

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISION DE INGENIERIA

**EFICIENCIA DE LA APLICACIÓN DE FÓSFORO FOLIAR Y EN RIEGO
LOCALIZADO PARA EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA
SIERRA DE ARTEAGA COAHUILA.**

Por:

DAMIAN JIMENEZ ARTEAGA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO
DE: INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo del 2004

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO

DEPARTAMENTO DE SUELOS

Eficiencia de la aplicación de fósforo foliar y a través del sistema de riego localizado para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) en la sierra de Arteaga, Coahuila.

Por:

DAMIAN JIMENEZ ARTEAGA

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

APROBADA POR:

El Presidente del Jurado

Asesor

M.C. RICARDO REQUEJO

DR. SERGIO GARCIA GARZA

Asesor

Asesor

M.C. LETICIA ESCOBEDO BOCARDO

M.C. VICTOR PARGA TORRES

Coordinador de la División de Ingeniería

M.C. LUIS EDMUNDO RAMIRES RAMOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila. México

Marzo del 2004

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

A los seres que me dieron la vida, que cuidaron de mi cuando era pequeño y me guiaron por el camino que ahora me ha formado como profesionista. Los seres que nunca me dejaron solo, que siempre cuando más los necesite recibí de ellos un apoyo incondicional, a ellos que me han enseñado que la vida se forja con trabajo y que me enseñaron que la honestidad, la responsabilidad y el trabajo son parte de tu persona.

A HERMANOS

Por el apoyo que me brindaron durante mi carrera y por que me han enseñado muchas cosas que no se aprenden en la escuela.

A MIS CUÑADOS Y CUÑADAS

Por su gran apoyo moral que siempre me han brindado en la realización de este trabajo

A MIS SOBRINOS

Por compartir con ellos muchas alegrías y por su apoyo moral en la realización de este trabajo

AGRADECIMIENTOS

AL M.C. RICARDO REQUEJO. Por su valiosa participación en la realización de este trabajo, y por sus sugerencias aportadas.

Al DR. SERGIO GARCIA GARZA. Por su colaboración y apoyo durante la realización de este trabajo.

AL M.C. LETICIA ESCOBEDO BOCARDO. Por sus sugerencias aportadas en la realización de este trabajo

Al M.C. VICTOR PARGA TORRES. Por sus sugerencias aportadas en la elaboración de este trabajo.

Al Sr. Miguel Pérez. Por su valiosa amistad y su apoyo durante la realización de este trabajo.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarias sede Saltillo y a la Fundación Produce de Coahuila. Por el apoyo económico brindado para la realización de este proyecto.

Al mi querida Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Por haberme albergado durante mi estancia como estudiante y formado como profesionista.

INDICE DE CONTENIDO

Páginas

INDICE DE CUADROS.....	iii
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	4
HIPOTESIS.....	4
II. REVISION DE LITERATURA.....	5
FOSFORO (ASPECTOS GENERALES).....	5
FOSFORO EN SUELO.....	6
FIJACION DE FOSFORO EN SUELO.....	8
FOSFORO EN PLANTAS.....	10
FERTILIZACION FOLIAR.....	11
RIEGO POR GOTEO Y FERTIRRIGACIÓN.....	14
MICORRIZAS.....	16
ALGAENZIMAS.....	20
ACIDOS HUMICOS Y FULVICOS.....	23
NUTRIPHITE.....	31
STARTERFEED.....	31
FOSFATO MONOAMONICO.....	32
EFICIENCIA DE ABSORCIÓN DE FÓSFORO.....	33
CARACTERISTICAS DE LA VARIEDAD.....	35
III. MATERIALES Y METODOS.....	36
LOCALIZACION DEL SITIO EXPERIMENTAL.....	36
CARACTERISTICAS DEL AREA.....	36
SUELOS.....	36
TIPO DE CLIMA.....	37
PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	37
FERTILIZANTES UTILIZADOS.....	38
TRATAMIENTOS.....	38
SEMILLA.....	39
FECHA Y METODO DE SIEMBRA.....	40
PARCELA EXPERIMENTAL.....	40
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	41
APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.....	41
INSTALACION DEL SISTEMA DE RIEGO.....	42
ISNTALACION DE MEDIDORES DE HUMEDAD.....	42
CONTROL DE MALEZAS.....	42
RIEGOS.....	43
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	43
MUESTREO DE PLANTA PARA ANALISIS FOLIAR.....	43
COSECHA.....	44
VARIABLES ANALIZADAS EN EL TRABAJO DE CAMPO.....	44
ANALISIS ESTADISTICO.....	45

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
RENDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	45
RENDIMIENTO (PRIMERA CATEGORIA).....	47
RENDIMIENTO (SEGUNDA CATEGORIA).....	49
CONCENTRACIÓN DE FÓSFOR FOLIAR.....	50
CONCENTRACION DE FOSFORO FOLIAR (PRIMER MUESTREO).....	51
CONCENTRACION DE FOSFORO FOLIAR (SEGUNDO MUESTREO).....	53
CONCENTRACION DE FOSFORO FOLIAR (TERCER MUESTREO).....	56
CONCENTRACION DE FOSFORO FOLIAR (CUARTO MUESTREO).....	58
CONCENTRACION DE FOSFORO FOLIAR (QUINTO MUESTREO).....	61
KILOGRAMO POR HECTAREA DE FOSFORO ABSORBIDO.....	64
EFICIENCIA DE ABSORCION DE FOSFORO.....	67
V. CONCLUSIONES.....	74
VI. BIBLIOGRAFIA.....	75
VII. APENDICE.....	80

INDICE DE CUADROS

CUADRO.		Página
3.1	Concentración del producto, forma de aplicación, dosis aplicada y número de aplicaciones para cada tratamiento. Campo Experimental “Saltillo” INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	39
4.1	Análisis de varianza, del rendimiento experimental de papa. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	45
4.2	Comparación de medias de rendimiento experimental de papa (1ª, 2ª y 3ª categoría) para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP Ciclo P-V 2002.....	46
4.3	Análisis de varianza de rendimiento de papa categoría primera en el cultivo de la papa. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	47
4.4	Comparación de medias de rendimiento (ton/ha) de papa categoría primeras, para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	48
4.5	Análisis de varianza del rendimiento de papa categoría segundas. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	49
4.6	Comparación de medias de rendimiento (ton/ha) de papa categoría segundas. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	50
4.7	Concentración de fósforo foliar (%) en el cultivo de papa a los 41 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo” “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	51
4.8	Datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa a los 41 días después después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	51
4.9	Análisis de varianza de los datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 41 días de sembrado el cultivo	

	para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	52
4.10	Medias transformadas de concentración de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 41 días de sembrado el cultivo para cada uno de los tratamientos evaluados Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	52
4.11	Concentración de fósforo foliar (%) en el cultivo de papa a los 55 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	53
4.12	Datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 55 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	53
4.13	Análisis de varianza de los datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa a los 55 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	54
4.14	Comparación de datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa a los 55 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	55
4.15	Concentración de fósforo foliar (%) en el cultivo de papa a los 66 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	56
4.16	Datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 66 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	56
4.17	Análisis de varianza de los datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 66 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002....	57
4.18	Medias de Concentración de fósforo foliar (transformadas) a los 66 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	57
4.19	Concentración de fósforo foliar (%) en el cultivo de papa a los 81 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002....	58

4.20	Datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 81 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo. P-V 2002.....	58
4.21	Análisis de varianza de los datos transformados de concentración fósforo foliar a los 81 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo. P-V 2002.....	59
4.22	Comparación de medias de los datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa a los 81 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo. P-V 2002.....	60
4.23	Concentración de fósforo foliar (%) en el cultivo de papa a los 88 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo. P-V 2002...61	
4.24	Datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 88 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo. P-V 2002.....	61
4.25	Análisis de varianza de los datos transformados de concentración fósforo foliar en el cultivo de papa a los 88 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo. P-V 2002...62	
4.26	Comparación de medias transformadas de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa a los 88 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	63
4.27	Análisis de varianza de kilogramos de fósforo absorbido en el cultivo de papa a los 81 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	64
4.28	Comparación de medias de concentración de fósforo absorbido en el cultivo de papa (Kg/ha) a los 81 días de sembrado el cultivo. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	65
4.29	Análisis de varianza de kilogramos de fósforo absorbido a los 88 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V. 2002.....	66

4.30	Comparación de medias de concentración de fósforo absorbido (Kg/ha) en el cultivo de papa a los 88 días de sembrado el cultivo. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	67
4.31	Eficiencias de absorción de fósforo (%), en el cultivo de la papa a los 81 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	68
4.32	Datos transformados de eficiencias de absorción de fósforo, en el cultivo de la papa a los 81 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	69
4.33	Análisis de varianza de los datos transformados de por ciento de absorción de fósforo a los 81 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	69
4.34	Comparación de medias de datos transformados de eficiencia de absorción de fósforo en el cultivo de la papa para cada uno de los tratamientos a los 81 días después de la siembra Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	70
4.35	Eficiencias de absorción de fósforo (%), en el cultivo de la papa a los 88 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002....	71
4.36	Datos transformados de eficiencias de absorción de fósforo, en el cultivo de la papa a los 88 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V. 2002.....	71
4.37	Análisis de varianza de los datos transformados de por ciento de absorción de fósforo a los 88 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	72
4.38	Comparación de medias de datos transformados de eficiencia de absorción de fósforo en el cultivo de la papa para cada uno de los tratamientos a los 88 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V. 2002.....	73
A1	Kilogramos de primera categoría de papa para cada uno de los tratamientos Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	81
A2	Kilogramos de segunda categoría de papa para cada uno de los tratamientos. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	81

A3	Kilogramos de tercera categoría de papa para cada uno de los tratamientos y por repetición. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.....	81
----	--	----

RESUMEN

En la región de Navidad N.L. y la sierra de Arteaga Coahuila, la papa es uno de los cultivos principales, ya que se siembra una superficie anual de 6,000 hectáreas generando gran cantidad de mano de obra (70-80 jornales/ha.); sin embargo el rendimiento medio es de 30 ton/ha. Dentro de los factores que limitan la producción y calidad del cultivo se encuentra la nutrición mineral debido a la naturaleza calcárea de los suelos la cual ocasiona una baja disponibilidad de fósforo, por lo cual es importante encontrar formas de aplicación y fertilizantes que permitan una mejor absorción del elemento.

