Adición de carbón activado y oxidantes a un suelo de terrazas marinas y su efecto sobre la germinación del trigo[1]

Effect on wheat germination of the addition of activated carbon and/or hydrogen peroxide to a soil

Elías Letelier A.[2]
Rafael Novoa S.–A.[2]

SUMMARY

This effect was studied in a clay soil, from a marine terrace of the central coastal zone of Chile (V and VI Region). Pots were maintained under two hydric conditions: field capacity and saturation.

Under saturation, the best germination was obtained in a soil mixed with activated carbon (1 g A.C./ 0.5 lt soil) and irrigated with hydrogen peroxide. Carbon alone improved also germination in a soil under normal hydric conditions and in a soil subjected to compression and dispersion.

INTRODUCCION

En los suelos arcillosos de las terrazas marinas de las V y la VI Región son muy comunes las fallas de germinación o de emergencia del trigo. Este fenómeno está asociado a una elevada pluviometría durante el período de siembra de este cereal (otoño). Otras observaciones efectuadas en el campo, muestran que algunas semillas no germinan y algunas comienzan a germinar, pero el coleoptilo y el mesocotilo se doblan sin llegar a emerger, fenómeno designado como "gateo" por parte de los agricultores.

La investigación que se presenta tiene por objeto contribuir al entendimiento de los citados fenómenos.

La saturación hídrica, debida al mal drenaje del suelo o a un exceso de lluvias en el período de desarrollo de las plantas, produce una serie de efectos desfavorables para el crecimiento de la vegetación, destacándose especialmente los siguientes:

- Disminución del oxígeno en el suelo y baja difusión de dicho elemento (Grade, 1966; Mayer y Poljakoff, 1963; Drew y Sisworo, 1979; Trought y Drew, 1980).
- Acumulación de productos potencialmente nocivos, originados en un sistema suelo bajo condiciones de anaerobiosis, entre los que se puede citar: etileno, ácidos orgánicos, ácido sulfhídrico, manganeso y toxinas diversas (Grade, 1966; Duthion y Mingeau, 1976; Ponnamperuma, 1972; Allarn y Hollis, 1972; Rusell, 1973; Drew y Sisworo, 1979). También se citan variaciones en el contenido de CO_2, pero su influencia parece ser poco importante (Grade, 1966).
- Disminución de la absorción de iones, especialmente de nitratos (Drew y Sisworo, 1979; Trought y Drew, 1980).

En cuanto al caso específico de la germinación de las semillas en medios anaeróbicos, es interesante lo ase-

[1] Recepción de originales: 9 de diciembre de 1981.
Trabajo presentado al Tercer Simposio Nacional de la Ciencia del Suelo, 1981.
[2] Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

verado por Went, en el sentido de que muchas plantas poseen en sus semillas inhibidores específicos que impiden su germinación en condiciones desfavorables (Black, 1968).

El efecto depresivo de la compactación y dispersión excesiva del suelo sobre la germinación del trigo es un hecho de común observación. Este efecto depresivo ha sido atribuido a la disminución de la tasa de difusión del oxígeno y al aumento de la consistencia de la costra superficial del suelo (Hanks y Thorp, 1956). Estos autores opinan que, en suelos franco arcillosos y franco–limosos, la porosidad de aireación debe estar entre 16 y 25%, para que no haya limitaciones en la germinación del trigo. Otro posible efecto de la compactación del suelo podría ser su acción estimulante sobre la producción de etileno (Goeschl, Rappaport y Pratt, 1966).

La gran superficie interna del carbón amorfo de origen orgánico (charcoal) y especialmente del C.A. ha sido utilizada, en experimentos de laboratorio, de invernadero y de campo para aumentar la eficiencia de procesos biológicos (Rocasolano 1933–39) y para adsorber productos tóxicos para la vegetación (Papadakis, 1954; Linscott y Hagin, 1967; Puri, Lakhampal y Verma, 1953; Carlson, Moulton y Hammer, 1950).

