

ESTERILIZACION PARCIAL DEL SUELO

PARA EL

CULTIVO EN INVERNÁCULO

POR

E. J. RUSSELL D. Sc. y F. R. PETHERBRIDGE B. A.

Rothamsted Exp. Station (1)

TRADUCCIÓN DE LOS PROFESORES DE LA FACULTAD INGENIEROS AGRÓNOMOS
SEBASTIAN GODOY Y ALEJANDRO BOTTO

I. Objeto de la esterilización parcial del suelo

El horticultor en invernáculo ó bajo vidriera, que trabaja contra tiempo y estación, está obligado á llenar las condiciones de cultivo de las plantas que explota, lo más favorablemente posible.

Mantiene en ellos por medios artificiales, una temperatura y humedad convenientes, hace toda clase de esfuerzos para asegurar una iluminación suficiente y emplea suelos y abonos apropiados á los cultivos que emprende.

Sin embargo, se apercibe pronto, que sus cultivos no son los únicos á los cuales el suelo ha dado hospitalidad; el calor, la humedad y la riqueza en elementos nutritivos, favorecen la aparición de una multitud de seres vivientes; pulgones,

(1) *Journ. of the Board of Agric.* January 1912.

miriápodos, escalopendras, gusanos blancos, anguílulas, hongos parásitos, etc., y comprueba con pena, frecuentemente, que el cultivo al cual ha proporcionado tantos cuidados, languidece á consecuencias de los ataques que recibe de todas partes; las raíces son invadidas por las anguílulas, los tallos y las hojas por los hongos, y los frutos por diversos organismos microscópicos.

Muchos de estos inconvenientes desaparecerían, si toda vida pudiese ser destruida en el suelo, en los abonos, en las hendiduras y grietas de los invernáculos, etc. No obstante, el cultivo en estas condiciones, aunque realizable en un laboratorio científico, es comercialmente imposible, porque sería muy difícil y costoso proporcionar así la alimentación de las plantas. En efecto, el estiércol pajoso que es generalmente empleado por los horticultores, no es por si mismo un alimento para las plantas: debe previamente transformarse en sustancias convenientes.

Esta operación puede, en verdad, efectuarse artificialmente, mediante un cierto gasto, pero se efectúa en el suelo gratuitamente. Los agentes activos son bacterios, visibles solamente con ayuda de potentes microscópios, pero tan numerosos que el volúmen de un dedal de tierra vegetal, puede contener de 5 á 50 millones. Por más elevadas que sean estas cantidades, no representan el desarrollo total posible de estos organismos, que en las condiciones naturales no tienen nunca el campo del todo libre y no trabajan, por consiguiente, con el máximun de eficacia. Por lo tanto, ni uno ni otro de los dos seres vivientes, de los cuales el productor tiene realmente necesidad — la planta de cultivo y la bacteria fertilizante — no pueden alcanzar pleno desarrollo en medio de todas las rivalidades que reinan ordinariamente en la tierra de los invernáculos calientes.

Recientes experiencias, han probado que es posible disminuir considerablemente el número de seres vivientes que se encuentran en el suelo. Estos resisten á diferentes grados al calor y á los venenos, siendo felizmente los menos sensibles, los esporos de muchas bacterias productoras de elementos fertilizantes. Si bien es cierto que es posible, va-

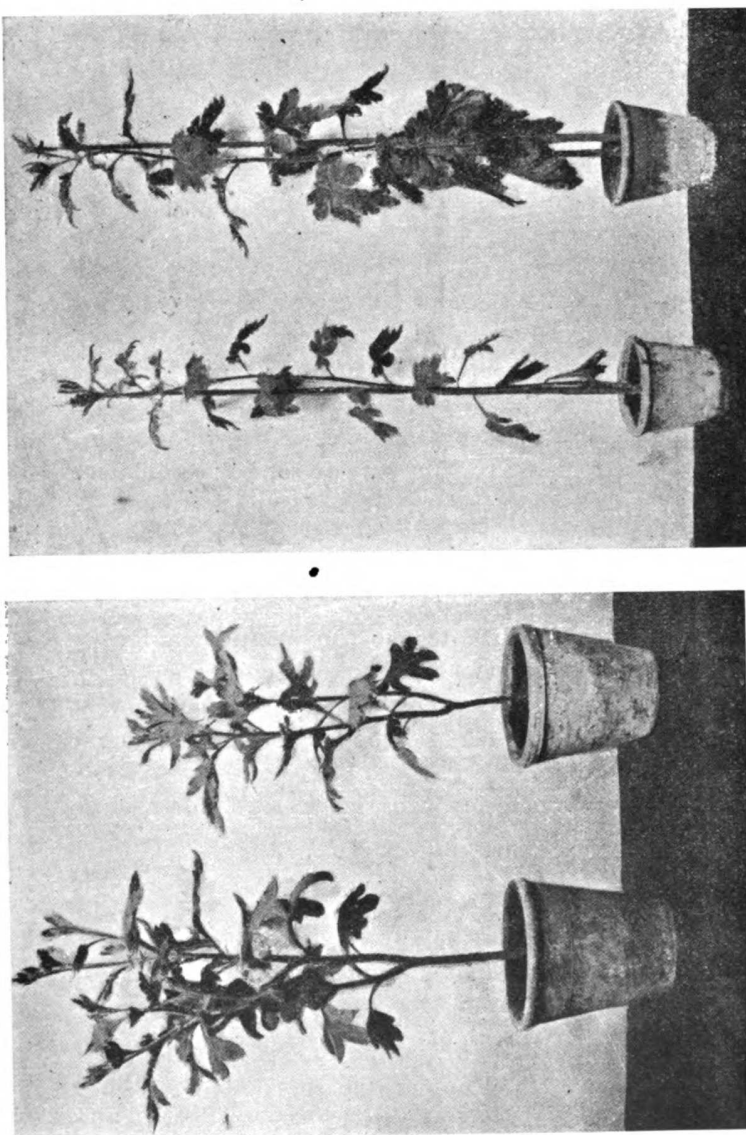


Figura 1
A. Crisantemos producidos en macetas sin mezcla y con mezcla de tierras vegetales
B. Maceta con tierra calentada a 200° F.
C. Maceta no mezclada.
D. Maceta tratada con toluol.

riando las dosis, hacer desaparecer uno ú otro grupo, como también destruirlos totalmente, debemos observar que en esas condiciones queda el suelo perfectamente estéril. Se puede llegar á los mismos fines por el empleo del calor á diversos grados. Ciertos efectos suplementarios igualmente se producen: el veneno ejerce alguna acción química en el suelo y el calor provoca una cierta descomposición, pero el resultado final del tratamiento por los venenos poco violentos y las temperaturas no muy elevadas, es que las bacterias fertilizantes tienen un campo de acción más libre y pueden producir más elementos nutritivos que antes. Los suelos así tratados, convienen pues, muy bien para el cultivo en vidrieras, porque quedan libres de organismos nocivos. Este tratamiento diferencial, por el cual ciertos organismos son destruidos y otros nó, se denomina esterilización parcial.