El experimento se realizó los terrenos del Campo Experimental Saltillo del INIFAP bajo un sistema de riego por goteo. Los tratamientos evaluados fueron: Map-Técnico,

Ácidos Húmicos y Fúlvicos, Nutraphite, Starterfeed, Algaenzimas aplicados vía foliar, Micorrizas y testigo comercial a través del sistema de riego y testigo absoluto; Todos los tratamientos a excepción del testigo absoluto recibieron una dosis de 200-400-200 de N, P₅O₅, K₂O kg/ha. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones por tratamiento. Se realizaron 5 muestreos foliares después de la aplicación de tratamientos determinándose en laboratorio la concentración de fósforo foliar y materia seca.

Los máximos rendimientos se obtuvieron con la aplicación de Micorrizas y la producción de primeras categoría fue con Starterfeed. La aplicación foliar de Ácidos Húmicos y Fúlvicos promovió una mayor absorción de fósforo por las plantas.

I. INTRODUCCION

Pese que la papa es un producto originario de América Latina, la principal zona productora no es el Continente Americano. De acuerdo a los reportes de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la principal región productora de papa es disputada por Asia y Europa, que en 1977 produjeron 29.1 y 28.7 % respectivamente; mientras que América reporta 13.2%, solamente. Los principales productores en el ámbito mundial de papa son: Rusia, con una superficie de 3.10 millones de hectáreas y una producción de 37.42 millones de toneladas; Polonia con 1.25 millones de hectáreas y una producción de 25.05 millones de toneladas; Estados Unidos con 0.55 millones de hectáreas y una producción de 21.31 millones de toneladas; La India con 1.09 millones de hectáreas y una producción de 17.94 millones de toneladas y Ucrania 1.39 millones de hectáreas y una producción de 16.40 millones toneladas.

Actualmente en México se siembran alrededor de 67 mil hectáreas, de las que se obtiene una producción aproximada de 1 millón 350 mil toneladas, mismas que permiten satisfacer las demandas del consumo interno. En nuestro país, la papa ocupa el cuarto lugar en importancia, superado únicamente por los básicos (maíz, arroz y trigo). Entre las

hortalizas, solo los cultivos de jitomate y chile verde ocupan una mayor superficie, en cuanto a la producción es solo superada por el jitomate.

La importancia de papa en nuestro país radica, básicamente en dos hechos:

a) Su alto valor nutritivo, ya que los especialistas consideran que la papa contiene carbohidratos, proteínas, celulosa, minerales, así como vitaminas del complejo B. De igual forma se considera que bajo condiciones apropiadas, la papa tiene un contenido mayor de nutrientes que los cereales, de tal forma que le sigue en importancia a la soya, la cual ocupa el primer lugar en cuanto a rendimiento de proteínas vegetales por hectárea.

b) La importancia económica que tiene dicha hortaliza, debido a o los altos ingresos que proporciona a sus productores, así como a la cantidad de jornales que genera en las diferentes regiones productoras, sobre todo durante el período de cosecha.

En nuestro país, a pesar de su alto valor alimenticio y de que se produce prácticamente todo el año en más de 20 estados de la República el consumo por persona apenas alcanza los 14 Kilogramos anuales.

Los principales estados productores de papa en el ámbito nacional son: Sinaloa, con una producción de 213,000.22 toneladas y un rendimiento de 23.45 toneladas/ha; Estado de México 146,000.01 toneladas y un rendimiento de 19.67ton/ha; Puebla 76,000.72 toneladas y un rendimiento de 11.15 ton/ha; Guanajuato 145,000.09 toneladas y un rendimiento de 26.64; la región de Navidad Nuevo León y Sierra de Arteaga

Coahuila 180,000 toneladas y un rendimiento de 30 ton/ha y otros con una producción de 589, 998.96.

El cultivo de papa en la región de la región de Navidad, N.L. y la sierra de Arteaga, Coahuila es de gran importancia, ya que actualmente se siembra una superficie anual de 6000 hectáreas, rendimiento unitario, el consumo humano y por la gran demanda de mano de obra durante todo el desarrollo agrícola (70-80 jornales por hectárea). En esta área de producción también se encuentran suelos que tienen limitaciones como poca profundidad, textura pesada, pH elevado, alto contenido de carbonatos y fijación de fósforo. Su rendimiento a pesar de la gran cantidad de insumos utilizados, esta por debajo de 30 ton/ha lo que se traduce es una mala nutrición vegetal.

Los reportes también indican que en esta región se presenta una baja eficiencia en la aprovechabilidad de fósforo por problemas de fijación; cuando los fosfatos solubles son aplicados al suelo, son cambiados a formas menos solubles. En suelos calcáreos se presenta la baja disponibilidad de fosfatos ya que el carbonato de calcio acarrea la inmovilización del fósforo aplicado como fertilizante, así que el suelo compite con la planta por el ion fosfato, causando una disminución en el rendimiento del cultivo. Existen reportes que indican que los cultivos absorben del cinco al treinta por ciento de fósforo aplicado, esto significa que en la superficie dedicada a la siembra de papa se podría tener una pérdida potencial de hasta 1,923,750 unidades de fósforo al año, representando una fuerte pérdida de la inversión.

Recientemente se ha iniciado la práctica de aplicar fertilizaciones fosforadas foliares, a través del sistema de riego, con la finalidad de mejorar la eficiencia de aprovechamiento del fósforo por el cultivo de papa en la región.

OBJETIVOS

- 1.- Determinar la eficiencia de aprovechamiento de fósforo por el cultivo de la papa.
- 2.- Evaluar el rendimiento total y por categorías (tamaño) de los tubérculos de papa en los tratamientos estudiados.

HIPOTESIS

- 1.- El fertirriego localizado, así como la aplicación foliar de fósforo incrementan la eficiencia de absorción de fósforo por la planta.
- 2.- El rendimiento y la producción de tubérculos de papa de primera categoría, se asocian con las altas eficiencias de absorción de fósforo.

II. REVISION DE LITERATURA

Fósforo

Aspectos generales.

El fósforo ha sido llamado con frecuencia la llave maestra de la agricultura, ya que la producción baja de los cultivos, se debe con más frecuencia, a una falta de fósforo que a la deficiencia de cualquier otro elemento, a excepción quizás del nitrógeno (Tamhane, et al. 1978)

También, ha sido llamado la llave de la vida, porque se halla directamente implicado en la mayoría de los procesos vitales. Está presente en todas las células, con tendencia a concentrarse en las semillas y zonas de crecimiento de las plantas (Thompson y Troeh, 1980).

El fósforo procede originalmente de las rocas ígneas y de los meteoritos en los que se encuentra como apatita cristalina. El contenido de estas rocas puede variar desde el 0.2 % P_2O_5 (granitos) hasta el 30 % P_2O_5 (kola-apatitas). En las rocas sedimentarias se producen depósitos que constituyen los yacimientos de fosforita o fosfato roca cuya

explotación es el origen de la fabricación de los fertilizantes fosfatados. El contenido de fósforo en el suelo es inferior al 0.2 %.

No obstante, una parte importante del fósforo en el suelo (30 al 85 %) se halla en forma orgánica, asociado a la materia orgánica, como componente de los organismos vivos de suelo, especialmente los microorganismos.

La concentración normal de fósforo en la solución del suelo es casi insignificante (0.03 a 0.3 ppm), de modo que en los suelos pobres, debe renovarse miles de veces para cubrir las necesidades de la planta. (Domínguez, 1997).

Fósforo en suelo.

El fósforo añadido con los fertilizantes se fija en el suelo, en su mayor parte es asimilado lentamente por las plantas en forma de PO_4H^- o PO_4H_2^- . En la solución del suelo, la concentración de fósforo suele ser del orden de 1 ppm o menos. A medida que es consumido por la planta, debe solubilizarse para asegurar las necesidades del desarrollo de la cosecha.

En suelos calizos, alcalinos o aproximadamente neutros, los fertilizantes fosforados, ricos en fósforo asimilable (superfosfatos, fosfatos amónicos), pueden revertirse a formas insolubles, no asimilables como fosfato dicálcico o tricálcico que rápidamente se transforman en hidroxiapatito y en presencia de fluoruros pasa a fluapatito.