Went ha utilizado carbón amorfo (charcoal) para promover la germinación de semillas de plantas de desierto y para acelerar la germinación de semillas de tomate a bajas temperaturas (Black, 1968; Went, 1957) y atribuye la acción de ese producto a su efecto adsorbente sobre las sustancias inhibidoras de la germinación. El C.A. puede, no sólo adsorber las toxinas, sino también acelerar su oxidación, mediante un efecto catalítico (Papadakis, 1954; Puri y otros, 1953).

Se ha utilizado la adición de nitratos a ambientes anaeróbicos, tanto para disminuir el efecto depresivo de las condiciones reductoras sobre la concentración de nitrato en el suelo como para disponer de un aceptador alternativo de electrones, en lugar del oxígeno. Algunos autores citan ensayos con diversos niveles de éxito en este sentido (Grade, 1966; Melsted, Kurtz y Bray, 1949; Drew y Sisworo, 1979). El agua oxigenada puede ser utilizada como un medio directo de proporcionar oxígeno al ambiente de la semilla. Este producto ha sido utilizado como un "fertilizante" indicador de condiciones anaeróbicas (Melsted y otros, 1949).

En los experimentos que se describen en este trabajo, se han ensayado los productos citados anteriormente como con causas en la disminución de los efectos nocivos del mal drenaje, o de la compactación del suelo, sobre la germinación de semillas de trigo, en muestras tomadas en las terrazas marinas de la V y la VI Región.

MATERIALES Y METODOS

Experimento Nº 1. Los tratamientos de este ensayo se encuentran indicados en el Cuadro 1. El ensayo se verificó en macetas de 406 cc de capacidad, sin orificio de drenaje. Se utilizó un suelo arcilloso proveniente de terrazas marinas de la VI Región, con una capacidad de campo de 26% en peso. Se sembraron 10 semillas de trigo por maceta a una profundidad de 6,5 cm, en dos repeticiones. Las macetas se cubrieron con una bolsa de plástico pegada con scotch, con objeto de mantener la humedad original; sin embargo, este objetivo no fue totalmente logrado, como se puede apreciar en el Cuadro 1. Los tratamientos "comprimidos" fueron golpeados levemente, con un peso de 200 g por capas. La dispersión de los tratamientos "dispersos" se hizo a mano, en estado de saturación hídrica. La siembra se efectuó el 20 de agosto. Se usó carbón activado Merck para análisis y se agregó a razón de 1 g/maceta, mezclándolo con el suelo. En los tratamientos con semillas empapadas en solución de NH_4NO_3, las semillas estuvieron, previamente a la siembra, sumergidas dos horas en una solución de 1 g de NH_4NO_3, grado analítico, en un litro de agua y ajustada a pH 6,5.

En el Cuadro 1 puede observarse la humedad a que se encontraba el suelo de las macetas a la fecha de la última observación (8 septiembre), así como también la porosidad total y la macroporosidad en cada una de las macetas.

Experimento Nº 2. Se hizo en macetas plásticas de 406 cc de capacidad, con un suelo superficial de las terrazas marinas de la VI Región, con una capacidad de campo en peso de 20%. Los tratamientos están indicados en el Cuadro 3. El riego de las macetas, aproximado a capacidad de campo, se hizo completando con agua todos los días un peso por maceta de 480 gramos de suelo + agua, lo que equivale a un 100% de la capacidad de campo. Las macetas regadas a saturación recibieron agua todos los días, hasta obtener un exceso sobre la superficie. La siembra se efectuó el 16 de septiembre. Las semillas se sembraron a 4 cm de profundidad. El ensayo se terminó el 13 de octubre, día en el que se vaciaron las macetas y se contaron las semillas germinadas y sin germinar.

Este ensayo tuvo tres repeticiones. Se sembraron 10 semillas en cada maceta.

