

MEJORADORES DE SUELOS CALCAREOS Y FERTILIZACION FOSFATADA EN EL CULTIVO DE LA PAPA

Eduardo A. Narro Farías¹

RESUMEN

El cultivo de la papa, en suelos calcáreos de textura pesada y pH alcalino, presenta una problemática muy especial en cuanto a la eficiencia en el uso de los fertilizantes fosfatados y problemas asociados con las propiedades físicas del suelo, lo cual acarrea un requerimiento alto de fertilizantes y menores rendimientos del cultivo.

Los mejoradores de suelo son materiales que, al ser aplicados, ayudan al suelo a desempeñar más eficientemente las funciones que realiza en beneficio de las plantas. En este estudio se evaluó el efecto de diferentes dosis de minerales expandidos (vermiculita y perlita), estiércoles (bovino, caprino, porcino, gallinaza y guano de murciélago), materiales vegetales (cebada verde, paja de trigo y tamo de dátil) y acidificante (azufre agrícola) sobre propiedades selectas de varios suelos calcáreos, y se encontró que todos los mejoradores producían cambios benéficos en los suelos.

En la segunda parte del estudio se establecieron 3 experimentos para evaluar el efecto de la mezcla de diferentes dosis de mejoradores, con dosis o fuentes de fertilizante fosfatado en el cultivo de la papa; se observó que el uso de los mejoradores elevó los rendimientos y, en ocasiones, la calidad del tubérculo. Mediante el uso de mejoradores fue posible establecer que la dosis óptima económica de fertilizante fosfatado, para el cultivo de la papa en los suelos mencionados, fue de 450 kg P₂O₅ / ha.

El mejorador más sobresaliente, estudiado en el cultivo de la papa, es la vermiculita; sin embargo, por su elevado costo se le debe considerar con reservas.

¹ Ph.D. Maestro Investigador del Depto. de Suelos, Div. de Ingeniería, UAAAN

INTRODUCCION

Actualmente se producen unos 300 millones de toneladas métricas de papa, con un rendimiento promedio de 13.3 ton/ha. Esto hace ser al cultivo de la papa, el más importante desde el punto de vista alimenticio, después de los cereales.

En México, existen varias regiones agrícolas importantes en donde se cultiva la papa, bajo una gran diversidad de tipos de suelo y clima. En la región agrícola de Navidad, N.L. y áreas cercanas, comprendidas en parte de los Estados de Nuevo León y Coahuila, se están destinando anualmente unas 4 000 hectáreas a la producción de este cultivo, con una inversión superior a los 2 400 millones de pesos, de los cuales se destina aproximadamente la tercera parte a pago de salarios de trabajadores.

Los suelos de esta región se caracterizan por presentar: altos contenidos de carbonatos, pH alcalino, textura arcillosa y son de poca profundidad. Los agricultores utilizan altas dosis de fertilizante fosfatado y obtienen rendimientos promedio de 20 a 25 ton/ha, los cuales se consideran bajos en función de la alta cantidad de insumos utilizados, del uso intensivo de la maquinaria agrícola y de los sofisticados sistemas de riego por aspersión.

Los mejoradores de suelo son materiales de diferente naturaleza que sirven para ayudar al suelo a desempeñar más eficientemente sus funciones de anclaje de plantas, suministro de agua, nutrimentos y oxígeno a las raíces, proporcionar una temperatura adecuada para el crecimiento vegetal y/o estar libre de problemas de sales, iones tóxicos, parásitos o patógenos. Todo esto, en relación a las necesidades específicas del cultivo que se va a establecer y al problema que presente en el suelo en cuestión. Los mejoradores no se consideran de suministro directo a las plantas, como es el caso de los fertilizantes.

El uso de mejoradores de suelo representa una alternativa muy prometedora para el cultivo de papa en suelos calcáreos, por lo que los objetivos principales de la presente investigación fueron:

1. Identificar y evaluar las características o propiedades de los suelos calcáreos de la región papera de Nuevo León y Coahuila, que limitan el rendimiento y calidad del cultivo de papa.
2. Evaluar el efecto de diferentes productos mejoradores de suelo, sobre algunas propiedades selectas de los suelos problema.

