

**MEJORADORES DE SUELO, ZINC Y REGULADORES DE CRECIMIENTO
EN EL CULTIVO DE PAPA *Solanum tuberosum*, L.
EN ARTEAGA, COAHUILA**

Eduardo A. Narro Farías¹

Rodolfo Delgado Ibarra²

Luis Miguel Lasso Mendoza³

Javier S. Silveyra Medina⁴

RESUMEN

Las características de los suelos agrícolas de la Sierra de Arteaga, Coahuila, constituyen una limitante en la obtención de altos rendimientos de papa. En base a lo anterior, el principal objetivo de este trabajo es el mejorar las condiciones del suelo y las funciones que éste desempeña en beneficio de las plantas, estimular las plantas mediante reguladores de crecimiento y aplicación foliar de zinc para producir un crecimiento más rápido, vigoroso y ramificado del sistema radical, que explore un mayor volumen de suelo, tenga mayor cantidad de nutrientes y agua disponibles y se genere un mayor potencial de rendimiento.

Durante 1986 se estableció un experimento en la Sierra de Arteaga, para evaluar dos dosis de estiércol bovino (0 y 20 ton/ha), tres dosis de NZN (0,75 y 15 l/ha) y tres dosis de la mezcla ácido indolbutírico - ácido naftalenacético aplicados a los tubérculos "semilla" de papa (0,100 y 200 ppm).

La incorporación de estiércol al suelo incrementó la disponibilidad del agua y de nutrientes para las plantas y mejoró otras características del suelo. La densidad de raíces fue afectada favorablemente en todos los tratamientos estudiados y especialmente en respuesta a la adición de estiércol y 7.5 l/ha de NZN. El rendimiento estuvo relacionado con la densidad de raíces.

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

2. M.C. Egresado del Programa de Graduados de la UAAAN

3 y 4. M.C. Maestros Investigadores del Depto. de Suelos, Div. de Ingeniería, UAAAN.

Aunque el cultivo se desvaró en verde, unos 20 días antes de alcanzar el máximo rendimiento posible, los valores obtenidos fueron muy superiores a la media regional y al testigo comercial y los rendimientos más altos correspondieron a los tratamientos estiércol + 7.5 l de NZN/ha y al de estiércol + 100 ppm de AIB-ANA, con 58 y 53 ton/ha respectivamente.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa en el sureste de Coahuila y centro-oeste de Nuevo León está altamente tecnificado en algunos aspectos como insumos utilizados y operaciones de labranza practicadas. Sin embargo, los rendimientos medios que se obtienen son de alrededor de 25 ton/ha, los cuales se pueden considerar bajos de acuerdo a la potencialidad del cultivo.

La importancia económica y social del cultivo de papa en la región y en México, en general es obvia; produce grandes volúmenes de alimento de calidad para el pueblo, da empleo a miles de personas y genera una gran derrama económica que beneficia directa o indirectamente un amplio sector de la población.

En ocasiones, el mercado nacional se satura de este producto y las posibilidades de exportación son muy bajas, por lo que el agricultor papero tiene que enfrentar muchos problemas y posiblemente operar con pérdidas, a pesar de haber obtenido rendimientos aceptables. La generación de mejores técnicas que no incrementen significativamente los costos de producción, son atractivas para los paperos, ya que les brindan la oportunidad de producir la misma cantidad de tubérculo planeada en una superficie menor, con menor costo y con la oportunidad de dar mayor descanso a la tierra cultivada con papa.

La mayor parte de los suelos de la zona papera de los Estados de Coahuila y Nuevo León presentan problemas similares de suelo, los cuales son calcáreos, poco profundos, de bajo contenido de materia orgánica, alta capacidad de fijación de fósforo, hierro y zinc, textura pesada y estructura pobre. Estas características dan origen a un escaso crecimiento radical de las plantas de papa y se generan problemas en la absorción de nutrientes, especialmente de los pocos móviles en el suelo y también se dificulta la absorción de agua. Esta problemática genera la obtención de bajos rendimientos.

Muchos estudios realizados por investigadores de diferentes países coinciden en que la condición del suelo es de vital importancia en el cultivo de la papa. Un buen suelo para este cultivo debe ser friable, es decir, fácilmente desarronable, de laboreo sencillo, buena estructura granular, pH ligeramente ácido y de buena fertilidad (FAO, 1969; Burton, 1981; Talavera, 1983).

El objetivo principal del presente trabajo es obtener el máximo rendimiento posible de papa en un suelo calcáreo, de pH alcalino y textura pesada, mediante el mejoramiento del suelo y la estimulación del crecimiento radical, por el uso de estiércol bovino, zinc foliar y reguladores de crecimiento.

REVISIÓN DE LITERATURA

El cultivo de la papa

La planta de papa, *Solanum tuberosum*, L., es dicotiledónea y pertenece a la familia Solanaceae. Es una planta suculenta, herbácea y anual en su parte aerea, pero perenne por sus tubérculos. Posee tallos aéreos y subterráneos y sus hojas son compuestas, imparipinadas con tres o cuatro pares de folíolos laterales y un folíolo terminal (Barkley, 1973; Tamaro, 1981; Montaldo, 1984). Las flores están dispuestas en corimbos, son hermafroditas y de color blanco, violeta o rosado según la variedad (Borov, 1977) y el fruto es una baya de 15 a 30 mm de diámetro cuya importancia es únicamente para el mejoramiento genético (Montaldo, 1984).

El sistema radical es fibroso y adventicio, de regular grosor y superficial, ya que su mayor zona de crecimiento se encuentra en el estrato 0 - 40 a 60 cm de profundidad del suelo y con un radio generalmente superior a 50 cm (Borov, 1977; Delorit y Ahlgreen, 1976). Entre más denso sea el sistema radical, existe mayor posibilidad de contacto con los nutrientes y el agua del suelo, ya que el flujo de masa, la difusión y la intercepción radical se hacen más eficientes; los pelos radicales pueden incrementar en 5 a 18 veces el área superficial de absorción y los tejidos jóvenes son más eficientes que los viejos, en absorber nutrientes (Mengel y Kirby, 1979).

La absorción de nutrientes por las raíces depende de las dimensiones y condición del sistema radical, de los procesos que ponen en contacto a los nutrientes de la solución del suelo con las superficies de absorción de las raíces, de la velocidad con que el suelo pueda reponer los nutrientes que son removidos y de la condición general del suelo en cuanto a aireación, temperatura y sanidad (FAO, 1969; Arkin y Taylor, 1981; Narro, 1987).

