



CAJA INSULAR DE AHORROS DE GRAN CANARIA

CULTIVO HIDROPONICO DE LECHUGAS

I.- NUTRICION

Por

Gozalo Pérez Melián

Angel Luque Escalona

**SERVICIO AGRICOLA
CENTRO INTERNACIONAL
PARA LA HIDROPONIA
LOS MORISCOS - 1974**

CULTIVO HIDROPONICO DE LECHUGAS

I.- NUTRICION

Gonzalo Pérez Melián
Angel Luque Escalona

CENTRO INTERNACIONAL PARA
LA HIDROPONIA
SERVICIO AGRICOLA
CAJA INSULAR DE AHORROS DE G. CANARIA

RESUMEN

En este trabajo se estudia el cultivo de lechuga Romana en hidroponía y el efecto que tienen sobre la producción la utilización de soluciones nutritivas, con deficit o exceso de un determinado nutriente en condiciones de predeficiencia o pretoxicidad, sin que se lleguen a producir síntomas visuales. Se encontraron tres soluciones en las cuales no hay disminución de rendimientos, con respecto a la solución "standard", estas soluciones son: 1ª Deficiencia débil de nitrógeno (8 meq. /l), 2ª Exceso débil de nitrógeno (18 meq. /l) y 3ª Exceso débil de potasio (11 meq. /l). Se estudia también la posibilidad de diagnosticar las predeficiencias y pretoxicidades por medio del análisis foliar, encontramos que era posible el diagnostico en los siguientes casos: 1º Deficiencia fuerte de calcio, 2º Deficiencia fuerte y débil de nitrógeno al final del cultivo, 3º Deficiencias y exceso de potasio, 4º Deficiencia de fósforo, 5º Exceso de manganeso, 6º Exceso de cloruro sódico. En el resto de los tratamientos es necesario completar el análisis foliar con el análisis de la solución nutritiva o del suelo según el tipo de cultivo. Se dan también los síntomas visuales de las deficiencias de calcio y fósforo, así como el exceso de boro.

I. - INTRODUCCION

Desde la introducción de la hidroponía en la isla de Gran Canaria, una de las plantas más cultivadas por este sistema ha sido la lechuga. En hidroponía tiene un desarrollo muy rápido, permite establecer una producción continua semanal con muy poca mano de obra y las plantas tienen una presentación excelente al estar completamente limpias de tierra.

La solución nutritiva empleada en este cultivo es la dada por Steiner (1969) como solución standard para el cultivo en hidroponía de plantas hortícolas y gran parte de las ornamentales (excluyendo Aráceas y Orquídeas).

Esta solución nutritiva tiene la siguiente composición:

	NO3	PO4H2	SO4	K	Ca	Mg
% Aniones (meq.)	60	5	35			
% Cationes "				35	45	20
meq. /l	12	.1	7	7	9	4

Los meq./l están calculados para una presión osmótica en la solución nutritiva de 0.7 ats. que es la considerada por Steiner (1969) como optima para Canarias y que permite un total de 30 iones-mg/l.

Esta solución admite cierta variabilidad en los % de concentración de los iones, sin afectar sensiblemente a la producción y a la calidad de las plantas cultivadas. La variabilidad admitida en % de iones, para una presión osmótica de 0.7, ats es la siguiente:

	N03	P04H2	S04	K	Ca	Mg
% Aniones (meq/l)	50-70	3-11	25-45			
% Cationes "				30-40	35-55	15-30
meq./l	10-14	0.6-2	5-9	6-8	7-11	3-6

Cualquiera que sea la relación de iones en la solución utilizada, se completa siempre con los micronutrientes en las siguientes concentraciones:

Elemento	Fe	Mn	B	Zn	Mo	Cu
Concentración	2	0.7	0.5	0.09	0.04	0.02 (ppm)

El objeto del presente trabajo es determinar los efectos que pueden producir sobre la planta la variación de las relaciones entre los nutrientes, fuera de los límites dados anteriormente y antes de que se produzcan síntomas visuales acusados. En estas condiciones las plantas pueden completar su ciclo biológico, pero su producción se verá afectada según la gravedad de la deficiencia o el exceso.

Se han estudiado las concentraciones en solución nutritiva de nitratos, fosfatos sulfatos, potasio, calcio, y magnesio en cuanto a los macronutrientes. También se han estudiado los excesos de boro, manganeso y cloruro sódico así como la adición, a lo largo del cultivo de media dosis de hierro. Todos estos tratamientos se han llevado a cabo comparativamente con el cultivo en solución standard.

II. - MATERIAL Y METODOS

II. 1. - Parte experimental:

Para este ensayo utilizamos las camas pequeñas del invernadero experimental. Estas camas tienen una superficie de 2.88 m² (2,40 x 1,20) y una profundidad de 20 cm. El sustrato utilizado es el picón (lapilli) que de acuerdo con las conclusiones obtenidas en trabajos anteriores (Blesa, Luque; 1972 y Luque,

Perez Melian; 1974) fué grueso, poroso y practicamente libre de impurezas tereas.

El tipo de cultivo hidropónico es por

subirrigación, según el sistema holandés de Steiner (1970), en el cual hay un intercambio completo entre la solución nueva que llega a la cama en cada riego y la solución que estaba retenida en el sustrato procedente del riego anterior. Tanto en la entrada de la solución a la cama como en el retorno al tanque, hay una caída libre que permite la aireación completa de la solución nutritiva.

Cada cama se alimenta por medio de una bomba que lleva la solución desde un tanque de 1 m³ de capacidad a la cama, el retorno de la solución al tanque es por gravedad. Tanto la bomba como el tanque de solución son independientes para cada cama.

En el gráfico mostramos la distribución de las camas, la letra y el número asignado a cada una, los tratamientos seguidos y la situación de los tanques de solución y las bombas para riego.

G 5 Def. CaF			G 10 Sol St.	G 15 1/2 Fe			G 20 Exc. Cl Na
G 4 Def. CaD			G 9 Exc. N F	G 14 Exc. K F			G 19 Exc. B
G 3 Exc. Mg			G 8 Exc. N D	G 13 Exc. K D			G 18 Exc. Mn
G 2 Semillero			G 7 Def. ND	G 12 Def. K D			G 17 Def. P
G 1 Semillero	T. S.		G 6 Def. N F	G 11 Def. K F			G 16 Def. S

B

T.S. = Tanqueta de solución nutritiva
D = Debil (ya sea exceso o deficiencia)
F = Fuerte (" " ")
B = Bomba.