Los efectos de la esterilización parcial son los siguientes:

1. El proceso de elaboración de los elementos fertilizantes en el suelo es más activo, lo que permite á la planta tener á su disposición una cantidad mayor de alimentos que antes de la esterilización.
2. Los elementos fertilizantes no son idénticos á los de los suelos no tratados; en efecto, algunos bacterios han sido destruidos, dando como resultado, la presencia de nuevas sustancias en el suelo; es por eso que las plantas adquieren un desarrollo diferente.
3. Los gérmenes de enfermedades, las malas hierbas, etc., son aniquiladas.

*
* *

Hace algún tiempo que hemos emprendido algunas experiencias, en nuestros invernáculos y en otros, y nos proponemos en el presente estudio, dar á conocer el resultado obtenido, como también los métodos de esterilización parcial que pueden utilizarse en la práctica y especialmente describir los efectos de la esterilización sobre los diversos organismos.

II. Los efectos de la esterilización parcial del suelo en la alimentación de las plantas

Dos casos pueden presentarse en el cultivo bajo vidriera: a) La planta es cultivada en un compost conveniente, sin adición alguna de abono; b) se le abona regular, fuerte y aún exageradamente, con diversas sustancias fertilizantes. Es solamente en el primer caso que hay utilización perfecta de los elementos fertilizantes suplementarios, obtenidos con la ayuda de la esterilización parcial. Cuando se han agregado grandes cantidades de abonos, es evidentemente inútil esperar algún beneficio de la producción natural suplementaria debida á la esterilización.

A) PLANTAS CULTIVADAS EN COMPOST, PERO SIN ABONO FRECUENTE

Crisantemos. — Habiendo M. H. Burton Tate puesto gentilmente á nuestra disposición sus invernáculos, hemos dividido el compost destinado á las estacas de crisantemos en tres partes: la primera fué calentada al vapor á 200 - 210° F (93 á 99° C), la segunda fué tratada por el toluol ($\frac{1}{2}$ %) y la tercera sirvió de testigo.

El compost fué fabricado de la manera habitual por el gefe jardinero, que preparó igualmente las estacas y cultiva las plantas según los métodos ordinarios.

Las estacas fueron plantadas el 5 de Diciembre de 1910 y prendieron todas á un mismo tiempo, sin que se constataran diferencias notables.

El 10 de Marzo de 1911, fueron trasladadas á otras macetas y se observó entonces que aquellas cultivadas en suelo no tratado, habían hechado mejores raíces que las otras. Las plantas fueron enseguida llevadas á un invernáculo frío. Pronto los crisantemos cultivados en suelo parcialmente esterilizado, tomaron la delantera y el 13 de Julio, tenían hojas más grandes, tallos más vigorosos, entre-nudos más cortos y en general, un aspecto más robusto que aquellos cultivados en el compost no tratado. Apesar de la superioridad de creci-

miento, no tenían aspecto rudo ó exhuberante. La ventaja del tratamiento es evidente; se sabe por otra parte, por ensayos de forzado de estacas de crisantemos por abonos estimulantes, que se llega á resultados poco satisfactorios, pero en el caso presente no hemos constatado en nuestras plantas ningún efecto nocivo.

Espinacas. — Este cultivo fué hecho bajo vidriera, en un buen suelo arcilloso, rico en cal. Las espinacas crecidas en el suelo tratado á 200-210° F, se desarrollaron bien; las hojas eran grandes y de un hermoso color verde, y las plantas no tenían sinó una ligera tendencia á semillar. Las crecidas en el suelo testigo, eran pequeñas y semillaron más pronto. Los pesos relativos de las plantas obtenidos fueron:

	ÉPOCAS DE LA SIEMBRA		
	Primavera	Verano	Otoño
Suelo no tratado	100	100	100
Suelo calentado (200-210° F)	447	150	184

En esta experiencia, los resultados más favorables han sido como se ve, los obtenidos en la siembra de primavera.

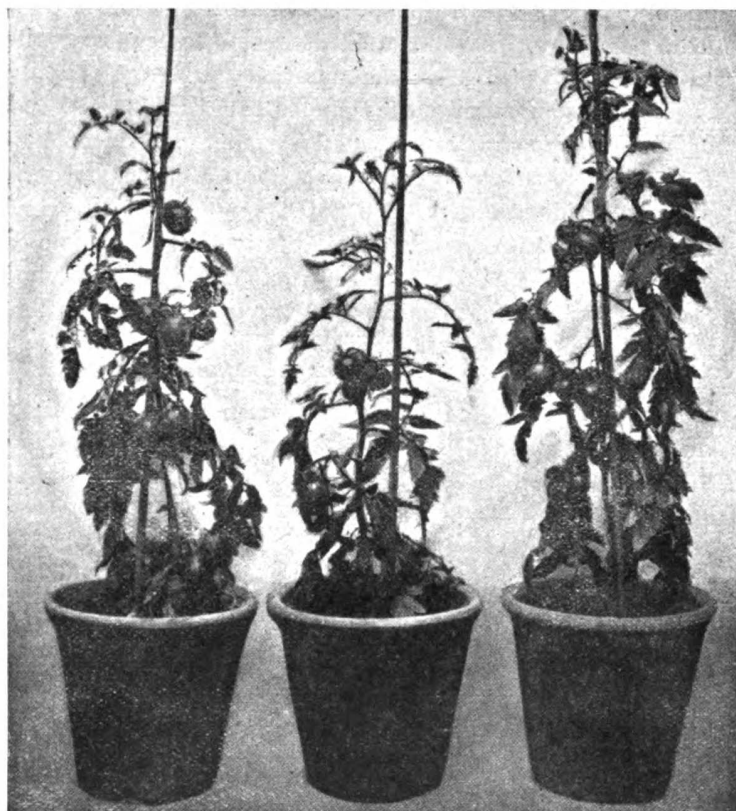
Rábano. — Esta legumbre fué cultivada una parte en el mismo suelo que las espinacas. Siete siembras sucesivas fueron hechas sin la aplicación alguna de abonos. Las tres primeras cosechas fueron mayores y más precoces en los suelos calentados, pero las tres últimas fueron prácticamente idénticas en los dos suelos. He aquí, por otra parte, los pesos relativos:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7. cosecha
Suelo no tratado	100	100	100	100	100	100	100
Suelo calentado á 200-210° F.	216	355	172	128	103	114	103

Después de la 7ª cosecha, el suelo calentado, fué nuevamente esterilizado y sembrado, dando una nueva cosecha, que fué como las primeras, superior á la obtenida en el suelo testigo, dando un rendimiento de 186 contra 100.

Estos resultados demuestran cómo la esterilización parcial es favorable para una tierra, sacada, sea de un invernáculo, sea de una cama caliente y sembrada con un cultivo que se desarrolla sin más abonos ni cuidados.

Tomates en cama fría.—Un gran cultivador de tomates, de Waltham Cross, gentilmente nos ha proporcionado en can-



A.

B.

C.

Figura 2

Tomates cubiertos con césped, mantenidos en un medio fresco sin abono

A. Tierra calentada á 130° F. B. Tierra no tratada. C. Tierra calentada á 200° F.

tividad, la tierra utilizada por él, para el cultivo comercial de los tomates. La siembra fué hecha de la manera habitual el 22 de Febrero de 1911.

