

Salinización secundaria en suelos agrícolas de Galicia

M.E. LÓPEZ-MOSQUERA* & F. MACÍAS**

**Departamento de Enxeñería Agroforestal e Producción Vexetal. Escola Politécnica Superior de Lugo. Universidade de Santiago. 27002 Lugo. España*

***Departamento de Edafoloxía e Química Agrícola. Facultade de Biología. Universidade de Santiago. 15706 Santiago de Compostela. España*

Resumen

LÓPEZ-MOSQUERA, M.E. & MACÍAS, F. (1993). Salinización secundaria en suelos agrícolas de Galicia. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 4: 101-110

En este trabajo se estudian las causas y efectos producidos por la salinización secundaria originada en suelos de invernadero en Galicia. Los parámetros medidos (CE, cationes y aniones solubles en el extracto de saturación) demuestran el aumento de la concentración salina en la solución de los suelos de invernadero respecto a los suelos de cultivo en el exterior, debiéndose fundamentalmente a la aplicación de abonos y productos fitosanitarios en condiciones de ausencia de lavado. Las sales que permanecen normalmente en solución son cloruros y carbonatos, precipitando yeso y fosfatos. El exceso de sales no afecta a las propiedades físicas del suelo, siendo subsanables los problemas químicos y fisiológicos mediante lavado y control de la fertilización.

Palabras clave: Salinización, suelos invernadero, fertilización, índice saturación.

Abstract

LÓPEZ-MOSQUERA, M.E. & MACÍAS, F. (1993). Secondary salinization in cultivated soils of Galicia (NW Spain). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 4: 101-110

This paper deals with the causes and effects of secondary salinization in greenhouse soils of Galicia (NW Spain). EC, cations and anions were measured in the saturated extract. Results indicate that these soils have high saline concentration when compared to those cultivated outside the greenhouse, mainly due to fertilizer and pesticides application in absence of leaching. Chlorides and carbonates are present in solution while gypsum and phosphates are precipitated. Nevertheless soil physical properties seem not to be deeply affected. It is obvious that careful leaching and fertilization control are needed to avoid possible physiological and chemical problems.

Key words: Salinization, greenhouse-soils, fertilization, saturated index.

INTRODUCCION

Según algunas estimaciones (SZABOLCS, 1989), 10 millones de hectáreas de tierra en regadío se abandonan cada año como consecuencia de los efectos negativos del riego, sobre todo por alcalinización y/o salinización. En España hay una extensión aproximada de 400.000 ha de suelos afectados por un elevado contenido de sales (Marismas del Guadalquivir, Delta del

Ebro, La Mancha, Los Monegros, etc), sin contar los suelos salinizados de los invernaderos donde este proceso se acelera como han mostrado diversos autores en distintos lugares del mundo (McCALL *et al.*, 1959; MOULINIER, 1975; BLANC, 1975; MORISOT, 1978).

En Galicia, tanto la geología como el clima son factores que no favorecen la aparición de suelos salinos excepto en zonas costeras sometidas a la influencia de las mareas. Sin embargo, en

los últimos años y como consecuencia de la implantación de invernaderos para el cultivo de flor cortada y productos hortícolas, han aparecido concentraciones importantes de sales en los suelos dedicados a estos aprovechamientos, donde el cultivo se realiza en un medio cerrado, sin lavado por la lluvia, con un balance infiltración/evaporación invertido respecto a los suelos naturales y con aportes habituales y abundantes de fertilizantes, a lo que viene a sumarse, en ocasiones, un deficiente drenaje.

En este trabajo se analizan las causas de la acumulación de sales en los suelos de invernadero de Galicia y los efectos que en ellos producen, completando la información con un estudio sobre la naturaleza de las sales que tienden a formarse en tales condiciones.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se realiza en suelos de invernadero dedicados al cultivo de flor cortada (especialmente rosa y clavel), cultivos que ocupan poca extensión (134 ha), pero que suponen la mayor rentabilidad por unidad de superficie para el total de cultivos en Galicia.

Durante la primavera de los años 88 y 89 se han tomado 219 muestras de suelo superficiales (< 30 cm) en los bancales de cultivo de 24 explotaciones, localizadas en las diferentes áreas de producción en Galicia (Fig. 1). Al mismo tiempo, con fines comparativos, se recogen muestras de suelo cultivado en el exterior de los invernaderos.