Normalmente, la cantidad de fósforo que es aprovechada por los cultivos en el período de un año, siguiendo el abonado con fertilizantes fosforados solubles, no excede del 25 por ciento de la cantidad total añadida, siendo generalmente inferior a 15 por ciento. Prácticamente todo el fósforo no absorbido queda fijado en los suelos, siendo muy poco el que se pierde por lavado. El fósforo fijado puede ser utilizado, paulatinamente por los cultivos en años sucesivos, pero en cantidades decrecientes. (Primo y Carralo 1981).

El fósforo que se encuentra en el suelo, se clasifica en general como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza química de los compuestos de los que forma parte. El primero procede de los residuos vegetales y animales del terreno y la fuente original del segundo proviene, sobre todo, del mineral apatito $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$, el cual es un constituyente común de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. (Buckman y Brady 1977, Garcia y Garcia, 1982 y León 1984)

El Apatito es un compuesto casi insoluble, que constituye el principal mineral fosfatado en los suelos de regiones áridas, donde el contenido de calcio se mantiene elevado y la reacción del suelo es alcalina, mientras que en los suelos de regiones

húmedas, el fósforo se encuentra principalmente como variscita $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y strengita $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Thompson y Troeh, 1980).

El contenido de fósforo de la litósfera se ha calculado en 0.12 por ciento. Los suelos derivados de las calizas tienden a contener mas fósforo que las rocas que los forman. El fósforo contenido en la profundidad arable de los suelos, oscila normalmente entre 0.025 y 0.125 por ciento, siendo el valor medio de 0.06 por ciento. Esto equivale a cerca de 1,350 Kilos del elemento por hectárea arada. (Firma, 1963).

Fijación de fósforo en el suelo.

Denominamos fijación de fósforo del suelo a la reacción o intercambio de formas solubles de este elemento como compuestos orgánicos e inorgánicos del suelo, a formas más o menos reversibles. En términos generales, la fijación del fósforo se lleva a cabo de modo progresivo mediante reacciones sucesivas que van dando como resultado compuestos cada vez más insolubles y, por tanto, menos susceptibles de volver a formar parte de la fracción de fósforo asimilable para las plantas a corto plazo.

La fijación de fósforo puede realizarse mediante su adsorción en las superficies coloidales (arcillas, materia orgánica, hidróxidos de hierro y aluminio, caliza, etc.), o bien, formando compuestos más o menos insolubles. También puede ser inmovilizado temporalmente por los organismos vivos en cantidades notables.

La reacción inicial del fosfato monocálcico es la adsorción superficial en la caliza a baja concentración del fosfato, seguida de la reacción con el carbonato cálcico para formar fosfato bicálcico en un intervalo de pocos días. Se constituye así un núcleo de fosfato cálcico amorfo que, en sucesivas fases, dependiendo de la concentración del fósforo, se va transformando en fosfatos cristalinos diversos, engrosando su tamaño (fosfato octocálcico, hidroxiapatita, etc.). Es un proceso de envejecimiento del fosfato

La adsorción de fosfatos por la caliza, puede definirse también mediante ecuaciones de adsorción del tipo de langmuir como en las arcillas. El grado de adsorción de fósforo depende de la superficie activa de la caliza, aumentando a medida que las partículas de esta son menores. Los productos derivados de la adsorción dependen, tanto de la cantidad de fósforo y calcio como del pH en la reducción de otros cationes. Es particularmente notable el efecto de aumento del pH en la reducción de la solubilidad del fósforo a partir de un pH 6.

De todas maneras no existe una relación clara entre el contenido de la caliza y la adsorción o retención de fosfatos como existe en el caso de la arcilla, quizás debido a que la caliza puede variar considerablemente en la superficie activa susceptible de adsorber el fósforo.

En suma, hay que distinguir del fósforo fijado en el suelo dos fracciones que tienen una gran importancia práctica para el cultivo.

1.- Fósforo adsorbido en una reacción inicial y que se mantiene en esta posición, en equilibrio con el fósforo en la solución del suelo. A este fósforo puede denominarse como cambiante o lábil.

2.- Fósforo precipitado en compuestos cuyo producto de solubilidad es muy bajo y, por tanto, su intercambio con el fósforo de la solución es mínimo. Este puede denominarse como fósforo no cambiante, precipitado o no lábil y responde mejor al concepto de fósforo fijado. (Domínguez, 1997).

Fósforo en plantas.

Contenido y distribución en plantas. El fósforo oscila entre 0.15 al 1.00 por ciento del peso seco de la mayoría de las plantas, con valores a partir del 0.2 a 0.40 por ciento en tejido recientemente maduro de la hoja. Los valores críticos para fósforo son

normalmente menos de 0.20 por ciento (cuando es deficiente) y mayores que 1.0 por ciento (es exceso). (Jones, 1998)

El rango de suficiencia de por ciento de fósforo en el cultivo de la papa en hojas que están recientemente formadas, plantas con una altura de 30 cm. el nivel de suficiencia es de 0.20 – 0.50 por ciento de fósforo. y hojas recientemente formadas cuando tenemos tubérculos de medio crecimiento el nivel de suficiencia es de 0.25-0.40 por ciento de fósforo. (Mills y Jones, 1996).

Fertilización foliar.

La fertilización foliar hoy en día, se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, porque corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas y favorece el buen desarrollo de los cultivos mejorando el rendimiento y la calidad del producto. La fertilización foliar no sustituye a la fertilización tradicional de los cultivos, pero si se considera una práctica especial que sirve de respaldo, garantía o apoyo para complementar los requerimientos nutrimentales del cultivo, que no se puede abastecer mediante la fertilización común al suelo (fertilización edáfica). El abastecimiento nutrimental vía fertilización edáfica depende de muchos factores tanto del suelo, como del medio que rodea al cultivo. De aquí que la fertilización foliar para ciertos nutrientes y cultivos, bajo ciertas etapas del desarrollo de la planta y del medio, sea

ventajosa y a veces más eficiente en la corrección de deficiencias que la fertilización edáfica.

La fertilización foliar es útil para respaldar o complementar la fertilización edáfica y optimizar los rendimientos, corregir deficiencias nutrimentales de los cultivos que no se logran con la fertilización común al suelo, mejorar la calidad del producto, acelerar o retardar alguna etapa fisiológica de la planta (frutales), eficientizar el aprovechamiento nutrimental de los fertilizantes y corregir algunos problemas fitopatológicos de los cultivos.

Varios trabajos han demostrado la bondad de la fertilización foliar en la respuesta positiva de los cultivos. Los incrementos de rendimiento por el uso de esta práctica han sido a veces mayores de 100 por ciento, comparados con los rendimientos de los cultivos sin fertilización foliar. Sin embargo, los incrementos más frecuentes oscilan entre 10 a 30 por ciento para la mayoría de los cultivos (Santos y Aguilar, 1999)

Las plantas pueden absorber todos los elementos nutritivos vía foliar. En la práctica, esto no se realiza, porque las absorciones son relativamente pequeñas y para satisfacer los requerimientos de los macronutrientes se deberán efectuar numerosas aplicaciones, las cuales serían económicamente imposibles de realizar. Por ello, las aplicaciones de fertilizantes foliares son concebidas como un complemento de la

fertilización al suelo, para aquellos cultivos de alto potencial de rendimiento y con alto valor económico, de tal modo que los beneficios obtenidos de las aplicaciones foliares no afecten la estructura de costos.

Las plantas pueden absorber los nutrimentos vía foliar, por tres caminos posibles: a través de estomas, ectodermos y cutícula.

Desde 1877 se demostró que las sales y otras sustancias pueden ser absorbidas a través de las hojas (Franke, 1986) asperjó sus piñas con una solución de sulfato de hierro, logró enverdecer las plantas después de algunas semanas. Esta experiencia tuvo repercusiones con los productores y se empezaron a utilizar en gran medida prácticas de aspersión foliar de algunos micronutrimentos. A pesar de ser una practica común entre agricultores, todavía a finales de la década de los cuarenta, no se sabía el mecanismo de absorción foliar de los nutrimentos. Aún hoy en día, la expresión “fertilización foliar” pocas veces se menciona en los textos clásicos y el mecanismo de absorción por este medio, no está descrito de manera formal a pesar de que es una práctica importante.

Actualmente se sabe que la fertilización foliar puede contribuir en calidad y en incremento de los rendimientos de las cosechas y que muchos problemas de fertilización al suelo, se pueden resolver fácilmente mediante la fertilización foliar (Fregoni, 1986).

Rodríguez (1997) probó tres fertilizantes foliares en el cultivo de tomate que contenían todos los nutrimentos esenciales; los denominó: FFNV1 con todos los nutrientes, FFNV2 Y FFNV3 con todos los nutrientes excepto Calcio y Magnesio pero en diferentes concentraciones. El experimento se realizó en dos suelos, un suelo agrícola y un tepetate con 6 tratamientos: testigo, fertilización edáfica, FFNV1, FFNV2, FFNV3 y FF Bayfo. El mayor rendimiento se obtuvo en tepetate con el fertilizante foliar NV3, que carece de calcio y magnesio y que posiblemente fueron abastecidos por el tepetate que es rico en calcio. En este trabajo se encontró un incremento de rendimiento de 21 por ciento con la fertilización edáfica y foliar en comparación con la fertilización edáfica.

Riego por goteo y fertirrigación.

El riego por goteo es el sistema de llevar el agua necesaria para los cultivos por medio de tuberías especiales a través de una red diseñada en el terreno, esta agua llega a la base de la planta por emisores que funcionan como goteros.