En la tabla 1 se exponen las soluciones utilizadas en cada tratamiento en porcentaje de iones (% de aniones y % de cationes) y en meq/l. Se puede observar como en todos los tratamientos los porcentajes

de iones están fuera de los límites de Steiner, dados en la introducción, ya que dentro de los mismos consideramos que no íbamos a tener diferencias significativas en la producción.

Durante la época de semillero la solución nutritiva utilizada fue la standard pero con aproximadamente la mitad de la concentración normal.

TABLA I
SOLUCIONES NUTRITIVAS UTILIZADAS
MACRONUTRIENTES

		Aniones			Cationes		
		N03	P04H2	SO4	K	Ca	Mg
CAMA G 3	% meq.	60	5	35	26,9	34,6	38,5
Exc. Mg	meq/l	15,6	1,3	9,1	7	9	10
CAMA G 4	% meq.	60	5	35	51	20	29
Def. Ca	meq/l	12	1	7	10,2	4	5,8
CAMA G 5	% meq.	60	5	35	59	5	36
Def. Ca	meq/l	12	1	7	11,8	1	7,8
CAMA G 6	% meq.	19	5,8	76,2	35	45	20
Def. N	meq/l	4	1	15	7	9	4
CAMA G 7	% meq.	40	5	55	35	45	20
Def. N	meq/l	8	1	11	7	9	4

CAMA G 8 Exc. N	% meq. meq/l	69 18	4 1	27 7		35 7	45 9	20 4
CAMA G 9 Exc. N	% meq. meq/l	75 24	3 1	22 7		35 7	45 9	20 4
CAMA G 10 Def. K	% meq. meq/l	60 12	5 1	35 7		35 7	45 9	20 4
CAMA G 11 Def. K	% meq. meq/l	60 12	5 1	35 7		2,5 0,5	67,5 13,8	30 6,2
CAMA G 12 Def. K	% meq. meq/l	60 12	5 1	35 7		15 3	59 13	26 5
CAMA G 13 Exc. K	% meq. meq/l	60 14,4	5 1,2	35 9,8		46 11	37 9	17 4
CAMA G 14 Exc. K	% meq. meq/l	60 16,8	5 1,4	35 9,8		54 15	32 9	14 4
CAMA G 15 Def. Fe	SOLUCION STANDARD Una sola adición de Fe (2 ppm)							
		Aniones				Cationes		
		N03	P04H2	S04		K	Ca	Mg
CAMA G 16 Def. S	% meq. meq/l	87,5 17,5	5 1	7,5 1,5		35 7	45 9	20 4
CAMA G 17 Def. P	% meq. meq/l	60 12	0 0	40 8		35 7	45 9	20 4
CAMA G 18 Exc. Mn	Solución STANDARD 10 ppm de Mn							
CAMA G 19 Exc. de B	Solución STANDARD 10 ppm de B							
CAMA G 20 Exc. de ClNa	Solución STANDARD 20 meq/l de ClNa							

MICRONUTRIENTES

Elemento	Fe	Mn	B	Zn	Mo	Cu
Con. en ppm	2	0,7	0,5	0,09	0,04	0,02

Las concentraciones de micronutrientes (tabla 1) fueron iguales en todos los tratamientos, excepto en los dos de toxicidad (Mn y B) y en la media dosis de Fe. Se añadieron una sola vez a

principio del cultivo, excepto el hierro que se añadió dos veces. Para mayor comodidad se preparó una solución madre en medio ácido, que contenía el cinc, cobre y molibdeno, otra con el

manganeso y otra con el boro. El hierro lo suministramos directamente en forma de quelato (al 25 % de Fe) a razón de ocho gramos por tanque (1 m³) cada una de las dos adiciones.

En cada caso empleamos para la fabricación de la solución nutritiva, los abonos y productos químicos técnicos que podían permitirnos un mejor balance de los nutrientes. A continuación damos una lista de los productos químicos empleados

Nitrato cálcico	Abono comercial
Nitrato potásico	" "
Nitrato Magnésico	Producto técnico
Acido nítrico	" "

Superfosfato Triple	Abono comercial
Fosfato monopotásico	Producto técnico
Acido fosfórico	" "

Sulfato magnésico	Abono comercial
Sulfato potásico	" "
Sulfato de manganeso	Producto técnico
Sulfato de cinc	" "
Sulfato de cobre	" "

Acido bórico	Producto técnico
Molibdato amónico	Reactivo de análisis
Quelacross (25 % de Fe)	Abono comercial
Cloruro sódico	Comercial

El pH en todas las tanquetas se mantuvo en tre 6 y 7, y únicamente fué más bajo en el caso del exceso de nitrógeno, debido a la adición de ácido nítrico.

II. 2.- Cultivo:

La variedad de lechuga utilizada fué la Blanca Romana. Elegimos esta variedad por presentar una hoja lisa y separada que permitía observar fácilmente cualquier síntoma foliar en los casos en que aparecieran. También por ser una de las variedades que más se cultiva en hidroponía. La semilla nos la suministró uno de los agricultores en hidropónicos.

El semillero se plantó el día 15 de Febrero, con la semilla previamente tratada con fungicida. La nascencia fue bastante elevada. Se utilizó en el semillero una ligera capa de picón fino para cubrir la semilla y mantener la humedad. Se regó varias veces al día (dos o tres) de acuerdo con la temperatura. Se utilizaron las camas G 1 y G 2.

El trasplante se llevó a cabo el día 20 de Marzo lo que hace un total de 31 días de semillero. Las plantas trasplantadas tenían un tamaño aproximado de 12 cm y mostraban todas tres o cuatro hojas (fig. 1). La densidad de plantación fué de 25 plantas/m² o sea 20 cm en marco real. Durante los primeros días después del trasplante se aumentó la duración de los riegos, para evitar tener mucha pérdida de plantas.

Una vez se comprobó que las plantas se habían enraizado bien en su mayoría, se pasó a darles un solo riego al día de media hora de duración y a mantener la humedad por medio del sistema de humectación de aspersión alta.

Durante los diez primeros días la solución nutritiva fué una solución diluida y de concentración relativa de iones similares en cada tratamiento a la que se pondría como definitiva.