Las plantitas se desarrollaron más lentamente en el suelo esterilizado al vapor, que en los otros suelos. El mejor creci-

miento se obtuvo en el suelo calentado á 130° F (54° 5 C); esta diferencia apareció claramente el 6 de Marzo; un poco más tarde las plantas que vegetaban en los suelos tratados con toluol y con bisulfuro de carbono (S.C) (á dosis de un medio por ciento, ó sea un galón por tonelada), se desarrollaron igualmente, pero tres semanas transcurrieron, para que las semillas sembradas en los suelos esterilizados al vapor, alcanzaran el desarrollo de aquellas sembradas en el suelo no esterilizado y solo al cabo de ocho semanas adquirieron una superioridad notable. Las flores aparecieron en primer lugar, mucho antes en las plantas cultivadas en el suelo calentado á 130° F (54° 5 C) y en el suelo esterilizado al vapor y abonado con fosfato básico, y mucho después, en las plantas cultivadas en el suelo testigo. Las plantas de los suelos tratados, no solamente dieron productos durante más tiempo, sinó que dieron mayor cantidad de frutos.

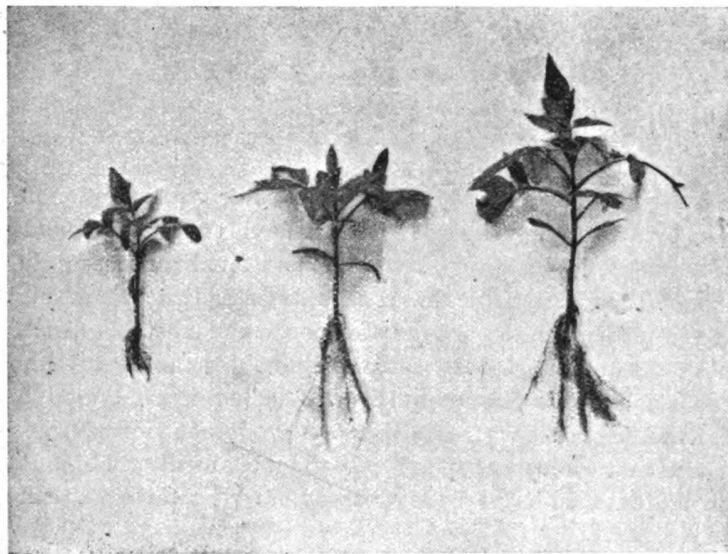
He aquí los pesos:

	SUELOS TESTIGOS	SUELO PARCIALMENTE ESTERILIZADO				
		CALOR			PRODUCTOS QUÍMICOS	
		200 ° F 93 ° C	200 ° F + Fosfato básico	130 ° F — 54° 5 C	Toluol	Sulfuro de carbono
Pesos relativos de la planta seca (hojas, tallos, etc.), sin frutos	100	132	123	119	112	117
Pesos relativos de los frutos	100	342	332	339	366	346
Rendimiento en frutos por planta (gramos)	130	546	530	540	585	553
Frutos producidos, por 100 partes en peso, de planta seca.	780	2020	2110	2220	2540	2300

En esta experiencia, los cultivos no fueron abonados, pues nuestro propósito era determinar lo que puede dar el suelo parcialmente esterilizado, sin abonos. Hemos de observar, por otra parte, que el desarrollo inadvertido de las hojas, no se produce como es general, en detrimento del fruto, pues se ha obtenido mucho más fruto, por 100 partes en peso de plan-

ta seca, en los tomates cultivados en los suelos tratados, que en los cultivados en el suelo no tratado.

No debemos sin embargo darle mucha importancia al aumento del producto frutal obtenido, pues no había por ensayo, sinó cinco plantas, cuya fructificación bien pudo ser in-



A.

B.

C.

Figura 3

Plantitas de tomates de igual edad, retardados en suelos calentados á 200° F. demostrando el mayor desarrollo en el calentado á 130° F. A. Suelo calentado á 200° F. B. Suelo no tratado—testigo. C. Suelo calentado á 130° F.

fluenciada por detalles de cultivo. Pero no obstante la observación, lógicamente podemos llegar á la conclusión, que la esterilización parcial ha provocado un aumento considerable en la producción frutal.

Viñas.—No hemos realizado experiencia alguna sobre viñas, pero resulta de los datos que nos han proporcionado, que la esterilización parcial ha producido un aumento notable de vegetación. Esta esterilización se efectuó mediante la inyección de tuluol en el suelo de las plata-bandas.

Flores.—Al mismo tiempo que las experiencias sobre las espinacas y rábanos, hemos efectuado ensayos sobre plantas de flores: clarkias, verbenas, claveles, etc., y en todos ellos hemos comprobado que las plantas cultivadas en los suelos tratados al vapor, se desarrollan mejor y dan más flores que las cultivadas en los suelos testigos.

Esterilización parcial y abonos

B) PLANTAS REGULAR Y SUFICIENTEMENTE ABONADAS

Si la planta es abonada en forma regular y suficientemente, es evidente que ningún excedente de desarrollo no puede esperarse de la acción de los elementos fertilizantes, producidos por las bacterias. En tal caso, la esterilización parcial no es ventajosa sino por sus efectos secundarios, los cuales no alcanzan á cubrir los gastos. Algunos ejemplos nos han proporcionado las plantas cultivadas en los invernáculos de M. Tate. El compost fresco, fué preparado con tierra vírgen y otros materiales puros, estando todo, como el crecimiento subsiguiente lo ha probado, desprovisto de todo organismo nocivo.

Las cinerarias se desarrollaron indiscutiblemente un poco mejor en el compost tratado por el vapor y florecieron antes que las plantas que crecían en el suelo testigo, pero habiendo sido el abono aplicado más que suficiente para las necesidades de la planta, debe haber intervenido forzosamente, otro factor aparte del de la alimentación. Al final del crecimiento, no se observó casi diferencia.

Los claveles y los rosales, regularmente abonados con abonos especiales, han llegado á pleno desarrollo en los suelos no tratados; en cambio el resultado no pudo ser mejor en los suelos esterilizados al vapor.

Los melones se secaron más pronto en los suelos esterilizados al vapor, que en los suelos testigos; para una variedad (Sulton), los frutos eran más redondos y un poco más pequeños. Por otra parte, los cultivos parecían idénticos, pero

la experiencia debe repetirse si se quiere sacar alguna conclusión, con un número mayor de plantas.

Los pepinos se beneficiaron más que los anteriores de la esterilización parcial; la fructificación fué mejor en los suelos tratados por el vapor. Un resultado semejante se ha obtenido en otro invernáculo, donde, lo mismo, la madurez más precóz en los suelos esterilizados fué muy fácil de comprobar.

III. Efectos secundarios de la esterilización parcial

Los efectos secundarios de la esterilización parcial se pueden atribuir á dos causas:

1. La planta no vive de los nitratos habituales, pero en cambio utiliza el amoníaco, hasta que los organismos nitrificadores hayan reaparecido; otros compuestos solubles pueden ser igualmente utilizados de esta manera.

2. Algunos productos de la descomposición del suelo ejercen una acción fisiológica sobre la planta, modificándola en cierto modo.