Por medio de este sistema se establece una serie de particularidades que se traducen en incrementos de la producción y en alternativas económicas muy importantes

El ahorro de agua se realiza al evitar las grandes pérdidas de evaporación del suelo, ya que el mojado del mismo es parcial y no total como en el sistema de aspersión y en el riego por surcos. Además evita los arrastres de agua por el desnivel del terreno y la pérdida por percolación. Las plantas usan la cantidad necesaria para su crecimiento y desarrollo, evitando los períodos críticos en que las carencias de este recurso originan abortos y caída de frutos. (Rodríguez 1982)

Un sistema de riego por goteo es aquel donde se aplica agua dentro o sobre el suelo directamente a cada planta individual.

Con un sistema de riego por goteo, el agua puede ser suministrada al cultivo con base en una baja tensión y una alta frecuencia, con la cual se crea un medio óptimo de humedad necesaria al suelo. Debido a la frecuencia de riegos se puede obtener muy altas eficiencias (García y Briones 1997).

Hilel y Howell (1972), mencionan que la eficiencia en el uso de agua, podría ser aumentada en un 50 por ciento o más usando un riego por goteo en lugar de un riego por superficie.

FAO, 1973 citado por Rodríguez, 1982, al trabajar en un clima desértico con plantas de tomate, bajo una densidad de siembra asociada con distancias de 0.30 m entre plantas y 1.50 m entre hileras y utilizando una agua cuya calidad en mmhos/cm de conductividad de 0.5; compararon el riego por aspersión, (con intervalos de 5 a 14 días)

contra uno por goteo (con intervalos de 1 a 3 días) y observaron que el crecimiento vegetativo en el riego por goteo era mayor, así como los rendimientos por hectárea; en este sistema fueron de 60 a 78 ton/ha, en cambio, en el de aspersión fueron de 50 ton/ha.

En el tratamiento por goteo las raíces se desarrollaron concentradas alrededor de la línea de goteos, con un diámetro de 30 cm. En el método de aspersión se notó una clorosis en las hojas (pérdida de clorofila).

Un sistema de riego por goteo consiste en un sistema de carga y una red de tuberías de distribución. El sistema de carga generalmente lo constituyen la bomba, el filtro, el medidor de gasto, los manómetros de presión, el inyector de fertilizante, la válvula de control, el regulador de presión y la unidad de control automática. La red de distribución consiste de un sistema de tuberías, ajuste de tuberías, emisores y un circuito de válvulas (García y Briones, 1997)

La alta susceptibilidad de precipitación que presenta el fósforo en el suelo sugiere que cuando los fertilizantes son aplicados al suelo, el fósforo se puede transformar a formas menos solubles en pocos minutos, horas o días dependiendo de la forma de aplicación, concentración, calidad del agua y tipo de suelo. El fósforo aplicado a través del sistema de riego por aspersión puede penetrar de 5 a 15 centímetros en el suelo en pocas horas (Lauer, 1988). Además, otros investigadores han encontrado que una aplicación de 20kg/ha de fósforo se puede mover hasta 20 cm de profundidad en suelos areno-limosos con riego por goteo; sin embargo para la misma aplicación en un suelo arcilloso, el fósforo se mueve solo 2.5 centímetros por debajo de los goteros emisores. La

Fertirrigación con fósforo en sistemas de riego por goteo ofrece importantes ventajas cuando se busca incrementar la penetración (movilidad) del fósforo en el suelo.(Lascano-Ferrat, Marina G., 2002).

Micorrizas

Hongos pertenecientes a varias especies que establecen una asociación simbiótica llamada micorriza con la mayor parte de las especies vegetales a través de sus raíces. Mientras las plantas entregan energía al hongo, éste entrega agua y nutrientes a la planta. Las micorrizas son especialmente eficientes en aumentar los niveles de abastecimiento de fósforo.

Los mecanismos utilizados por los hongos micorrícicos, para aumentar la capacidad de absorción, pareciera ser la producción de gran cantidad de micelios, lo que aumenta el volumen del suelo explorado. También es importante la capacidad para acumular fósforo intracelularmente en forma activa, contra fuertes gradientes de concentración. Esto permite a las micorrizas extraer fósforo en forma más eficiente, especialmente de soluciones de muy baja concentración. Un factor adicional de eficiencia de extracción, es que las raíces con micorrizas se mantienen funcionales durante más tiempo (Silveira, 1992).

Las micorrizas originan cambios en los exudados radicales, los cuales alteran la composición de la rizósfera del suelo. La microbiota del suelo puede afectar la formación y función de las micorrizas, así mismo, las combinaciones de los agentes de biocontrol y los hongos micorrízicos pueden incrementar el control biológico contra patógenos del suelo (Linderman, 1993).

Los hongos, micorrízicos al provocar modificaciones en la morfología del sistema radical durante el proceso de infección, provocan gran impacto en ciertos mecanismos, como el mejorar la absorción de agua y adquisición de nutrimentos en los sistemas naturales ó manejados. Esto pone de manifiesto el potencial que representa manipular los sistemas radicales en beneficio de las plantas (Hooker and Atkinson, 1992).

Una relación única de los hongos con las plantas superiores se observa en la estructura conocida como micorriza u hongo de la raíz. Es la reacción entre dos elementos, que constituyen un tejido radical y un hongo micorrícico especializado. El microorganismo esta bastante limitado en cuanto a su hábitat y por lo general se encuentra solamente en la vecindad de o directamente dentro de las raíces. El hongo no es un microorganismo del suelo en el sentido estricto y su nicho ecológico; está propiamente en asociación con la raíz. La adaptación a los tejidos radicales puede estar relacionada con la demanda de los microorganismos de nutrientes complejos, ya que muchos

requieren mezclas vitamínicas y aminoácidos y algunos nunca han podido cultivarse en medios artificiales (Alexander, 1981).

La asociación micorrícica se inicia a partir de la interfase formada entre los propágulos del hongo (esporas, células auxiliares y/o hifas) que, estimuladas por los componentes bióticos de los exudados de la raíz y por las condiciones físico-químicas de la rizosfera, crecen abundantemente aumentando los sitios de contacto entre la raíz y el hongo. Las hifas se encuentran como raicillas adheridas a la superficie de la raíz formando un apresorio a través del cual penetran a las células de la epidermis sin infectar el meristemo de la misma, a unos 0.5 – 1.5 cm del ápice, no interfiriendo con el desarrollo de la raíz (Mosse, 1981).

Con frecuencia, la influencia de las micorrizas sobre el consumo de nutrientes inorgánicos es bastante importante, las raíces micorrícicas asimilan el fosfato con mayor facilidad que las raíces sin hongos, permitiendo que la planta se desarrolle en terrenos deficientes de fósforo. (Alexander, 1981).

Lo fundamental estriba en que las micorrizas produzcan el crecimiento que promueve la sustancia, traen el ortofosfato de la solución del suelo o transportan directamente el fosfato en raíces de la planta. Claramente, muchas bacterias y hongos son capaces de disolver los fosfatos complejos del suelo (inorgánico y orgánico). (Walker, 1975).

En el sentido agronómico, la importancia de micorrizas vesículo-arbusculares radica en la habilidad de éstas para ayudar a la planta en la toma de nutrimentos, particularmente los que se encuentran en forma limitada en el suelo, tales como el fósforo y zinc, esto debido a la conexión de varias hifas externas en cadena, que actúan como un captor adicional, absorbiendo de la superficie del suelo los nutrimentos en algunas zonas inaccesibles para la planta.

Los mecanismos que intervienen favoreciendo la absorción de nutrimentos son:

- Aumento en la superficie de absorción y exploración de las raíces del suelo.
- Aumento en la capacidad absorptiva de la raíz.
- Modificaciones morfológicas y fisiológicas adicionales a la planta.
- Absorción de nutrimentos disponibles no accesibles para la raíz no micorrizada directamente por las hifas.
- Utilización de formas no disponibles de los nutrimentos para la raíz a través de la solubilización y mineralización

Además, la infección de las plantas por hongos micorrizicos tienen otros efectos, por ejemplo, el aumento de disponibilidad de agua para las plantas en medios áridos, incremento de nodulación en leguminosas y protección en contra de algunas enfermedades de suelo (Peña, 2000).

Algaenzimas.

Es un producto biológico obtenido a base de extractos de algas marinas, por un proceso que les extrae el máximo de sus componentes sin perder sus atributos.

Algaenzimas es un producto orgánico elaborado por Palaú Bioquim S.A. de C.V. según fórmula del Ing. Benito Canales López; esta conformada por extractos líquidos uniformes de algas marinas (microalgas) cuyo nombre científico es *Sargassum acinarium* (Linnaeus) C. Agardh (Conforme a la clasificación hecha por el Dr. Leonardo Senn, de la Universidad de Clemson, Edo. de Carolina del Sur EUA).

Como actúa la algaenzima en el suelo.

La algaenzima es un producto que propicia que el suelo libere adecuadamente los nutrientes, para que las plantas se vigoricen y rindan mayores y mejores cosechas. Acelera un proceso natural que se da en la génesis de los suelos, proceso que en condiciones normales tardaría siglos.

Las enzimas algaenzimas son agentes catalíticos sintetizados por algas. Su reacción biológica reversible y vertiginosa, propicia la hidrólisis que causa estos cambios del suelo. En el caso de los suelos arcilla, libera los nutrientes y cuando se trata de suelos arenosos, los retiene, evitando su lixiviación.