Desde el punto de vista fitopatológico, no fué necesario más que un tratamiento contra pulgón con "Rogor" al 0,2 %, este se llevó a cabo a los quince días aproximadamente de haber realizado el trasplante.

A los 25 días de cultivo se sacaron fotografías comparativas entre los tratamientos y se tomaron varias plantas de cada tanqueta para llevar a cabo los análisis foliares de la primera serie.

El seis de ^{mayo} Abril, a los 46 días de cultivo, se recolectaron las plantas, así pues, la duración total de la experiencia fué de 77 días. A medida que se fueron recolectando, se pesaron individualmente las plantas de cada tratamiento y se tomaron muestras, lo más uniformes posibles para llevar a cabo los análisis foliares de la segunda serie.

A efectos del estudio estadístico de los rendimientos, consideramos cada planta como una unidad, obteniendo los valores medios de peso por lechuga y por tanqueta.

II. 3.- Determinaciones analíticas:

Las soluciones nutritivas, tanto la del semillero como las de las camas, se analizaron semanalmente y se hicieron

las reposiciones necesarias para mantener constantes los valores de los nutrientes en la solución. Las adiciones se hicieron con los productos expuestos en el apartado II. 1.

Las determinaciones hechas y las técnicas analíticas seguidas fueron las siguientes:

- Determinación de pH y conductividad: Se determinaron directamente por medio de pH-metro y conductímetro.

- Nitratos: Según el método colorimétrico del ácido fenoldisulfónico.

- Fosfatos: Por el método colorimétrico del metavanadato amónico de Kitson y Mellon (1944).

- Sulfatos: Determinados gravimétricamente por precipitación con cloruro de bario.

- Calcio y magnesio: Por el método volumétrico de Diehl (1950) con valoración con EDTA.

- Sodio y potasio: Se determinaron por espectrofotometría de llama, directamente de la solución.

- Cloruros: Por método volumétrico, titulando con nitrato de plata.

Los microelementos en solución no se determinaron salvo el tratamiento de toxicidad de manganeso. Este elemento se determinó por absorción atómica.

Los análisis foliares se hicieron dos veces durante la experiencia, como ya expusimos. Se llevaron a cabo sobre la planta entera excluyendo raíces. Las muestras una vez recolectadas se lavaron con detergente y agua destilada se pusieron a secar en la estufa de aire forzado a 50° C (48 horas aproximadamente). Una vez secas se molieron quedando listas para su análisis.

Para la realización de estos análisis se hicieron tres tipos de mineralizaciones.

1.- Digestión con ácido sulfúrico y agua oxigenada para la determinación de nitrógeno y potasio. El nitrógeno se determinó por el método de Lachica (1960) por valoración semiautomática. El potasio se determinó por espectrofotometría de llama.

2.- Calcinación a 550° C para la obtención de cenizas. Estas se disolvieron con ácido clorhídrico y en el extracto se determinaron calcio, magnesio, hierro, manganeso, cinc y cobre por espectrofotometría de absorción atómica. Sodio por espectrofotometría de llama. Fosfatos neutralizando el mineralizado con carbonato sódico y colorimétricamente según el método de Kitson y Mellon (1944).

3.- Calcinación con nitrato magnésico a 350° C y dilución del calcinado con ácido clorhídrico. En este extracto se determinó azufre, por precipitación con cloruro de bario y fosfatos siguiendo el método anterior. Esta determinación de fosfatos por los dos métodos de calcinación se llevó a cabo debido a que la bibliografía cita que puede haber pérdidas de fósforo en plantas ácidas al calcinar a 550° C. Al no encontrar diferencias entre unos valores y otros, en la segunda serie se determinó el fósforo en el extracto resultante de la calcinación a 550° C.

III.- RESULTADOS Y DISCUSION

En las tablas 2, 3, 4, 5 y 6 exponemos todos los resultados de la parte experimental.

Las tablas 2 y 3 contienen los valores obtenidos en los análisis foliares correspondientes a la 1ª serie. Las muestras para estos análisis se tomaron a los 25 días de cultivo. Los valores de los macronutrientes y el sodio están expresados en gramos del elemento contenidos en 100 g de materia seca y en miliequivalentes de ion considerado por 100 g de materia seca. Los microelementos están expresados en ppm (mg por Kg de materia seca).

Las tablas 4 y 5 son los valores obtenidos en la 2ª serie de análisis. Las muestras fueron tomadas en el momento de la recolección.

Damos los valores de análisis foliar en las dos formas de % y meq/100 g debido a que algunos autores utilizan la primera, mientras que otros usan la segunda. En realidad para la interpretación de los análisis hemos creído necesarias las

dos, puesto que el % nos da el contenido en valor absoluto y los meq. los valores relativos.

La tabla 6 es el estudio comparativo de los rendimientos, damos los pesos medios por unidad, su significación respecto al

tratamiento de solución standard, en tanto por ciento de rendimiento, considerando el tratamiento de solución standard como el 100/100. Cuando las diferencias no son significativas, el % de rendimiento tampoco lo consideramos significativo.

TABLA 2

Resultados de los análisis foliares de la primera serie (25 días de cultivo)

MUESTRA	N NO3		P PO4H2		S SO4		K		Ca		Mg	
	%	meq	%	meq	%	meq	%	meq	%	meq	%	meq
CAMA G 3	1,91	279,2	0,58	18,7	0,36	22,5	6,68	170,8	1,00	50,0	0,53	43,6
CAMA G 4	1,81	343,6	0,58	18,7	0,38	23,8	7,98	204,1	0,92	46,0	0,45	37,0
CAMA G 5	5,05	360,7	0,74	23,9	0,36	22,5	7,53	192,6	0,40	20,0	0,56	46,1
CAMA G 6	4,66	332,9	0,61	19,7	0,41	25,6	7,71	197,2	1,00	50,0	0,29	23,9
CAMA G 7	4,82	344,3	0,52	16,8	0,29	18,1	7,37	188,5	0,90	45,0	0,29	23,9
CAMA G 8	4,54	324,3	0,52	16,8	0,32	20,0	7,72	197,4	1,24	62,0	0,34	28,0
CAMA G 9	4,82	344,3	0,54	17,4	0,34	21,3	5,56	142,2	1,99	99,5	0,54	44,4
CAMA G 10	4,88	348,5	0,50	16,1	0,22	13,8	7,03	179,8	1,07	53,5	0,43	35,4
CAMA G 11	4,64	331,4	0,52	16,8	0,25	15,6	2,23	57,0	1,47	73,5	0,95	78,2
CAMA G 12	5,19	370,7	0,39	12,6	0,21	13,1	6,32	161,6	1,29	64,1	0,48	39,5
CAMA G 13	5,49	392,1	0,51	16,5	0,34	21,3	7,70	196,9	0,99	49,5	0,38	31,3
CAMA G 14	5,05	360,7	0,45	14,5	0,30	18,8	8,89	227,4	0,99	49,5	0,41	33,7
CAMA G 16	4,43	316,4	0,53	17,1	0,14	8,8	6,54	167,3	1,20	60,0	0,53	43,6
CAMA G 17	4,28	305,7	0,15	4,8	0,39	24,4	7,35	188,0	1,99	99,5	1,29	106,1

Los valores están expresados en g/100 de materia seca y en meq/100 g de materia seca.