El cultivo de papa se adapta a muchas condiciones de suelo y clima, pero prospera mejor en suelos fértiles de alto contenido de materia orgánica, buena aireación, alta disponibilidad de humedad, bajo contenido de carbonatos y sales, pH entre 5.5 y 6.0 y buena estructura granular. La falta de una o varias de estas características puede ser causa de reducciones en el rendimiento y/o calidad de los tubérculos, por lo que el problema debe ser corregido mediante las prácticas adecuadas de manejo del cultivo (Pearson, 1982; Martin et al., 1976; Narro, 1985).

Las plantas de papa extraen del suelo, en kilogramos/hectárea aproximadamente 200 de N, 30 de P₂O₅, 250 de K₂O, 52 de CaO, 16.3 de MgO, 10.4 de S, 10 de Fe, 4 de Mn, 0.65 de Zn y 0.07 de Cu (Fried y Broeshart, 1967; Lorenz y Maynard, 1980; Narro y Ortíz, 1983). La mayor absorción de N, P y K ocurre entre los 50 y 100 días después de la siembra, cuando las plantas completaron

el 20% de su desarrollo total y pueden haber tomado el 50% de la cantidad total de P que requieren, y cuando la planta acumuló el 50% de su biomasa, tomó ya el 75% de la cantidad total de los nutrientes requeridos (Holf, 1958; Talavera, 1983; Sprague, 1964).

En regiones como Arteaga y Saltillo, Coah., y Galena, N.L., se pueden obtener rendimientos medios superiores a 40 ton/ha de papa, con un consumo de agua de 50 a 70 cm, pero un déficit hídrico en el período de tuberización puede causar reducciones considerables en el rendimiento (Doorenbos y Kasam, 1979 y Vaan Loon, 1980).

Los suelos calcáreos

Un suelo calcáreo es aquél que tiene suficientes carbonatos de calcio-magnesio libres, que le permiten presentar una efervescencia visible cuando son tratados con una solución de ácido clorhídrico diluido, 0.1 N (SSSA, 1978).

Entre los principales problemas de las plantas cultivadas en estos suelos están la dificultad de absorber ciertos nutrientes, como el fósforo, fierro, zinc, manganeso, cobre y boro, los cuales presentan baja disponibilidad (Mortvedt, 1983; Russell y Russell, 1968; Tisdale y Nelson, 1966 y Sprague, 1964). En estos suelos el principal catión intercambiable es el calcio y puede generar problemas de abastecimiento de potasio y magnesio a las plantas bajo determinadas condiciones (Fitzpatrick, 1980).

Mejoradores de suelo

Los mejoradores de suelos agrícolas son materiales que al ser aplicados al suelo producen cambios en éste, además, generan una mejoría en las funciones que el suelo desempeña en beneficio de las plantas (SSSA, 1978; Narro y Méndez, 1982 y Narro, 1985).

Entre los mejoradores orgánicos de suelo están los ácidos húmicos, abonos verdes, pajas, estiércoles, guanos, compostas y otros productos que generalmente favorecen la formación de agregados y la estructuración del suelo, incrementan la capacidad de intercambio catiónico, aportan nutrientes vegetales y generan otros cambios favorables a las plantas (Buckman y Brady, 1966; Krauskopf, 1972; Tamane y Mortimaran, 1978; Contreras, 1985; Carreón, 1985, Gil, 1986; Arias, 1986; Narro, 1987).

La aplicación de estiércol bovino en suelos calcáreos de la región papera de Coahuila y Nuevo León, provocó incrementos en el contenido de materia orgánica, en el pH, en el porcentaje de agregados estables mayores de 0.25 mm de diámetro, en el porcentaje de humedad aprovechable y en la capacidad de intercambio catiónico. También produjo disminuciones en la densidad aparente, compactación, formación de costras en la superficie del suelo e incrementó el contenido y disponibilidad de varios nutrientes vegetales (Espinoza, 1984; Contreras, 1985; Narro, 1985; Carreón, 1985; Mejía, 1985; Gil, 1986; Arias, 1986).

Existen muchos ejemplos en la literatura de los beneficios que se obtienen en suelos minerales que reciben aplicaciones adecuadas de estiércol bovino.

El zinc en el suelo

La disponibilidad de zinc en el suelo se reduce al aumentar el pH, por incorporación de materia orgánica y por aplicaciones de fuertes cantidades de fertilizante fosfatado, aunque existen algunas contradicciones, especialmente en el caso de la materia orgánica (Cook, 1962; DeRemer y Smith, 1963; Boawn y Ligget, 1963, Thompson y Troeh, 1978; Mathers, 1982; Yadav y Shukla, 1982).

La absorción de zinc por las plantas también es afectada negativamente por la compactación del suelo, altos contenidos de humedad, aireación deficiente y bajas temperaturas del suelo (Thompson y Troeh, 1978; Moraghan, 1980). El análisis foliar de zinc en papa no es un buen indicador del requerimiento de este elemento, sobre todo al considerar diferentes cultivares y años (Saltanpour, et al., 1970).

El zinc en la planta forma parte de la clorofila y participa como constituyente y/o activador de muchas enzimas, regulariza los niveles de auxinas y participa en la actividad de la ribonucleasa (Sauchelli, 1969; Epstein, 1972; Bonner y Varner, 1976). El zinc también es necesario para la formación del aminoácido triptófano, involucrado en la elaboración de la hormona ácido indolacético (Bidwell, 1983).

Auxinas

El ácido indolacético (AIA) en bajas concentraciones puede promover el crecimiento radical axial en raíces jóvenes, mientras que altas concentraciones lo inhiben; en raíces viejas el crecimiento es inhibido a cualquier concentración. El contenido de auxinas se incrementa con la edad de la planta y cuando llega al máximo óptimo, cualquier aplicación exógena de AIA causa una inhibición en crecimiento. Se dice que el AIA juega un importante papel en la regulación del crecimiento radical (Pilet et al., 1979; Moore, 1979).

Las auxinas, como promotoras del crecimiento de raíces, pueden tratarse con las siguientes consideraciones: (1) como un factor que limita el crecimiento, (2) como mecanismo de acción y (3) como interacciones de las auxinas con otras sustancias en la promoción del crecimiento.

A medida que la concentración de ácido naftalenacético (ANA), natural o artificial, aumenta después de cierto valor crítico, la promoción del crecimiento se hace menor. Existen dos etapas en la elongación de las células y es en la segunda etapa (de duración) cuando la auxina aparece como un factor limitante. La inhibición del crecimiento inducido por la auxina se atribuye a que estimula la formación de etileno, aunque no es un factor único de inhibición y está relacionado con el pH y el contenido de calcio en las células (Scott, 1972; Bonner, 1976 y Moore, 1979).