Al disolver los carbonatos, produciendo ácido carbónico y anhídrido carbónico, algaenzimas descompone el suelo pesado, haciéndolo friable, formando poros y facilitando la difusión y penetración del aire, agua y raíces. Como es muy soluble, su acción penetra en el suelo hasta donde llega el agua.

Senn y Kingman (1987), reportan que la incorporación de algas al suelo incrementa las cosechas y favorece la calidad de los frutos, básicamente porque se administran a los cultivos no solo los macro y micronutrientes que requiere la planta sino también, 27 sustancias naturales cuyos efectos son similares a los reguladores de crecimiento. Dentro de los compuestos ya identificados en las algas se tienen agentes quelatantes como ácidos alginicos, fúlvicos, manitol, vitaminas, cerca de 5000 enzimas y algunos compuestos biocidas que controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas (Crouch y Van Staden, 1992).

En un trabajo con tomate llevado a cabo en la Florida, USA en camas recubiertas con plástico negro, el extracto de algas se aplicó al suelo en la cama y dos veces vía foliar. La producción se incrementó 20%. (Blunden, 1973).

Foliarmente.

Fox y Cameron (1961) y López *et al.* (1995) mencionan que al aplicar foliarmente extractos de algas marinas, las enzimas que éstas contienen refuerzan en las plantas su sistema inmunitario (más defensa) y su sistema alimentario (mas nutrición) y activan sus funciones fisiológicas (más vigor).

En un experimento con papa llevado a cabo en la Florida, USA, cuando las plantas estaban en floración se les aplicaron extractos de algas foliarmente, el incremento en la cosecha fue de 36 por ciento y la calidad del fruto mejoró notablemente. (Blunden, 1973).

Talamás(1998), trabajó en el cultivo de la papa aplicando extractos de algas marinas al suelo y vía foliar e incremento del 23.4 por ciento con respecto al testigo comercial, es decir produjo 62.9 ton/ha y, también reporta que la calidad de primeras se obtuvo con aplicaciones foliares de algaenzimas, con un rendimiento de 24.6 ton/ha con un 49% de incremento en calidad con respecto al rendimiento total.

Ácidos húmicos y fúlvicos.

El termino materia orgánica del suelo (MOS), se refiere a la sumas de todas las sustancias orgánicas que contienen carbón. Químicamente y físicamente, consiste de una mezcla de residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición, sustancias sintetizadas microbiológicas y/o químicamente, de productos desmenuzados, de cuerpos vivos y muertos de microorganismos y pequeños animales que permanecen descompuestos (Schnitzer y Schulten, 1995)

La descomposición de la materia sucede en dos fases: la mineralización y la humificación.

La mineralización es la formación de compuestos, en general solubles (nitratos, fosfatos, etc.) o gaseosos (CO_2), por la acción de microorganismos y humificación, consiste en la síntesis química y/o biológica de compuestos de la degradación de residuos de plantas y animales por la actividad enzimática de los microorganismos (Christensen, 1986).

La materia orgánica del suelo, por convención, es dividida en dos grupos: sustancias no húmicas y húmicas (Flaig et al, 1975 y Schnitzer y Khan, 1978).

Las sustancias no húmicas son: carbohidratos, proteínas, grasas, ceras, resinas, pigmentos y compuestos de bajo peso molecular (ácidos orgánicos), celulosa, hemicelulosa y lignina (Kanonova, 1963, Schnitzer, 1978).

Las sustancias húmicas son una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química compleja, distinta y más estable que su forma original; provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, así como de la actividad de síntesis de microorganismos (Schnitzer, 1978 y Stevenson, 1982).

De acuerdo a la solubilidad en álcalis y ácidos, las sustancias húmicas se clasifican en ácidos húmicos (AH) y fúlvicos (AF), los cuales son macromoléculas aromáticas complejas, muy estables, con estructura polimérica en forma de círculos, cadenas y racimos; ciclos aromáticos condensados; ciclos aromáticos, amino-azúcares; péptidos y compuestos alifáticos (Stevenson, 1982; Schnitzer, 2000) y las huminas (HR), las menos estudiadas hasta ahora.

Las sustancias húmicas son compostas que hace millones de años, fueron formadas en deltas de ríos, lagunas y depresiones en el oeste de los Estados Unidos, en aguas salinas y no salinas.

El material orgánico consistió de plantas y animales muertos, depositados y cubiertos con arcilla y arena lentamente comprimidos en la tierra para formar aceite, carbón y humatos.

Después, estas áreas fueron expuestas al aire, la oxidación incrementó y por consiguiente los ácidos húmicos concretados.

Las formas fósiles del humus son tres: lignito, las turbas y la leonardita.

El lignito es un material muy meteorizado y oxidado por lo que tiene características próximas a la leonardita, materia prima muy utilizada por muchas empresas para la obtención de sustancias húmicas. Su contenido en C orgánico es alto, con un contenido alto de cenizas, sin embargo, el residuo insoluble en ácidos, medido de la parte inerte, normalmente silicatos, de estas cenizas, puede considerarse bajo en relación con los otros minerales.

La turbas son materiales sometidos a un largo proceso de humificación por lo que poseen normalmente un elevado contenido en humus estable, mientras que los intensos lavados a los que por lo general han sido sometidos sean bajos en ácidos fúlvicos. Contienen N en forma similar al lignito, una cantidad de K nada despreciable, y su riqueza en Fe es de 1.95 por ciento.

La leonardina es la forma más oxidada del carbón de lignito. Este material es caracterizado por su contenido alto en oxígeno, lo cual es atribuido a la presencia de gran número de grupos carboxílicos. Este incrementa la solubilidad en el alcali (O' Donnell, 1973).

Ácidos húmicos: esta fracción no es soluble en agua y bajo condiciones ácidas (pH menos 2), pero es soluble a valores altos de pH. Los ácidos húmicos son el componente de mayor extracción de las sustancias húmicas, de color café oscuro a negro, alto peso molecular (30 000 Kda), 62 por ciento de carbón y 30 por ciento de oxígeno.

Ácidos Fúlvicos: es la porción soluble en agua bajo todas las condiciones de pH. Ellos permanecen en solución después de la separación de los AH por acidificación. Los AF son de color amarillo claro a café – amarillo, de bajo peso molecular (de 170 a 2000 Kda), 45 por ciento de carbón y 48 por ciento de oxígeno.

Las húminas (HR): es la parte de las sustancias húmicas no solubles en agua, ni en cualquier valor de pH, ni en medio ácido o alcalino. Es de color negro y con un peso molecular de 300000 Kda, (Piccolo y Stevenson, 1982).

La diferencia entre los ácidos húmicos y fúlvicos, pueden ser explicadas por la variación en peso molecular, número de grupos funcionales (carboxilos oxidrilos, etc) y la extensión de la polimerización.

La materia orgánica junto con el aire, agua y los minerales, es uno de los componentes básicos del suelo. Se define como el conjunto de componentes orgánicos, de origen animal o vegetal, que se encuentran en diferentes estados de descomposición o transformación.

La materia orgánica es una porción del suelo, aún y cuando la mayoría de los cultivos contienen solamente de 1 a 5 por ciento de materia orgánica (en su capa superficial), esa pequeña cantidad modifica las propiedades físicas del suelo y afecta fuertemente sus propiedades químicas y biológicas. Químicamente, la materia orgánica es una fuente natural de nitrógeno, de fósforo y de azufre.

En el suelo la materia orgánica se transforma, descompone o degrada hasta mineralizarse debido a la acción de los microorganismos, todo este proceso natural da lugar a la humificación, proceso evolutivo mediante el cual a partir de la modificación de tejidos originales y de la síntesis de los organismos del suelo, se produce un conjunto de compuestos estables de color oscuro o negrozco, amorfos y coloidales, conocidos con el nombre de HUMUS.

El humus esta constituido por las huminas, ácidos húmicos y fúlvicos, siendo sus principales características las siguientes.

Las huminas son la fracción insoluble del humus tanto en ácidos como de álcalis (COSMOCEL, S.A. posee la patente para extraer y procesar la huminas) y componen un porcentaje considerable del humus y su carga es positiva.

El ácido húmico es un material orgánico de color oscuro insoluble en ácidos con carga negativa. El ácido fúlvico es el material sobrante en la solución, una vez que se ha extraído el ácido húmico por acidificación. Tiene carga negativa y es soluble en álcalis y ácidos.

El humus influye en la capacidad de un suelo para retener y poner a disposición de la planta tanto aniones como cationes. La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) está dada por el ácido fúlvico y húmico afectando de manera positiva a la disponibilidad de nitrógeno (en su forma amoniacal), potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y zinc.

La capacidad de intercambio aniónico (C.I.A) está dada por las huminas y tiene influencia sobre la disponibilidad de nitrógeno (forma nítrica) fósforo, azufre, boro, molibdeno y cloro.

La capacidad de intercambio catiónico de un suelo, está determinada en primera instancia por la cantidad de arcillas y humus presente. De esta manera un suelo de textura arenosa y un bajo contenido de humus tendrá una baja capacidad de intercambio catiónico y, por lo tanto una capacidad limitada para aportar nutrimentos a la planta. La investigación efectuada sobre el tema señala que de un 25 a 90 por ciento de la capacidad de intercambio catiónico de un suelo en su horizonte superficial se debe al humus. Por esta razón existe una relación directa entre el contenido de humus en el suelo y la fertilidad del mismo.