TABLA 3

Resultados análisis 1ª serie (25 días de cultivo)

MUESTRA	Na		ppm			
	%	meq	Mn	Fe	Cu	Zn
CAMA G 3	0,82	35,7	69,8	698,7	24,9	114,8
CAMA G 4	0,90	39,1	90,0	800,0	15,0	75,0
CAMA G 5	1,15	50,0	69,9	699,0	15,0	69,0
CAMA G 6	0,69	30,0	59,8	548,0	10,0	79,7
CAMA G 7	0,62	27,0	49,9	847,9	5,0	74,8
CAMA G 8	0,56	24,3	79,7	996,2	10,0	74,7
CAMA G 9	0,87	37,8	99,4	894,9	44,7	84,5
CAMA G 10	0,62	27,0	49,7	894,5	9,9	44,7
CAMA G 11	2,05	89,1	69,8	498,4	10,0	54,8
CAMA G 12	0,67	29,1	40,0	349,7	5,0	50,0
CAMA G 13	0,72	31,3	79,9	1698,7	15,0	79,9
CAMA G 14	0,65	28,3	74,9	2047,9	15,0	79,9
CAMA G 16	0,65	28,3	99,9	2398,7	20,0	64,9
CAMA G 17	1,44	62,6	323,8	15944,1	29,9	94,7

TABLA 4

Resultados de los análisis foliares de la 2ª serie (al terminar el cultivo)

	N NO ₃ % meq		P PO ₄ H ₂ % meq		S SO ₄ % meq		K % meq		Ca % meq		Mg % meq	
CAMA G 3	4,62	330,0	0,63	20,3	0,38	23,8	8,63	220,7	1,20	60,0	0,37	30,4
CAMA G 4	4,11	293,6	0,71	22,9	0,34	21,3	9,15	234,0	0,90	45,0	0,41	33,7
CAMA G 5	4,31	307,9	0,77	24,9	0,33	20,6	9,35	239,1	0,40	20,0	0,56	46,0
CAMA G 6	2,97	212,1	0,76	24,5	0,47	29,4	8,74	223,5	0,97	48,5	0,43	38,4
CAMA G 7	3,57	255,0	0,56	18,1	0,27	16,9	9,43	241,2	0,97	48,5	0,31	25,5
CAMA G 8	4,09	292,1	0,45	14,5	0,19	11,9	8,11	207,4	1,20	60,0	0,32	26,3
CAMA G 9	4,20	300,0	0,59	19,1	0,12	7,5	7,85	200,8	1,52	76,0	0,42	34,6
CAMA G 10	4,06	290,0	0,35	11,3	0,26	16,3	7,77	198,7	0,90	45,0	0,24	19,7
CAMA G 11	3,86	275,7	0,38	12,3	0,17	10,6	1,79	45,7	1,19	59,5	0,72	59,2
CAMA G 12	4,59	327,9	0,59	19,1	0,17	10,6	7,24	185,2	1,35	67,5	0,54	44,4
CAMA G 13	4,30	307,1	0,49	15,8	0,20	12,5	9,09	237,5	1,00	50,0	0,27	22,2
CAMA G 14	4,53	323,6	0,49	15,8	0,23	14,4	9,06	231,7	0,85	42,5	0,25	20,6
CAMA G 15	4,41	315,0	0,54	17,4	0,21	13,1	7,85	200,8	1,12	56,0	0,24	19,7
CAMA G 16	3,94	281,4	0,35	11,3	0,18	11,3	7,92	202,5	0,96	48,0	0,24	19,7
CAMA G 18	3,81	272,1	0,50	16,1	0,23	14,4	6,88	176,0	0,93	46,5	0,24	19,7
CAMA G 19	4,07	290,7	0,50	16,1	0,17	10,6	7,56	193,3	0,97	48,5	0,25	20,6
CAMA G 20	4,06	290,0	0,40	12,9	0,33	20,6	6,57	168,2	0,92	46,0	0,30	24,7

Los valores están expresados en g/100 g de materia seca y en meq/100 g de materia seca.

TABLA 5

Resultados de los análisis de la 2ª serie (final de cultivo)

MUESTRA	Na % meq		ppm			
			Mn	Fe	Cu	Zn
CAMA G 3	0,90	39,1	43,4	1644,7	19,9	53,3
CAMA G 4	0,83	36,1	26,5	599,5	15,0	88,4
CAMA G 5	0,90	39,1	26,4	798,5	15,0	63,4
CAMA G 6	0,80	34,8	41,5	949,4	15,0	65,5
CAMA G 7	0,71	30,9	21,9	747,6	15,0	69,8
CAMA G 8	0,65	28,3	38,4	748,1	14,9	69,8
CAMA G 9	0,57	24,8	124,9	1099,5	20,0	104,4
CAMA G 10	0,44	19,1	25,0	750,0	10,0	51,0
CAMA G 11	1,97	85,7	32,1	593,4	9,9	44,5
CAMA G 12	0,57	24,8	30,5	449,8	10,0	59,5
CAMA G 13	0,68	29,6	33,0	849,6	10,0	50,0
CAMA G 14	0,60	26,1	29,8	846,3	9,9	48,3
CAMA G 15	0,42	18,3	28,8	599,8	10,0	50,0
CAMA G 16	0,49	21,3	33,1	494,2	9,8	35,6
CAMA G 18	0,74	32,2	257,5	1050,0	25,0	46,5
CAMA G 19	0,58	25,2	30,9	698,5	10,0	40,4
CAMA G 20	1,72	74,8	35,0	1100,0	5,0	35,5