Las auxinas ejercen un control primario en la formación de raíces. Los mejores estimuladores de enraizamiento son el AIB, que se desplaza muy poco, se retiene cerca del sitio de aplicación y el ANA, más tóxico, debe evitarse en concentraciones excesivas; estas auxinas, a menudo, son más eficientes cuando se utilizan en combinación, en partes iguales. Las auxinas no interrumpen el reposo de las yemas vegetativas, ni aceleran la germinación de semillas en general (Hill, 1977).

MATERIALES Y MÉTODOS

La fase experimental del presente estudio fue establecida en el Rancho Guadalupe, localizado en las coordenadas 100° 44' longitud oeste y 25° 12' latitud norte, dentro del municipio de Arteaga, Coahuila. El clima es C (E) x', tipo semifrío, subhúmedo, con lluvias escasas todo el año; un porcentaje de lluvia invernal mayor de 18. Pertenece el subgrupo de climas fríos con precipitación media anual de 370 mm (García, 1980).

El suelo es un Molisol, Ustolls, Argiustolls, Tipic Argiustolls (Soil Survey Staff, 1975) y sus principales características físicas y químicas se describen en el Cuadro 1. Este suelo presenta un incremento en carbonatos totales con profundidad y un horizonte petrocálcico a 90 cm de profundidad.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de una muestra compuesta de suelo, del estrato 0-40, del área experimental.

Determinación	Valor obtenido	Método utilizado
Arena (%)	17.5	Bouyoucos
Limo (%)	30.0	Bouyoucos
Arcilla (%)	52.5	Bouyoucos
Clase textural	Arcilla	Triángulo USDA
Capacidad de campo (g/g)	0.23	Olla de presión
pH (2:1)	7.5	Potenciómetro
Materia orgánica (%)	3.4	Walkley-Black, vía húmeda
N total (%)	0.22	Kjeldhal
P aprovechable (kg/ha)	75.0	Olsen
K intercambiable (kg/ha)	66.00	Cobaltinitrito de sodio
C.I.C. (me/100g)	48.0	Acetato de amonio pH7
Carbonatos totales (%)	4.9	Titulación con NaOH 1 N

Tratamientos y diseño experimental

En el presente trabajo se estudiaron dos dosis de estiércol bovino como mejorador de suelo (0 y 20 ton/ha) aplicado a incorporado 10 días antes de la siembra, en el estrato 0-15 cm de profundidad, con dos pasos de rastra. El suelo previamente fue barbechado y rastreado.

Se estudiaron también tres dosis de NZN como fuente de zinc (0,7.5 y 15 l/ha). Las aplicaciones fueron de 7.5 l/ha a los 60 días después de la siembra, cuando las plantas tenían alrededor de 35 cm de altura y a los 85 días después de la siembra, cuando el cultivo presentaba un 45% de floración. Las aplicaciones se realizaron con mochila manual.

El último factor de estudio fue el tratamiento a los tubérculos "semilla" con una mezcla de partes iguales de ácido indolbutírico con ácido naftalenacético (AIB-ANA) en tres dosis (0,100 y 200 ppm). La aplicación se efectuó el día anterior a la siembra, por aspersión de la solución a los tubérculos en las cajas en que se encontraban almacenados.

Los factores en estudio fueron establecidos en un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas subdivididas, con tres repeticiones. La parcela experimental constó de seis surcos con separación de 0.92 cm, por 6 m de longitud. La parcela útil constó de los dos surcos centrales por 4 m de longitud.

El estiércol bovino se ubicó en la parcela grande, las dosis de NZN en la parcela mediana y las dosis de AIB-ANA en la parcela chica. Para referirse a los tratamientos, se utilizará la letra E, para estiércol; Z para NZN; y A, para las auxinas, y los subíndices 1, 2 y 3 para los niveles bajos, medio y alto respectivamente.

Descripción de materiales

El tubérculo semilla, de la variedad Alpha provino de la cosecha anterior del mismo agricultor en ese rancho. El tamaño fue de 4 a 6 cm de diámetro, con 120 g de peso aproximado y con pocas yemas brotadas. El estiércol bovino se obtuvo de un estable lechero de vacas Holstein.

Como fuente de zinc se utilizó NZN que contiene 5.5% de Zn y 22% de N. Los reguladores de crecimiento utilizados fueron de elaboración sintética.

Cronología del experimento

El 1º de marzo se incorporó el estiércol en el suelo que contenía residuos de paja de cebada, que fue el cultivo anterior en esa área; el 10 de marzo se abrieron surcos y se aplicó el fertilizante (140-400-300 a base de sulfato de amo-

nio, superfosfato simple de calcio y cloruro de potasio) en banda con fertilizadora; en seguida se depositó el tubérculo semilla manualmente, al fondo del surco, dejando 15 cm de distancia entre ellos. A continuación se fumigó con una mezcla de 30 kg de PCNB polvo humectable 75% + 20 l de PCNB líquido 24% + 4 l de Curater 50% + 10 l de Heptacloro; todo esto por hectárea con aguilón. Finalmente se tapó el tubérculo con una bordeadora de discos y se regó por aspersión (side roll) con 7.5 cm de lámina de agua.

Los siguientes riegos fueron el cuatro de abril y luego cada semana del 19 de abril al 26 de julio, con láminas de 6 a 7.5 cm, dependiendo de la ocurrencia de las lluvias. El 11 de abril se aplicó Lexone 50, en dosis de 600 g/ha, para control de malezas. Se realizaron escardas manuales, arrope de plantas y azadoneo, mientras el cultivo permitió la entrada.

El control de plagas y enfermedades fue principalmente preventivo. Se utilizaron productos tales como el Agresor 610 para la palomilla blanca, y Destroyer y Manzate para tizones, de acuerdo a las condiciones del clima y del cultivo.

El 12 de mayo se aplicaron 90 kg de urea/ha en forma manual, a un lado de los surcos; el día 5 de agosto se desvaró en verde y posteriormente se machetearon los tallos doblados y se taparon los tubérculos expuestos a los rayos solares. El 25 de agosto se realizó la cosecha y se clasificó la papa en primera, segunda, tercera y mono, de acuerdo a su tamaño y forma.