En general, se trata de invernaderos tipo túnel o con paredes rectas y techo curvo, recubiertos de polietileno, con una superficie media por explotación de 1200 m², donde el riego se hace por goteo y el abonado por medio de fertirrigación. La antigüedad de las plantaciones varía de 1 a 6 años, con una media de 4. El sustrato empleado para el cultivo corresponde a terrenos dedicados con anterioridad a monte (tojal, monte bajo,...) o cultivo tradicional, con suelos que en su mayoría son Cambisoles húmicos, a veces dísticos (FAO, 1990), desarrollados sobre distintos materiales geológicos (esquistos, granitos, gneis, depósitos aluviales, anfíbolitas y gabros).

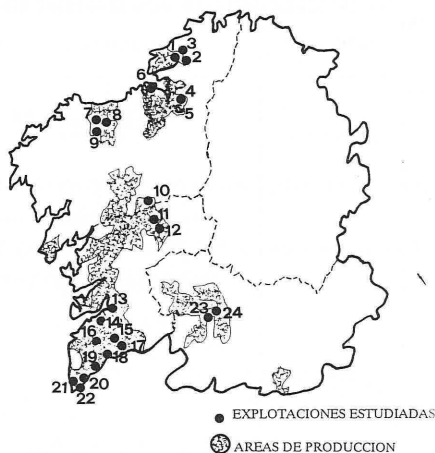


Fig. 1. Localización de las áreas de producción y de las explotaciones en estudio

Se ha determinado el pH en pasta saturada, conductividad eléctrica a 25 °C en el extracto de saturación según el método del U.S.S.L. (1954). Ca y Mg solubles en el extracto de saturación por espectrofotometría de absorción atómica, Na y K por fotometría de llama. Cl⁻ y NO₃⁻ se ha determinado por potenciometría con electrodos selectivos y SO₄⁼ por turbidimetría (BARDSLEY & LANDCASTER, 1960).

Para el estudio de la fracción arcilla y de los precipitados salinos se aplica la técnica de DRX empleando un equipo Philips PW-1729. Las formas salinas en el extracto de saturación y los índices de saturación mineral se determinan a través del programa de cálculo Solmineq 88 (KHARAKA *et al.*, 1989).

RESULTADOS Y DISCUSION

En condiciones naturales, los suelos de Galicia están prácticamente exentos de sales y, la disolución de suelo, aún en los de mayor concentración, presenta bajos niveles de conductividad (< 0.5 dS m⁻¹ con una fuerza iónica media de 6.10⁻³ M) (CALVO *et al.*, 1987).

Atendiendo a los criterios del Laboratorio de Salinidad de Riverside de E.E.U.U. (1954 y 1969)), se ha procedido a la clasificación de los suelos de estudio, diferenciándolos de los de cultivo en el exterior (Fig. 2).

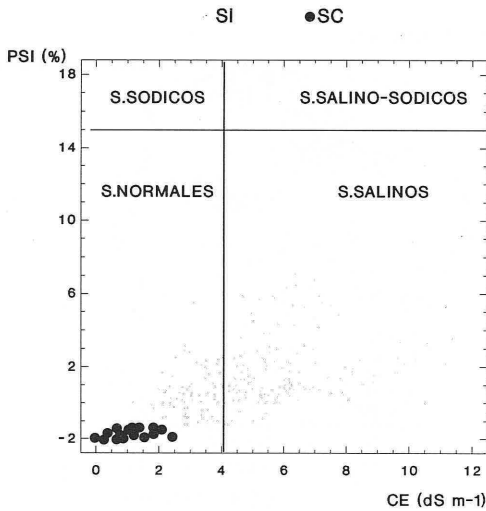


Fig. 2. Clasificación de los suelos de invernadero y de cultivo en el exterior, según los criterios de salinidad y sodicidad.

En función de los resultados se puede afirmar que los suelos de invernadero presentan un fuerte grado de salinización con respecto a los de cultivo en el exterior (diferencia significativa para un nivel $p \leq 0.01$), alcanzando un valor máximo de 11.4 dS m^{-1} (a 25°C) en la explotación 4. Si se sitúa el valor crítico en 4 dS m^{-1} para el diagnóstico de problemas de salinidad, un 65% del total de los suelos estudiados superan dicho valor, exceso que afecta a 17 explotaciones (Fig. 3). No obstante los porcentajes de Na intercambiable (PSI) son relativamente bajos.