Experimento Nº 3. Este constituye una repetición de los tratamientos 3, 4, 5 y 6 del Experimento Nº 2. Se

CUADRO 1. HUMEDAD, POROSIDAD TOTAL Y MACROPOROSIDAD FINALES EN LOS TRATAMIENTOS DEL EXPERIMENTO Nº 1 (PROMEDIO DE DOS REPETICIONES)

TABLE 1. Final humidity, total porosity, and macroporosity in Trial Nº 1 treatments (average for two replications)

Tratamientos*	SUELO SIN ADITIVOS			SUELO +CARBON ACTIVADO			SEMILLAS + NH_4NO_3		
	Humedad en peso %	Porosidad total %	Macroporosidad %	Humedad en peso %	Porosidad total %	Macroporosidad %	Humedad en peso %	Porosidad total %	Macroporosidad %
76% C.C., comprimido	18,6	53	21	17,6	55	24	20,0	51	18
76% C.C., sin comprimir	13,8	64	39	15,0	66	42	16,0	66	42
60% C.C., comprimido	12,2	53	21	16,2	57	27	14,0	55	24
60% C.C., sin comprimir	13,6	68	46	11,4	64	39	12,4	68	46
Saturado, sin dispersar	42,2	56	27	32,5	58	29	49,2	58	29
Saturado, disperso	43,8	47	11	34,4	45	9	39,9	46	9

* La capacidad de campo (C.C.) en peso de este suelo era de 26%. La humedad a 76% C.C. fue de 20% al comenzar el experimento y la humedad a 60% C.C. fue de 16%. La porosidad total se midió por determinación directa del volumen de la maceta y del peso de tierra seca a 105º contenida en ella, considerándose una densidad real del suelo de 2,65. La macroporosidad es la diferencia entre la porosidad total y la C.C., expresada en volumen.

utilizó el mismo suelo. Se sembró el 2 de octubre. Los tratamientos se encuentran indicados en el Cuadro 5. El riego a saturación significó una humedad de aproximadamente 70% en peso, para el tratamiento sin aditivos o con C.A., regando con agua destilada. En el caso del riego con agua oxigenada, la cantidad necesaria para la saturación fue algo menor en promedio (60%). El experimento se terminó el día 26 de octubre, en el que se examinó el estado del suelo y de las semillas no emergidas.

RESULTADOS

Experimento Nº 1. Al terminarse el experimento, se contó el número de plántulas emergidas y el número de semillas germinadas, pero no emergidas, en cada una de las macetas.

En aquellas macetas cuyo suelo había sido comprimido y que recibieron C.A., se observó que las semillas germinadas (pero no emergidas) presentaban el característico "gateo". Tanto en los tratamientos con C.A. y suelo saturado como en todas las macetas sin carbón, la germinación de las semillas fue incipiente y anormal. En varias de las macetas sometidas a saturación hídrica se observó síntomas de gleysación cerca de la semilla y mal olor.

Del Cuadro 2 se deduce que el carbón activado aceleró la emergencia de las semillas en todos los tratamientos, cualquiera que fuera la compresión del suelo o sus condiciones hídricas. Por su parte, la compresión del suelo no afectó al número de semillas germinadas, pero sí al número de plántulas emergidas. La compresión del suelo y/o su dispersión afectó desfavorablemente la emergencia de las macetas con C.A. pero algunas plantas lograron emerger en estas condiciones. La emergencia fue nula en las macetas que no llevaron C.A., lo que es atribuible a la compresión, en los suelos sometidos a este tratamiento; los autores no tienen explicación para la no emergencia en las macetas no comprimidas ni saturadas.

En el mismo cuadro se puede ver que la aplicación de nitrato de amonio no tuvo efecto en la germinación o emergencia.

Experimento Nº 2. El número de plantas germinadas y emergidas 27 días después de sembradas se presenta en el Cuadro 3. Las fechas de emergencia de los tratamientos 1, 2, 6 y 7 se muestran en el Cuadro 4.