Evaluación de tratamientos

Para conocer el efecto de los tratamientos, se evaluaron periódicamente algunas características físicas y químicas del suelo en el estrato 0-40 cm. También se evaluaron diferentes características del crecimiento de las plantas, especialmente densidad de raíces y rendimiento total y por categorías de papa. Los datos colectados fueron procesados por análisis de varianza, pruebas de medias y regresión lineal simple y múltiple.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación en características edáficas

El Cuadro 2 muestra los valores medios de las características del suelo evaluadas en muestras tomadas el día 3 de junio, y en el Cuadro 3 se presentan los valores obtenidos en las muestras del día siete de agosto de 1986, cuando el cultivo se encontraba desvarado.

Además de estas determinaciones, se analizaron las mismas características del suelo citadas, en muestras de tierra compuestas, para parcelas con y sin estiércol bovino, tomadas a los 30, 60, 90 y 150 días después de aplicado el estiércol, (Cuadro 4).

Cuadro 2. Características físicas y químicas promedio de tres muestras compuestas de suelo de cada tratamiento, a los 86 días después de la siembra.

Tratamiento	pH 2:1	M.O. (%)	C.I.C. (me/100g)	N total (%)	Pw cc (%)	P aprov. (kg/ha)	K int. (kg/ha)
E ₁ Z ₁ A ₁	7.5	4.0	37.5	0.20	31.7	72.2	963
E ₁ Z ₁ A ₂	7.5	4.1	42.7	0.21	34.7	90.0	969
E ₁ Z ₁ A ₃	7.4	3.8	38.1	0.22	33.7	80.7	882
E ₁ Z ₂ A ₁	7.7	3.8	45.9	0.21	36.0	88.3	1009
E ₁ Z ₂ A ₂	7.7	4.2	44.4	0.21	37.2	90.0	957
E ₁ Z ₂ A ₃	7.5	4.0	41.7	0.21	38.7	91.6	1021
E ₁ Z ₃ A ₁	7.5	3.9	39.8	0.22	33.1	73.9	917
E ₁ Z ₃ A ₂	7.4	4.1	41.1	0.22	33.1	72.2	957
E ₁ Z ₃ A ₃	7.6	4.2	39.1	0.22	34.0	85.7	946
E ₂ Z ₁ A ₁	7.7	3.8	39.8	0.21	35.0	55.3	859
E ₂ Z ₁ A ₂	7.7	4.2	41.7	0.22	36.3	102.6	957
E ₂ Z ₁ A ₃	7.7	4.1	40.4	0.22	35.3	85.7	772
E ₂ Z ₂ A ₁	7.6	4.0	36.2	0.20	35.4	122.6	975
E ₂ Z ₂ A ₂	7.6	4.0	44.7	0.22	35.9	96.7	940
E ₂ Z ₂ A ₃	7.5	3.7	44.0	0.21	36.1	93.3	1009
E ₂ Z ₃ A ₁	7.4	3.9	42.0	0.22	35.8	106.0	1021
E ₂ Z ₃ A ₂	7.5	3.8	38.1	0.21	35.8	90.0	1004
E ₂ Z ₃ A ₃	7.5	4.3	39.1	0.23	37.9	97.6	905

Cuadro 3. Características físicas y químicas promedio de tres muestras compuestas de suelo de cada tratamiento, a los 150 días después de la siembra.

Tratamiento	pH 2:1	M.O. (%)	C.I.C. (me/100g)	N total (%)	Pw cc (%)	P aprov. (kg/ha)	K int. (kg/ha)
E ₁ Z ₁ A ₁	8.0	5.1	40.0	0.20	33.6	30.0	662
E ₁ Z ₁ A ₂	8.0	4.8	41.7	0.20	31.9	54.5	685
E ₁ Z ₁ A ₃	7.9	5.4	38.8	0.19	31.4	62.1	697
E ₁ Z ₂ A ₁	8.0	5.4	42.7	0.21	33.7	70.5	610
E ₁ Z ₂ A ₂	7.6	5.6	43.7	0.21	32.4	78.8	396
E ₁ Z ₂ A ₃	8.0	5.3	31.7	0.20	32.1	85.7	709
E ₁ Z ₃ A ₁	8.2	5.0	39.4	0.19	34.6	57.0	662
E ₁ Z ₃ A ₂	8.0	5.1	37.6	0.19	33.5	70.5	593
E ₁ Z ₃ A ₃	7.7	5.3	41.7	0.19	32.2	100.1	691
E ₂ Z ₁ A ₁	7.7	5.6	40.4	0.20	31.4	57.0	587
E ₂ Z ₁ A ₂	8.0	4.9	39.6	0.20	32.1	76.4	732
E ₂ Z ₁ A ₃	8.0	5.1	39.8	0.18	31.7	80.7	674
E ₂ Z ₂ A ₁	7.8	5.2	39.6	0.17	33.4	84.0	714
E ₂ Z ₂ A ₂	7.9	5.7	42.1	0.20	32.8	84.5	709
E ₂ Z ₂ A ₃	7.9	5.3	40.2	0.20	33.5	53.6	685
E ₂ Z ₃ A ₁	8.0	5.4	40.2	0.20	33.1	64.6	709
E ₂ Z ₃ A ₂	8.2	5.1	43.1	0.21	34.4	66.3	697
E ₂ Z ₃ A ₃	7.8	4.9	36.6	0.18	34.2	95.9	680

Cuadro 4. Características físicas y químicas promedio de muestras compuestas de suelo con y sin estiércol, tomadas a los 30, 60, 90 y 150 días después de la aplicación del estiércol.

Caracte- rísticas	Parcelas sin estiércol				Parcelas con estiércol			
	Días después de la aplicación de estiércol							
	30	60	90	150	30	60	90	150
pH	7.5	7.5	7.8	7.9	7.4	7.5	7.8	8.2
M.O.	3.8	3.3	4.0	5.1	3.5	3.4	3.8	5.3
C.I.C.	38.6	40.1	44.0	39.3	40.8	41.1	42.1	43.5
N _T	0.22	0.19	0.20	0.18	0.22	0.21	0.22	0.18
P _{w CC}	34.7	28.4	30.0	34.2	35.1	31.8	30.9	33.8
P Aprov.	91.2	48.5	56.6	57.0	66.9	62.7	44.7	87.4
K Interc.	940	844	790	691	904	825	894	714

El pH del suelo aumentó a medida que transcurrió el ciclo del cultivo, debido, posiblemente, al agua de riego utilizada. Estos resultados concuerdan con los reportados por Mejía (1985), Carreón (1985) y Contreras (1985).

El contenido de materia orgánica en el suelo aumentó durante el ciclo debido al estiércol incorporado y al crecimiento de raíces de las plantas y muy posiblemente al incremento en la microflora del suelo. No se observó diferencia estadística significativa entre tratamientos, lo cual puede indicar que la dosis de estiércol de bovino utilizada fue relativamente baja para impactar esta característica del suelo.

