

Edafología. Volumen 7-2. Mayo 2000. pag 187-196.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS NIVELES DE POTASIO ASIMILABLE EN SUELOS CARBONATADOS DE OLIVAR DE LA COMARCA DE LA LOMA (JAÉN).

L. Soria*, E. Fernández**, J. C. Menjivar***, M. Pastor**** y J. Aguilar**.

*Universidad Internacional de Andalucía. Sede Antonio Machado. Baeza (Jaén).

**Departamento de Edafología Y Química Agrícola. Universidad de Granada.

***Escuela Nacional de Agricultura. Catacamas (Honduras).

****Dirección General de Investigación y Formación Agraria. Consejería de Agricultura y Pesca. Córdoba.

Resumen

Se estudian las relaciones entre los niveles de potasio asimilable y 15 propiedades físicas y químicas de 227 muestras de suelo de olivar de la comarca de La Loma (Jaén).

Las mejores correlaciones se establecen entre el potasio y el porcentaje en carbonato cálcico (negativa) y el potasio y el tanto por ciento de nitrógeno y carbono orgánico (positivas).

Entre los minerales de la arcilla y el potasio asimilable no se han obtenido correlaciones muy significativas, pero si destaca el signo negativo para la correlación con la ilita y la calcita y positivo para la correlación con la montmorillonita.

INTRODUCCIÓN

Después del nitrógeno, el potasio es, junto a fósforo, el elemento más usado en la fertilización del olivo. Las cantidades de nutrientes necesarias para la planta están condicionadas en gran medida por el tipo de cultivo. Así, las

necesidades de potasio de un olivar con buena producción y régimen de fertirrigación, se sitúan en torno a los 300-400 g de potasio por año (Troncoso, 1996).

Sin embargo, la respuesta del olivo a la fertilización potásica no es tan inmediata ni tan directa como la fertilización con nitrógeno. En ocasiones no se ha obtenido respuesta apreciable en la producción al incluir o aumentar las dosis de potasio en el abonado. Concretamente en la comarca de La Loma, donde están situados los suelos estudiados, se llevó a cabo una experiencia de fertilización por la Escuela de Olivicultura de Jaén, durante un periodo de 10 años, no obteniendo respuesta a la fertilización con potasio hasta transcurridos 8 años y con aplicaciones de 2,4 Kg de K_2O /árbol (Ferreira, 1984). En las conclusiones el autor hablaba del posible bloqueo del potasio por el calcio, muy abundante en la mayoría de los suelos de los ensayos.

El potasio existe en el suelo como ion potasio en estructuras minerales, principalmente micas y algunos feldespatos, y como ion potasio hidratado en la solución del suelo o adsorbido en las posiciones de intercambio desde donde puede ser tomado por las plantas.

El ion potasio no hidratado posee un tamaño similar al ion oxígeno y se ajusta tan perfectamente en los huecos de las estructuras de las arcillas que puede "fijarse" en ellos, alcanzando un estado inaccesible a los procesos de intercambio y a las plantas. El paso de iones potasio de la solución del suelo al interior de las estructuras minerales se denomina "fijación de potasio" y con frecuencia la fertilización da lugar a concentraciones de potasio suficientemente elevadas como para que esto se produzca. El tipo de arcilla será por tanto un factor importante a tener en cuenta a la hora de la fertilización potásica (Thompson y Troeh, 1982).

Por otra parte, una mayor absorción de calcio y magnesio provoca una menor incorporación de potasio al complejo de cambio. En una reacción entre el potasio y otro catión mayor, como el calcio, el suelo muestra una selectividad decreciente por el primero en relación al segundo. Los estudios experimentales de Schneider en 1997 sobre la influencia de la concentración de calcio en la solución del suelo y en las isotermas de liberación y fijación de potasio, concluían que la concentración de potasio en solución, en las condiciones de equilibrio, decrecía a medida que disminuían los contenidos de calcio en la misma, lo cual parecía indicar un incremento en la afinidad del potasio por los lugares de intercambio a medida que disminuía la concentración de calcio en la solución.