Fuentes de salinidad

En consecuencia con lo anterior, la elevada concentración de sales debe atribuirse a la acentuación de los procesos de transpiración y evaporación, a la ausencia de lavado y a los aportes de fertilizantes y fitosanitarios.

Trabajos previos (LÓPEZ-MOSQUERA & MACÍAS, 1992) sobre la calidad del agua demuestran que, en general, su aptitud para el riego es buena, sobre todo en lo que se refiere a salinidad (contenido salino medio de 0.17 dS m^{-1}), sodicidad y presencia de elementos tóxicos. Ocasionalmente, aparecen aguas inadecuadas por exceso de sales o nitratos. Asimismo, destaca la riqueza en B de la mayoría de las aguas de

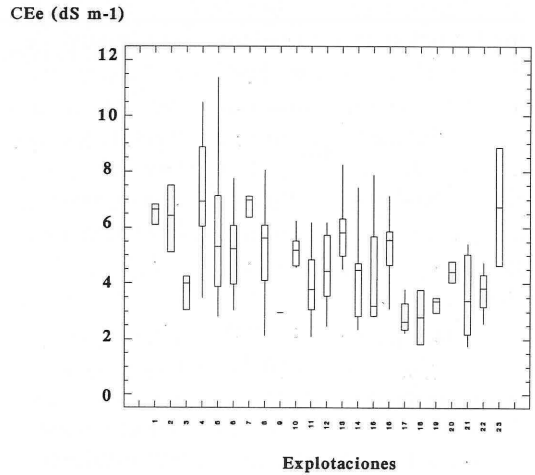


Fig. 3. Rangos intercuartílicos y mediana de la CE en el extracto de saturación por explotaciones (dSm^{-1} a 25°C).

riego cuyo aporte, en algunos casos, haría innecesaria la adición actual que se realiza en las explotaciones de clavel.

La localización del riego hace que las sales se concentren en la periferia del bulbo húmedo manteniendo un nivel aceptable de sales en la zona radicular. De todas formas, aunque éstas no afecten directamente al cultivo, permanecen en el suelo contribuyendo a la salinización del mismo. Por otro lado, la alta frecuencia de riego evita que los fertilizantes se apliquen más concentrados, disminuyendo de esta manera el riesgo de acumulación de sales.

Dado que el agua utilizada es de bajo contenido salino, puede concluirse que, en la mayor parte de los casos, los principales responsables de la acumulación de sales son el abonado y la aplicación de productos fitosanitarios. Antes de la plantación se hace un abonado de fondo que es prácticamente el mismo para todas las explotaciones, como encalante se utiliza fundamentalmente caliza magnésica, estiércol de diferente procedencia como abono orgánico y superfosfato de cal y sulfato potásico como fuentes de P y de K, respectivamente. El abonado de cobertera se realiza por fertirrigación empleando abonos simples o complejos según la explotación, todos ellos abonos solubles, rápidamente disponibles por la planta (Tabla I). Los abonos nitrogenados,

TABLA I. Abonado de fondo y de mantenimiento empleado habitualmente

		Abono/Enmienda (g m ⁻²)	Cantidad		
Abonado de fondo		Caliza/Caliza magnésica	150-600		
		Estiércol	5-50*		
		Superfosfato cal 18%	50-600		
		Sulfato potásico	55-150		
			I	V	
Abonado de mantenimiento		N solublisol 32%	N	7.6	14.0
		Fosfato monoamónico	P	0.6	3.1
		Nitrato potásico	K	3.4	7.6
		Nitrato magnésico	Mg	1.0	1.2
		Nitrato cálcico	Ca	3.4	
		17.6.18 (Kristalón)	N	2.6	13.6
			P	0.4	5.0
		K	5.0	11.9	
		Mg	0.14		

* kg m⁻².

I= invierno, V= verano.

en forma de nitratos, son los que contribuyen mayoritariamente a la concentración de sales, a juzgar por su elevado índice salino (RADER, 1943), que varía de 52.5 para el Ca(NO₃)₂ hasta 104.7 para el NH₄NO₃.