En el resto de las características del suelo que fueron evaluadas, el estiércol mejoró ligeramente al suelo, pero no se lograron cambios que alcancen diferencias estadísticas significativas, debido, tal vez, al reducido número de repeticiones que se incluyeron en el estudio. Lo anterior concuerda con lo reportado por Arias (1987), Gil (1987), Mejía (1985) y Contreras (1985). Entre los cambios generados destaca el incremento en la capacidad de retención de humedad del suelo a capacidad de campo, en respuesta al estiércol aplicado.

Una de las principales razones por las que el efecto de los tratamientos en estudio sólo generaron cambios pequeños en las características evaluadas del suelo, es el alto contenido de materia orgánica que tenía el mismo al inicio del experimento. Por otro lado, existen otras características del suelo que no pudieron ser evaluadas y que posiblemente fueron afectadas favorablemente.

Variación en el desarrollo de las plantas

Las principales características de las plantas que fueron evaluadas el día cinco de junio, cuando el cultivo se encontraba en floración, se presentan en el Cuadro 5.

En general, los tratamientos que recibieron estiércol bovino mostraron ligeramente mayor vigor que aquéllos que no lo recibieron. Lo anterior se puede apreciar al comparar altura de tallos, pesos secos e índice de área foliar. Respecto a las dosis probadas de NZN no se manifiestan diferencias claras en esta etapa del cultivo y respecto al uso de auxinas, se observan ligeras reducciones en las diferentes características vegetales, al incrementarse la dosis de la mezcla utilizada.

La concentración de nueve nutrientes en pecíolos y hojas, evaluada a los 60 días después de la siembra (antes de la aplicación del NZN), a los 88 días (antes de la segunda aplicación de NZN) y a los 150 días (cuando el cultivo estaba desvarado), se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 5. Características vegetales promedio, evaluadas a los 89 días después de la siembra.

Trata-miento	Tallos			Hojas			Tubérculos			
	No.	Diám.	Altura	PS	No./T	PS	IAF	No.	Diám.	PS
		cm	cm	g		g			cm	g
E ₁ Z ₁ A ₁	4.5	1.2	72	12.1	12.6	23.6	3.6	8	1.0	2.2
E ₁ Z ₁ A ₂	5.9	1.0	71	24.7	11.5	55.8	6.9	10	2.3	17.0
E ₁ Z ₁ A ₃	4.3	1.1	64	17.6	11.4	40.9	4.8	3	2.7	8.4
E ₁ Z ₂ A ₁	4.8	1.0	69	18.6	12.6	43.0	5.5	39	2.5	62.2
E ₁ Z ₂ A ₂	4.3	1.0	66	15.8	12.3	41.2	5.0	17	2.4	16.8
E ₁ Z ₂ A ₃	4.0	1.0	66	10.1	12.1	20.6	2.8	15	2.7	19.3
E ₁ Z ₃ A ₁	5.1	1.1	70	21.0	11.6	44.3	4.9	10	3.0	33.9
E ₁ Z ₃ A ₂	4.8	1.1	68	15.0	12.2	31.4	2.7	11	2.6	21.7
E ₁ Z ₃ A ₃	4.3	1.0	66	31.2	11.3	68.4	7.4	16	0.8	5.0
E ₂ Z ₁ A ₁	5.5	1.1	74	16.0	12.1	25.6	3.5	3	1.7	2.4
E ₂ Z ₁ A ₂	4.3	1.2	75	16.5	12.6	30.0	3.3	10	1.9	8.2
E ₂ Z ₁ A ₃	4.7	1.2	75	16.4	12.3	32.7	6.8	22	1.9	15.5
E ₂ Z ₂ A ₁	4.8	1.0	70	30.4	11.8	55.3	9.2	43	2.6	50.2
E ₂ Z ₂ A ₂	4.8	1.2	72	28.7	12.4	48.1	7.1	17	3.1	58.8
E ₂ Z ₂ A ₃	5.0	1.1	77	16.1	12.9	30.9	3.0	11	3.1	16.6
E ₂ Z ₃ A ₁	5.2	1.1	71	33.5	12.4	64.9	7.2	9	1.5	19.7
E ₂ Z ₃ A ₂	6.3	1.1	73	17.8	12.1	29.4	4.6	7	1.7	2.8
E ₂ Z ₃ A ₃	5.5	1.1	77	34.7	12.7	57.5	7.2	11	3.0	33.0

PS = peso seco; IAF = índice de área foliar y No/T = número de hojas por tallo.

Cuadro 6. Concentración de nutrientes en hojas y pecíolos de plantas bajo los tratamientos en estudio, de acuerdo a análisis foliares practicados en muestras tomadas a los 60, 88 y 150 días después de la siembra.

Tratamiento	N Total (%)			P (%)			K(%)		
	60	88	150	60	88	150	60	88	150
E ₁ Z ₁ A ₁	4.0	3.8	3.0	0.16	0.19	0.16	4.5	3.0	3.2
E ₁ Z ₁ A ₂	5.6	4.0	3.0	0.15	0.22	0.14	4.5	3.4	3.6
E ₁ Z ₁ A ₃	4.2	3.9	3.4	0.20	0.21	0.12	4.4	3.0	3.5
E ₁ Z ₂ A ₁		5.0	2.8		0.20	0.17		3.2	3.7
E ₁ Z ₂ A ₂		4.2	2.9		0.18	0.18		4.0	3.3
E ₁ Z ₂ A ₃		3.9	3.0		0.19	0.20		3.1	4.0
E ₁ Z ₃ A ₁			2.8			0.19			3.8
E ₁ Z ₃ A ₂			3.5			0.18			3.1
E ₁ Z ₃ A ₃			3.1			0.16			3.3
E ₂ Z ₁ A ₁	4.2	4.0	2.8	0.20	0.16	0.15	4.8	3.7	4.2
E ₂ Z ₁ A ₂	4.4	4.2	3.1	0.18	0.20	0.22	5.1	3.6	3.1
E ₂ Z ₁ A ₃	4.1	3.4	3.3	0.20	0.19	0.16	4.5	3.2	4.2
E ₂ Z ₂ A ₁		4.2	2.9		0.21	0.16		3.7	3.4
E ₂ Z ₂ A ₂		4.1	2.7		0.18	0.18		4.1	3.7
E ₂ Z ₂ A ₃		3.7	3.0		0.22	0.22		3.4	7.1
E ₂ Z ₃ A ₁			2.7			0.20			3.2
E ₂ Z ₃ A ₂			2.7			0.19			4.0
E ₂ Z ₃ A ₃			3.2			0.18			3.4
Tratamiento	Ca(%)			Mg(%)			Fe(ppm)		
	60	88	150	60	88	150	60	88	150
E ₁ Z ₁ A ₁	6.4	4.6	4.1	0.45	0.46	0.53	299	76	159
E ₁ Z ₁ A ₂	6.6	6.3	8.8	0.47	0.53	0.51	331	85	269
E ₁ Z ₁ A ₃	7.1	6.6	7.8	0.47	0.45	0.51	581	100	169
E ₁ Z ₂ A ₁		5.7	9.9		0.46	0.54		99	194
E ₁ Z ₂ A ₂		5.1	10.0		0.45	0.62		100	219
E ₁ Z ₂ A ₃		3.8	9.5		0.47	0.57		81	153
E ₁ Z ₃ A ₁			9.6			0.58			308
E ₁ Z ₃ A ₂			10.4			0.56			206
E ₁ Z ₃ A ₃			9.9			0.57			150
E ₂ Z ₁ A ₁	6.8	5.2	8.6	0.48	0.49	0.60	333	60	220
E ₂ Z ₁ A ₂	7.2	5.3	10.3	0.51	0.51	0.49	312	70	221
E ₂ Z ₁ A ₃	6.4	5.6	9.1	0.45	0.52	0.58	280	71	167
E ₂ Z ₂ A ₁		4.7	9.3		0.50	0.52		73	205
E ₂ Z ₂ A ₂		6.4	10.1		0.51	0.59		77	255
E ₂ Z ₂ A ₃		5.8	16.5		0.52	1.19		79	151
E ₂ Z ₃ A ₁			8.4			0.55			232
E ₂ Z ₃ A ₂			11.7			0.62			319
E ₂ Z ₃ A ₃			9.2			0.56			204

