

# EFFECTO DE LA LABRANZA PROFUNDA Y LA FERTILIZACION SOBRE LAS PROPIEDADES DE TRES SUELOS NATRICOS Y RENDIMIENTO DE CULTIVOS EN ALBERTA, CANADA

R. Cairns (1) T. W. Peters (2) y S. Lavado (3)

Recibido: 3/12/80  
Aceptado: 23/3/81

## RESUMEN

Se estudió el efecto de la labranza profunda sobre las propiedades de tres Natriboroles y su influencia en el rendimiento de cultivos. Se incluyeron tratamientos con fertilizantes.

Se encontró distinta magnitud en los cambios en las propiedades de los suelos, en relación con el contenido de calcio y el grado de solonetzización que ellos poseían. La fertilización del suelo muestra una gran alteración.

La respuesta vegetal en ambas prácticas es importante, en especial cuando se realizaron conjuntamente.

## SUMMARY

The effect of deep plowing of three Natriborolls on its properties and crop yield were studied. Fertilizer treatments were included.

Each soil showed different degrees of change in physical and chemical properties. The changes were related to calcium content and solonetzic properties of these soils. The soil fertility was disturbed. The crop response to deep plowing and fertilization was important especially when both were applied.

## INTRODUCCION

La arada profunda es uno de los más exitosos y drásticos intentos para modificar las propiedades de ciertos suelos solonetzicos (Molisoles con horizontes B nátrico). La práctica como medio de recuperación de estos suelos, fue desarrollada inicialmente en Europa Oriental y difundida, luego, a otros países con suelos Solonétzicos (Cairns, 1962; Bolshakov y Park, 1967; Obrejanu *et al.*, 1970; Harker *et al.*, 1977), especialmente

Canadá. En la provincia de Alberta, de este último país, la técnica cultural ha pasado a ser de uso común en establecimientos agrarios con estos suelos, favorecida por un detallado conocimiento de los suelos, mejores diseños de los implementos, maquinaria de tracción de mayor potencia y favorables condiciones económicas.

Desde el punto de vista del suelo, la arada profunda simple mezcla los horizontes A, B y parte del C, con lo que ocasiona grandes cambios en las propiedades y composición

- 
- (1) Solonetzic Soil Substation, Vegreville, Alberta, Canadá.
  - (2) Soil Survey, The University of Alberta, Edmonton, Alta. Canadá.
  - (3) Becario externo e investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina. Sede de trabajo actual: Instituto de Geomorfología y Suelos, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Nota: Los aspectos experimentales del presente trabajo fueron llevados a cabo por los dos primeros autores.

física y química de los suelos. La respuesta vegetal es variable, dependiendo de muchos factores, entre los cuales se destaca la relación Ca/Na (Cairns, 1972b; Harker *et al.*, 1977; Lavado y Cairns, 1981).

Por otro lado, en Alberta, se ha encontrado una importante respuesta de los cultivos a la fertilización nitrogenada, hayan sido o no estos suelos sujetos a la labranza profunda (Cairns *et al.*, 1977; Harker *et al.*, 1977; Toogood y Cairns, 1978).

Debido a la falta de estudios comparativos entre distintos suelos, en el presente se estudia el efecto de la labranza profunda en tres suelos solonetzicos y el rendimiento de cultivos, sujetos o no a la fertilización.

## MÉTODOS

Luego de cinco años de haberse efectuado una arada profunda (55-60 cm de profundidad), fueron tomadas seis muestras en el área tratada y otras seis en el área testigo. Las muestras fueron tomadas por horizontes o profundidad equivalente. La superficie arada, en todos los casos, fue de 0,25 ha. Los tres Natriboroles sujetos al presente estudio se encuentran en la misma zona ecológica (Alberta, Department of Agriculture, 1979). En el cuadro 1, figuran algunas de sus características.

Posteriormente a la labranza se sembró cebada en los tres suelos, la que falló en uno

de ellos (suelo Duagh). En el segundo año se sembró una pastura de alfalfa y cebadilla (*Bromus inermis*) en los suelos Torlea y Kavanagh. En el Duagh se sembró cebada nuevamente y recién en el tercer año la pastura. La mitad de las superficies sembradas fueron fertilizadas anualmente con 124 kg Na/ha, 137 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 168 kg K<sub>2</sub>O/ha.

Las muestras de suelo fueron tomadas de los tratamientos no fertilizados y fueron sujetas a la metodología analítica de uso común en estos suelos, detallada en otras publicaciones (Cairns *et al.*, 1977; Harker *et al.*, 1977).

## RESULTADOS

### Propiedades físicas y químicas

En el cuadro 2 figuran los valores de cationes intercambiables como porcentaje del testigo. Las variaciones encontradas se deben a la redistribución de arcillas, desaparición o disminución del hidrógeno intercambiable, lixiviación, etc. Se destaca el incremento generalizado del Ca en el horizonte A, disminución del Na en el horizonte A del suelo Torlea y el aumento del K en los tres perfiles.