3. Incrementar la eficiencia, vía uso de mejoradores, de los fertilizantes fosfatados y reducir al mínimo las dosis actualmente utilizadas en el cultivo de la papa.
4. Evaluar el efecto de mejoradores de suelo seleccionados, sobre el desarrollo, rendimiento y calidad de la papa cultivada en suelos calcáreos.

REVISION DE LITERATURA

Suelos calcáreos

Son aquéllos que contienen suficientes carbonatos de calcio-magnesio, libres, que les permiten presentar una efervescencia visible cuando son tratados con una solución de ácido clorhídrico diluído (HCl 0.1N).

Entre los principales problemas que se presentan en los suelos calcáreos cultivados, se encuentran los relacionados con la disponibilidad de ciertos nutrientes para las plantas. Los elementos que normalmente presentan baja disponibilidad en estas condiciones son: fósforo, fierro, zinc, manganeso, cobre y boro (Mortvedt, 1983; Russell y Russell, 1968; Tisdale y Nelson, 1966; y Sprague, 1964).

La disponibilidad del fósforo en suelos calcáreos es baja debido a que, el CaCO_3 produce inmovilización temporal o permanente del ion fosfato; los fosfatos aplicados en el fertilizante son cambiados a formas menos solubles, debido a precipitación y adsorción (Rone y Cajuste, 1980). El fósforo soluble, del fertilizante, es inmovilizado, y aunque los mecanismos exactos que participan en este proceso no son bien entendidos, se sabe que participan los iones intercambiables de calcio, sales solubles de calcio y partículas de carbonato de calcio (Olsen y Fried, 1957; Amer y Mostafa, 1981).

El cultivo de la papa

Esta se produce prácticamente en todo el mundo, pero es de mayor importancia en los climas templados. La producción mundial anual es de unos 300 millones de toneladas métricas de tubérculo fresco, producidas en una superficie de 22 millones de hectáreas.

Aunque se adapta a muchas condiciones de suelo, la papa prospera mejor en suelos fértiles, de alto contenido de materia orgánica, alta disponibilidad de humedad para las plantas y buena aireación, con bajo contenido de carbonatos y sales, y pH de 5.5 a 6.0. La falta de cualesquiera de estas

características, puede ser causa de reducciones en el rendimiento y/o calidad de los tubérculos, por lo que el problema deberá ser corregido mediante prácticas adecuadas de manejo del cultivo (Parsons, 1982; Martin, *et al.*, 1976).

Las plantas de papa consumen, en promedio, aproximadamente 200, 30, 250, 52, 16.3, 10.4 y 0.028 kg/ha de N, P, K, Ca, Mg, S y Cu, respectivamente (Lorenz y Maynard, 1980 y Fried y Broeshart, 1967). La absorción de N, P y K, toma lugar a mayor velocidad entre los 50 y los 100 días después de la siembra; cuando las plantas han completado el 20% de su desarrollo total pueden haber tomado el 50% de la cantidad total de P que requieren, y cuando la planta ha acumulado el 50% de la biomasa que acumulará durante su ciclo, ha tomado ya el 75% o más de la cantidad total de los nutrimentos requeridos (Holf, 1958; Talavera, 1983 y Sprague, 1964).

Burton (1981) indica que cuando las plantas de papa no sufren ningún tipo de stress fisiológico, el cultivo puede producir más de 90 ton/ha de tubérculos. Doorenbos y Kassam (1979) indican que en regiones como las de Galeana, N.L. y Arteaga y Saltillo, Coahuila, se pueden obtener rendimientos medios de 40 ton/ha, con un consumo de agua de 50 a 70 cm. Van Loon (1980) reporta que el stress hídrico ocurrido durante el período de tuberización, es la principal causa en las reducciones de rendimiento.