En el Cuadro 3 se observa que, bajo condiciones de saturación hídrica, lo que corresponde a aproximadamente 70% de humedad en peso, el C.A. no tuvo influencia ni en la germinación ni en la emergencia. Por

CUADRO 2. NUMERO DE SEMILLAS GERMINADAS Y EMERGIDAS A LOS 18 DIAS EN EL EXPERIMENTO Nº 1 (SUMA DE DOS REPETICIONES). SEMILLAS SEMBRADAS: 30/MACETA

TABLE 2. Number of germinated and emerged seeds after 18 days, in Trial Nº 1 (sum of two replications). Seeds sown: 30/pot

TRATAMIENTOS	GERMINADAS			EMERGIDAS		
	S.A.	+C.A.	$+NH_4NO_3$	S.A.	+C.A.	$+NH_4NO_3$
76% C.C., comprimido	19	18	15	0	5	0
76% C.C., sin comprimir	18	20	18	0	18	0
60% C.C., comprimido	17	17	20	0	1	0
60% C.C., sin comprimir	19	19	16	0	18	0
Saturado, sin dispersar	5	16	2	0	16	0
Saturado, disperso	0	6	0	0	6	0

C.C. = capacidad de campo
S.A. = sin aditivos
C.A. = carbón activado.

CUADRO 3. PLANTAS EMERGIDAS Y SEMILLAS GERMINADAS A LOS 27 DIAS EN EL EXPERIMENTO Nº 2 (SUMA DE LAS 3 REPETICIONES). SEMILLAS SEMBRADAS: 30/MACETA

TABLE 3. Emerged plants and germinated seeds after 27 days in Trial Nº 2 (sum for 3 replications). Seeds sown: 30/pot

Tratamiento	Semillas germinadas[1]	Plantas emergidas
1. Sin aditivos a C.C.	29	27
2. Igual a 1 + 1 g C.A. por maceta (mezclado con el suelo)	26	24
3. Sin aditivos, saturado con agua destilada	7	0
4. Igual a 3 + 1 g C.A. por maceta	6	0
5. Igual a 3; pero saturado con solución de H_2O_2[2]	12	1
6. Igual a 5 + 1 g C.A. por maceta	26	23
7. Igual a 1 + C.A. cubriendo las semillas[3]	26	23
8. Igual a 3 + C.A. cubriendo las semillas	2	1

[1] Se consideraron semillas "germinadas" solo aquéllas cuyo brote tenía por lo menos 0,5 cm de longitud.

[2] La solución utilizada fue de 2,5 cc de H_2O_2 de 30% (100 vol) en un litro de agua.

[3] Se utilizó 1 g de C.A, para cubrir 200 semillas, o sea, se utilizó 1/20 de g de C.A./maceta.

C.C. = capacidad de campo; C.A. = carbón activado.

CUADRO 4. FECHAS DE EMERGENCIA EN EL EXPERIMENTO Nº 2. TRATAMIENTOS 1, 2, 6 Y 7. SEMILLAS SEMBRADAS: 30/MACETA

TABLE 4. Dates of emergency in Trial Nº 2. Treatments 1, 2, 6, and 7. Seed sown: 30/pot

FECHA	PLANTAS EMERGIDAS[1]			
	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 6	Trat. 7
Septiembre				
24		1	1	
25		15	12	
26	1	7	2	4
27	4	1	1	7
28	7		2	5
29	9		1	2
30	1		1	4
Octubre				
1	3		1	
2	1			1
3				
4				
5	1			
6				
7				
8	1			
Total Emergido	28	24	23	23

[1] Tratamientos indicados en el Cuadro 3.

su parte, el riego con solución de agua oxigenada aumentó el número de plantas germinadas y logró la emergencia de una de ellas (3%). La combinación de C.A. y de riego con solución de H_2O_2 logró la germinación y emergencia de un elevado porcentaje de semillas. El C.A., aplicado cubriendo las semillas en proporción de 1/20 de gramo por maceta, no tuvo efectos importantes sobre la germinación o emergencia, ni en condiciones de humedad natural ni bajo saturación hídrica.

En el Cuadro 4 se puede ver que el C.A., mezclado con el suelo en condiciones hídricas normales, aceleró notablemente la emergencia, tanto solo como en combinación con agua oxigenada.