Tratamiento	Mn (ppm)			Cu (ppm)			Zn (ppm)		
	60	88	150	60	88	150	60	88	150
E ₁ Z ₁ A ₁	253	279	398	11	12	10	35	44	41
E ₁ Z ₁ A ₂	225	255	441	12	12	10	36	42	50
E ₁ Z ₁ A ₃	233	239	353	12	11	11	54	33	45
E ₁ Z ₂ A ₁		314	429		13	10		41	47
E ₁ Z ₂ A ₂		328	412		15	10		48	42
E ₁ Z ₂ A ₃		260	471		13	10		38	49
E ₁ Z ₃ A ₁			397			13			45
E ₁ Z ₃ A ₂			421			11			45
E ₁ Z ₃ A ₃			410			12			38
E ₂ Z ₁ A ₁	247	286	442	11	12	12	36	40	49
E ₂ Z ₁ A ₂	312	310	439	11	16	10	52	47	52
E ₂ Z ₁ A ₃	280	330	559	9	14	12	36	45	63
E ₂ Z ₂ A ₁		321	438		16	10		52	58
E ₂ Z ₂ A ₂		345	443		14	11		53	50
E ₂ Z ₂ A ₃		306	471		13	14		42	51
E ₂ Z ₃ A ₁			412			12			48
E ₂ Z ₃ A ₂			506			13			59
E ₂ Z ₃ A ₃			449			13			62

La concentración de nutrientes en las hojas mostró diferentes comportamientos. La concentración de N total disminuyó en todos los tratamientos al avanzar el ciclo del cultivo; el fósforo y el cobre, en general, incrementaron su concentración y luego la disminuyeron; el calcio y el fierro presentaron un decrecimiento y luego un aumento hacia el final del ciclo, mientras que el magnesio y el manganeso aumentaron constantemente su concentración, y el potasio y el zinc presentaron variaciones irregulares con los tratamientos.

La aplicación de estiércol bovino al suelo favoreció la absorción de la mayoría de los nutrientes analizados, de acuerdo al valor de concentración que éstos presentan. También la dosis intermedia de NZN (7.5 l/ha) favoreció en la mayor parte de los nutrientes su absorción y concentración en las hojas, mientras que las dosis de AIB-ANA no presentaron un comportamiento generalizado uniforme.

Los resultados de los análisis foliares difieren en parte a los reportados por Large (1979), y Narro y Ortíz (1983) y coinciden en mayor parte con Saltanpour *et al.* (1970).

La densidad de raíces de las plantas, a los 89 días después de la siembra, cuando el cultivo estaba en floración, se presenta en el Cuadro 7. La densidad de raíces en la etapa fenológica de floración, fue incrementada por todos los productos probados, en comparación con el testigo que tuvo 4.51 cm de raíz/cm³ de suelo.

Cuadro 7. Longitud y densidad de raíces por tratamiento estudiado, estimados mediante el método de Newman (1966) citado por Narro (1976) a una profundidad de 0-30 cm. Valores promedio de 3 a 6 muestras analizadas.

Tratamiento	Longitud de raíz, cm	Densidad de raíces cm de raíz/cc de suelo
E ₁ Z ₁ A ₁	66.37	4.51
E ₁ Z ₁ A ₂	80.74	5.49
E ₁ Z ₁ A ₃	110.61	7.52
E ₁ Z ₂ A ₁	115.38	7.85
E ₁ Z ₂ A ₂	124.25	8.45
E ₁ Z ₂ A ₃	94.34	6.42
E ₂ Z ₁ A ₁	109.40	7.44
E ₂ Z ₁ A ₂	95.04	6.46
E ₂ Z ₁ A ₃	106.34	7.23
E ₂ Z ₂ A ₁	130.61	8.88
E ₂ Z ₂ A ₂	101.34	6.89
E ₂ Z ₂ A ₃	116.52	7.92

No se incluyen los tratamientos con 15 l de NZN/ha por no haberse diferenciado al momento del muestreo.

Lo anterior coincide con la menor concentración de nutrientes en las plantas del tratamiento testigo (E₁Z₁A₁). La mayor respuesta en incremento en densidad de raíces se asocia con el uso de estiércol bovino y 7.5 l de NZN/ha y además, el rendimiento del cultivo está altamente correlacionado con la densidad de raíces.

Basados en el efecto que produjo el estiércol bovino, es posible que al mejorar las características físicas del suelo, se crearon condiciones para que las raíces del cultivo penetraran y se desarrollaran con un mínimo de dificultad (Narro, 1986).

Rendimiento

El rendimiento de papa obtenido en cada tratamiento, de cada una de las categorías y totales, son presentadas en el Cuadro 8. El análisis de varianza del rendimiento total de papa en los tratamientos, indica que existe diferencia significativa entre las dosis de auxinas empleadas y la mejor; para las condiciones del experimento fue no aplicar auxinas a los tubérculos semilla. El resto de las fuentes de variación no alcanzó diferencias significativas.