TABLA 6
ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RENDIMIENTOS

TRATAMIENTO	Peso medio	Significancia		Rendim.en %
		95%	99%	
G 3 Exc. Mg	296,7	+	+	74,0 %
G 4 Def. Ca	343,5	-	-	85,7 %
G 5 Def. Ca	277,7	+	+	69,3 %
G 6 Def. N	321,6	+	+	80,3 %
G 7 Def. N	380,9	-	-	96,6 %
G 8 Exc. N	371,0	-	-	92,6 %
G 9 Exc. N	278,4	+	+	69,5 %
G 10 Sol. St.	400,4			100,0 %
G 11 Def. K.	281,9	+	+	70,4 %
G 12 Def. K.	340,5	+	+	85,0 %
G 13 Exc. K.	381,4	-	-	95,2 %
G 14 Exc. K	322,9	+	+	80,6 %
G 15 1/2 Fe	416,6	-	-	104,0 %
G 16 Def. S	304,4	+	+	76,6 %
G 17 Def. P	-----			-----
G 18 Exc. Mn	298,4	+	+	74,5 %
G 19 Exc. B	333,2	+	+	83,2 %
G 20 Exc. ClNa	317,6	+	+	79,3 %

+ = Con diferencias significativas con la solución standard

- = Sin diferencias significativas con la solución standard

Los valores de la deficiencia de fósforo (G 17) no se incluyen, ya que los consideramos nulos.

III. 1.- Exceso de magnesio:

La causa principal de incluir este tratamiento es el haber comprobado que al utilizar aguas con elevados contenidos de magnesio en las explotaciones comerciales, aparece un exceso de este catión en la solución nutritiva, el exceso va unido a una parada de crecimiento y disminución de los rendimientos. Nos interesaba saber hasta qué punto afectaba el cultivo este exceso de magnesio en la solución nutritiva.

La solución nutritiva empleada (tabla 1), contiene 10 meq/l de Mg, los valores de potasio y calcio se mantuvieron constantes e iguales a los de la solución standard (en 7 y 9 meq/l respectivamente). La relación entre los nitratos, fosfatos y sulfatos se mantiene también igual y los valores absolutos son ligeramente más elevados para compensar el aumento de Mg. La presión osmótica de esta solución es 0,21 más elevada que la de la solución standard.

El crecimiento durante las cuatro primeras semanas fue muy intenso, más aun que el presentado por la solución standard, esto se puede apreciar en la figura 2, obtenida a los 28 días del trasplante. No obstante a partir, aproximadamente de esta fecha se produce una parada en el crecimiento y aunque las plantas no muestran síntomas externos de toxicidad,

se nota el efecto del exceso de Mg en la diferencia de peso, significativamente menor, con respecto a las plantas desarrolladas sobre solución standard, con una disminución de rendimientos del 26% aproximadamente como se puede observar en la tabla 6.

Según los resultados expuestos en las tablas 2, 3, 4 y 5 llegamos a la conclusión de que el exceso de magnesio no se puede diagnosticar por medio del análisis foliar, sino que será necesario acudir al análisis de la solución nutritiva si es cultivo hidropónico o del suelo si se trata de cultivo tradicional. También nos indican estos resultados que al encontrar valores excesivos de magnesio en hojas de lechugas se debe pensar más en una deficiencia de calcio o potasio que en un exceso de magnesio (G 5, G 11 y G 12), ya que estos tratamientos dan valores más elevados que el exceso (G 3).

En general al comparar los valores de magnesio entre los análisis de la 1ª serie (tabla 2) y los de la 2ª serie (tabla 4) podemos apreciar que hay una disminución del contenido a medida que aumenta la edad de la planta.

III. 2.- Deficiencias de calcio:

Con deficiencia de calcio se llevaron a cabo dos tratamientos. El primero (cama G 4) conteniendo 4 meq./l deficiencia débil y el segundo (cama G 5) conteniendo 1 meq./l (contenido del agua empleada en la experiencia) de deficiencia fuerte. En las soluciones empleadas (tabla 1) se han aumentado las concentraciones de potasio y magnesio, con objeto de compensar la solución y mantener la presión osmótica. La variación de estos cationes se ha llevado a cabo manteniendo la misma relación en que se encuentran en la solución standard. Las concentraciones de aniones se han mantenido invariables.

A partir de la 2ª semana después del trasplante se empieza a apreciar en las plantas un desarrollo menor que el presentado por las plantas desarrolladas en solución nutritiva standard, siendo menor el desarrollo como era de esperar en la deficiencia fuerte (fig. 3).

A partir de la cuarta semana se empieza a manifestar en la deficiencia fuerte,

síntomas visuales de la misma. Comienza con un arrugamiento y oscurecimiento, sin llegar a necrosis, del extremo de las hojas jóvenes, que forman el cogollo central; presentando este finalmente todos los extremos necrosados (fig. 4). En las hojas viejas se observa también arrugamiento y un ligero aparugamiento (fig. 5).

En la tabla 6 de rendimientos, podemos observar que la deficiencia débil tiene una disminución de rendimiento de 14,3% que sin embargo no podemos considerar concluyente (G 4). La deficiencia fuerte presenta una disminución de rendimientos del 30% aproximadamente, además de los síntomas foliares similares a los presentados por Wallace (1950).

La cantidad de calcio encontrada para la deficiencias débil (tablas 2 y 4) es similar a la encontrada en el exceso de potasio (G 13), si bien la relación Ca/Mg en la deficiencia de calcio tiene un valor menor que en la solución standard (G 10) — y en la solución con exceso de potasio.

La deficiencia fuerte no presenta problemas de diagnóstico por análisis foliar pues se obtiene un valor suficientemente bajo y muy diferente a todos los demás encontrados (tablas 2 y 4).

La comparación entre los análisis de la primera y segunda serie, nos indican que el contenido de calcio en la planta es bastante constante a lo largo del cultivo y que los valores más elevados corresponden a la deficiencia de potasio y fosfatos.

III. 3.- Deficiencias y excesos de nitrógeno:

Se hicieron cuatro tratamientos. El primero es de deficiencia fuerte (4 meq./l, cama G 6), el segundo de deficiencia débil (8 meq./l, cama G 7), el tercero es de exceso débil (18 meq./l, cama G 8) y el cuarto es de exceso fuerte (24 meq./l, cama G 9). En todos los tratamientos la concentración de cationes permanece igual a la de la solución standard (tabla 1), en los tratamientos de deficiencia la falta de nitratos se compensa adicionando más sulfatos y en los de toxicidad se mantienen las cantidades constantes.