Composición iónica del extracto de saturación

La salinidad encontrada se explica por las elevadas concentraciones de cationes (Ca, Mg, Na, K) y aniones (Cl⁻, NO₃⁻ y SO₄⁼). Los contenidos de estos iones en el extracto de saturación

aparecen bien correlacionados con la CEe (Tabla II).

Cationes

Los niveles de cationes solubles del extracto de saturación en los suelos de invernadero y en los de cultivo al aire libre, son diferentes estadísticamente para un nivel de significación $p < 0.01$. En los primeros, el catión dominante es el Ca, seguido del Na, Mg y K, mientras que, en los segundos el orden es Ca > K > Mg > Na, siendo sus concentraciones absolutas muy inferiores (Fig. 4 y Tabla III).

TABLA II. Correlaciones entre CEe y cationes y aniones del extracto de saturación

	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼
CEe	0.63 (218)	0.52 (217)	0.54 (215)	0.19 (217)	0.62 (191)	0.36 (118)	0.75 (66)
	**	**	**	*	**	**	**

** P < 0.01

* P < 0.05

() N° de muestras.

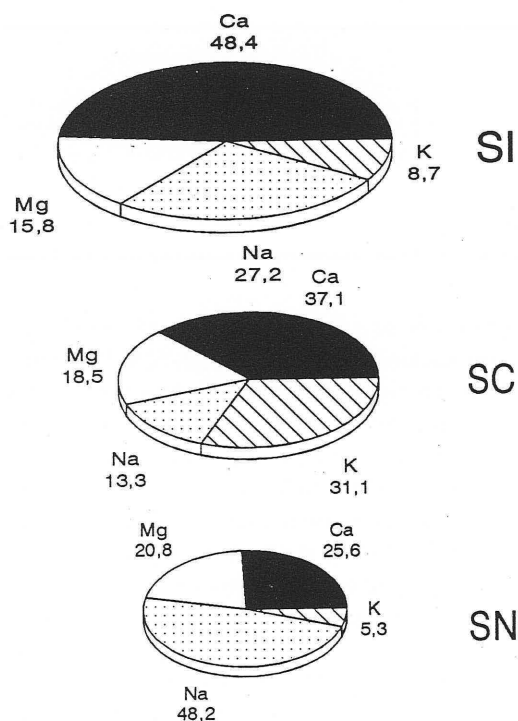


Fig. 4. Comparación de la composición iónica del extracto de saturación entre los suelos de invernadero (SI), suelos cultivados en el exterior (SC) y suelos naturales (SN).

En la disolución de los suelos naturales el Na es el catión dominante (FERNÁNDEZ *et al.*, 1987), gracias a los aportes de las lluvias de influencia marina que alcanzan gran parte del territorio. En los invernaderos, la presencia de Na en el extracto de saturación deriva de los aportes a través de los tratamientos fitosanitarios (especialmente desinfectantes de suelo), del agua de riego y de la liberación a partir del complejo de cambio. Normalmente, las concentraciones de Ca, Mg, Na y, en menor grado, de K, exceden los niveles óptimos para los cultivos en cuestión.

Aniones

Hay un predominio de nitratos y cloruros frente a los sulfatos, siendo las concentraciones muy superiores a las requeridas por el cultivo (Tabla IV).

TABLA III. Concentraciones de Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ y K^+ en el extracto de saturación de suelos de invernadero (SI) y suelos cultivados en el exterior (SC)

SI:CEe (dS m^{-1})= 5.04 (+ 1.9)

*I= 0.074 mol L⁻¹

	Mediana	Rango (mmol L ⁻¹)
Ca^{+2}	17.0	1.7-99.5
Mg^{+2}	5.5	0.2-99.6
Na^+	9.6	0.3-113.5
K^+	3.1	0.1-56.2

SC:CEe (dS m^{-1})= 1.56 (+0.9)

*I= 0.022 mol L⁻¹

	Mediana	Rango (mmol L ⁻¹)
Ca^{+2}	2.5	0.0-11.0
Mg^{+2}	1.2	0.2-12.2
Na^+	0.9	0.2-3.8
K^+	2.1	0.8-7.2

* I calculado según la fórmula, $\log I = 1.159 + 1.009 \log \text{CEe}$ (SPOSITO, 1989).