El rendimiento de papa de primera, en su análisis de varianza, presentó diferencia significativa en las fuentes de variación dosis de zinc y en la interac-

Cuadro 8. Rendimientos promedio de las tres repeticiones, por categoría y totales, obtenidos en cada tratamiento en estudio. Valores dados en toneladas por hectárea.

Tratamiento	Primera	Segunda	Tercera	Mono	Total
E ₁ Z ₁ A ₁	32.32	5.44	6.39	6.17	50.32
E ₁ Z ₁ A ₂	25.98	3.67	6.48	6.30	42.43
E ₁ Z ₁ A ₃	25.02	3.85	8.61	4.03	41.52
E ₁ Z ₂ A ₁	26.52	5.17	6.48	6.75	44.93
E ₁ Z ₂ A ₂	34.04	4.76	4.26	5.30	48.19
E ₁ Z ₂ A ₃	32.87	3.63	6.26	3.99	46.74
E ₁ Z ₃ A ₁	28.52	4.08	5.44	11.51	49.55
E ₁ Z ₃ A ₂	29.29	2.36	5.35	5.71	42.17
E ₁ Z ₃ A ₃	34.23	3.49	5.71	4.22	47.64
E ₂ Z ₁ A ₁	32.01	5.17	7.26	5.80	50.23
E ₂ Z ₁ A ₂	29.47	6.35	6.98	7.84	53.30
E ₂ Z ₁ A ₃	24.34	4.80	5.71	6.30	41.16
E ₂ Z ₂ A ₁	36.63	5.94	7.57	7.89	58.03
E ₂ Z ₂ A ₂	20.38	6.48	9.34	6.35	48.55
E ₂ Z ₂ A ₃	25.30	5.17	9.25	6.67	46.38
E ₂ Z ₃ A ₁	25.98	4.53	5.39	6.80	42.70
E ₂ Z ₃ A ₂	18.36	5.21	8.16	11.02	42.75
E ₂ Z ₃ A ₃	19.90	7.93	5.58	5.89	39.30

ción estiércol-auxinas. La mejor dosis de zinc fue 7.5 l/ha seguida de la no aplicación; para la interacción estiércol-zinc, en la prueba de medias se encontró que el tratamiento de menor rendimiento de papa de primera fue 20 ton/ha de estiércol + 15 l de NZN/ha. En la interacción estiércol-auxina, las mejores combinaciones, de acuerdo a la prueba de Duncan, fueron: E₂A₁, E₁A₃, E₁A₂ y E₁A₁.

En el análisis de varianza de papa de segunda hubo diferencia significativa sólo en dosis de estiércol y fue mejor aplicar estiércol que no aplicar. En papa de tercera se encontró diferencia altamente significativa en dosis de estiércol y diferencia significativa en la interacción estiércol-auxina, cuyas mejores interacciones fueron E₂A₂, E₁A₃, E₂A₃ y E₂A₁.

Las diferencias encontradas en papa de segunda y de tercera hacen pensar que el potencial de incremento en rendimiento en los días que faltaron para que el cultivo alcanzara su máximo rendimiento fue mayor, especialmente en aquellos tratamientos que recibieron estiércol y en segundo lugar para el nivel intermedio y alto de la mezcla de auxinas estudiada.

El mejor tratamiento, bajo las condiciones del presente estudio, tanto en rendimiento total como en papa de primera fue el E₂Z₂A₁ con 58.32 y 36.63 ton/ha, respectivamente y aunque no existió diferencia significativa, los resulta-

dos concuerdan con numerosos estudios anteriores (Narro, 1986) y es posible mejorar más el suelo durante el desarrollo del cultivo y obtener mejores rendimientos si se aplica el estiércol tres o cuatro meses y/o se activa más su proceso de descomposición, antes de la siembra (DeRemer y Smith, 1963; Narro, 1986).

En los análisis de regresión múltiple efectuados se encontró que el rendimiento total de papa, en los tratamientos que no recibieron NZN, se encuentra relacionado en un 50.82% con el pH, M.O., CIC, N total, P aprovechable y K intercambiable; además, la dependencia estadística es altamente significativa.

CONCLUSIONES

1. El tratamiento que mostró mejor respuesta en rendimiento fue E₂Z₂A₁, aunque no alcanzó diferencia significativa. Este tratamiento también presentó la mayor densidad de raíces.
2. Bajo las condiciones del experimento y especialmente por el desarollo prematuro, los siguientes factores causaron reducciones en rendimiento: A₃, Z₃, E₂Z₃ y E₂A₃.
3. Las papas de segunda y tercera fueron incrementadas significativamente por el uso de estiércol y también hubo incremento significativo en papa de tercera por la interacción estiércol-auxinas.
4. El uso del estiércol bovino mejora las características agrícolas del suelo, aunque su efecto no genera diferencias significativas. El estiércol también generó una mayor absorción de nutrientes por las plantas y un mayor crecimiento radical.
5. Se alcanzó en buena parte el objetivo principal de este estudio al mejorar el suelo, estimular el crecimiento radical de las plantas de papa y alcanzar mejores rendimientos.

BIBLIOGRAFIA

- Arias D., F.I. 1986. Efecto de diferentes dosis y fechas de aplicación de estiércol bovino, sobre propiedades selectas de un suelo calcáreo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*, L.). Tesis profesional Saltillo, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Arkin, G.F. y H.M. Taylor. 1981. Modifying the root environment to reduce crop stress. ASAE Monograph 4. Michigan.