Los suelos excesivamente calizos pueden sufrir deficiencias de potasio porque el ion K^+ tiende a ser expulsado de las micelas a la solución, donde

puede lavarse.

Las plantas contienen alrededor de unas dos veces más potasio que calcio, pero esto es debido a la absorción preferente del primero y no a la existencia en el suelo de una proporción semejante entre ambos elementos. La razón calcio/potasio en la solución del suelo es más reducida que la de los cationes cambiables, debido a que el calcio es retenido más enérgicamente que el potasio en los puntos de intercambio. Pero cuando los niveles de calcio en la solución son muy altos, las plantas absorben más calcio y menos potasio debido al exceso del primero. En suelos con texturas muy finas y estructuras modificadas por el cultivo la aireación puede ser lo bastante restringida para disminuir la capacidad de la planta para absorber potasio selectivamente.

Los estudios de Bouldin en 1989 sobre los modelos de asimilación de iones por las plantas incluían la neutralidad eléctrica como una condición necesaria para los equilibrios entre el suelo, la solución y la planta. En su modelo, la asimilación de cationes está condicionada tanto por la concentración de aniones en la solución como la de cationes intercambiables. Entre los aniones implicados señala la importancia de NO_3 , Cl , SO_4 , H , OH , HCO_3 y CO_3 , indicando el papel fundamental de la presión parcial de CO_2 en las proporciones de CO_3 y HCO_3 en la solución del suelo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha realizado en 227 muestras de suelo de la comarca de La Loma. Estas muestras corresponden a los horizontes de los tipos de suelos modales y varios sondeos de cada tipo modal, en los que se recogieron muestras a dos profundidades, de 0 a 30 y de 30 a 60 cm. Todos los suelos están dedicados al cultivo de olivos de la variedad picual y, del total de fincas estudiadas, 41 se cultivan en régimen de secano y 71 en regadío. Los suelos se sitúan en los mapas topográficos de Baeza, Úbeda, Villacarrillo, Beas de Segura y Linares y se clasifican (FAO, 1988) como Calcisoles, Cambisoles, Regosoles y Leptosoles. Los mapas de suelos de la mayor parte de la comarca han sido realizados dentro del proyecto L.U.C.D.E.M.E.: (Simon, et al. 1997; Fernández, et al. 1999).

La metodología empleada en el análisis de los suelos ha sido la propuesta por el Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación en los Métodos Oficiales de Análisis (1983).

El análisis estadístico de las características del suelo y su relación con la

disponibilidad de potasio para el olivo se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS 9.0 para Windows.

En las necesidades de potasio por las plantas influyen tanto el tipo de manejo del cultivo (secano, regadío, fertirrigación, etc.) como la textura del suelo. El estado nutritivo de las plantaciones respecto al potasio se evaluó utilizando los criterios propuestos por la Caja Rural de Almería en 1999. Los intervalos propuestos en esta publicación se exponen en la [tabla 1](#).

El estudio de la fracción arcilla se ha llevado a cabo mediante difracción de RX de agregados orientados, solvatados con etilén glicol (Brunton, 1965), con dimetil sulfóxido (González García y Sánchez Camarazo, 1968), y sometidos a tratamiento térmico en los que las muestras se han mantenido a 550°C durante 4 horas, y posteriormente se han enfriado en un desecador. Las muestras así tratadas han sido rodadas en un difractómetro Rigaku Miniflex de Ni, y radiación Ka de Cu, y se ha empleado, para el análisis semicuantitativo, los poderes reflectantes de Shultz (1964) y Barahona(1974), modificados para rendija automática.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En olivar de secano, los niveles de potasio asimilable, de acuerdo con los niveles de referencia propuestos por la Caja Rural de Almería (1999) y resumidos en la [tabla 1](#), son normales en un 35% de los casos estudiados. Alrededor del 45% de los horizontes presentan valores altos y muy altos, frecuentemente en los horizontes superiores. Por último un 20% de los horizontes presentan valores de potasio asimilable bajo y muy bajo con problemas asociados a la nutrición para el olivo.