Experimento Nº 3. Los resultados de este experimento se presentan en los cuadros 5 y 6. Puede verse en el Cuadro 5 que la emergencia fue nula en el tratamiento sin aditivos regado con agua destilada; muy escasa en los tratamientos con C.A. y agua destilada; menos que regular en el tratamiento regado con agua oxigenada y casi normal en el tratamiento con C.A. y regado con agua oxigenada. Igual cosa se observó con la germinación. En el Cuadro 6 se puede ver que el tratamiento con C.A. y agua oxigenada adelantó notablemente la emergencia del trigo.

Al finalizar este ensayo se examinó el suelo, observándose lo siguiente:

a. Olor fétido y gleysación al nivel de la semilla en las macetas sin aditivos y regadas con agua destilada. Ambos efectos eran muy inferiores en las macetas con C.A. y/o agua oxigenada.
b. Suelo granulado en las macetas regadas con agua oxigenada. Parecería que ésta estimula la agregación de las partículas de suelo.
c. Algo de gateo en las plántulas germinadas, pero no emergidas, del tratamiento con agua oxigenada y sin C.A.

DISCUSION

El efecto más interesante que muestran estos experimentos es la notable interacción positiva que sobre la germinación ejercen la presencia conjunta del C.A. y de una provisión suficiente de oxígeno en el suelo. El C.A ha asegurado y/o acelerado la germinación en

CUADRO 5. NUMERO DE SEMILLAS GERMINADAS Y PLANTAS EMERGIDAS[1] A LOS 24 DIAS EN EL EXPERIMENTO Nº 3. TODOS LOS TRATAMIENTOS REGADOS DIARIAMENTE A SATURACION. SUMA DE LAS 3 REPETICIONES. SEMILLAS SEMBRADAS: 30 / MACETAS

TABLE 5. Number of germinated seeds and emerged plants, after 24 days in Trial Nº 3. All treatments irrigated daily up to saturation. Sum for 3 replications. Seed sown: 30/pot

Tratamiento	Semillas germinadas	Plantas emergidas
1. Sin aditivo Riego con agua destilada	0	0
2. Sin aditivo Riego con H_2O_2[2]	17	8
3. 1 g C.A./maceta, mezclado con el suelo. Riego con agua destilada	5	3
4. 1 g C.A./maceta, mezclado con el suelo. Riego con H_2O_2	25	22

[1] Se consideraron "germinadas" todas aquellas semillas en que la plúmula tenía por lo menos 0,5 cm de longitud.

[2] 2,5 cc de H_2O_2 de 100 vol. en 1 lt de agua.

CUADRO 6. FECHAS DE EMERGENCIA EN EL EXPERIMENTO Nº 3. SEMILLAS SEMBRADAS: 30/MACETA

TABLE 6. Dates of emergency in Trial Nº 3. Seeds sown: 30/pot

Fecha	Plantas emergidas (en las 3 repeticiones)[1]		
	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4
Octubre			
12			5
13			5
14	3		2
15			4
16			1
17		1	2
18			
19	1	1	
20	3		1
21	1		2
22			
23		1	
TOTAL	8	3	22

[1] Descripción de tratamientos en Cuadro 5.

condiciones normales de aireación del suelo; este mismo efecto lo ha producido en condiciones de saturación hídrica, siempre que se ha agregado oxígeno al medio en forma artificial.

Aunque no es posible interpretar en forma definitiva estos efectos, el carácter positivo de la interacción indica que se trata de factores diferentes que producen una acción sinergética. Se puede sugerir que existen sustancias inhibidoras de la germinación, formadas en el suelo o generadas por la propia semilla. La germinación estaría condicionada conjuntamente a la desaparición de estas sustancias y a la presencia de oxígeno. La acción del oxígeno puede eliminar estas sustancias, como lo señala el hecho de que las plantas germinen normalmente cuando el suelo está a capacidad de campo. El C.A. actuaría adsorbiendo dichas sustancias, lo que aceleraría el proceso de germinación y emergencia, en condiciones normales de humedad, y permitiría dicho proceso, en condiciones de saturación hídrica, siempre que se agregue al medio una cantidad mínima de oxígeno.