La fertilización fosfatada

Tisdale y Nelson (1966) indican que las principales formas iónicas en que es absorbido el fósforo por las plantas, son el ortofosfato primario, el cual predomina en suelos de pH 4 a 6.5 y el ortofosfato secundario en menos cantidad, el cual predomina en suelos de pH de 7.5 a 8.4; la máxima disponibilidad del fósforo ocurre generalmente entre pH 6 y 7.

En los suelos calcáreos de pH alcalino, el fósforo puede ser inmovilizado por diferentes procesos, razón por la cual se recomienda aplicar este fertilizante en banda sencilla o doble, para reducir el contacto del fósforo con las partículas de carbonato de calcio; además, las arcillas saturadas con calcio son capaces de fijar mayores cantidades del fósforo, que aquellos suelos saturados con iones monovalentes (Tisdale y Nelson, 1966; Arkin y Taylor, 1981; y Lorenz y Maynard, 1980).

Cárdenas (1968) al estudiar aplicaciones foliares de H_3PO_4 , $NH_4H_2PO_4$ y $(NH_4)_2HPO_4$ en el cultivo de papa en un suelo calcáreo de Navidad, N.L., encontró que estas substancias pueden aplicarse al follaje, sin dañarlo, a concentraciones de 2, 4 y 4% respectivamente; sin embargo, no hubo diferencia significativa en el rendimiento de los tratamientos estudiados.

En la región agrícola de Navidad, N.L. se han realizado una gran cantidad de experimentos de fertilización fosfatada con un amplio rango de dosis

probadas, pero, desafortunadamente, los resultados obtenidos son contradictorios, confusos y producidos en forma aislada en un solo año de experimentación por cada investigador, motivo por el cual no ha sido posible establecer recomendaciones técnicas confiables, en cuanto a la dosis óptima económica de fertilizante fosfatado. Por otro lado, los análisis de contenido de fósforo disponible para las plantas en los suelos calcáreos de Navidad, N.L., no han podido ser utilizados para definir una recomendación adecuada de fertilización. El término disponibilidad no ha sido bien definido, aunque se ha utilizado para indicar la facilidad con que la planta puede obtener un nutrimento, pero la continua absorción de un nutrimento de la solución del suelo, depende de la velocidad con que éste sea reabastecido desde la fase sólida (Arkin y Taylor, 1981). La mayoría de los fertilizantes fosfatados son de muy baja solubilidad (o lenta solubilización).

Una vez identificado el problema de los suelos calcáreos, en cuanto al bajo aprovechamiento del fertilizante fosfatado, se puede tratar de corregir éste, por medio de algunos productos que mejoren la disponibilidad del fósforo en el suelo.

Mejoradores de suelo

Estos son productos de diferente origen y composición que, al ser aplicados al suelo, producen cambios en éste, los cuales repercuten en una mayor eficiencia en el desempeño de las funciones que realiza el suelo en beneficio de las plantas.

Entre los mejoradores de suelo más utilizados se encuentran: los estiércoles, los guanos, las compostas, los abonos verdes, las pajas y los modificadores de pH (cal, azufre, polisulfuro de calcio, etc). Entre los de más reciente y limitado uso se encuentran los minerales expandidos (vermiculita y perlita), espumas de plástico, sustancias floculantes, diversos materiales para acolchado, etc. El uso de cualesquiera de estos materiales debe hacerse para resolver problemas específicos de los suelos.

Van Doren y Allamaras (1978) indican que los residuos de cosecha (pajas y rastrojos) pueden ser manejados de 4 formas generales:

- a. dispersados sobre la superficie del suelo;
- b. parcialmente mezclados con una capa de 5 a 10 cm de profundidad de suelo;
- c. completamente incorporados en la capa arable; y
- d. completamente removidos del suelo.

Cada una de estas alternativas puede presentar variaciones y su práctica puede ser extrapolada a muchos productos mejoradores de suelo.