En regadío, los niveles altos y muy altos corresponden al 32% de las muestras estudiadas, un 25% presentan valores normales y el 42% de los horizontes presentan niveles bajos y muy bajos. Por tanto, el problema de deficiencia, está más extendido en regadío que en secano probablemente debido al peligro de pérdidas por lavado.

Los valores medios de las variables mejor relacionadas, que se presentan en la [tabla 2](#), son del mismo orden de magnitud para el pH, el nitrógeno y el carbono orgánico. Los valores de potasio asimilable son los que presentan mayor dispersión, oscilando desde valores mínimos de 4,71 mg/100g hasta valores máximos de 139,6 mg/100g. Todos los suelos son carbonatados, pero el porcentaje en carbonato cálcico es el segundo elemento con mayor

dispersión, oscilando desde valores mínimos próximos al 5% hasta valores máximos de 86% ([tabla 3](#)).

La mayor parte de los suelos presentan texturas finas; el porcentaje en arcilla, frecuentemente, alcanzan valores superiores al 72%. Sólo el 14% de las muestras presentan texturas medias (franca, franca-arcillo-arenosa, franco-limosa, limosa o arcillo-arenosa) y el 2,5% de las muestras texturas gruesas.

Se han realizado correlaciones lineales entre las distintas variables ([Tabla 3](#)) para los horizontes estudiados y diferenciando por tipos de cultivo (secano y regadío) y entre horizontes superficiales (0-30 cm de profundidad) y horizonte subsuperficiales (30 a 60 cm).

Las mejores correlaciones del potasio disponible ([tabla 3](#)) se establecen con el porcentaje de carbonato cálcico, negativa en todos los supuestos, y con coeficientes de correlación más altos en secano que en regadío, tanto en superficie como en subsuperficie. Una correlación más baja y de signo positivo se observa entre el potasio asimilable y el tanto por ciento de carbono orgánico y nitrógeno. En secano el coeficiente de correlación es más alto con el carbono orgánico; esto parece indicar que una parte importante del potasio disponible en estos suelos está ligado a la fracción orgánica de los mismos. En regadío los coeficientes de correlación son más altos con el nitrógeno, probablemente porque ambos elementos, nitrógeno y potasio, se aportan de forma conjunta a estos suelos por fertirrigación y por la relación, documentada por algunos autores, entre la cantidad de NO_3 y la disponibilidad del potasio para las plantas y para ocupar posiciones de cambio.

Los coeficientes de correlación obtenidos entre el potasio asimilable y el pH fueron siempre negativos y, aunque no muy altos, mayores para los horizontes inferiores que para los superiores.

Con las fracciones granulométricas y con los tipos de minerales de la arcilla no se han obtenido coeficientes de correlación muy altos, pero si es de destacar el signo de los mismos: negativo para las fracciones limo y arena, positivo para la fracción arcilla, negativo para el porcentaje de calcita e illita y positivo con el porcentaje de caolinita y montmorillonita.

Aplicando el análisis factorial de componentes principales se obtiene como resultado seis factores que explican el 71,9% de la varianza total ([tabla 4 a](#) y [b](#)).

Los valores de potasio asimilable alcanzan su máximo agrupamiento en los factores 1 y 3, con valores altos y positivos con respecto a estos ejes.

El factor 1 explica el 24 % de la varianza. Este factor presenta una correlación positiva entre el carbono orgánico, el nitrógeno, el potasio, la capacidad de cambio catiónico y el tanto por ciento de montmorillonita en la fracción arcilla. La correlación es significativa y negativa para este factor con el porcentaje de carbonato cálcico, el pH y el tanto por ciento de ilita en la fracción arcilla.

El factor 3 explica el 15% de la varianza. Los resultados de este factor mantienen el signo pero disminuyen los coeficientes de correlación entre el carbonato cálcico, el carbono orgánico, el nitrógeno y el potasio asimilable. Se establece una correlación positiva con el porcentaje en arena y el tanto por ciento de ilita en la fracción arcilla y negativa con el porcentaje en limo y con el tanto por ciento de montmorillonita.