El humus tiene una reconocida capacidad adherente, hecho que permite la formación de agregados en el suelo produciendo condiciones adecuadas para el desarrollo de la raíz y en general de la actividad orgánica, lo cual es importante en suelo de textura arcillosa por la aireación y drenaje, en los arenosos donde los agregados evitan en buena medida la lixiviación de arcillas hacia horizontes más profundos, donde pudieran encontrarse menores cantidades de raíces absorbentes.

Se han encontrado en el mundo yacimientos de materia orgánica en avanzado estado de descomposición, ricos en materiales húmicos y que durante siglos la naturaleza misma ha transformado. El material que se encuentra en estos yacimientos recibe el nombre de leonardita, siendo ésta, una fuente para la extracción de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas. Dependiendo de la pureza de la leonardita, será la calidad de los ácidos húmicos y fúlvicos y huminas que se obtengan

Los ácidos húmicos y fúlvicos favorecen la formación de agregados y mejoran la estructura del suelo, aumentan la capacidad de retención de humedad, favorecen la aireación de los suelos, incrementan la capacidad de intercambio catiónico y la consecuente disponibilidad y almacenaje de nutrientes en el suelo, optimizan la asimilación de los fertilizantes aplicados, bloquean los sitios de fijación del fósforo, favorecen la recuperación de suelos salitrosos, mejoran las condiciones de drenaje de los suelos, incrementan la fertilidad natural del suelo y promueven la actividad de microorganismos. (COSMOCEL, S.A.)

Cruz en el 2000 realizó un experimento en el rancho el Veracruz en el Ejido Emiliano Zapata, Municipio de Arteaga Coahuila, donde estableció seis tratamientos con diferentes dosis de fertilización edáfica más ácidos húmicos y fúlvicos en condiciones de ambiente abierto en el cultivo de papa y encontró que al aplicar sustancias húmicas solas o combinadas con fertilizantes inorgánicos, influyen significativamente en la altura de plantas, producción de biomasa, peso seco/planta y área foliar en el cultivo de papa.

Los ácidos húmicos y fúlvicos pueden estimular el crecimiento del tallo de las plantas cuando se aplica vía foliar, a concentraciones de 50 a 300 mg/l o cuando se aplica en soluciones nutritivas a concentraciones de 25 a 300 mg/l (Chen y Avid, 1990 Citado por Isaki, 1995).

Nutriphite.

Es un fertilizante fosforado foliar. Nutriente Foliar Agrícola para Hortalizas y Cultivos Perennes. Cuya composición es la siguiente.

Nitrógeno total (N)..... por ciento en peso 4 por ciento
Ácido fosfórico disponible (P_2O_5).....30 por ciento
Potasio soluble (K_2O).....8 por ciento

Derivado del ácido fosfórico, hidróxido de potasio, hidróxido de amonio y citratotripotásico.

STARTERFEED.

Es un complejo soluble NPK más micronutrientes quelatados, los cuales son una excelente herramienta para aplicaciones foliares y producción de plántula de hortalizas en invernadero o almácigos.

Composición.

N	P	K	B	Zn	Mo	Fe	Mn	Cu
10	50	10	0.05	0.07	0.004	0.1	0.05	0.05

Ventajas del Starterfeed

- . Alta solubilidad. Al momento de preparar la solución se disuelve inmediatamente.
- . Elaborado con materiales de grado técnico 100% libres de cloro, sulfatos y sodio.
- . Bajo índice salino.
- . Contenido de nitrógeno nítrico y microelementos quelatados, lo cual permite una mayor asimilación y traslocación dentro de la planta. Formulados para usarse de acuerdo a la etapa de desarrollo del cultivo.
- . No causan taponamiento o corrosión a los equipos de riego.

Al momento de preparar la solución estos acidifican la misma, lo cual permite una mayor asimilación, tanto de la raíz como por las hojas.

- . Compatibles con la mayoría de insecticidas y fungicidas.
- . Se puede aplicar tanto vía foliar como en fertirrigación.

Fosfato monoamónico

Nombre técnico: abono complejo 12-61-0 (fosfato monoamónico), aspecto sólido cristalino, de color blanco, con ligera tonalidad verde o marrón, según el ácido fosfórico

de donde proceda, conocido comercialmente como MAP, es un abono complejo NP, con aspecto pulverulento, de color gris verdoso, inodoro.

Sus ventajas son: completamente soluble en agua, lo cual lo hace un ingrediente ideal para fertirrigación, producto cristalino soluble, fácilmente mezclable con otros productos cristalinos como nitrato potásico, nitrato de calcio etc. contiene nitrógeno amoniacal que ayuda a estabilizar el pH en fertirriego en cultivo hidropónico. Puede ser usado en pequeñas dosis en cultivo hidropónico en zonas de aguas duras..

Características representativas: N-Nitrógeno, N total 12 por ciento y N amoniacal por ciento 12 por ciento; P_2O_5 – Anhídrido fosfórico, P_2O_5 total por ciento 61 por ciento soluble en citrato amónico neutro y agua, P_2O_5 soluble en agua 61 por ciento, pH en disolución acuosa al 10, por ciento, humedad máxima 0.1 – 0.3 por ciento, densidad aparente 650 – 800 g/l, grado de solubilidad total 99.6 por ciento.

Solubilidad en agua 21 °C 384 g/l

Eficiencias de absorción de fósforo.

La eficiencia de absorción y utilización de un nutrimento se ha evaluado por diferentes parámetros, como concentración en los tejidos, contenido en las plantas, rendimiento en materia seca y su relación de eficiencia, la cual consiste en la razón existente entre la biomasa seca y la cantidad del nutrimento en estudio en la biomasa, (Furlani y Filho, 1990).

Morales, (1996) en un estudio realizado en la Sierra de Arteaga, donde se estableció un experimento con 7 tratamientos, en los cuales a los tres primeros tratamientos se les aplicaron fertilizantes líquidos ácidos y a los otros tres siguientes solamente fertilizantes sólidos y el testigo absoluto. Aplicándose una dosis de fertilización de 200-450-200 de N-P-K. Resultando una eficiencia de Absorción de Fósforo de -0.37 por ciento, la cual se calculó a través de la siguiente formula:

$$E = [(X - Y)/Z]100$$

Donde:

E = Eficiencia de absorción de fósforo.

X = Contenido de Fósforo en la planta fertilizada (Kg/ha)

Y = Contenido de Fósforo en la planta no fertilizada (Kg/ha)

Z = Dosis de fósforo aplicada (Kg/ha)

Sustituyendo los valores se obtuvo lo siguiente:

$$E = [(10.15 - 11.38)/450]100$$

E = -0.37 por ciento.

Características de la variedad

Gigant.

Progenitores Elvira X AM66 -42

Planta: tallos poco numerosos, bastantes gruesos, extendiéndose poco, de color rojo morado pálido (principalmente en las axilas); de color verde claro; folíolos primarios bastante grandes y ovales con nervios superficiales; floración muy escasa, flores blancas.

Tubérculo: de forma oval, amarillo, parcialmente áspero, carne amarilla clara; ojos bastante superficiales.

Maduración: semitemprana a semitardia

Rendimiento muy alto

Materia seca: contenido mediano.

Calidad Culinaria: bastante firme al caer, propenso a decolorarse después de la cocción

Follaje: de desarrollo rápido, cubriendo bien el terreno.

Brote: al principio elipsoidal, más tarde coniforme, de color rojo morado pálido poco peloso; yema terminal grande, abierto; yemas laterales.

Enfermedades: medianamente sensible a la *Phytophthora* de la hoja, poco sensible al virus “Y”, inmune a los virus A y X y a la sarna verrugosa, resiste al patotipo A del nemátodo dorado.

III. MATERIALES Y METODOS

Localización de sitio experimental.

El estudio se realizó en la Sierra de Arteaga, en los terrenos del Campo Experimental “Sierra de Arteaga” del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias que se localiza a 25° 16' de latitud norte y 100° 46' de longitud oeste, a una altura de 2 040 msnm.

Características del área.

Suelos.

En su totalidad la sierra de Arteaga, Coahuila, está formada de rocas sedimentarias lutitas-areniscas, lo que provoca en los terrenos con pendientes pronunciadas, suelos delgados en su mayoría.

Los suelos que predominan en esta región de acuerdo a las cartas de CETENAL son los siguientes:

I + E/2 Litosoles en intrusión de rendzinas de textura media.

Son suelos poco profundos, donde sobreyace inmediatamente material calcáreo con equivalente de carbonato de calcio mayor de 40 por ciento.

E + I/2 Rendzinas con intrusión de litosoles de textura media.

Suelos en los cuales se presenta material calcáreo subyacente a un horizonte A mólico.

Los suelos encontrados en extensiones reducidas, generalmente en pequeños valles o mesetas son:

Hg/2 Xerosoles gípsicos de textura media

Suelos que presentan un horizonte A ocríco profundo, y con presencia de un horizonte gípsico en los primeros 125 cm del perfil del suelo. Presenta fase física y petrocálcica profunda.

Tipo de clima.

Según el sistema de clasificación de Koppen en 1936, modificado por García en 1981, el clima de la región es de tipo BSo(h') W (e'), pertenece al grupo de los climas secos o esteparios, es el más seco de su tipo, muy cálido, con una temperatura media anual de 22.8°C, extremoso en los meses de invierno alcanzando temperaturas de hasta 15° bajo cero.