Stewart (1982) destaca el efecto de los estiércoles sobre la calidad del suelo, haciendo énfasis en una serie de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, que son mejoradas mediante la adición de estos productos.

Morales y Bustamante (1963) encontraron que el azufre, el azufre inoculado, el polisulfuro de amonio y el estiércol, aplicados a un suelo calcáreo, le producen una reducción en el pH y un aumento en la disponibilidad del fósforo. Ibarra y Leal (1971) estudiando el efecto de la humedad sobre la oxidación del azufre en un suelo calcáreo, encontraron que, cuando el suelo tenía aproximadamente la mitad de sus poros llenos de agua, se verifica la oxidación del azufre con mayor intensidad, se incrementa el contenido de sulfatos y disminuye el pH.

La vermiculita y la perlita expandidos, son minerales que al ser expuestos a altas temperaturas pierden agua interlamilar, se dilatan y alcanzan pesos específicos de alrededor de 0.7 g/cm^3 , y cuando se aplican a los suelos generan el mejoramiento de diferentes propiedades físicas de éste.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio incluye una serie de experimentos realizados a nivel campo y laboratorio, entre los años 1979 y 1984. Se utilizaron 10 suelos pertenecientes a los municipios de Galeana, N.L., Saltillo, Arteaga y General Cepeda, del Estado de Coahuila, cuyas características físico-químicas promedio se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Rango de valores de las propiedades físico químicas de los suelos calcáreos de 10 diferentes sitios, utilizados en el presente estudio.

Parámetro estudiado	Método	Rango de valores
Materia orgánica, %	Walkley-Black	0.36 - 8.89
N total, kg/ha	Kjeldahl	13 - 37
P aprovechable, kg/ha	Olsen	54 - 144
K intercambiable, kg/ha	Cobaltinitrico de Na	113 - 780
pH	Potenciómetro	7.4 - 8.3
CO ₃ totales, %	Na OH 1N	70 - 93
CEe, mmhos/cm a 25°C	Puente Wheatstone	0.5 - 1.4
% arena	Bouyoucos	13 - 47
% limo		20 - 50
% arcilla		33 - 65
Densidad aparente, g/cm ³	Parafina	1.18 - 1.60
Densidad de sólidos, g/cm ³	Picnómetro	2.3 - 2.62
Capacidad de campo, g/g	Campo	0.26 - 0.42
P.M.P. g/g	Girasol	0.13 - 0.23
Humedad aprovechable		0.10 - 0.18
Conductividad hidráulica (cm/hr)	Permeámetro	0.30 - 3.60

Esta investigación consta de 2 etapas: la primera consistió en evaluar el efecto de 11 mejoradores de suelo sobre algunas propiedades selectas de éstos. La segunda consistió en la evaluación de los mejoradores más sobresalientes aplicados a suelos cultivados con papa.

Los mejoradores utilizados en la primera etapa fueron ubicados en 4 grupos, como sigue:

Grupo	Componentes	Dosis estudiadas, ton/ha
A	Vermiculita y perlita expandidas.	0, 0.5, 1, 2, 4, y 10
B	Estiércol bovino, caprino, porcino, gallinaza y guano de murciélago.	0, 1, 10, 25, 50 y 100
C	Abono verde (cebada), paja de trigo, y tamo de dátil.	0, 1, 10, 25, 50 y 100
D	Azufre agrícola	0, 1, 4, 9 y 16

Estos mejoradores fueron mezclados con el suelo y depositados en macetas con capacidad de 1 litro, incubados por períodos de 15 días a contenidos de humedad a capacidad de campo; en seguida se determinaron algunas propiedades selectas de suelo. Cada determinación se hizo por lo menos con 4 repeticiones en suelos de 3 sitios.

Las propiedades del suelo evaluadas fueron: contenido de humedad, a saturación, a capacidad de campo, y a punto de marchitamiento permanente; humedad aprovechable, densidad de sólidos, porosidad, densidad aparente, conductividad hidráulica, velocidad de infiltración y pH.