Retardo en la germinación y crecimiento de la semilla.—En el primer ensayo de esterilización parcial que efectúe el horticultor, algo anormal le llamará la atención. Observará en casi todos los casos, que las semillas brotan lentamente y producen plantas más pequeñas en los suelos tratados—y especialmente en los esterilizados por el vapor—que en los suelos testigos.

La verdadera causa de este retardo, no está aún determinada, por consiguiente, es imposible aconsejar un remedio, pero es debido, probablemente, al exceso de amoníaco y á otros productos de la descomposición, que son muy convenientes para las plantas desarrolladas, pero no constituyen un alimento propio para las semillas en tren de germinación. El retardo varía según el suelo, el método de esterilización, el grano y las condiciones de crecimiento. Fué escaso para la arcilla calcárea utilizada en las experiencias de las espina-

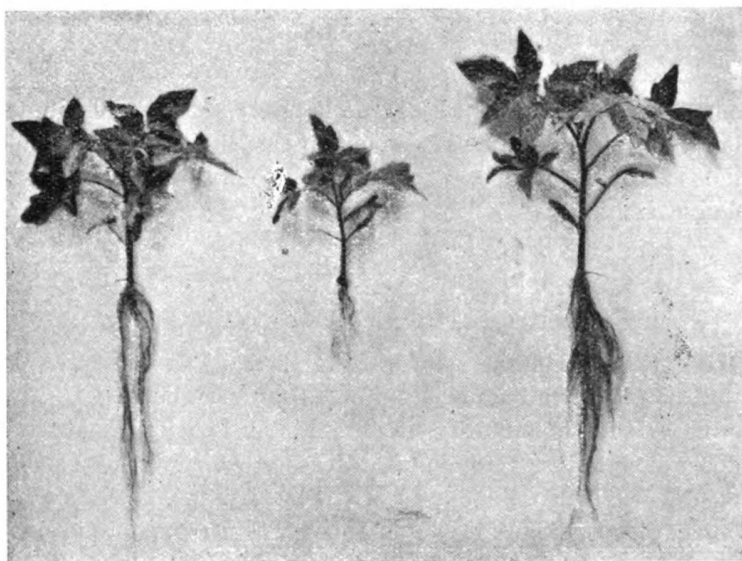
cas y de los rábanos. En cambio, fué muy marcado en un suelo rico, siendo, hasta cierto punto, tanto más pronunciado cuanto mayor fué la temperatura de calentamiento á que se sometió el suelo. Sin embargo, á juzgar por ciertos detalles, los efectos nocivos desaparecieron después de un determinado tiempo.

En los suelos calentados á 130° F. (54° 5 C), muy al contrario, se observó más bien una aceleración, tanto en la germinación, como en el crecimiento de las semillas.

Las plantas provenientes de granos débiles ó viejos, parecen ser más atacados. Los tomates son esencialmente sensibles, mucho más sin duda que los pepinos. La diferencia en la sensibilidad varía con las variedades. En el cultivo del melón, por ejemplo, la variedad "Sutton A.", repunta al cabo de 4 semanas, mientras que la "Ringleader" lo hace solamente al cabo de 5 semanas. Se observa también, que por lo general, el repunte á que nos referimos, se retarda hasta la aparición de la 3ª ó 4ª hoja.

Desde que las nuevas hojas aparecen, las plantas retardadas se desarrollan más rápidamente y pronto alcanzan la altura y desarrollo de las plantas del suelo no tratado, y si tanto á una como á otra no se les aplica abono alguno, estas últimas, las sobre-pasan. Por este motivo, los retardos no son inquietantes, sin dejar de constituir por esto, indudablemente, una desventaja. Es por esto que se imponen la realización de investigaciones metódicas.

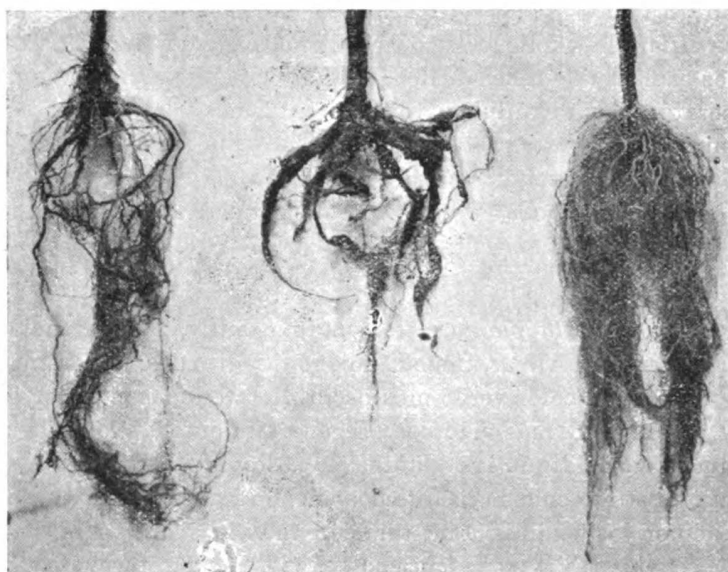
Desarrollo de los hongos.—Algunos de los productos formados por el calentamiento á 200° F. (93° 5 C), ó más, de los suelos ricos, son muy favorables al desarrollo de ciertos hongos y si algunos de los esporos llegan (lo que es el caso general) á germinar, el micelium se desarrolla rápidamente en la capa superficial, seguido de la aparición de pequeñas fructificaciones amarillas, en forma de platitos. Los hongos desaparecen enseguida; no parecen causar, por otra parte, ningún daño á las plantas, pero forman algunas veces en la superficie del suelo, un tejido compacto, tan sólido que las plantitas atraviesan con mucha dificultad. La especie más



A. B. C.

Figura 4

Plantitas crecidas en condiciones similares á las de la fig. 3, pero mostrando el crecimiento en los diferentes suelos. A. Suelo calentado á 130° F. B. Suelo testigo—no calentado. C. Suelo calentado á 200°.



A. B. C.

Figura 5

Raíces de plantas de tomates «Sick» en A. Suelo calentado á 130°. B. La misma en suelo no calentado. C. La misma en suelo calentado á 200° F.

común en nuestros ensayos, fué la *Rhizina*, probablemente la *R. inflata*, la que no se encuentra casi en los suelos calentados á 130°F (54°C), ó tratados por el tuluol ó el sulfuro de carbono.

Efectos sobre las raíces.—En los suelos calentados á 200°F (93°C), el crecimiento de las raíces, es retardado algunas veces, en las primeras edades de la planta. Como para el retardo en la germinación, los efectos son variables.

Un mismo horticultor ha obtenido en los suelos calentados, un buen desarrollo de las raíces en Agosto y muy débil en Enero. Este problema es por nuestra parte, actualmente objeto de estudio, tratando de encontrar un medio que permita evitar este inconveniente. En el crecimiento subsiguiente, sin embargo, el desarrollo de las raíces es estimulado de una manera muy marcada en los suelos que han sido calentados á 200° F. Aplicado á macetas conteniendo plantas de tomate ó á planta-bandas con pepinos, este sistema, provoca un desarrollo rápido en las raíces fibrosas. Esta acción no es difícil de explicar y no es tan marcada ni extendida en los suelos calentados á 130° F. (54°C), aunque á esta temperatura, las anguítulas y otros organismos nocivos, son disminuídos; por otra parte, este fenómeno se produce raramente en los suelos tratados al tuluol ó al sulfuro de carbono.