CONCLUSIONES

En los contenidos en potasio asimilable en suelos carbonatados de La Loma parece intervenir de forma mayoritaria, de forma negativa, el porcentaje de carbonato cálcico de los mismos, sobretodo en cultivo de secano.

En regadío, el uso de fertirrigación con una aplicación más localizada, traslada las mayores correlaciones entre el potasio asimilable y el porcentaje de carbonato cálcico a mayor profundidad.

Tanto en secano como regadío las mejores correlaciones positivas se establecen con el carbono orgánico y con el porcentaje de nitrógeno, lo que apoya la importancia de la fracción orgánica en la nutrición de potasio y ratifica la necesidad de cultivos en los que los restos de cosecha y poda se reintegren a los suelos, como defiende las nuevas investigaciones de fertilización (Pastor, 1996).

El tipo de arcilla presenta bajas correlaciones con el contenido en potasio asimilable en los suelos estudiados, aunque son positivas para suelos montmorilloníticos y negativas para suelos ilíticos, tal como se señala en la bibliografía existente al respecto: (Scheffer y Schachtschabel 1976; Norrish y Pickering 1983; Porta et al. 1999).

Por último señalar que las muestras se recogieron del centro de las calles, donde los contenidos en carbono orgánico son mucho más bajos que debajo de los olivos donde, probablemente, las correlaciones serían más altas.

BIBLIOGRAFÍA

Caja Rural de Almería (1999): Agenda agrícola 2000. Ed. Simancas S.A.. Valladolid.

Barahona Fernández, E. (1974): Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: evaluación de algunos ensayos de materias primas. Tesis Doctoral. Univ. de Granada.

Bouldin, D. R. (1989): A multiple ion uptake model. *Journal of Soil Science*. 40, 309-319.

Brunton, G. (1965): Vapour Glycolation. *Am.Miner.* 40. 124-126.

FAO/UNESCO (1988): Soil map of the world, rev. leg. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fernández, J.; Fernández, E.; Ortiz, I. Y Peinado, F. (1999): Mapa de suelos de Beas de Segura. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

Ferreira, J.(1984): Resultados de los ensayos de fertilización en olivar. *Olea*. Nº 17, 141-152.

González García. R. Y Sánchez Camazano, A. (1968). Differentiation of kaolinite from chlorite by treatment with dimetysulfoxide. *Clay Min. Bull.* 7. 447-451.

Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. (1983): Métodos Oficiales de Análisis. Ed. M.A.P.A. Madrid.

Norrish, K. Y Pickering, J.G.(1983): Clay Minerals. En Division of soils, CSIRO: *Soils: an Australian viewpoint*. CSIRO Melbourne/Ac. Press London, 281-308

Norussis, M. J. (1986): Advanced Statistics SPSS/PC for the IBM PC/XT/AT, SPSS Inc. Chicago.

Pastor, M.; Castro, J. Y Humanes, M.D. (1996): Criterios para la elección de sistemas de cultivo en el olivar. Informaciones técnicas 38/96. Dirección General de Investigación y Formación Agraria de la Junta de Andalucía. Sevilla.

Porta, J.; López-Acevedo, M. y Roquero C. (1999): Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

Scheffer, F. P. y Schachtschabel (1976): Lehrbuch der bodenkunde 9.

Auflage. Ferdinand Enke, Stuttgart.

Schneider, A. (1997a): Short-term release and fixation of K in calcareous clay soils. Consequence for K buffer power prediction. *European Journal of Soil Science*. 48, 499-512.

Schneider, A. (1997b): Influence of soil solution Ca concentration on short-term K release and fixation of a loamy soil. *European Journal of Soil Science*. 48, 513-522.

Schultz, L.G. (1964): Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for the Pierre Shale. Geol. Surv. Prof. Paper. Vol. 391-C.

Simón, M.; Marañés, A.; Garcia, I.; Asensio, C. y Iriarte, A. (1997): Mapa de suelos de Úbeda (906). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

Thompson, L.M. y Troeh, F.R. (1982): Los suelos y su fertilidad. Ed. Reverte, Barcelona, 633 p.