En la segunda etapa se realizaron los siguientes experimentos:

1. Efecto de mejoradores de suelo y dosis de fertilización fosfatada, en el desarrollo del cultivo de papa en un suelo calcáreo. En este experimento se estudió la interacción de 4 mejoradores de suelo (vermiculita y perlita a razón de 2 ton/ha, y guano de murciélago y azufre agrícola, a razón de 1 ton/ha), combinados con 3 dosis de fertilización fosfatada; se utilizó superfosfato simple de calcio (150, 300 y 450 kg P_2O_5 /ha), de los cuales resultaron 12 tratamientos que fueron distribuidos en bloques al azar con 3 repeticiones. Experimento realizado en 1981 (Tesis de maestría del Ing. Valente Mendez Gallegos).

2. Efecto de 4 niveles de vermiculita y 4 dosis de fertilizante fosfatado sobre el desarrollo y rendimiento de papa en Navidad, N.L. Se estudió 0, 0.5 1.0 y 1.5 ton/ha de vermiculita, combinados con 0, 200, 400, y 600 kg P_2O_5 /ha; se seleccionaron 8 tratamientos de acuerdo a la Matriz Experimental Plan Puebla I y se adicionó el tratamiento 2.0 ton/ha de vermiculita, con 450 kg P_2O_5 /ha como tratamiento adicional, por haber sido el mejor durante el experimento descrito arriba. Experimento realizado en 1982 (Tesis de maestría del Ing. Pedro Ortiz Franco).
3. Efecto de 4 fuentes de fertilizante fosfatado y 2 mejoradores de suelo sobre el desarrollo del cultivo de papa en un suelo calcáreo. Se estudió el efecto de superfosfato simple, superfosfato triple, fosfato diamónico y ácido fosfórico a razón de 300 kg P_2O_5 /ha, solos o combinados con 1 ton/ha de vermiculita o de perlita; resultaron 12 tratamientos que fueron arreglados en parcelas divididas y distribuidos en bloques al azar con 3 repeticiones. Experimento realizado en 1982 (Servicio Social del alumno Leonardo Arzuaga).

RESULTADOS Y DISCUSION

El efecto de los mejoradores de suelo estudiado, sobre propiedades selectas de varios suelos, se presenta en forma generalizada para cada característica del suelo y para cada grupo de mejoradores (minerales expandidos, estiércoles, materiales vegetales y acidificante). Así pues, los valores reportados se refieren a máximos o mínimos promedio para la dosis del mejorador correspondiente. Es conveniente destacar que las determinaciones fueron realizadas después de 15 días de hecha la mezcla suelo-mejorador y haberse humedecido aproximadamente a capacidad de campo, por lo que los resultados obtenidos pueden variar para períodos de interacción suelo-mejorador mayores.

La densidad aparente promedio de los suelos estudiados fue de 1.31 g/cm³, y este valor disminuyó linealmente al incrementar la dosis aplicada de minerales expandidos, estiércoles o materiales vegetales; se obtuvieron valores mínimos de 1.23, 1.10 y 1.12 g/cm³ respectivamente para cada grupo de mejoradores. Estos resultados coinciden totalmente con los reportados por numerosos investigadores y son lógicos, ya que los materiales añadidos presentan una menor densidad que las partículas de suelo, además de su posible efecto a corto plazo en la formación de agregados.

La densidad de sólidos promedio de los suelos fue 2.53 g/cm³ y su valor disminuyó al aplicársele mejoradores; se encontraron valores mínimos de 2.52, 2.47 y 2.47 g/cm³ para minerales expandidos, estiércoles y materiales vegetales respectivamente.

Los contenidos gravimétricos de humedad a capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente fueron, para los suelos sin mejoradores, 28.16 y 17.86 % respectivamente. Los valores máximos alcanzados para los suelos con mejoradores fueron 30, 40 y 18.60 % para minerales expandidos; 32.22 y 20.80 % para estiércoles; y 32.12 y 20.84% para materiales vegetales respectivamente. Con esta información se puede determinar que el uso de mejoradores generó un incremento en la humedad disponible del suelo para las plantas, con respecto al testigo de: 1.5, 1.12 y 0.98 % para minerales expandidos, estiércoles y vegetales respectivamente.