Durante las dos primeras semanas todas las camas muestran un crecimiento similar y ya a partir de la tercera semana se observa un mejor desarrollo en la deficiencia débil y en el exceso débil, la deficiencia fuerte presentaba un crecimiento menor pero no tenía ningún síntoma visual de mal nutrición, las hojas conservaban el color verde exactamente igual al de la solución standard. El tratamiento de exceso fuerte también muestra un crecimiento menor pero sin ningún síntoma visual de exceso.

La fig. 6 muestra comparativamente el desarrollo en la cuarta semana de cultivo, los tratamientos intermedios muestran en este estado un crecimiento mayor que el de las plantas de solución standard, pero el crecimiento de estas últimas va a ser más acentuado obteniéndose en la recogida pesos mayores que los de los dos tratamientos, aunque las diferencias no son significativas (tabla 6) por lo que tampoco lo son las disminuciones de rendimiento del 3,4% y el 7,4% respectivamente y que corresponden a los dos tratamientos. La deficiencia fuerte presenta una disminución de rendimientos del 20% y el exceso fuerte una disminución del 30% siendo ambos valores muy significativos.

No podemos considerar representativo el tratamiento de exceso fuerte debido a que se produjo una caída completa de las plantas. Esta caída fue causada por un descenso brusco del pH en la solución nutritiva, al añadir ácido nítrico para llegar a los valores de toxicidad. En la fig. 7 se pueden observar los síntomas, que son muy similares a los de la falta de agua. Este efecto se produjo inmediatamente después del riego. El pH bajó de 7,1 a 5,6 o sea 1,5 unidades. Las plantas poco a poco se van recuperando.

Los valores de análisis foliar de la primera serie (tabla 2) no muestran diferencias en los contenidos de nitrógeno entre los tratamientos de deficiencia y toxicidad y tampoco con la solución standard, lo que nos indica que no se puede diagnosticar esta durante el cultivo, por medio del análisis foliar. También se observa como el tratamiento de exceso de nitrógeno (cama G 9) da lugar a una deficiencia inducida de potasio, como

indica Wallace (1950). Así pues las disminuciones de rendimiento en este caso pueden ser debidas a tres factores: 1º Exceso de nitrógeno, 2º Deficiencia inducida de potasio y 3º Efecto del descenso brusco de pH (en nuestro caso).

En los análisis foliares de la 2ª serie (tabla 4) vemos como ya se establecen diferencias de los contenidos de nitrógeno, presentando los tratamientos de deficiencia valores más bajos que los de la solución standard, lo que permite el diagnóstico de la deficiencia. Los valores de toxicidad no presentan diferencias con los de la solución standard, siendo normales. Tampoco en esta serie se acusa el efecto de deficiencia de potasio que observamos en la serie anterior para el tratamiento de toxicidad.

Los resultados de estos tratamientos nos indican que la planta de lechuga admite una gran variabilidad respecto al contenido de nitrógeno en la solución (de 8 a 18 meq./l sin mostrar disminución en los rendimientos).

En general los contenidos de nitrógeno se mantienen constantes a lo largo del cultivo.

III. 4.- Deficiencias y excesos de potasio:

Se han llevado a cabo cuatro tratamientos al igual que con el nitrógeno, el 1º deficiencia fuerte conteniendo 0,5 meq./l que era el contenido en el agua de riego (cama G 11), el 2º deficiencia débil con 3 meq./l (cama G 12), en 3º de exceso débil con 11 meq./l (cama G 13) y el 4º de exceso fuerte con 15 meq./l (cama G 14). En los dos tratamientos de deficiencia se conservan inalterados los valores absolutos y las relaciones de aniones (tabla 1) y se compensa la solución aumentando las cantidades de Ca y Mg pero manteniendo la misma relación que en la solución nutritiva standard. En los tratamientos de toxicidad se mantienen constantes las cantidades y relaciones de Ca y Mg y se aumentan en la misma relación las cantidades de nitratos, fosfatos y sulfatos (tabla 1).

A partir de la segunda semana ya se aprecian diferencias entre los tratamientos, siendo el exceso débil el que mejor desarrollo presenta, muy similar al de la

solución standard. En la fig. 8 correspondiente a la 4ª semana de cultivo, se pueden apreciar las diferencias entre unos tratamientos y otros.

La tabla 6 nos indica como en el tratamiento de exceso debil, la diferencia de rendimiento con respecto a la solución standard no es significativa (disminución de rendimiento del 5%). La deficiencia fuerte da una disminución del 30%, la debil del 15% y el exceso fuerte da una disminución de rendimiento del 20%.

La deficiencia fuerte se puede diagnosticar por análisis foliar, pues da unos contenidos de potasio en plantas tres veces inferiores a las encontradas en las plantas desarrolladas sobre solución standard y que consideramos como normales (tablas 2 y 4). También muestra unos valores muy elevados de calcio, magnesio y sodio (tabla 3). La deficiencia debil es más difícil de diagnosticar pues presenta valores muy proximos a los normales y que se pueden confundir con el exceso de Mg y el exceso de nitratos.

El exceso debil y el fuerte se manifiestan por un valor más elevado de potasio y creemos que para el diagnostico es necesario completar el análisis foliar con el análisis de suelo o de solución según se trate de cultivo en suelo o hidropónico.

En general, comparando los análisis foliares de la primera y segunda serie podemos apreciar que existe un ligero aumento del contenido total de potasio con la edad de la planta.

III. 5.- Deficiencia de azufre:

La solución nutritiva utilizada en este tratamiento contiene 1,5 meq./l de ion sulfato (tabla 1.). Para compensar la solución nutritiva se elevó el contenido de nitratos de acuerdo con la disminución de sulfatos. Los valores absolutos y la relaciones entre los cationes se mantuvieron iguales a los de la solución standard.

Las plantas muestran desde la segunda semana un crecimiento menor que la desarrolladas en solución standard. En la fig. 9 vemos esta diferencia de desarrollo en la 4ª semana de cultivo.

Las diferencias de peso con la solución standard son significativas, dando una disminución de rendimientos de un 24% (tabla 6) sin llegar a manifestar ningún síntoma visual de deficiencia.