Troncoso, A. (1996): Nutrición mineral del olivo. International Course on Olive Growing - Scandicci. pag. 185-196.

FIGURAS Y TABLAS.

TABLA 1. Niveles de potasio cambiabile en función de la textura y el tipo de cultivo (Según Agenda Agrícola 2000 editada por la Caja Rural de Almería).

Grupo de suelos según textura		
I. Gruesa	II. Media	III. Fina
Arenoso	Franco	Franco-arcilloso
Arenoso-franco	Franco-arcillo-arenoso	Franco-arcillo-limoso
Franco-arenoso	Franco-limoso	Arcillo-limoso
	Limoso	
	Arcillo-arenoso	

Niveles de potasio cambiabile (ppm K⁺)

Cultivo y grupo de suelos	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
<u>Secano:</u>					
I.....	< 25	25-75	75-150	150-250	>250
II.....	< 50	50-110	110-200	200-325	>325
III.....	< 75	75-145	145-250	250-400	>400
<u>Regadío extensivo:</u>					
I.....	< 50	50-125	125-200	200-275	>275
II.....	< 75	75-125	175-275	275-375	>375
III.....	< 100	100-225	225-350	350-475	>475

Tabla 2.- Coeficientes de correlación Pearson y significación bilateral (Sig. bil.) entre el potasio y el % de CO₃Ca, % de carbono orgánico (CO), % de nitrógeno (N), magnesio y sodio de cambio (Mg y Na), capacidad de intercambio catiónico (CIC), fósforo, pH, fracciones texturales y minerales de arcilla.

VARIABLES	Totales n=227	Secano (0-30 y 30-60) n=82	Secano (0-30) n=41	Secano (30-60) n=41	Regadío (0-30 y 30-60) n=145	Regadío (0-30) n=71	Regadío (30-60) n=74
K-CO₃Ca	r=-,539	r=-,627	r=-,636	r=-,635	r=-,471	r=-,429	r=-,539
Sig.(bil.)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
K-CO	r=,432	r=,528	r=,485	r=,313	r=,387	r=,186	r=,304
Sig.(bil.)	,000	,000	,001	,043	,000	,121	,008
K-N	r=,407	r=,362	r=,185	r=,349	r=,427	r=,285	r=,379
Sig.(bil.)	,000	,001	,247	,023	,000	,016	,001
K-Ca	r=,261	r=,215	r=,189	r=,349	r=,427	r=,285	r=,379
Sig.(bil.)	,000	,051	,236	,092	,000	,007	,028
K-Mg	r=,288	r=,527	r=,625	r=,395	r=,243	r=,308	r=,319
Sig.(bil.)	,000	,000	,000	,001	,030	,009	,006
K-Na	r=,175	r=,141	r=,087	r=,211	r=,201	r=,309	r=,094
Sig.(bil.)	,008	,205	,590	,211	,015	,009	,426
K-CIC	r=,362	r=,345	r=,356	r=,361	r=,383	r=,388	r=,376
Sig.(bil.)	,000	,001	,022	,019	,000	,001	,001
K-Fósforo	r=,278	r=,126	r=,194	r=-,075	r=-,348	r=-,478	r=-,053