Los contenidos gravimétricos de humedad en pasta de saturación fueron de: 36.8, 39.7, 50.4 y 48.8% para el testigo y para las dosis altas de minerales, estiércoles y vegetales respectivamente.

Los resultados obtenidos en la determinación de conductividad hidráulica mostraron una fuerte variación y en ocasiones resultados contradictorios, por lo que no fue posible establecer claramente el efecto de los mejoradores sobre esta propiedad del suelo. La velocidad de infiltración básica se comportó de una manera similar a la conductividad hidráulica.

El pH de los suelos estudiados fue de 8.0 en promedio y mediante aplicaciones de azufre agrícola fue posible disminuirlo hasta valores de: 7.2, 7.3 7.4 y 7.4, utilizando dosis de: 16, 9, 4 y 1 ton/ha respectivamente. En este caso los períodos de incubación utilizados fueron de 120 días, con humedades oscilando entre capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente. Los abonos verdes, también generaron reducciones en el pH del suelo, y se alcanzaron valores mínimos de 7.0. Los estiércoles, por el contrario, causaron, en períodos cortos, incrementos en el pH, y alcanzaron valores máximos de 8.2.

Las reducciones en el pH de suelo obtenidas, al aplicar azufre, son de menor magnitud que las reportadas por Ibarra y Leal (1971) para un suelo calcáreo, con alrededor de 40% de carbonatos y bicarbonatos de calcio, lo cual puede deberse a la diferencia en población de *Thiobacillus thiooxidans* y a la diferencia en concentración de carbonatos totales, que en este caso fue de 80% aproximadamente.

Todos los cambios estudiados en las propiedades de los suelos calcáreos, debido a las adiciones de mejoradores de suelo, pueden considerarse como favorables para la mayoría de los cultivos y en especial para la papa; sin embargo, existen otros cambios en el suelo que pueden resultar perjudiciales o benéficos, que deben ser estudiados para poder hacer un uso más racional de los mejoradores.

Los resultados obtenidos en la segunda etapa del presente estudio se presentarán en base a los rendimientos de tubérculos del cultivo de papa para cada tratamiento, incluyendo algunas observaciones importantes.

En el cuadro 2 se presentan los rendimientos promedio y la prueba de Tuckey, obtenidos en el estudio de la interacción de 4 mejoradores de suelo con 3 dosis de fertilizante fosfatado, en el cultivo de papa en Navidad, N.L. En este experimento todos los tratamientos superaron al testigo del agricultor, quien, en los terrenos cercanos al área experimental, obtuvo rendimientos de 13 ton/ha.

Cuadro 2. Rendimientos promedio obtenidos en los tratamientos estudiados en el cultivo de la papa en Navidad, N.L. durante el ciclo agrícola primavera-verano de 1981 y comparación de medias por la prueba de Tuckey ($\alpha = 0.01$).

Tratamiento Mejorador - fósforo	Rendimiento ton/ha	Prueba de Tuckey
V - 450	41.3	a
A - 150	34.7	a b
V - 300	33.9	a b c
G - 150	30.4	a b c d
P - 450	30.2	a b c d
A - 450	29.0	b c d
V - 150	28.2	b c d
G - 450	25.4	b c d
P - 300	23.4	b c d
G - 300	22.8	c d
A - 300	22.2	d
P - 150	21.2	d

- Notas:
- (1) Los mejoradores fueron 2 ton/ha de vermiculita (V), 2 ton/ha de perlita (P), 1 ton/ha de azufre (A) y 1 ton/ha de guano de murciélago (G).
 - (2) Las dosis de fósforo están dadas en kg P₂O₅/ha.
 - (3) Los tratamientos con la misma letra en la prueba de Tuckey son iguales estadísticamente al 1% de probabilidad.
 - (4) C.V.= 11.21%