- Barley, P.K. 1962. Influence of soil strength on growth of roots. *Soil Sci.* 81:175-180.
- Bidwell, R.G.S. 1983. *Fisiología vegetal*. ACT Editor. México.
- Boawn, C.L. y C.E. Ligget. 1963. Zinc deficiency of the Rosset Burbank potato. *Soil Sci.* 73:137-141.
- Bonner, J. y E.J. Varner. 1976. *Plant biochemistry*. 3th edition. Academic Press, New York.
- Borov, L.I. 1977. *Cultivos de tubérculo del trópico*. Ed. O.D.H. Univ. Patricio Lumumba, Moscú.
- Buckman, H.O. y N.C. Brady. 1966. *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Ed. Montaner y Siman, España.
- Burton, W.G. 1981. Challenges for stress physiology in potato. *Amer. Potato J.* 58 (1) 3-10.
- Carreón P., A. 1985. Efecto de seis mejoradores de suelo en el desarrollo del cultivo de papa, en un suelo alcalino. Tesis M.C. Saltillo, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Contreras N., M. 1985. Efecto de nueve mejoradores sobre propiedades selectas de un suelo calcáreo y desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*, L.). Tesis M.C. Saltillo, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Cook, L.R. 1962. *Soil management for conservation and production*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Delorit, J..R. y H.L. Ahlgren. 1976. *Producción agrícola*. C.E.C.S.A., México.
- DeRemer, E.D. y R.L. Smith. 1963. A preliminary study on the nature of a zinc deficiency in field beans as determined by radioactive zinc. *Agron. J.* 55:67-70.
- Doorenbos, J. y A.H. Kassam. 1979. Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper* 33. Roma.
- Epstein, E. 1972. *Mineral nutrition of plants. Principles and perspectives*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Espinosa L., A. 1984. Efecto de la adición de estiércol bovino sobre algunas propiedades selectas de un suelo migajón arcilloso calcáreo. Tesis Profesional. Saltillo, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- Fabiani, L. 1967. La papa. Ed. AEDOS, Barcelona, España.
- FAO. 1969. El uso eficaz de los fertilizantes. Estudios Agropecuarios No. 43. Roma.
- Fitzpatrick, E.A. 1980. Suelos, su formación, clasificación y distribución. C.E.C.S.A., México.
- Fried, M. y H. Broeshart. 1967. The soilplant system in relation to inorganic nutrition. Academic Press, New York.
- García, E. 1980. Apuntes de climatología. 3a. edición, UNAM, México.
- Gil L., R. 1986. Efecto de cinco dosis de estiércol bovino y tres fechas de aplicación sobre propiedades selectas de un suelo calcáreo. Tesis Profesional. Saltillo, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Harris, P.M. (ed.) 1978. The potato crop. Chapman and Hall, London.
- Hill, A.T. 1977. Hormonas reguladoras del crecimiento vegetal. Cuadernos de biología. Ed. Omega, Barcelona.
- Holf, D.J. 1958. Corn growth and nutrient absorption. Ohio Agr. Exp. Sta. Res. Circular.
- Krauskopf, K.E. 1972. Geochemistry of micronutrients. En Micronutrients in agriculture. Ed. J.J. Mortvedt et al., Madison, Wisconsin.
- Large, R. 1979. Soil and plant analysis. A and L Agricultural Laboratories. Memphis, Tenn.
- Lorenz, O.A. y D.N. Maynard. 1980. Knott's handbook for vegetable growers. Wiley Interscience Pub., New York.
- Martin, J.H. et al. 1976. Principles of field crop production. 3th ed. MacMillan Pub. Co. Inc., New York.
- Mathers, A.C. 1982. Efectos de la aplicación de estiércoles sobre el rendimiento y calidad de los cultivos. En: Castellanos, J. y J. Reyes (eds.) La utilización del estiércol en la agricultura. Ingenieros agrónomos de ITESM Sec. Laguna, Torreón.
- Mejía C., F. 1985. Efecto de dos mejoradores del suelo sobre el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*, L.) en el municipio de Saltillo, Coahuila. Tesis Profesional. Saltillo, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- Mengel, K. y E.A. Kirkby. 1979. Principles of plant nutrition. 2nd ed. International Potash Institute, Berna, Suiza.
- Montaldo, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. IICA, Costa Rica.
- Moore, C.T. 1979. Biochemistry and physiology of plant hormones. Springer-Verlag, New York.
- Moraghram, J.T. 1980. Effect of soil temperature on response of lax to phosphorus and zinc fertilizers. Soil Sci. 129:290-296.
- Mortvedt, J.J. et al. (ed.) 1983. Micronutrientes en agricultura. Edición en español. AGT Editor, S.A.
- Narro F., E.A. 1976. Evolution of dry matter distribution and yield of maize (*Zea mays*, L.) as affected by water stress under field conditions. Ph.D. Tesis, Univ. of California - Davis.
- _____ y V. Mendez G. 1982. Efecto de mejoradores de suelo y dosis de fertilización fosfatada en el desarrollo del cultivo de papa en un suelo de pH alcalino. XV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, México.
- _____ y P. Ortiz F. 1983. Efecto de cuatro niveles de vermiculita y cuatro dosis de fertilizante fosfatado en el desarrollo y rendimiento de la papa en Natividad, N.L. XVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Oaxaca.
- _____ 1985. Mejoradores de suelos calcáreos y fertilización fosfatada en el cultivo de la papa. Agraria 1(1) 57-70. Saltillo, México.
- _____ 1986. Efecto de mejoradores de suelo sobre el rendimiento del cultivo de la papa. Reunión sobre investigación y análisis de la problemática de papa. Saltillo, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- _____ 1987. Física de suelos con enfoque agrícola. Saltillo, México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Parsons, D.B. 1982. Papas. Manuales para educación agropecuaria. Ed. Trillas, México.
- Pillet, E.P. et al. 1979. Endogenous and exogenous auxin in the control of root growth. Planta 146:405-408.
- Russell, E.J. y W.E. Russell. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. 9a. ed. Ed. Aguilar, México.

Saltanpour, P.N. et al. 1979. Zinc experiments on potato in the San Luis Valley of Colorado. American Potato J. 47:435-447.

Sauchelli, V. 1969. Trace elements in agriculture. Van Nostrand Reinhol Company, New York.

Scott, K.T. 1972. Auxins and roots. Ann. Rev. Pl. Physiol. 23:235-258.

Soil Survey Staff. 1975. Soil taxonomy, a basic system of soil clasification of making and interpreting soil surveys. SCS, USDA. Agricultural Handbook No. 436.

SSSA. 1978. Glossary of soil science terms. Mdison, Wis.

Sprague, H.B. (ed.). 1964. Hunger signs in crops. David McKay Co. New York.

Talavera, R. 1983. Factores que afectan el rendimiento de un cultivo de papa. Milcíades 2 (1) 43-47.

Tamane, R.V. y D.P. Mortimarane. 1978. Suelos: su química y su fertilidad en zonas tropicales. Ed. Diana, México.

Tamaro, D. 1981. Manual de horticultura. 9a. ed. Editorial Gustavo Gili,S.A., Barcelona.

Thompson, L.M. y F.R. Troeh. 1978. Soils and soil fertility. 4th edition. McGraw Hill, New York.

Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Montaner y Simon, S.A., Barcelona.

Van Loon, C.D. 1980. The effect of water stress on potato growth, development and yield. Amer. Potato J. 58(1) 51-56.

Wittmark, A.J. 1975. Potato growing in the atlantic provinces. Can. Dept. Agr. Pub. 1281: 1-28.