcentajes de potasio intercambiable eran 5,8:11,5:22,0:32,9:38,6 y 60,4 respectivamente. Al aumentar la proporción

de potasio intercambiable aumentaba la turbidez y coloración de los percolados, evidenciando un marcado efecto del catión sobre la dispersión y migración de arcilla y de los coloides húmicos.

Agregando al suelo 0,5 % de carbonato de calcio, el porcentaje final de potasio intercambiable se redujo a 3,6; en los ensayos de permeabilidad, todos los percolados fueron lípidos e incoloros. La permeabilidad se mantuvo constante y a las siete horas de percolación era 2,5 y 3,0 veces mayor que la de los suelos sin carbonato de calcio con porcentaje de potasio intercambiable iguales a 5,8 y 11,5 (suelo natural) respectivamente.

Estos resultados agregan nuevas objeciones a las que los autores, en trabajos anteriores, formularan a las experiencias en base a las cuales el U. S. Salinity Laboratory sostiene que el potasio intercambiable tiene poco o ningún efecto sobre las condiciones físicas de los suelos.

Las comprobaciones realizadas, pueden contribuir a la mejor comprensión del comportamiento de suelos que ocupan extensas superficies en la República Argentina, cuyos contenidos en potasio intercambiable suelen estar comprendidos entre 12 y 16 %.

SUMMARY

Utilizing percolation techniques in soil treatment with solutions of calcium and potassium chlorides, with the purpose of incorporating definitive quantities of exchangeable potassium and in comparing the permeabilities, the influence of exchangeable potassium on permeability was studied. The results are in agreement with those obtained by the authors in previous experiments, which showed that exchangeable potassium contributed to impair the physical conditions of soils.

In the soil tested a Brunizem intergrade to Chestnut, the relative permeability after seven hours of water percolation was of 100:81:33:28:13 and 1,8, when the respective percentages of exchangeable potassium were 5,8: 11,5:22,0:32,9:38,6 and 60,4. Augmenting the proportion of exchangeable potassium, increased the turbidity and coloration of the percolates, showing a marked effect of the cation on dispersion and migration of clay and humic colloids.

On addition to the soil of 0,5 % calcium carbonate, the final percentage of exchangeable potassium was reduced to 3,6; in the permeability tests, all percolates were limpid and colourless. The permeability was maintained constant and after seven hours of percolation was 2,6 and 3,0 times greater than that of the soil without calcium carbonate with exchangeable potassium percentages of 5,8 and 11,5 (natural soil), respectively.

These results add new objections to those expressed by the authors in previous works, about the experiments on which the U. S. Salinity Laboratory sustains the point of view that potassium has little or no effect on soil physical conditions.

The accomplished findings may contribute to a better understanding of the behaviour of soils occupying extensive areas in Argentina, which have exchangeable potassium contents between 12 and 16 %.

V. BIBLIOGRAFIA

1. CERANA, L. A. 1969. El potasio y el magnesio intercambiables en relación con la morfología y las propiedades físicas de los suelos. *Actas de la V Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo* 52-53. Santa Fe, julio 1969
2. FAEDO, S. E. y L. A. CERANA. 1971. Efectos del potasio intercambiable sobre la permeabilidad de un suelo de Santa Fe. *Actas de la VI Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo* t. 1:35-49. Córdoba, setiembre 1971
3. REEVE, R. C. et al. 1954. A comparison of the effect of exchangeable sodium and potassium upon the physical conditions of the soils *Sol. Sci. Soc. Amer. Proc.* 18:130-32.
4. U. S. D. A. Soil Conservation Service. Salinity Laboratory Staff. 1954 *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. U. S. Dept. Agriculture Handbook N° 60. U. S. Government Printing Office. Washington.