En suelos naturales de Galicia la acumulación de nitratos es pequeña, variando su concentración de 0.6 a 16.5 mg L^{-1} (ALVAREZ, 1990), ya que son absorbidos por las plantas o fácilmente lixiviados por la lluvia. En los invernaderos, la ausencia de precipitación y el empleo de abonos orgánicos y nitrogenados contribuyen a su acumulación, a pesar de su gran movilidad, por lo que, dada la alta solubilidad de los nitratos, participa de manera importante en el incremento del contenido salino de los suelos. Además, este hecho es importante por los posibles efectos de antagonismo en la absorción de K y otros nutrientes por la planta y por su posible efecto contaminante sobre las aguas subsuperficiales.

El exceso de cloro afecta a la fisiología de la planta, por ejemplo al disminuir el crecimiento en el clavel (ISHIDA *et al.*, 1979). Por otro lado, también contribuye al aumento de la conductividad eléctrica, del Na y el Mg cambiable en suelo, así como a un descenso de los niveles de N y K en las hojas (LÓPEZ-MOSQUERA *et al.*, 1989).

TABLA IV. Niveles de aniones en el extracto de saturación (mmol L⁻¹)

	Mediana	Rango	Óptimos de cultivo	
			Clavel	Rosa
Cl ⁻	20.5 (n=191)	2.7-39.3	0.5-2.5	<4.0
NO ₃ ⁻	56.5 (n=118)	6.5-780.2	1.6-2.4	0.4-1.6
SO ₄ ⁼	14.7 (n=66)	0.3-22.7	<15.0	<15.0

Cuando la concentración de sulfatos es elevada, la absorción de Ca por la planta tiende a reducirse. Al disminuir el Ca aumenta la absorción de Na y K, alterándose así el balance catiónico óptimo dentro de la planta (U.S.S.L., 1954). Además de estos efectos fisiológicos, el exceso de sulfatos en el extracto de saturación y su unión con cationes como el Na y el Mg dará lugar a sales muy solubles y tóxicas para el cultivo.

Tipo de sales formadas

La Tabla V, en la que se presentan los datos medios de la distribución de especies en el extracto de saturación, ha sido obtenida a partir del

programa de cálculo Solmineq 88 para cinco explotaciones seleccionadas (4, 5, 6, 10 y 16). Tanto en los suelos de invernadero como en los cultivados en el exterior, dominan las formas iónicas libres correspondientes a cada elemento, incrementándose en los suelos de cultivo fuera del invernadero. En los suelos bajo cubierta, un 20-25% del Ca y el Mg forman pares iónicos, fundamentalmente, con los aniones sulfato y fosfato. En el caso del Na y el K, sólo el 4-5% forman iones complejos o pares iónicos con Cl⁻ o SO₄⁼. Por otro lado, el anión NO₃⁻ aparece en su totalidad en forma libre. En los suelos de cultivo exteriores apenas se forman pares iónicos o iones complejos, excepto algunos sulfatos o cloruros con metales pesados.

TABLA V. Datos medios de la distribución de especies en el extracto de saturación obtenidos a través de cálculo teórico (programa Solmineq 88)

Especies %	Suelos de invernadero (pH 4.0-6.3)		Suelos de cultivo exterior (pH 4.3-5.4)	
	Porcentaje (mol L ⁻¹)	Actividad %	Porcentaje (mol L ⁻¹)	Actividad
Ca ⁺²	79.4	10 ⁻¹	95.5	10 ⁻³
CaS*	0.08-30.4	10 ⁻²	6.1-8.8	10 ⁻⁴
CaP*	0.21-1.7	10 ⁻³ 1.59	10 ⁻⁴	
Mg ⁺²	75.2	10 ⁻²	94.9	10 ⁻³
MgS*	0.13-37.0	10 ⁻³	6.2-10.6	10 ⁻⁴
MgP*	0.17-1.6	10 ⁻⁴	-	-
Na ⁺	95.9	10 ⁻¹	99.1	10 ⁻²
NaCl	0.11	10 ⁻⁴	-	-
K ⁺	96.3	10 ⁻¹	99.8	10 ⁻³
KS*	2.6	10 ⁻⁴	-	-
SO ₄ ⁼	59.4	10 ⁻²	89.4	10 ⁻³
Cl ⁻	99.9	10 ⁻²	99.9	10 ⁻³
NO ₃ ⁻	100.0	10 ⁻¹	100.0	10 ⁻²

S* = Sulfato, P* = Fosfato.