Pero el suelo tratado al vapor es un medio muy útil para las plantas que necesitan un buen arraigamiento fibroso.

Aspecto de la planta.—Las plantas cultivadas en suelos calentados al vapor, tienen hojas más grandes, tallos más robustos, un color verde más oscuro, entrenudos más cortos y un aspecto más vigoroso. El acortamiento de los entrenudos, varía según las plantas; es nulo para los tomates, y muy distinto en los crisantemos. Siendo igualmente comprobado en los pepinos. Fué también muy marcada en las experiencias realizadas afuera con el centeno, mostaza, etc.

Apesar del mayor crecimiento de las plantas en los suelos esterilizados al vapor, éstas no tienen un aspecto exhuber-

rante; este resultado es atribuible á la naturaleza de los elementos asimilados.

La floración se manifiesta más temprano y las plantas produce mayor cantidad de frutos que las testigos, siempre que la diferencia entre los dos suelos haya sido compensada por una amplia aplicación de abonos.

Calidad de los frutos.— Los únicos frutos que hemos podido estudiar, han sido los tomates y los pepinos; la calidad era mejor para los obtenidos en los suelos tratados al vapor, que la de aquellos de los suelos testigos. En la estación actual, los pepinos que vegetan en los suelos calentados, han demostrado un mejoramiento notable en la calidad, sin aumento sensible en la cantidad, apesar de haber alcanzado el máximo, dadas las condiciones generales de cultivo.

Nuestros tomates fueron sometidos al juicio de un perito, que los clasificó como sigue;

1º De gusto delicado: los cultivados en los suelos tratados al toluol.

2º Muy buenos, dulces: los cultivados en los suelos calentados al vapor.

3º De gusto débil: los cultivados en los suelos testigos.

Plantas leguminosas.— Como se sabe, las plantas de la familia de las Leguminosas, difieren de las otras en lo que concierne en la alimentación azoada; estas han mostrado pues, algunas particularidades en los suelos tratados al vapor. Son sobre todo, sensibles á la sustancia tóxica presente en el suelo. El trébol, se niega aún á germinar en el suelo de las praderas naturales, calentado en Marzo de 1908 á 208° F. (97°5 c.), y apesar de haberlo sembrado desde entonces, de 3 á 4 veces por año. El trébol, sin embargo, produce siempre un aumento notable de cosecha, si se le agregan los organismos característicos de las nudosidades. La naturaleza del suelo tiene una gran influencia; la arcilla calcárea es muy buena, aún con calentamiento al vapor, pues no se ha constatado ningún efecto nocivo en los porotos negros ni en la arveja de olor, mientras que para

la esparceta ha habido aumento de cosecha. M. Holmes de Norwich, nos informa que ha podido también cultivar la arveja de olor en un suelo previamente calentado.

A las experiencias realizadas, se imponen otras complementarias, á fin de determinar exactamente los efectos de la esterilización del suelo sobre las Leguminosas.

IV. Efectos de la esterilización parcial del suelo sobre los insectos y otros organismos nocivos, las semillas de malas yerbas, etc.

Anguilulas.—Las anguilulas del suelo pueden ser divididas, desde el punto de vista que nos ocupa, en dos grupos: las formas parasitarias, tales como el de la *Heterodera radicicola*, que ocasionan las nudosidades en las raíces de los tomates y pepinos, y las formas no parasitarias, tales como el de la *Rhaphiditis*, *Diplogaster*, etc., que, según lo que nos permite juzgar nuestras observaciones, son inofensivas para las plantas sanas. La presencia de las formas no parasitarias es fácil constatar en un suelo, porque se agrupan casi siempre sobre las materias vegetales ó animales en descomposición. Es pues fácil capturarlas por medio de un pedazo de carne ó de remolacha que se deja durante algunos días en el suelo húmedo.

Desgraciadamente, no existe ningún medio cómodo para descubrir las *Heterodera*, salvo por el examen ó el lavaje de las raíces de las plantas atacadas ó parasitadas.

Las condiciones de la cultura en invernáculos favorecen considerablemente el desarrollo de las anguilulas parásitas.

Un cierto número de suelos, designados con el nombre de "Sick Soils" (suelos enfermos ó fatigados), nos han sido remitidos; provenían de invernáculos de pepinos y tomates, y todos contenían cantidades de *Heterodera radicicola*, así como los tipos no parásitos: *Rhaphiditis terricola* y *brevispina*, *Diplogaster* sp. conjuntamente con algunas *Cephalobus*, *Plectus granulosus*, etc. Todos estos animalículos son muertos por un calentamiento del suelo á 140° F (60° C) y cuando el

calentamiento es llevado hasta 200° F (93° C) el desarrollo de las raíces de los tomates es absolutamente normal.

No hemos observado jamás la reaparición de la *Heterodera* en los suelos calentados al vapor, aunque no se hubieran tomado ningunas precauciones para prolongar su acción. Por el contrario, hemos constatado la reaparición de los tipos no parasitarios fáciles de describir, es decir las de *Rhobditis* y *Diplogaster*, á menos que el suelo no fuese cubierto cuidadosamente.

Resulta pues de esto, que la presencia de estas últimas anguílulas en un suelo, no permite atribuirle á una esterilización ineficaz, de igual manera no permite implicarla á la presencia del tipo parasitario realmente dañosa: la *Heterodera*.

El toluol y el bisulfuro de carbono, destruyen todos los tipos no parasitarios de anguílulas, pero no todos los de las *Heterodera*. Estos escapan más fácilmente á los vapores envenenados, pues algunos de sus huevos se encuentran todavía en los cuerpos de las hembras muertas cuyas paredes constituyen una excelente membrana protectora.

Otros animales.—Los suelos enfermos (Sick Soils) no esterilizados, provenientes de invernáculos de pepinos y tomates, contenían igualmente un gran número de otros animalículos, principalmente gusanos blancos (Enchytracidae), larvas de escarabajos, de miriápodos (*uiles*, etc.), de cochinillas, de acaros, etc.; todos fueron muertos así como sus huevos por una temperatura de 200° F (93° C) y no se constató más ninguna reaparición en lo sucesivo. Hubo otra vez, bien entendido, una cierta reinfección debido á los organismos que se introducían del exterior. En nuestras experiencias, las temperaturas más bajas (130° F) (54° C, 66) fueron igualmente eficaces, pero no se deben aconsejar en la práctica. El bisulfuro de carbono, destruyó todas las cochinillas y otros animales, pero el toluol es menos eficaz.

Enfermedades criptogámicas. Como no hemos tenido ninguna aparición de enfermedad criptogámica, apesar del empleo de suelos enfermos, no nos ha sido posible, en la

serie de experiencias cuyos resultados referimos, examinar los defectos de la esterilización parcial sobre los esporos de hongos. M. V. Dyke quien ha estudiado el *Neocosmopora Vasinfecta*, hongo que ataca las raíces de los pepinos y de los melones y causa daños considerables en ciertos distritos, nos ha informado que la esterilización por el vapor, así como el tratamiento por algún desinfectante, destruían efectivamente los esporos y hacían posible el desarrollo de plantas absolutamente sanas.