Preparación del terreno

El experimento se estableció en un terreno que permaneció en descanso en el ciclo anterior y la preparación del terreno se hizo mediante un barbecho, rastra y surcado.

Fertilizantes utilizados

Los fertilizantes utilizados fueron Superfosfato Simple, Urea y Sulfato de Potasio, que se utilizaron para la fertilización de fondo; Map- Técnico, Sulfato de Amonio y Sulfato de Potasio a través del sistema de riego; y Map- Técnico, Acidos Húmicos y Fúlvicos, Nutraphite, Starterfeed, Algaenzimas vía foliar; Micorrizas a través del sistema de riego.

Tratamientos

En el Cuadro 3.1 se presentan la dosis aplicada y número de aplicaciones para cada uno de los tratamientos evaluados. Todos los tratamientos a excepción del testigo absoluto recibieron una dosis de 200-400-200 kg de N, P₂O₅ y K₂O/ha, aplicándose un 30 por ciento de N, 60 por ciento del P₂O₅ y 30 por ciento K₂O al momento de la siembra, el porcentaje restante se aplicó durante el ciclo del cultivo a través del sistema de riego.

Cuadro 3.1. Concentración del producto, forma de aplicación, dosis aplicada y número de aplicaciones para cada tratamiento evaluado. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.

No tratamiento	Tratamiento	Concentración	Forma de Aplicación	Dosis Aplicada	No. De aplicaciones
1	Map Técnico	12-61-00	Foliar	5kg/ha	6
2	Acidos Humicos y Fulvicos	12%	Foliar	5 l/ha	6
3	Nutraphite	4-30-8	Foliar	5 l/ha	6
	Starterfeed	5-30-0	Foliar	2 Kg/ha	6
4	Micorrizas	1 propagúlo /cc	(A través del sistema de riego)	30 l/ha	1
5	Testigo Comercial		(Suelo y S de riego)	200-400-200	-
6	Testigo Absoluto	0-0-0		0-0-0	-

7	Algaenzimas		Foliar	1 l/ha	6
---	-------------	--	--------	--------	---

Semilla

Se utilizaron tubérculos de tercera categoría de la variedad Gigant, tratados con los productos químicos Monseren, PCNB, Amistar, Furadan y Confidor de acuerdo a la dosis que marca la etiqueta.

Fecha y método de siembra

El cultivo se desarrolló durante el ciclo (Primavera Verano) en el Campo Experimental Saltillo ubicado en el ejido de Emiliano Zapata Municipio de Arteaga, Coahuila; la siembra se realizó el 15 de mayo del 2002 en un suelo ligeramente húmedo, se abrieron los surcos con la maquinaria, se aplicó en forma manual la fertilización de fondo, se cubrió con suelo el fertilizante para que no quedara en contacto con la semilla, se depositó en forma manual un tubérculo cada 20 cm de distancia, se hizo una aplicación a los tubérculos cuando se colocaron en el suelo con los productos químicos Monceren, PCNB, Amistar, Furadan y Confidor de acuerdo a la dosis que marca la etiqueta, se cubrieron con arado de doble vertedera. El cultivo emergió el 5 de junio.

Parcela experimental

La parcela experimental fue de 54 m² formada por 6 surcos a 90 cm de distancia y 10 m de largo. La parcela útil fue de 21.6 m² formada por 4 surcos a 90 cm de distancia y 6 m de largo. Entre repeticiones se dejó una calle de 1.8 m y un pasillo de 1.5 m la superficie total del experimento fue de 2,518.7 m².

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con 4 repeticiones por tratamiento. El modelo que describe al diseño es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

i = i -ésimo nivel de tratamientos

J = j -ésimo nivel de repeticiones

μ = Media general

τ = efecto de los tratamientos de fertilización (i)

β = Efecto del bloque (j)

ε = Error experimental para cada observación (ij)

Aplicación de fertilizantes.

Todos los tratamientos a excepción del testigo absoluto recibieron una dosis de 200-400-200 kg N, P₂O₅ y K₂O/ha. Aplicándose un 30 por ciento del N, 60 por ciento del P₂O₅ y 30 por ciento de K₂O al momento de la siembra utilizando las fuentes Urea, Superfosfato Simple y Sulfato de Potasio el mismo día de la siembra. El porcentaje restante se aplicó durante el ciclo del cultivo a través del sistema de riego y correspondiendo a Map-Técnico 5.77 Kg, Sulfato de Amonio 11.64 kg haciéndose 7 aplicaciones y Sulfato de Potasio 8.62 Kg por aplicación haciéndose 5 aplicaciones durante la madurez del cultivo.

Instalación del sistema de riego

EL sistema se instaló del 20 de mayo al 1 de Junio del 2002, el cual constó de una cintilla de las siguientes características:

Marca Toro, cuatro milésimas de grosor, separación entre emisores 12 pulgadas, gasto del emisor 5.6 litros por minuto por cada 100 metros, presión de operación 8 psi.

Instalación de los medidores de humedad.

Se dejaron saturar durante por 24 horas y se llevaron a campo, se instalaron 8 sensores en el suelo a una profundidad de 30 cm.

Control de malezas

El control se realizó con una aplicación preemergente de Sencor 70 PH 600 gramos por hectárea. Dos semanas después una aplicación posemergente, 500 gramos específicamente para malezas de hoja ancha y angosta, principalmente para combatir quelite, por lo que el cultivo no tuvo problemas.

Riegos

Se dio un riego de establecimiento el día 16 y 17 de mayo; considerando la información de los sensores de humedad, se considero tener siempre 25 centibares. Los riegos se realizaban cuando el sensor marcaba arriba de 25 cb.

Control de plagas y enfermedades

Los insecticidas usados fueron Agromet Met 600 para combatir principalmente mosquita blanca y palomilla de la papa haciéndose dos aplicaciones. Y el fungicida empleado para controlar tizón tardío fue Previcur y para el tizón temprano Cloratolonil de los cuales se hicieron tres aplicaciones de acuerdo a la dosis que marca el producto.

Muestreo de planta para análisis foliar.

Se realizaron cinco muestreos tomándose 30 pecíolos tomando la cuarta hoja de arriba hacia abajo de la planta para cada tratamiento, se llevaron al laboratorio, se lavaron, se pusieron a secar por un día al ambiente, se metieron a la estufa para secarlos bien, se molieron y se pasó la muestra por un cedazo para obtener material finamente molido para analizar. El análisis se realizó por el método de vía húmeda.

Cosecha

El desvare de la planta fue el 28 de agosto del 2002 se realizó mecánicamente. La cosecha se llevó a cabo el 27 de septiembre utilizando maquinaria para desenterrar las papas, se tomó el peso de los tubérculos en las categorías primeras, segundas, terceras y los de las cuartas. Se estimó el rendimiento experimental y calidad del tamaño del tubérculo para cada uno de los tratamientos evaluados. El rendimiento experimental se obtuvo mediante la suma de las medias de primeras, segundas y terceras categorías, considerándose la superficie de terreno experimental.

Variables analizadas en el trabajo de campo

Rendimiento comercial

Rendimiento por categorías primeras, segundas y terceras

Concentración de fósforos en diferentes etapas

Absorción de fósforo (kg/ha)

Eficiencia de absorción de fósforo

Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Diseñado por el Dr. Emilio Olivares Sáenz Maestro-investigador Facultad de Agronomía UANL.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento experimental

En el Cuadro 4.1 se presenta el análisis de varianza del rendimiento experimental de papa donde se muestra que existe diferencia significativa entre tratamientos, lo cual no sucede entre los bloques.

Cuadro 4.1. Análisis de varianza del rendimiento experimental de papa. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2002.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	1668.757813	238.393967	2.7921*	0.032
Bloques	3	198.289063	66.096352	0.7741N.S	0.524
Error	21	1792.984375	85.380211		
Total	31	3660.031250			

C.V. = 21.14%

N.S. Diferencia no significativa

* Diferencia significativa

** Diferencia altamente

significativa

En el cuadro 4.2 se presenta la comparación de medias de rendimiento experimental de papa (1^a, 2^a y 3^a categorías) donde se observa que los tratamientos Map-Técnico, Ácidos Húmicos y Fúlvicos, Nutriphite, Starterfeed, Micorrizas, Testigo Convencional y Algaenzimas son estadísticamente iguales entre si y diferentes al Testigo Absoluto. Siendo el tratamiento de Micorrizas el que presenta mayor rendimiento experimental, debido a que las micorrizas producen gran cantidad de micelios, lo que aumenta el volumen del suelo explorado y la superficie de absorción, influyendo mecanismos para mejorar la absorción de agua y adquisición de nutrimentos en los sistemas naturales ó manejados (Hooker and Atkinson, 1992).

Cuadro 4.2. Comparación de medias de rendimiento experimental de papa (1^a, 2^a y 3^a categoría) para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002

No.	Tratamientos	Rendimiento ton/ha.	Tukey 5%
1	MAP Técnico	36.6300	AB
2	Ácidos húmicos y fúlvicos	36.4600	AB
3	Nutriphite	38.4600	AB
4	Starterfeed	42.8400	AB
5	Micorrizas	47.1400	A
6	Testigo Convencional	36.5800	AB
7	Testigo Absoluto	21.2300	B
8	Algaenzimas	42.9500	AB

Rendimiento (primera categoría)

En el Cuadro 4.3 se presentan el análisis de varianza de rendimiento de papa categoría primeras donde puede observar que existe diferencia significativa entre tratamientos, lo cual no sucede entre bloques.