RESUMEN

En un suelo arcilloso, proveniente de las terrazas marinas de la VI Región y mantenido bajo dos condiciones hídricas (capacidad de campo y saturación) se estudió el efecto de adiciones de carbón activado (C.A.) y/o agua oxigenada sobre la germinación de semillas de trigo. Bajo condiciones de saturación, la mejor germinación se obtuvo en suelo mezclado con C.A. (1 g de C.A./0,5 lt de suelo) y regado con agua oxigenada (2,5 cc de H_2O_2 de 100 volúmenes en 1 lt de agua). El C.A. sin adición de H_2O_2 estimuló también la germinación de las semillas en suelo bajo condiciones hídricas normales y en suelos sometidos a compresión y dispersión.

LITERATURA CITADA

ALLARN, A.J.; HOLLIS, J.P. 1972. Sulphide inhibition of oxidases in rice roots. Phytopathology 62: 632.

BLACK, C.A. 1968. Soil plant relationships, 2nd Ed.; John Wiley and Longinans, Londres.

CARLSON, R.F.; MOULTON, J.E.; HAMMER, C.L. 1950. Protection of strawberry plants with activated carbon in preplanting applications of 2,4 D. Proc. Amer. Soc. Hort. 55: 268–270.

DREW, M.C. and SISWORO, E.J. 1979. The development of waterlogging damage in young barley plants in relation to plant nutrient status and changes in soil properties. New Phytologist 82: 301–314.

DREW, M.C. and SISWORO, E.J. 1979. Allevation of waterlogging damage to young barley plants by application of nitrate and sinthetic cylokinin, and comparison between the effects of waterlogging, nitrogen deficiency and root excision. New Phytologist 82: 315–329.

DUTHION, C. et MINGEAU, M. 1976. Les reactions de plantes aux exces d'eau et leurs consequences. Ann. Agron. 27(2): 221–246.

GOESCHL, J.D.; RAPPAPORT, L.; and PRATT, H.K. 1966. Ethylene as a factor regulating the growth of pea epicotyls subjected to physical stress. Plant. Physiol. 41: 877–884.

GRADE, R. 1966. Soil aeration and plant growth. Advances in Agronomy, Vol. 18: 58–101.

HANKS, R.J. and THORP, F.C. 1956. Seedling emergence of wheat as related to soil moisture content, bulk density, oxigen diffusion rate and crust strength. Soil Sci. Soc. of Am. Proc. 20: 307–310.

LINSCOTT, D.L. and HAGIN, R.D. 1967. Protecting alfalfa seedlings from atrazine with activated charcoal. Weeds 15: 304–306.

MAYER, A.M. and POLJAKOFF, A. 1963. The germination of seeds. Pergamon press. p. 190–194.

MELSTED, S.W.; KURTZ, T.; and BRAY, R. 1949. Hydrogen peroxide as an oxigen fertilizer. Agron. Journ. 41: 97.

PAPADAKIS, J. 1954. Ecología de los cultivos. Editado por el autor. B. Aires. 146 p.

PONNAMPERUMA, F.M. 1972. The chemistry of submerged soils. Advances in Agronomy 24: 29.

PURI, B.R.; LAKHAMPAL, M.L.; and VERMA, B. 1953. Acidoid behavior of charcoal in relation to soil properties. Soil Science 75: 209–218.

ROCASOLANO, A. 1933–1939. Aportación bioquímica al problema agrícola del nitrógeno. Fac. de Ciencias, U. de Zaragoza. Vol. 3.

RUSSELL, E.W. 1973. Soil conditions and plant growth. 10th Ed. Longinans, Londres.

TROUGHT, C.T. and DREW, M.C. 1980. The development of waterlogging damage in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.). II. Accumulation and redistribution of nutrients by the shoot. Plant and soil 56: 187–199.

WENT, FRITS W. 1957. The experimental control of plant growth. Chronica Botánica Co. p. 264.