Una invasión de *bladosporium scabies* se produjo sobre los pepinos que crecían en un invernáculo donde se encontraban algunas de las plantas experimentadas, pero no tuvo allí ninguna diferencia sensible en la intensidad de la enfermedad, entre la parte esterilizada y la parte testigo de la plata-banda.

Las semillas de las malas yerbas.—Son destruidas á la temperatura de 200° F ($93\frac{1}{3}$ °/C), de manera que las cajas ó macetas conteniendo tierras esterilizadas parcialmente, son fáciles de distinguir de las otras, por la ausencia de malas yerbas.

V. Tratamiento de los suelos enfermos (Sicks Soils)

Nuestras investigaciones han probado que la “enfermedad” de los suelos con tomates, pepinos y otros, eran debido á dos causas simultáneas: una disminución de actividad de los organismos productores de elementos fertilizantes y una acumulación de organismos mórbidos. Estas dos causas, desaparecen por la esterilización parcial, pero más completamente por la calefacción á 200° F ($93\frac{1}{3}$ °/C) que tiene además como ventaja la de producir una cierta descomposición de la materia orgánica del suelo. Estos efectos, se observan igualmente, con más ó menos intensidad con la ayuda de diversos antisépticos.

Hemos experimentado cuidadosamente ocho suelos “enfermos” y hemos hallado en cada caso que la esterilización

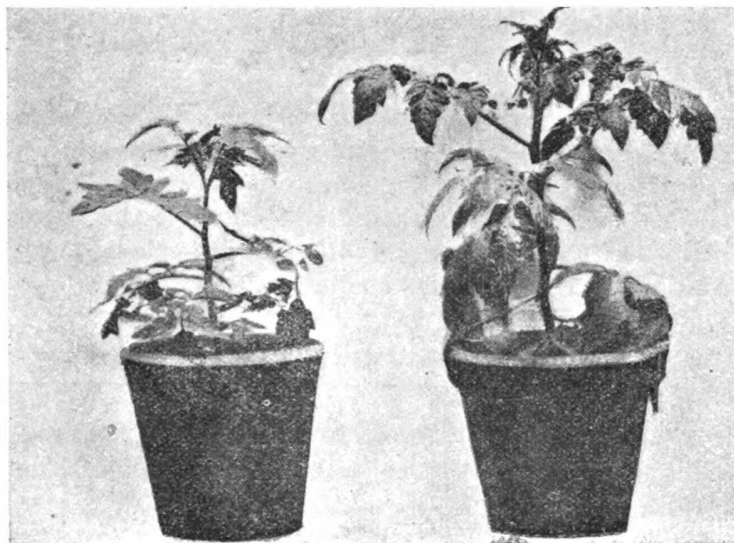


Figura 6
Plantitas de tomates que crecen: *A.* Tomate «Sick» en suelo común. *B.* La misma en suelo calentado a 2000 F.

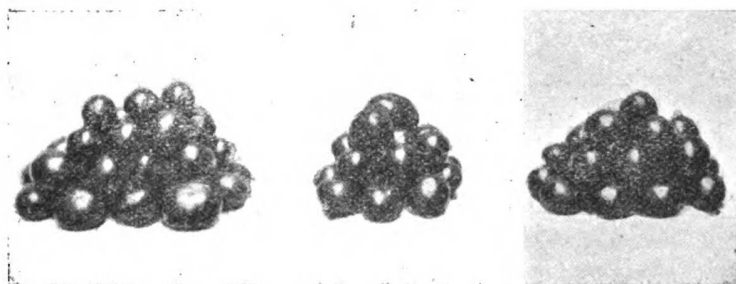


Figura 7
Frutos obtenidos de tomates cultivados en suelos tratados y en suelos testigos
A. Suelo calentado a 2000 F. *B.* Suelo no calentado. *C.* Suelo calentado a 130 F.

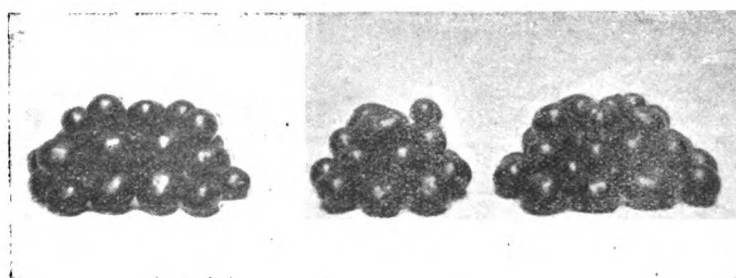


Figura 7 (Continuación)
D. Suelo tratado con tuluol. *E.* Suelo no tratado. *F.* Suelo tratado con sulfuro de carbono

parcial, ejercía una acción mejorante muy satisfactoria. Es inútil mencionar aquí los resultados de los análisis químicos, bastará dar el peso de las plantas para demostrar que la fertilidad del suelo ha sido recuperada y el peso de los frutos, para hacer resaltar que no se trata de un simple desarrollo foliar, sino más bien de una gran producción frutal.

A/ SUELOS ENFERMOS PROVENIENTES DE UN CULTIVO DE PEPINOS

	SUELOS NO TRATA- DOS	SUELOS PARCIALMENTE ESTERILIZADOS				
		CALOR			Productos quí- micos	
		200 ° F 93 °	200 ° F 93 ° C 16sf. básico	130 ° F 54.6 ° C	Tolueno	S 2 Bisul- furo de carbón
Peso relativo de la planta seca (hojas, tallos, etc., sin los frutos)	100	163	175	125	139	116
Peso relativo de los frutos .	100	204	225	129	119	124
Rendimiento en frutos por plantas (gr.)	320	654	722	415	380	398
Frutos producidos por cien partes en peso de planta seca.	1.280	1.600	1.640	1.540	1.100	1.300

N. B. Bastante nudosidades sobre las raíces en los suelos no tratados; ninguna en los otros suelos.

B/ SUELOS ENFERMOS (M. C.) PROVENIENTES DE UN CULTIVO DE TOMATES

Peso relativo de la planta seca (hojas, tallos, etc., sin los frutos)	100	188	178	(1) 112	144	138
Peso relativo de los frutos .	100	255	241	159	200	179
Rendimiento en frutos por plantas (gr.)	215	550	519	343	431	386
Frutos producidos por cien partes en peso de la planta seca.	1.360	1.840	1.840	1.940	1.900	1.800

1) Calentado á 120°F solamente (49°C).

C) SUELOS ENFERMOS (M. T.) PROVENIENTES DE UN CULTIVO DE TOMATES

	SUELOS NO TRATA- DOS	SUELOS PARCIALMENTE ESTERILIZADOS				
		CALOR			Productos quí- micos	
		200° F 93° C	200° F 93° G fosf. básico	130° F 54.6° C	Toluol	C S a Bisul- furo de carbono
Peso relativo de la planta seca, (hojas, tallos, etc., sin los frutos	100	170	—	105	107	104
Peso relativo de los frutos .	100	161	—	116	133	138
Rendimiento en frutos por plantas (gr.)	446	720	—	518	595	615
Frutos producidos por cien partes en peso de la planta seca	1.575	1.525	—	1.775	1.975	2.100

N. B.—En los suelos B y C se notaba muchas nudosidades sobre las raíces en los suelos no tratados; algunas en los suelos tratados con toluol, con el bisulfuro de carbono ó calentados á 120° F (49° C); muy pocos en los suelos calentados á 130° F y ninguna en los suelos calentados á 200° F (93° C).