El pH (cuadro 3) se elevó en el horizonte A y disminuyó en el horizonte B de los tres suelos. Solamente en el suelo Torlea disminuyó el pH del horizonte C. En todos los suelos se incrementó la relación Ca/Na (cua-

CUADRO 1: Algunas características de los suelos.

Suelo (a)	Nombre	Material original	Localización	Superficie (b)
Black Solonetz	Kavanagh Loam	Formación rocosa residual	Leduc	86
Dark Brown Solonetz	Torlea Loam	Idem	Viking	65
Black Solonetz	Duagh Silt Loam	Till glacial	Chipman	32

a) Taxonomía canadiense; b) Miles de ha.

**CUADRO 2: Porcentaje de variación de los cationes intercambiables después de la labranza, en comparación con el testigo (testigo: 100%).**

Suelo	Horizonte	Ca	Mg	Na	K
Kavanagh	A	522,9	121,7	131,8	190,6
	B	82,3	64,4	79,5	84,0
	C	90,4	79,2	90,6	92,7
Torlea	A	440,2	182,5	52,9	143,4
	B	60,1	88,6	93,8	117,1
	C	121,2	113,5	123,7	122,9
Duagh	A	532,5	141,8	120,7	118,1
	B	85,6	105,1	111,8	101,3
	C	96,4	95,1	98,6	89,2

**CUADRO 3: Propiedades químicas de los suelos.**

Suelo	Horizonte	pH		Relación* Ca/Na		Yeso (%)	
		Testigo	Arado	Testigo	Arado	Testigo	Arado
Kavanagh	A	5,9	7,3	1,8	7,3	0	0
	B	8,1	7,7	3,8	3,4	0	0
	C	8,3	8,3	2,0	2,0	0,13	0
Torlea	A	6,0	6,8	0,8	6,5	0	0
	B	8,3	7,2	2,6	3,5	0	0
	C	8,2	7,3	2,9	2,9	0,30	0
Duagh	A	5,5	7,5	0,6	2,8	0	0
	B	8,0	7,6	1,3	2,6	0	0
	C	7,9	7,8	2,7	2,7	0,07	0

\* Extractables Ac NH<sub>4</sub>, pH 7.**CUADRO 4: Propiedades físicas de los suelos.**

Suelo	Horizonte	Infiltración (a)		Densidad aparente (b)		Resistencia rotura (c)	
		Testigo	Arado	Testigo	Arado	Testigo	Arado
Kavanagh	A	646,5	263,5	1,62	1,76	-	-
	B	57,6	164,7	2,06	1,74	17,35	15,86
	C	-	-	2,06	2,06	-	-
Torlea	A	292,9	318,2	1,80	1,61	1,50	2,25
	B	12,0	170,6	2,07	1,90	12,91	9,51
	C	-	-	2,11	2,10	-	-
Duagh	A	50,0	11,7	1,36	1,66	1,00	2,37
	B	4,0	35,8	1,98	1,93	9,10	7,98
	C	-	-	1,89	1,89	-	-

(a): mm h<sup>-1</sup>; (b) gr cm<sup>3</sup>-1; (c) kg cm<sup>2</sup>-1.

dro 3), pero sólo en los suelos Torlea y Kavanagh fue superado el límite de 4. La relación Ca/Na superior a 4 es de gran importancia en los cambios en las propiedades de estos suelos después de la arada profunda (Harker *et al.*, 1977; Lavado y Cairns, 1981) y para la emergencia de los cultivos (Cairns, 1976).

La infiltración (cuadro 4) disminuyó en el horizonte A y aumentó en el B en los suelos Kavanagh y Duagh, mientras aumentó en ambos horizontes del suelo Torlea. La densidad aparente (cuadro 4) sigue un modelo inverso. La resistencia a la rotura tendió a aumentar en el horizonte A y disminuir en el horizonte B, en todos los casos. El yeso del horizonte C desapareció en los tres suelos (cuadro 3).

### Fertilidad

El contenido de materia orgánica disminuyó en el horizonte A de todos los suelos. En el horizonte B, se incrementó en los suelos Kavanagh y Torlea pero disminuyó en el Duagh (cuadro 5). El N total disminuyó en el horizonte A y presentó limitados cambios en el B, de los tres suelos. El P asimilable disminuyó en los horizontes A y B de todos los casos, excepto en el horizonte B del suelo Kavanagh.

### Rendimientos

Los rendimientos fueron variables según

los suelos (cuadro 6). El Duagh fue el de mayor productividad, seguido por el Kavanagh y luego el Torlea. La acción de la labranza profunda y la fertilización separadas o en conjunto incrementaron notablemente los rendimientos pero manteniendo semejante ordenamiento productivo.