Al realizar el análisis económico (Método Perrin), los mejores tratamientos resultaron ser 2 toneladas de vermiculita con 450 kg P₂O₅/ha y 1 tonelada de azufre con 150 kg P₂O₅/ha. Los mejoradores fueron mezclados con el fertilizante y depositados en el fondo del surco, lo cual disminuye la posibilidad de que el fósforo aplicado en el fertilizante, sea fijado por los carbonatos del suelo y el rendimiento del cultivo se incrementa.

Los tratamientos que contenían vermiculita y perlita presentaron una mejor calidad de tubérculos, que los que contenían guano de murciélago y azufre, los cuales presentaron deformaciones y rajaduras.

En el cuadro 3 se presentan los rendimientos promedio obtenidos al estudiar 4 dosis de vermiculita, combinados con 4 dosis de fertilizante fosfatado, en el cultivo de papa en Navidad, N.L. En el mismo cuadro se puede observar que, el mejor tratamiento probado fue la combinación de 2 toneladas de vermiculita con 450 kg P₂O₅/ha; el cual, junto con 1.0V - 600 y 0.5V - 400, fueron los mejores tratamientos encontrados en el análisis económico de acuerdo al método Perrin.

En este experimento se analizaron los contenidos foliares de fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc y cobre, los cuales son absorbidos con mayor eficiencia cuando se aplica vermiculita al suelo.

Cuadro 3. Rendimientos promedio obtenidos en los tratamientos estudiados en el cultivo de la papa en Navidad, N.L. durante el ciclo agrícola primavera-verano de 1982 y comparación de medias mediante la prueba de t ($\alpha = 0.05$).

Tratamiento ton. Vermic. - kg P ₂ O ₅ /ha	Rendimiento ton/ha	Prueba de t
2.0 V - 450	28.8	a
1.0 V - 600	25.3	b
1.5 V - 400	25.0	b c
0.5 V - 400	23.3	b c d
1.0 V - 400	22.5	c d e
1.0 V - 200	19.9	d e f
0.5 V - 200	19.8	e f g
0.0 V - 200	18.2	f g h
0.5 V - 0	17.7	g h i

Nota: Los tratamientos con igual letra son estadísticamente iguales con 5% de probabilidad. Sd= 1.7039.

Los resultados obtenidos para las dosis de fertilizante fosfatado, sin considerar la vermiculita aplicada, indican que la dosis óptima económica para este elemento es de 450 kg P_2O_5 /ha, sin embargo, se considera deseable confirmar este dato.

En el estudio de 4 fuentes de fertilizante fosfatado, solo y combinado con perlita o vermiculita, sobre el cultivo de papa en Derramadero, Coahuila, se encontró que los rendimientos variaron de 11.4 a 39.0 ton/ha y las mejores fuentes de fósforo fueron el superfosfato simple de calcio y el fosfato diamónico. La vermiculita fue superior a la perlita y al testigo sin mejorador, pero la fuerte variación que se observó en los resultados obtenidos, indica que se deben tomar estos datos con ciertas reservas. Por otro lado, el alto costo de la vermiculita y de la perlita, indican que se deben buscar alternativas más económicas.

CONCLUSIONES

1. Todos los mejoradores de suelo estudiados, al ser agregados a suelos calcáreos de textura pesada, le modifican favorablemente una o varias de sus propiedades, haciéndolos más aptos para la agricultura. Este estudio debe considerarse como parcial, ya que existen otras muchas propiedades del suelo que son afectadas por los productos utilizados y que no fueron incluídas.
2. El cultivo de la papa en suelos calcáreos responde favorablemente a la aplicación de mejoradores, tales como: vermiculita, perlita, azufre y guano de murciélago, cuando son mezclados con el fertilizante fosfatado y se depositan en banda al fondo del surco. La vermiculita en dosis de 2 ton/ha resultó el mejorador más sobresaliente; sin embargo su elevado costo hace que se le considere con reservas.
3. La dosis óptima económica de fertilizante fosfatado en el cultivo de papa, en los suelos calcáreos estudiados y en presencia de mejoradores de suelo, fue determinada en 450 kg P_2O_5 /ha; pero, se considera que este dato debe ser confirmado.