D) SUELOS ENFERMOS (ABONADO DOS VECES) PROVENIENTE DE UN CULTIVO DE TOMATES

Peso relativo de la planta seca (hojas, tallos, etc., sin los frutos	100	144	—	110	—	—
Peso relativo de los frutos .	100	118	—	109	—	—
Rendimiento en frutos por planta (gr.)	587	692	—	643	—	—
Frutos producidos por cien partes en peso de la planta seca.	2.340	1.860	—	2.320	—	—

N. B.—Bastante nudosidades sobre las raíces en los suelos no tratados, ninguna en los suelos calentados.

El método actualmente en uso para tratar los "suelos enfermos" (Sick Soils) es radical; consiste en sacarlos del invernáculo y reemplazarlos por suelos vírgenes, llevado algunas veces de un sitio muy lejano. La "enfermedad" se produce tan prontamente en un invernáculo de pepinos, con motivo de la temperatura elevada del suelo y del aire (80°F y más) y de la gran cantidad de agua y de elementos fertilizantes, que es necesario sacar con la tierra y reemplazarlos anualmente, lo cual ocasiona gastos considerables y pérdida de una parte de materias fertilizantes de valor. El suelo de un invernáculo de tomates, que se había vuelto al fin de varios años igualmente inutilizable, fué experimentado por nosotros después de una esterilización parcial y ha dado de nuevo muy buenas cosechas.

VI. Métodos y precios de obtención de la esterilización parcial

El problema de la esterilización parcial se resuelve completamente, para el horticultor, en una cuestión de precio. Las ventajas de la esterilización parcial son:

1. La mayor utilización de los elementos nutritivos del suelo, resultante de un trabajo más intenso de las bacterias fertilizantes;
2. La desaparición de los insectos, animalículos y los esporos de enfermedades criptogámicas que se encuentran en el suelo;
3. La economía de la mano de obra y de materias fertilizantes, resultante del hecho que los suelos enfermos, agotados, etc. pueden ser utilizados de nuevo.

Estas ventajas no tienen igual importancia para todos los horticultores; son de poco valor para aquel que no tiene que temer á la infección y tiene en abundancia á su disposición un suelo vírgen y abonos; son más tangibles para aquel que no dispone sino de cantidades limitadas de estos dos elementos, ó que debe procurárselos á un precio medianamente elevado; en fin, son muy importantes para los cultivadores de pepinos que deben sacrificar anual-

mente un número de toneladas de un suelo muy rico (1) pero infectado. Para estos últimos explotantes, el costo de la sacada y acarreo de la tierra de las viejas platabandas y del transporte y de la puesta en su lugar de la nueva tierra, es estimado diferentemente, pero, después de las discusiones con los interesados, puede ser valuado en 2 s. hasta 3 s. 6 d. (2,30 fr. á 4 fr.) la tonelada, según el distrito.

En este caso, el horticultor inglés obtendrá un buen beneficio si paga 2 s. por tonelada para el tratamiento de suelos viejos, puesto que conservará así todas las materias nutritiva contenidas en él.

Esterilización por el calor.— Por diversas razones, estimamos que, por el momento, la esterilización parcial por el calor es el método más eficaz. Decimos intencionalmente, por el momento, porque no hemos estudiado aún todos los métodos posibles de tratamiento químico.

El suelo será calentado á una temperatura que llegará á 200°F (93°C) pero no deberá pasar 210°F (99°C); se lo mantendrá pues durante una hora ó más entre 180°F (83°C) y 200°F (93°C).

En nuestros ensayos, el calor seco y el calor húmedo, es decir la calefacción directa ó la por el vapor, han dado resultados parecidos; el vapor deberá ser insuflado, á una tensión suficiente para evitar una condensación completa, pues el suelo no puede ser mantenido demasiado húmedo; despues de la esterilización, el montón no podrá ser ex-

(1) Algunos de estos suelos son aún mas ricos que un abono de la granja; es así como el análisis de dos suelos con pepinos nos ha dado la composición siguiente:

	Suelo A	Suelo B	Abono de granja (Mediana de Rothamsted)
Azoe	0.75	0.72	0.64
Acido fosfórico.	0.56	0.73	0.23
Acido fósforico asimilable.	0.36	0.46	
Potasa	0.54	0.50	0.32
Potasa asimilable	0.12	0.10	

puesto mucho tiempo á la lluvia, pues los elementos nutritivos que se formarán rápidamente serían disueltos por los lavajes.

Calefacción por el vapor.—Desde hace tiempo, los horticultores de Inglaterra y de los Estados Unidos, saben que la calefacción del suelo con el vapor, destruye algunos organismos nocivos y han imaginado diversos procedimientos para efectuar esta operación.

El mejor método, probablemente, consiste en insuflar vapor á alta presión, por medio de un instrumento en forma de rastra, que lanza los chorros penetrando en el suelo. La presión óptima, debe todavía ser determinada. En algunos grandes establecimientos de horticultura, se ha utilizado una presión de 80 á 90 ltr. (36 á 41 Kgr.), y por este método la temperatura del suelo ha sido llevada en 2 ó 3 minutos á 212°F (100°C), hasta que su sequedad se haya mantenido lo mismo que antes de la esterilización. En este caso, el calentamiento fué llevado durante 15 minutos y la tierra fué en seguida puesta en montones; otras veces se enfrió muy lentamente (la tierra siendo mala conductora del calor) hasta que, aún después de 5 horas, la temperatura quedaba á 160°F (71°C) y que al fin de la semana, no había descendido á 75°F (25°C).

Resulta del cálculo que fué establecido, relativo al precio de obtención de la operación, comprendiendo en él la amortización del aparato y los otros gastos, que la esterilización por el vapor ha sido hecho á razón de 1 S. 6 d. (1 fr. 75) par yarda cúbica, lo que, según los cálculos moderados, corresponde casi al mismo precio por tonelada de tierra (una yarda cúbica pesa á lo menos 20 cwt. de 50 Kg. 8 = 1 tonelada).

Como por medio de un solo aparato, se puede tratar 40 yardas cúbicas de suelo por día, este método presenta ventajas evidentes para el gran horticultor.

En otro establecimiento, donde no se disponía sino de una vieja caldera, el vapor á baja presión fué insuflado en un montón de tierra cubierta de bolsas.

Después de algún tiempo, la tierra fué revuelta, en un nuevo montón; estaba húmeda pero no impregnada de agua. El costo de la operación fué de 1 s. 2 d (1 fr. 25) por tonelada, pero no se tuvo en cuenta la amortización de la caldera, y además el procedimiento era más lento que el precedente.

Calor seco.—Dos métodos han sido preconizados: el método de calefacción directa y el método de calefacción por aire caliente. El método de calefacción directa ó al horno, presenta algunas dificultades.