La arada profunda sola provocó aumento de producción del orden del 160% al 281%, pero cuando ambas prácticas se combinaron los incrementos de rendimientos se elevaron al orden de 267% al 304%.

Al menos en el suelo Kavanagh, del cual se posee un mayor registro de rendimientos, el efecto de la arada profunda se mantiene en el tiempo: la variación porcentual del rendimiento de la pastura entre testigo y labranza profunda fue 277%, 212%, 205% y 249%, para los cuatro años estudiados, respectivamente.

### DISCUSION

El suelo Torlea presentó mejores propiedades físicas y químicas después de la arada profunda: la densidad aparente disminuyó, la infiltración aumentó, el sodio intercambiable y el pH disminuyeron, mejoró la relación Ca/Na. El suelo Kavanagh presentó cambios similares, pero en menor grado. El suelo Duagh mostró las menores variaciones. El ordenamiento de los suelos desde este punto

CUADRO 5: Algunos valores relacionados con la fertilidad.

Suelo	Horizonte	Materia orgánica (%)		Nitrógeno (%)		Fósforo (ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	
		Testigo	Arado	Testigo	Arado	Testigo	Arado
Kavanagh	A	3,93	2,34	0,30	0,15	7,07	1,83
	B	1,36	1,78	0,11	0,12	0,40	1,08
Torlea	A	3,38	1,51	0,25	0,11	5,12	0,40
	B	1,18	1,36	0,11	0,11	0,52	0,35
Duagh	A	6,73	2,58	0,50	0,18	6,77	2,50
	B	2,73	1,93	0,23	0,25	2,40	0,78

CUADRO 6: Rendimiento de heno de alfalfa-cebadilla (kg/ha materia seca).

Suelo	Testigo (laboreo normal)		Labranza profunda	
	No fertilizado	Fertilizado	No fertilizado	Fertilizado
Kavanagh (a)	1.667	3.844	2.667	4.454
Torlea (b)	811	1.334	2.320	2.470
Duagh (c)	1.870	4.874	3.464	5.297

(a): Promedio de cuatro años (del 2º al 5º); (b): Promedio de dos años (2º y 3º); (c): Promedio de tres años (del 3º al 5º).

de vista está asociado al contenido de yeso y la relación Ca/Na.

Los parámetros de la fertilidad presentan grandes cambios. Aparentemente el suelo Kavanagh es el menos afectado, seguido por el suelo Torlea y el suelo Duagh. Este último, aunque fue el más alterado, aún conserva un mayor grado de fertilidad. Debiéndose tener en cuenta, desde este punto de vista, que la dinámica del suelo se modifica luego de la arada profunda, por ejemplo la mineralización del N se incrementa (Cairns, 1972, a y b).

La producción vegetal en el área cultivada con elementos superficiales, está en relación con parámetros de la fertilidad (por ejemplo contenido de materia orgánica), el grado de solonización (por ejemplo el pH del horizonte B) y propiedades físicas del suelo (por ejemplo la densidad aparente). El laboreo profundo y/o la fertilización incrementó los rendimientos y los mantuvo en el tiempo, pero no alteró, en términos generales, el ordenamiento productivo de los suelos. El suelo Torlea, tal vez el más solonético, es el que más respondió a la labranza profunda, pero fue el que menos lo hizo a la fertilización.

### CONCLUSIONES

Los distintos suelos nátricos responden en diferentes grados a la labranza profunda.

En función del contenido de Ca del perfil es de esperar que cuanto más solonéticos sean, la respuesta a la arada profunda será mayor. La respuesta a la fertilización sigue un patrón inverso, mientras que la combinación de ambas prácticas adiciona los incrementos de los rendimientos.

### BIBLIOGRAFIA

- 1) Alberta Department of Agriculture, 1979. Agdex 100/32. February 1979. 5 p.
- 2) Bolshakov, A. F. and K. P. Pak, 1967. Development of soil meliorative science with reference to Solonchets in the Soviet Union. *Sov. Soil Sci.*, 12: 1594-1605.
- 3) Cairns, R. R., 1962. Some effects of deep working on Solonetz soil. *Can. J. Soil Sci.*, 42: 273-275.
- 4) Cairns, R. R. *et al.*, 1977. Effects nitrogen fertilization of Bromegrass grown on Solonchetic soils. *Can. J. Soil Sci.*, 47: 1-6.
- 5) Cairns, R. R., 1972a. Effect of Solonetz soil horizon mixing on the availability of nitrogen to plants in the greenhouse. *Can. J. Soil Sci.*, 52: 195-198.
- 6) Cairns, R. R., 1972b. Probable role of calcium compounds in increasing crop yields on deep-plowed Solonetz soil. *Can. J. Soil Sci.*, 52: 393-399.
- 7) Cairns, R. R., 1976. Seedbed condition after deep-plowing Solonetz soil. *Can. J. Soil Sci.*, 56: 501-503.
- 8) Harker, D. B.; G. R. Webster and R.R. Cairns, 1977. Factors contributing to crop response on a deep-plowed Solonetz soil. *Can. J. Soil Sci.*, 57: 279-287.
- 9) Lavado, R. S. and R. R. Cairns, 1981. Solonetz