El análisis foliar de la primera serie (tabla 2) da valores de sulfatos por debajo de los normales y similares a los encontrados para el exceso de nitrógeno. Los valores de la 2ª serie (tabla 4) son aun menos concluyentes, pues encontramos valores bajos en diferentes tratamientos y no solo en la deficiencia. Estos datos nos indican que el análisis foliar no nos va a servir como método de diagnóstico y siempre será necesario el análisis de la solución nutritiva o el suelo.

La comparación entre los análisis de la 1ª y 2ª serie nos indican que el contenido de azufre es muy bajo y bastante constante a lo largo del cultivo.

III. 6.- Deficiencia de fosforo:

La tabla 1 muestra la solución nutritiva utilizada en este tratamiento, en la que la cantidad de fosfatos, es nula. Es la única deficiencia absoluta de toda la experiencia. El hecho de no estudiar pre-deficiencia, se debe a que la cantidad de fosfato en la solución standard es muy baja (1 meq/l) no consideramos necesario estudiar fracciones más pequeñas. Las relaciones y concentraciones de los cationes se mantuvieron iguales a las de la solución standard. En los aniones substituímos el fosfato por el ion sulfato, con lo que practicamente no cambia su relación con los nitratos de la solución.

La planta cuenta unicamente, para su desarrollo con las reservas de fosforo de la semilla y con cantidades absorbidas durante el periodo de semillero. Desde el primer momento despues del trasplante la plantas muestran un crecimiento muy lento, manteniendose casi en el mismo estado en que se trasplantaron. En las figs. 10 y 11 se puede observar el estado de las plantas en la 3ª y 4ª semana despues del trasplante. Debido a este crecimiento tan pequeño no consideramos necesario efectuar la cosecha y le asignamos una disminución de rendimientos del 100% con respecto a las plantas desarrolladas sobre solución standard.

Los síntomas visuales consistieron en un endurecimiento de las hojas, color amarillo verdoso y aparición en los bordes de las hojas de algunas zonas necróticas con algunos síntomas de coloración rojiza también en los bordes.

No se llevó a cabo mas que el análisis foliar correspondiente a la 1ª serie (tabla 2), se puede observar un valor de fósforo bastante más bajo de resto de los tratamientos, lo que nos indica que la deficiencia absoluta de fósforo se puede diagnosticar por análisis foliar. Se observa una gran acumulación de calcio y magnesio siendo normales los de nitrógeno, azufre y potasio. Son también muy elevados los valores de sodio y micronutrientes (tabla 3) en especial los de manganeso y hierro (4 y 15 veces los normales respectivamente).

Una semana después de estos análisis, o sea en la 5ª semana de cultivo, añadimos fosfato a la solución nutritiva para comprobar si después de un periodo tan largo de deficiencia la planta se recuperaba, encontramos que se recuperaron el 100% de las plantas y a partir de este momento el crecimiento fue normal desapareciendo los síntomas visuales.

III. 7.- Excesos de manganeso, boro y cloruro sódico:

Las soluciones nutritivas empleadas en estos tres tratamientos son la solución standard completa. Durante cuatro semanas se mantuvieron las plantas en esta solución sin adicionarles los tratamientos de exceso que se le añadieron en la quinta semana de cultivo.

Manganeso: Se le añadieron a la solución 10 ppm de manganeso en forma de sulfato de manganeso. Contralo que se esperaba no aparecieron síntomas visuales de toxicidad, a pesar de que Hewitt (1964) da como valor tóxico de manganeso en solución nutritiva concentraciones superiores a 1 ppm. Se analizó el manganeso de la solución nutritiva a la semana de haber hecho la adición y se encontró una concentración de 5 ppm. Aunque no aparezcan síntomas visuales las plantas muestran un descenso en el rendimiento de un 25%, lo que nos indica ha habido un efecto tóxico sobre el metabolismo.

Los análisis foliares de la segunda serie (tabla 5) indican que este exceso de puede diagnosticar perfectamente por análisis foliar, sin tener que recurrir a otras determinaciones. La concentración de manganeso encontrada (257,5 ppm) es aproximadamente ocho veces superior a la de la solución standard que consideramos normal (25 ppm).

Boro: La adición del tratamiento en exceso se llevó a cabo junto con el anterior. La cantidad total suministrada fue de 10 ppm de B en forma de ácido bórico. En este tratamiento si aparecieron síntomas visuales acusados de toxicidad. A los dos días de la adición empezaron a aparecer puntos necróticos en toda la superficie de la hoja y la necrosis se hace continua en las márgenes deformándose las hojas que toman aspecto de secas (fig. 12). Aparecen estos síntomas principalmente en las hojas viejas, estando el cogollo central menos afectado. A los pocos días las plantas empiezan a espigar. En la tabla 6 exponemos los rendimientos en peso, con una disminución del 17% con respecto al tratamiento en solución standard. No obstante el aspecto que presentaban las plantas las hacía no aptas para el mercado.

Cloruro sódico: Se llevó a cabo la adición en la misma fecha que los dos anteriores. Se añadieron 20 meq./l de cloruro sódico. Las plantas no muestran ningún síntoma visual de toxicidad, pero presentan una disminución de rendimientos de un 20% (tabla 6). Los valores de sodio encontrados en el análisis foliar (tabla 5) son elevados aunque inferiores a los encontrados en la deficiencia de potasio (cama G 11) pero este tratamiento presenta valores muy inferiores de potasio, por lo que para poder diagnosticar por análisis foliar el exceso de sodio es necesario tener en cuenta los valores de potasio.

III. 8.- Adición de media dosis de hierro:

Normalmente se le añade hierro al cultivo de lechugas dos veces una al comenzar el cultivo y otra hacia la mitad con dos ppm cada vez. En este tratamiento solo se añadió hierro con una sola vez al principio del cultivo. Los rendimientos

obtenidos no presentan diferencias significativas con los de la solución standard (tabla 6), lo que nos indica que una sola adición de hierro es suficiente para todo el cultivo. Los valores de hierro encontrados en el análisis foliar son completamente normales (tabla 5).

IV.- CONCLUSIONES

1ª.- En todos los tratamientos de deficiencia fuerte y exceso fuerte se producen disminuciones sensibles en la producción, aunque no se desarrollen síntomas visuales de deficiencia o toxicidad.