Debido á su mala conductibilidad, el suelo no se deja penetrar sino lentamente por el calor; resulta pues de ello que la temperatura de una cierta masa de tierra en un horno, será durante algún tiempo muy desigual, el interior permanece frío mucho tiempo, mientras que las partes superficiales son suficientemente calentadas. Además, de esta pérdida de calórico, hay en la mayor parte de los procedimientos de esterilización, el peligro de sobrecalentar algunas partes de la tierra y de pasar 210°F (100°C), lo cual como lo hemos dicho ya, no es de recomendar.

Se evita la pérdida de calor hecho con el método de calefacción directa, haciéndole pasar al través del suelo aire caliente; sin embargo, aquí también, una cierta cantidad de calor es perdido por la evaporación del agua contenida en el suelo.

Por otra parte, la gran ventaja del método de esterilización por el aire seco, es que este último puede ser efectuado por medio del calor perdido, que sale de los conductos de aire caliente. Cuando este procedimiento puede ser empleado, no hay ningún gasto de calefacción y el costo de la operación se reduce simplemente á la mano de obra. M. Holmes, nos ha informado, que ha esterilizado su tierra de esta manera á razón de 5 d. por tonelada, todos los gastos comprendidos. La tierra está expuesta al calor durante 7 horas más ó menos y 3 cargas de una tonelada próximamente puede ser tratada en 24 horas.

Gastos de combustibles y resultados.—La cantidad de agua contenida en el suelo, es un factor muy importante para la determinación del costo de la esterilización parcial. Para aumentar la temperatura de los suelos secos, es necesario una quinta parte solamente de la cantidad de calor requerida por el agua. Por consiguiente, hay un gran aumento en los gastos de combustible si se esteriliza un suelo húmedo. Los resultados siguientes, recientemente obtenidos, hacen resaltar bien este hecho.

	Suelo rico proveniente de un cultivo de pepinos			Suelo proveniente de un cultivo de tomates		Suelo arable	
	Húmedo	Seco	Secado al aire	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Humedad (por ciento) (1)	41.6	25	5.6	22.4	8.9	14.7	6.0
Color específico . . .	0.58	0.38	0.27	0.39	0.22	0.30	0.22
Unidades térmicas (B. T. U.) para llevar 1 lbs de la tierra de 52° á 212° F (1)	92	61	37	62	35	48	35
Núm. de lbs de tierra calentadas por una lb de combustible . . .	130	197	320	193	330	250	340

Como consecuencia de los resultados de estos ensayos y de varios otros, hemos formulado la siguiente regla, por medio de la cual el horticultor podrá evaluar aproximadamente el número de unidades técnicas (B. T. U.) requeridas si conociera simplemente la cantidad de humedad del suelo á esterilizar.

Multiplicar el porcentaje de tierra seca, por 23 si el suelo es rico, ó 21 si es pobre. *Adicionar* el porcentaje

(1) La mitad térmica británica (B. T. U.) es la cantidad de calor necesaria para elevar de 1° F la temperatura de una libra de agua. Se pasa de las B. T. U. á las calorías normales multiplicándolo por el coeficiente $\frac{1}{3.90832}$

de agua x 100. Multiplicar el resultado por 1,6 y *dividir* por cien. Ejemplo: sea avaluar el número de unidades térmicas requeridas por un suelo rico, proveniente de un cultivo de pepinos y conteniendo 41.6 % de agua.

100—41.6=58.4 por ciento de tierra seca:

$$\frac{5502 \times 1,6}{100} = 88$$

$$\begin{array}{r} 58,4 \times 23 = 1342 \\ 41,6 \times 100 = \frac{4160}{5502} \end{array}$$

La cantidad encontrada directamente por los análisis fué de 92. La regla no es aplicable á los suelos secos.

El número de lbs. de tierra, calentados por una libra de combustible quemado, se obtiene dividiendo 12.000 por la cantidad de unidades técnicas 88. 12.000 es el poder calorífico de una libra de hulla.

Un rendimiento de cien por ciento no es, en efecto, posible, por una parte, debido á causas de imperfecciones tanto de la caldera como del trabajo del calentador y sobre todo, porque implica una conservación perfecta del vapor. La determinación del rendimiento que puede ser conseguido, constituye un interesante problema para el ingeniero hortícola; el mejor porcentaje que hemos obtenido hasta el presente, es alrededor del 30 %.

Tratamiento químico.—En principio, el tratamiento químico es mucho más simple y de menor precio. Si el producto químico realmente apropiado fuese hallado, el único trabajo consistiría en su incorporación al suelo; no habría que transportar allí la tierra hasta esterilizarla y volverla á llevar y ningún peligro habría que temer como consecuencia de la calefacción.

Las condiciones á las cuales debe satisfacer un producto de esta aplicación, son las siguientes:

1. Barato; 2. Volatizable ó descomponible, de modo que desaparezca cuando su acción haya terminado y no ocasionase enseguida ningún efecto sobre las raíces de las plantas ó sobre las bacterias fertilizante; 3. Mortal á las anguílulas y á otros animalículos, á los esporos de hon-

gos, así como á los organismos nocivos á las bacterias fertilizantes; 4. No ser nocivo á estas últimas bacterias sino á una temperatura de 180° F (82° C).

• Una sustancia conveniente, podrá ser sin duda descubierta entre los numerosos productos derivados del alquitrán de hulla. Nuestros ensayos han sido hechos con sustancias puras, porque no nos habíamos propuesto sino estudiar los diversos problemas preliminares. Es entre tanto posible experimentar algunos de los subproductos que el horticultor podrá obtener.

VII. Conclusiones

1. La esterilización parcial del suelo aumenta la cantidad de los elementos nutritivos puestos á la disposición de la planta, modifica un poco el crecimiento de ésta y mata los diversos insectos, y animalículos nocivos;

2. Ocasiona un retardo temporario en la germinación y el primer crecimiento, cuya importancia varía según la naturaleza del suelo, el grano y las condiciones generales de cultura;

3. En nuestras experiencias, no ha sido ventajosa cuando el horticultor disponía en abundancia de las cantidades de tierras convenientes y de abonos que le fuesen necesarios;

4. Es, sin embargo, muy útil para los cultivos en planta-bandas, en invernáculos fríos y para las plantas que deben pasar durante algún tiempo sin abono. Por ella se consigue plantas que tienen un desarrollo radicular mejor, un aspecto más sano y más vigoroso, una floración más precoz, una fructificación más abundante y los frutos de mejor calidad;

5. Es particularmente útil para los invernáculos donde los organismos nocivos que se encuentran en el suelo, son una causa de pérdida y donde reina la enfermedad de los suelos;

6. Actualmente el método más eficaz de esterilización parcial, consiste en calentar la tierra á una temperatura superior á 140° F, pero no pasar de 212° F (100° C). Resultados muy satisfactorios han sido conseguidos entre 180° y 200° F (83° y 93° C). Es necesario emplear 1/2 cwt (1) más á menos, ó sea 25 kg. de combustible, por tonelada de tierra.

El capital y la mano de obra necesaria, depende de la rapidez con la cual la operación se efectúe.

Nuestras experiencias nos han demostrado que un tratamiento químico eficaz es igualmente posible y es, por otra parte, más simple, pero no tenemos todavía experimentado un número suficiente de productos comerciales para poder discutir el problema bajo el punto de vista práctico.

(1) 1 cwt=1 hundreweight =112 lbs.=50 kg. 8.