Cuando la solución se concentra, la formación de pares iónicos en forma de sulfatos, fosfatos y carbonatos aumenta, llegando a precipitar en el caso de que se alcance el límite de solubilidad de estos compuestos, disminuyendo así el porcentaje de especies libres en solución. En la Tabla VI se aprecian estos resultados. Normalmente se forman sulfatos de Ca, Mg, Na y K, aumentando al mismo tiempo el porcentaje de cloruros de Na, K y Ca; cuando esto sucede, la proporción de Na respecto a los otros cationes se incrementa ligeramente al igual que el peligro de toxicidad que presentan algunas sales por su gran solubilidad (sulfato Mg, sulfato Na).

En lo referente a sales solubles, los índices de saturación mineral obtenidos de forma teórica a

través del programa de cálculo para cada una de las explotaciones se resume en la Tabla VII.

Estos resultados permiten afirmar que los fosfatos son las sales de mayor tendencia a precipitar. El yeso está próximo al equilibrio en la mayor parte de los casos ($ISM \pm 0$) y cristaliza con pequeñas concentraciones por evaporación, siendo los cloruros y carbonatos las sales que tienden a permanecer en la disolución, excepto en situaciones de fuerte concentración en las que además de precipitar el yeso, también lo hacen carbonatos de Ca y Mg (explotación 16).

Un estudio por DRX de los precipitados formados tras desecación de los extractos de saturación muestran algunas de las sales descritas (Fig. 5).

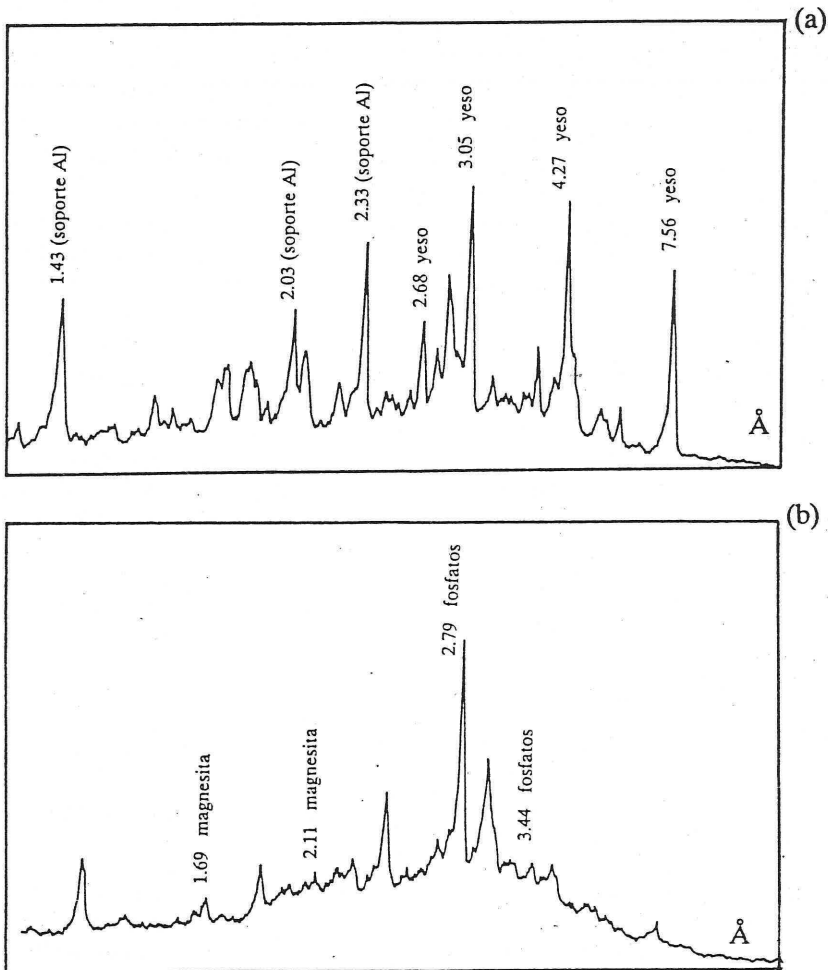


Fig. 5. Diagramas de DRX de los precipitados salinos correspondientes a las explotaciones 5 (a) y 16 (b).