Sig.(bil.)	,000	,002	,224	,639	,000	,000	,652
K-pH	r=-,330	r=-,334	r=-,256	r=-,346	r=-,343	r=-,309	r=-,382
Sig.(bil.)	,000	,256	,106	,025	,000	,009	,001
K-arena	r=-,057	r=-,126	r=-,031	r=-,147	r=-,028	r=-,037	r=-,053
Sig.(bil.)	,390	,297	,849	,353	,741	,762	,654
K-limo	r=-,071	r=-,080	r=-,095	r=-,145	r=-,066	r=,009	r=-,108
Sig.(bil.)	,284	,475	,556	,361	,429	,942	,359
K-arcilla	r=,142	r=,209	r=,126	r=,321	r=,105	r=,038	r=,185
Sig.(bil.)	,032	,057	,431	,038	,206	,753	,114
K-Calcita	r=-,029	r=-,124	r=-,174	r=-,035	r=,038	r=,064	r=-,015
Sig.(bil.)	,663	,265	,278	,827	,691	,596	,902
K-Ilita	r=-,125	r=-,100	r=-,288	r=,021	r=-,160	r=-,142	r=-,198
Sig.(bil.)	,058	,369	,068	,897	,053	,236	,091
K-Caoli.	r=,060	r=,097	r=,162	r=,004	r=,043	r=-,042	r=,117
Sig.(bil.)	,369	,382	,312	,981	,610	,731	,322
K-Mont.	r=,121	r=,108	r=,102	r=,141	r=,141	r=,164	r=,142
Sig.(bil.)	,067	,331	,526	,372	,089	,172	,227

Tabla 3.- Estadísticos descriptivos para potasio, carbonato cálcico, carbono orgánico, nitrógeno, capacidad de intercambio catiónico y pH. n=227.

	Potasio mg/100g	CO ₃ Ca %	CO %	N %	CIC Cmol(+)Kg ⁻¹	pH
N	227	227	227	227	227	227
Media	32,66	42,10	0,72	0,01	20,19	8,2
Desv. Tip.	20,57	14,21	0,38	0,03	7,0	0,19
Varianza	423,2	201,92	0,14	0,001	48,9	0,03
Mínimo	4,71	4,8	0,08	0,01	6,7	7,6
Máximo	136,6	86,2	2,7	0,16	45,4	8,8

Matriz de componentes ^a

Método de extracción: Análisis de componentes principales

	Componente					
	1	2	3	4	5	6
CO	.565	.294	.401	-.255	9,828E-02	.360
N	.558	.313	.405	-.221	.111	.415
CA	.723	-.235	-.137	-.307	-.322	7,886E-02
MG	.241	-.162	.203	.646	9,045E-02	-3,185E-02
NA	6,590E-02	-.185	.125	.396	.528	8,376E-02
CIC	.789	-.284	-6,996E-02	-.110	-.286	.110
FOSFO	.176	9,373E-02	.267	1,156E-02	.554	-.302
POTA	.636	-.109	.429	8,979E-02	.283	-7,446E-02
CALCITA%	.192	.766	-.257	.259	3,105E-02	8,225E-02
Caolinita%	7,555E-02	-.654	-3,294E-02	-.202	7,007E-02	-.294
ILLITA%	-.549	-.301	.540	1,689E-02	-.109	.328
MONTM%	.528	.596	-.474	9,578E-02	7,824E-02	-.171
ARENA	-.290	.476	.580	-.294	-.153	-.376
LIMO	-4,670E-02	-.375	-.529	-.256	.512	.370
CO3CA	-.502	.291	-.423	-.186	.136	.188
PH	-.541	.156	.171	.322	-.152	.406
ARCI	.393	-.174	-.134	.618	-.355	5,868E-02

a. 6 componentes extraídos

Tabla 4a.- Resultados obtenidos en el Análisis Factorial de Componentes Principales de las 227 muestras estudiadas.

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	3,681	21,651	21,651	3,681	21,651	21,651
2	2,367	13,925	35,576	2,367	13,925	35,576
3	2,086	12,271	47,847	2,086	12,271	47,847
4	1,593	9,369	57,216	1,593	9,369	57,216
5	1,359	7,992	65,209	1,359	7,992	65,209
6	1,137	6,688	71,896	1,137	6,688	71,896
7	.983	5,780	77,676			
8	.901	5,301	82,978			
9	.829	4,879	87,857			
10	.603	3,545	91,403			
11	.495	2,911	94,313			
12	.372	2,186	96,499			
13	.327	1,923	98,422			
14	.210	1,234	99,656			
15	4,477E-02	.263	99,919			
16	1,374E-02	8,081E-02	100,000			
17	1,999E-05	1,176E-05	100,000			

Método de extracción: Análisis de Componentes principales