2ª.- La presencia de cantidades de calcio relativamente bajas, (4 meq/l) no producen efectos acusados sobre los rendimientos.

3ª.- El contenido en solución del ion nitrato puede variar dentro de márgenes muy amplios, sin que se afecte la producción.

4ª.- La solución nutritiva admite concentraciones más elevadas de potasio (11 meq./l) sin disminuir la producción.

5ª.- Las dosis elevadas de magnesio no tienen efecto las primeras semanas de cultivo, pero en etapas posteriores para el crecimiento y disminuyen los

rendimientos.

6ª.- La deficiencia absoluta de fósforo da lugar a una parada completa del crecimiento, no obstante después de cinco semanas de deficiencia al añadir fosfato la planta se recupera, continuando su desarrollo.

7ª.- Para todo el cultivo es suficiente una sola dosis de hierro de 2 ppm, al comenzar.

8ª.- El descenso brusco de pH da lugar a una caída inmediata de las plantas, con síntomas similares a los de la falta de agua. Después de varios días la planta se ha recuperado aunque perdiendo parte de las hojas.

9ª.- Las cantidades elevadas de manganeso y cloruro sódico producen una disminución de rendimientos aunque no manifiestan síntomas visuales de toxicidad.

10ª.- Tanto la deficiencia de fósforo como el exceso de nitrógeno producen una acumulación de nutrientes en la hoja.

11ª.- El diagnóstico foliar es poco claro en los casos de deficiencias y toxicidades débiles, pero es orientativo y da una apreciación del estado nutritivo de la planta.

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Aspecto de las plantitas 5 días antes del trasplante

Fig. 2: Exceso de magnesio (C = Sol. Standard)

Fig. 3: Deficiencias de calcio (Ca0 = Def. fuerte; Ca4 = Def. débil; C = Sol. standard)

Figs. 4 y 5: Aspectos de la deficiencia fuerte de calcio.

Fig. 6: Tratamientos de nitrógeno (N4 = Def. fuerte; N8 = Def. débil; C = Sol. standard; N 18 = Exc. débil; N24 = Exc. fuerte)

Fig. 7: Efecto del descenso brusco de pH.

Fig. 8: Tratamientos de potasio (K0 = Def. fuerte; K3 = Def. débil; C = Sol. standard; K 11 = Exc. débil; K 15 = Exc. fuerte)

Fig. 9: Deficiencia de azufre (S0 = Def.; C = Sol. Standard)

Figs. 10 y 11: Deficiencia de fósforo (P0 = Def.)

Fig. 12: Síntomas visuales del exceso de boro.



1



2



3



4



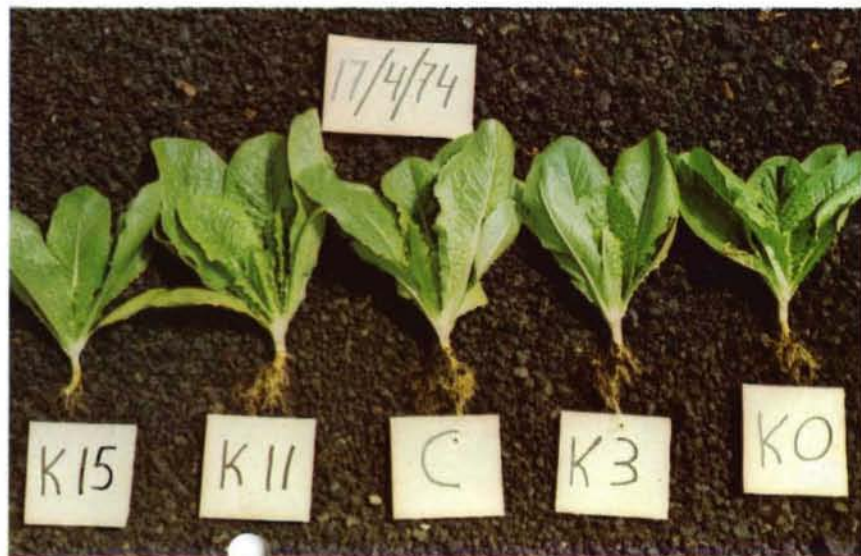
5



6



7



8



9



10



11



12

BIBLIOGRAFIA

- Blesa, C.; Luque, A. (1972).- Contribución al estudio de los materiales volcánicos de las Islas Canarias para su utilización en cultivos hidropónicos. I.- Estudio de las propiedades físicas y químicas.- Anal. Edaf. y Agrob., 7-8, 583-599. Madrid.
- Chapman, H.D.; Pratt, P.F. (1973 trad.).- Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas.- Ed. Trillas. Mexico.
- Hernando, V.; Sanchez Conde, M^a. P. (1964).- Estudio de las deficiencias minerales en el cultivo de lechuga romana.- Anal. Edaf. y Agrob. 11 - 12, 769 - 776. Madrid.
- Hewitt, E. J. (1966).- Sand and Water culture methods used in the study of plant nutrition. Commonwealth Agricultural Bureaux, England.
- Lachica, M.; Aguilar, A.; Yañez, J. (1973).- Análisis foliar. Métodos utilizados en la Estación Experimental del Zaidín.- Anal. Edaf. y Agrob., 11 - 12, 1033 - 1047. Madrid.
- Luque, A.; Perez Melian, G. (1974).- Materiales volcánicos como sustratos en hidroponia. Propiedades físicas y químicas. Tratamientos con soluciones nutritivas. (sin publicar)
- Perez Melian, G. (1971).- Cultivo hidropónico de lechugas. Aguayro. Las Palmas.
- Sanchez Conde, M^a. P.; Hernando, V. (1966).- Respuestas de la lechuga ante distintas concentraciones de sulfato potásico y cloruro potásico en diferentes épocas del año.- Anal. Edaf. y Agrob., 7 - 8, 379 - 391. Madrid.
- Steiner, A. A. (1961).- A universal methods for preparing nutrient solutions of a certain desired composition.- Plant and Soil, XV, 2, 134 - 154. Holanda.
- Steiner, A. A. (1969).- Principales diferencias entre cultivos en tierra y cultivos hidropónicos. 2^a Congreso Internacional de Hidroponía. Las Palmas.
- Steiner, A. A. (1970).- Curso sobre cultivos hidropónicos. Caja Insular de Ahorros de Gran Canaria. Las Palmas.
- Wallace, T. (1951).- The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms.- His Majesty's Stationery Office. Londres.