TABLA VI. Porcentaje de especies en el extracto de saturación de suelos de invernadero, concentrado 10 veces

Ca	Ca ²⁺ (68.9), CaS (10.0-41.6), CaCO ₃ (0.007-5.74), CaP (0.02-2.62), CaCl ₂ (0.009-0.04)
Mg	Mg ²⁺ (59.8), MgS* (0.33-51.2), MgCO ₃ (0.78-6.69), MgP* (0.29-6.12)
Na	Na ⁺ (88.9), NaS (4.5-18.3), NaCO ₃ (0.03-0.25), NaP (0.02-0.04)
K	K ⁺ (94.7), KS (0.04-9.1), KCl (0.25-0.85), KP (0.04)
Sulfatos	SO ₄ ⁼ (40.8), CaS (24.5), MgS (25.2), NaS (9.5), KS (0.01-3.90), AIS (0.01-2.00)
Cloruros	Cl ⁻ (99.1), NaCl (0.49), KCl (0.23), Cl ₂ Ca (0.02)
Nitratos	NO ₃ ⁻ (100)

S* = Sulfato · P* = fosfato.

TABLA VII. Estabilidad de los minerales según su índice de saturación (IS): a) Datos reales en la solución del extracto de saturación. b) Solución concentrada hasta perder un 95% de agua

Explotación	a) Minerales muy estables (IS)	b) Minerales muy estables (IS)
4	Apatito Cl (19.3) Alunita(10.8) Gibbsita(2.3)Gibbsita(4.2) Yeso(2.3)	Apatito Cl(27.1) Alunita(14.7) Yeso(1.5) Anhidrita (1.2) Corindón (1.1)
5	Apatito Cl(6.4) Alunita(5.4) Gibbsita(0.4)	Apatito Cl (9.9) Alunita(4.3) Anhidrita(0.6) Yeso(0.9)
6	Apatito Cl (14.1) Alunita(10.6) Gibbsita(3.4) Yeso(1.4) Anhidrita(1.1)	Apatito Cl(23.1) Alunita(15.4) Gibbsita(4.3)
10	Apatito Cl (10.7) Gibbsita(4.0) Corindón(0.7) Anhidrita(0.1)	Apatito Cl (20.6) Gibbsita(5.3) Yeso(0.4)
16	Apatito Cl (15.5) Alunita(7.4) Gibbsita(3.5) Corindón(1.7)	Apatito Cl(23.6) Alunita(12.5) Gibbsita(4.5)

Efectos en las propiedades físicas del suelo

Los procesos de expansión y dispersión van a estar condicionados por la mineralogía de las arcillas, la cantidad de Na absorbido y la concentración de sales en la disolución del suelo. Los análisis de arcillas realizados descartan la presencia de minerales hinchables de tipo esmectítico; por ello, la probabilidad de dispersión debida a la presencia de tasas elevadas de Na se ve minimizada en los suelos gallegos y en los de este estudio en particular, dado que predominan los filosilicatos 1:1, que son coloides difícilmente dispersables. Además, la materia orgánica presenta bajas relaciones C/Fe+Al, lo que las hace menos sensibles a la dispersión. Así pues, los efectos del elevado contenido de sales en solución de los suelos de invernadero no parece estar afectando, de momento, a las propiedades físicas de los mismos; simplemente, aparecen ciertos depósitos de sales en forma de eflorescencias salinas en superficie, o acumulaciones diseminadas a mayor profundidad. En algunos casos, el conjunto de eflorescencias salinas forma una costra de pocos mm de espesor que podría impedir la normal circulación de agua y la difusión de gases entre el suelo y la atmósfera.

CONCLUSIONES

Los suelos de invernadero dedicados al cultivo de flor cortada en Galicia están sufriendo un proceso de salinización inducida, por el abonado aplicado y la ausencia de procesos de lavado e infiltración de sales.

Un 65% de las 219 muestras analizadas corresponde a suelos salinos, según los criterios del U.S.S.L. (1954, 1969), con un valor máximo de CE a 25°C de 11.4 dSm⁻¹, siendo responsable de esta situación la presencia de altas concentraciones de Ca²⁺, Na⁺, Mg²⁺, K⁺, Cl⁻ y NO₃⁻.