BIBLIOGRAFIA

- Amer, F. y H.E. Mostafa. 1981. Effect of pyrophosphate on orthophosphate reactions in calcareous soils. SSSAJ. 45:842 - 847.
- Arkin, G.F. y H.M. Taylor. 1981. Modifying the root environment to reduce crop stress. Michigan. ASAE Monograph 4.
- Burton, W.G. 1981. Challenges for stress physiology in potato. Amer. Potato J. 58 (1) 3 - 10.
- Cárdenas, D.E. 1968. Fertilización foliar de la papa *Solanum tuberosum*, L. con H_3PO_4 , $NH_4 H_2 PO_4$ y $(NH_4)_2 HPO_4$, sobre la producción de tubérculos. Tesis profesional. Monterrey, México. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Doorenbos, J. y A.H. Kassam. 1979. Yield response to water. Roma. FAO. Irrigation and Drainage Paper 33.
- Fried, M. y H. Broeshart. 1967. The soil plant system in relation to inorganic nutrition. New York. Academic Press.
- Holf, D.J. 1958. Corn growth and nutrient absorption. Ohio Agr. Exp. Sta. Research Circular.
- Ibarra, A.J. y J. Leal. 1971. Influencia de la humedad sobre la oxidación del azufre en un suelo calcáreo. Memorias del V Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, México.
- Lorenz, O.A. y D.N. Maynard. 1980. Knott's Handbook for vegetable Growers. New York. Wiley Interscience Pub.
- Martín, J.H. *et al.* 1976. Principles of Field Crop Production. 3th Ed. New York. Mac Millan Pub. Co. Inc.
- Morales, R.D. y R.E. Bustamante. 1963. Estudios de varios acidificantes sobre el pH y la disponibilidad del fósforo en el suelo calcáreo, del Campo Agrícola Experimental en Apodaca, N.L. Memorias del I Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, México.
- Mortvedt, J.J. *et al.* (ed) 1983. Micronutrientes en agricultura. Edición en español. México. AGT Editor, S.A.

- Olsen, S.R. y M. Fried. 1957. Soil phosphorus and fertility. En . Soil, the 1957 yearbook of agriculture. U.S.D.A.
- Parsons, D.B. 1982. Papas. Manuales para educación agropecuaria. México. Editorial Trillas
- Rone, J.L. y L.J. Cajuste. 1980. Evaluación de la fertilidad fosfatada para el cultivo de la caña en algunos suelos calcáreos del Estado de Puebla. Memorias del VIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, México.
- Russell, E.J. y E.W. Russell. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. 4a. edición. México. Ed. Aguilar.
- Sprague, H.B. (ed). 1964. Hunger Signs in Crops. David Mckay Co. New York.
- Stewart, B.A. 1982. El efecto del estiércol sobre la calidad del suelo. En: Castellanos, J.Z. y J.L. Reyes (ed). La utilización del estiércol en la agricultura. Torreón, México. IATEM.
- Talavera, R. 1983. Factores que afectan el rendimiento de un cultivo de papa. México. Milciades 2(1) 43 - 47.
- Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1966. Soil Fertility and Fertilizers. 2nd. edition London. The Mac Millan Co.
- Van Doren, D.M. y R.R. Allamaras. 1978. Effect of residue management practices on the soil physical environment, microclimate and plant growth. En: Oschwald, W.R. (ed). 1978. Crop Residue Management Systems. Madison, Wis. ASA Special Pub. No. 31.
- Van Loon, C.D. 1980. The effect of water stress on potato growth, development and yield. Amer. Potato J. 58(1) 51 - 56.