- zic soil properties and crop yields as affected by various tillage implements. Aprobada su publicación en "Soil and Tillage Research".
- 10) Obrejanu, G.; S. V. Oprea and G. Sandu, 1970. Improvement of Solonetztes and Solonetzic soils in Europe. *Soviet Soil Sci.*, 4: 466-478.
- 11) Toogood, J. A. and R. R. Cairns, (co-editor), 1978. Solonetzic soil technology and management. University of Alberta, Edmonton. 105 p.
-

que estos mutantes condicionan endosperma harinoso o blando.

Es por ello que se busca "enmascarar" la expresión fenotípica de estos genes mediante otros modificadores que hacen variar la textura del grano convirtiéndola en dura o vítrea, es decir que los fenotipos que condicionan tienen apariencia normal.

Paez *et al.* (1969), manifiestan que el contenido de lisina de granos mitad harinosos y mitad córneos es similar que al de granos totalmente harinosos de una misma espiga de genotipo *opaco-2*.

Cuando los granos son profundamente modificados, es decir, convertidos totalmente a fenotipo normal, el nivel de lisina no se mantiene tan alto como en los granos harinosos, pero sí es superior al de los granos de genotipo normal. Esta comprobación es efectuada por distintos autores, entre ellos Pollacsek *et al.* (1969) y Robutti *et al.* (1974).

Otros autores, en cambio, manifiestan que el efecto de esos modificadores sobre el nivel de lisina no es de mayor importancia. Entre ellos, Pradilla *et al.* (1973), indican que no hay diferencias significativas en el nivel de lisina y triptófano entre granos completamente harinosos y flint de un híbrido *opaco-2*. También Bjarnason *et al.* (1977), manifiestan que mientras los factores modificadores de textura de *opaco-2* tienen un gran efecto sobre la textura del grano, su influencia sobre el nivel de lisina es pequeña.

Si bien el efecto sobre el nivel de triptófano y lisina de estos modificadores está relativamente aclarado, la forma de herencia de estos genes no ha sido bien esclarecida, presumiblemente porque se trata de una regulación condicionada por numerosos genes.

Sin embargo Pollacsek (1970) comunica que un gen supresor dominante de la expresión fenotípica de *opaco-2* es responsable de la modificación de la textura haciéndola córnea. Este gen no sólo suprime la expresión de la textura condicionada por *opaco-2* sino que también hace que el nivel de lisina retorne a su contenido normal.

En esta investigación queda aclarado

que existen genes de herencia simple que suprimen la expresión fenotípica de mutantes harinosos, pero en ese caso también suprime el efecto sobre el nivel de lisina.

Bjarnason *et al.* (1976), manifiestan que en cruzamientos de líneas *opaco-2* de genotipo harinoso con líneas normales (fenotipo traslúcido) la relación 3:1 esperada entre granos córneos y harinosos F<sub>2</sub> se cumple. Mientras que en cruzamientos de líneas *opaco-2* modificado (endosperma duro) con líneas normales encuentran una significativa desviación de la relación 3:1 debido a un exceso de granos normales.

El efecto de genes modificadores en otros mutantes que condicionan textura harinosa en el endosperma del grano de maíz no ha sido estudiado. Por ello es propósito de este estudio el de interpretar el fenómeno hereditario de estos supresores sobre otro mutante harinoso: el *floury-a*.

El gen *floury-a* fue descubierto por Mazoti (1940) y se comporta como un recesivo en dos dosis, siendo alelo del *floury-1*.

El gen *floury-a* si bien no tiene efecto "per se" sobre el patrón proteico del grano condicionando altos niveles de lisina y triptófano, en interacción con dos modificadores (*lisina-1* y *lisina-2*) condiciona altos niveles de estos aminoácidos (Magoja, 1978).

Por ello resulta también de interés el estudio de genes supresores sobre el mismo, ya que se podrían lograr maíces de alta calidad proteica pero con fenotipo normal.

Mazoti (1970)\* consigue por selección, a partir de un cruzamiento de *floury-a* por líneas normales, obtener una línea *floury-a* de fenotipo totalmente córneo. Asimismo en la descendencia de otros cruzamientos practicados con posterioridad, entre líneas que llevan el gen *floury-a* y líneas normales, se observó una relativamente "rápida" conversión a fenotipo normal por selección.

Este fenómeno indujo a pensar que posiblemente la acción supresora de la expresi-

\* Comunicación personal.