El análisis de la composición iónica del extracto de saturación muestra que, mientras los fosfatos son las sales que tienden normalmente a precipitar y el yeso está próximo al equilibrio, los cloruros y carbonatos permanecen en disolución. Un pequeño efecto de concentración origina el incremento de los pares iónicos con S,

así como condiciones de precipitación de yeso, y a veces de carbonatos.

Los efectos de la salinización secundaria no parecen estar afectando significativamente a las propiedades físicas del suelo, por el momento, siendo subsanables los problemas químicos y fisiológicos por un mayor lavado y drenaje, así como por un control más adecuado de las dosis y tipos de fertilizantes y de fitosanitarios añadidos. Asimismo, es muy favorable la apertura y exposición a la lluvia en los períodos de descanso entre plantaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVAREZ, E. (1990). *Estudio de las diferentes formas de aluminio presentes en solución de suelos de Galicia*. Tesis doctoral (inéd.). Universidad de Santiago de Compostela.
- BARDSLEY, C.E. & LANDCASTER, J.D. (1960). Determination of reserve sulfur and soluble sulfates in soils. *Soil Soc. Am. Proc.*, **24**: 265-268.
- BLANC, D. (1975). Evolution des caractéristiques chimiques des sols en cultures protégées. Leur fertilisation en fonction des disponibilités en eau. *Ann. Gembloux*, **81**: 47-58.
- CALVO, R., FERNÁNDEZ, M.L. & VEIGA, A. (1987). Composición de la solución del suelo en medios naturales de Galicia. *Anal. Edaf. Agrobiol.*, **66**: 621-641.
- F.A.O. (1990). The soil map of the world. FAO-UNESCO, Rome.
- FERNÁNDEZ MARCOS, M.L. & MACÍAS, F. (1987). Variación estacional de la composición de la disolución de suelos de Galicia en relación con el tipo de horizonte y material original. *Anal. Edaf. Agrobiol.*, **46**(1-2): 53-65.
- ISHIDA, A., MASUI, M., NUKAYA, A. & OGURA, T. (1979). Salt tolerance of carnations in sand and soil cultures. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.*, **48**(3): 322-326.
- KHARAKA, Y.K., GUNTER, W.D., AGGRWAL, P.K., PERKINS, E.H. & DEBRAD, J.D. (1989). *Solmineq 88: A computer program for geochemical modelling of water-rock interactions*. U.S. Geological Survey. Menlo Park, California, 420 pp.
- LÓPEZ MELIDA, J. (1981). *Cultivo de rosas en invernadero*. Mundi Prensa. Madrid, 341 pp.
- LÓPEZ MELIDA, J. (1989). *Producción de claveles y gladiolos*. Mundi Prensa. Madrid, 114 pp.
- LÓPEZ-MOSQUERA, E. & MACÍAS, F. (1992). Calidad química de aguas empleadas para el riego en

- cultivos bajo invernadero en Galicia (NW España). *Riegos y Drenajes*, **67**: 23-28.
- LÓPEZ-MOSQUERA, M.E., MARTINEZ-CORTIZAS, A. & RUANO-PRÍETO, A. (1989). Preliminary data about current soil conditions influence on five rose and minicarnation cultivars located at south of Pontevedra Province (NW Spain). *Acta Horticulturae*, **246**: 183-190.
- MCCALL, W.W., STINSON, R.F. & LINDSTROM, R.S. (1959). Soluble salt studies with greenhouse floriculture plants. *Quart. Bull. Michigan Agr. Exp. Stat.*, **41**: 798-804.
- MORISOT, A. (1978). Répartition des éléments fertilisants dans les sols de serres florales du midi de la France (oeillets et rosiers). *Ann. Agron.*, **29** (2): 177-192.
- MOULINIER, H. (1975). La fertilisation des cultures sous serre. *Sci. Sol*, **2**: 155-160.
- RADER, L.F., WHITE, L.M. & WHITTAKER, C.W. (1943). The salt index: A measure of the effect of fertilizers on the concentration of the soil solution. *Soil Science*, **55**: 201-208.
- SZABOLCS, I. (1989). Amelioration of soils in salt affected areas. *Soil Tech.*, **2**: 331-344.
- U.S. SALINITY LABORATORY STAFF (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. USDA. Washington, 160 pp.