Cuadro 4.3. Análisis de varianza de rendimiento de papa categoría primeras. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
----	----	----	----	---	-----

Tratamientos	7	396.853027	56.693291	2.5322 *	0.047
Bloques	3	53.928711	17.976236	0.8029 N.S.	0.509
Error	21	470.171387	22.389114		
Total	31	920.953125			

C.V. = 34.88%

N.S. Diferencia no significativa

* Diferencia significativa

** Diferencia altamente

significativa

En el Cuadro 4.4 se muestra la comparación de medias de rendimiento en toneladas por hectárea correspondiente a primera categoría, donde se observa que los tratamientos Starterfeed, Ácidos Húmicos y Fulvicos, Micorrizas, Algaenzimas, Nutriphite, Testigo Convencional, Map-Técnico son estadísticamente (Tukey 5 por ciento) iguales y diferentes al Testigo Absoluto. Siendo el mejor tratamiento Starterfeed con 18.37 ton/ha de primera categoría donde se aplica el fósforo vía foliar, lo que corrige deficiencias, mejora la calidad del producto, acelera o retarda algunas etapas fisiológicas de la planta y eficientiza el aprovechamiento nutrimental de los fertilizantes provocando

un incremento del 36 por ciento con respecto al testigo comercial. Esto concuerda con lo reportado por Santos y Aguilar en 1998 que dicen que los incrementos por el uso de esta práctica han sido a veces mayores de cien por ciento, comparados con los rendimientos sin fertilizar sin embargo los incrementos más frecuentes oscilan entre 10 a 30 por ciento en los rendimientos para la mayoría de cultivos.

Cuadro 4.4. Comparación de medias de rendimiento (ton/ha) de papa categoría primeras, para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.

No.	Tratamientos	Rendimiento ton/ha.	Tukey 5%
1	MAP Tecnico	12.9000	AB
2	Ácidos húmicos y fúlvicos	15.4100	AB
3	Nutriphite	13.7100	AB
4	Starterfeed	18.3700	A
5	Micorrizas	14.9500	AB
6	Testigo Convencional	13.5400	AB
7	Testigo Absoluto	5.2200	B
8	Algaenzimas	14.3500	AB

En el Cuadro 4.5 se muestra el análisis de varianza del cultivo de papa segunda categoría en donde se observa que no hay diferencia significativa entre tratamientos ni entre bloques

Cuadro 4.5. Análisis de varianza del rendimiento de papa categoría segunda. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	274.350586	39.192940	1.4466 N.S.	0.239
Bloques	3	59.319336	19.773111	0.7298 N.S.	0.548

Error	21	568.952637	27.092983		
Total	31	902.622559			

C.V.= 40.91%

N.S. Diferencia no significativa

* Diferencia significativa

** Diferencia altamente

significativa

En el Cuadro 4.6 se presenta la comparación de medias de rendimiento ton/ha para el cultivo de papa segunda categorías. De acuerdo con el análisis varianza no existe diferencia significativa entre tratamientos por lo cual no se lleva a cabo la prueba de medias.

Cuadro 4.6. Comparación de medias de rendimiento (ton/ha) de papa categoría segundas. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2002.

No.	Tratamientos	Rendimiento ton/ha.
1	MAP Tecnico	13.7100
2	Ácidos húmicos y fúlvicos	11.2620
3	Nutriphite	14.0400
4	Starterfeed	11.6100

5	Micorrizas	17.2500
6	Testigo Convencional	13.1300
7	Testigo Absoluto	14.3100
8	Algaenzimas	6.4500

Concentración de fósforo foliar

En todos los análisis los valores de por ciento de fósforo foliar se transforman, debido a que cuando se manejan datos en porcentaje la distribución no es normal, sino que frecuentemente se tienen distribuciones Poisson o binomiales, por ello se realiza dicha transformación de $\arcseno\sqrt{\text{porcentaje}}$ lo que permite aclarar los análisis de varianza y prueba de medias.

Concentración de fósforo foliar (primer muestreo)

En el Cuadro 4.7 se muestran los resultados de los análisis de concentración fósforo foliar expresados en por ciento y en el Cuadro 4.8 se presentan los datos transformados correspondientes a concentraciones de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 41 días después de la siembra para los 8 tratamientos evaluados.

Cuadro 4.7. Concentración de fósforo foliar (%) en el cultivo de papa a los 41 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo. P-V 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
--	----	----	----	----	----	----	----	----

R1	0.204	0.198	0.281	0.320	0.247	0.281	0.262	0.269
R2	0.226	0.214	0.165	0.230	0.254	0.233	0.237	0.222
R3	0.212	0.280	0.213	0.236	0.264	0.219	0.228	0.236
R4	0.225	0.204	0.191	0.207	0.245	0.362	0.249	0.226

Cuadro 4.8. Datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa a los 41 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP Ciclo. P-V.2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	2.588	2.550	3.038	3.242	2.848	3.038	2.934	2.972
R2	2.724	2.651	2.328	2.748	2.888	2.766	2.790	2.700
R3	2.639	3.033	2.645	2.784	2.945	2.682	2.736	2.784
R4	2.718	2.588	2.504	2.607	2.837	3.449	2.860	2.724

En Cuadro 4.9 se muestra el análisis de varianza de los datos transformados de por ciento de fósforo foliar en papa a los 48 días después de la siembra, donde se observa que no hay diferencia significativa entre tratamientos y bloques; por lo tanto no se realiza prueba de medias. En el Cuadro 4.10 se muestran la medias de concentración de fósforo foliar transformadas correspondientes a los 41 días después de la siembra.

Cuadro 4.9. Análisis de varianza de los datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa a los 41 días después de la siembra. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2002.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	0.393677	0.056240	1.2706 N.S	0.311
Bloques	3	0.165451	0.055150	1.2460 N.S	0.318
Error	21	0.929502	0.044262		
Total	31	1.488632			

C.V. = 7.54% N.S. Diferencia no significativa * Diferencia significativa

** Diferencia altamente significativa

Cuadro 4.10. Medias transformadas de concentración de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 41 días de sembrado el cultivo para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2002.

No.	Tratamientos	Concentración % de Fósforo
1	MAP Tecnico	2.667
2	Ácidos húmicos y fúlvicos	2.705
3	Nutriphite	2.628
4	Starterfeed	2.845
5	Micorrizas	2.879
6	Testigo Convencional	2.983
7	Testigo Absoluto	2.283
8	Algaenzimas	2.759

Concentración de fósforo foliar (segundo muestreo)

En el Cuadro 4.11 se muestra la concentración de fósforo foliar en por ciento a los 55 días después de la siembra y en el cuadro 4.12 se presentan los datos transformados de concentración de fósforo foliar para los 8 tratamientos.

Cuadro 4.11. Concentración de fósforo foliar (%) en el cultivo de papa a los 55 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo. P-V 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	0.395	0.399	0.460	0.445	0.409	0.304	0.316	0.441
R2	0.388	0.340	0.419	0.432	0.417	0.382	0.317	0.438
R3	0.433	0.441	0.428	0.454	0.287	0.389	0.303	0.450
R4	0.442	0.396	0.405	0.446	0.436	0.373	0.354	0.389

Cuadro 4.12. Datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 55 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo. P-V 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	3.603	3.621	3.888	3.824	3.666	3.160	3.222	3.807
R2	3.571	3.342	3.711	3.768	3.702	3.543	3.227	3.794
R3	3.777	3.807	3.751	3.863	3.070	3.575	3.155	3.846
R4	3.724	3.607	3.648	3.829	3.786	3.501	3.410	3.575

En el Cuadro 4.13 se encuentra el análisis de varianza de los datos transformados de la concentración de por ciento de fósforo foliar a los 55 días después de la siembra en el cual se observa que si hay diferencia significativa entre tratamientos y bloques.

Cuadro 4.13 Análisis de varianza de los datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa a los 55 días después de la siembra. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2002.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	0.983398	0.140485	4.3672 *	0.004
Bloques	3	0.011688	0.003896	0.1211 *	0.946
Error	21	0.675537	0.032168		
Total	31	1.670624			

C.V. = 4.97 %

N.S. Diferencia no significativa

* Diferencia significativa

** Diferencia altamente

significativa

En el cuadro 4.14 se muestra la comparación de medias de los datos transformados de concentración de fósforo foliar a los 55 días después de la siembra en el cual podemos observar que todos los tratamientos son estadísticamente (Tukey 5 por ciento) iguales. Siendo el mejor tratamiento el de Starterfeed con una concentración de fósforo foliar transformado de 3.821 que equivale a una media de 0.444 por ciento de fósforo foliar de acuerdo al cuadro 4.11. Lo anterior concuerda con lo reportado por Jones 1996 que dice que los rangos de suficiencia de por ciento de fósforo en el cultivo de la papa en hojas que están recientemente formadas, plantas con una altura de 30 cm. el nivel de suficiencia es de 0.20 – 0.50 por ciento de P. y hojas recientemente formadas cuando tenemos tubérculos de medio crecimiento el nivel de suficiencia es de 0.25-0.40 por ciento.

Cuadro 4.14. Comparación de datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa a los 55 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.

No.	Tratamientos	Fósforo foliar transformado	Tukey 5%
1	MAP Tecnico	3.661	AB
2	Ácidos húmicos y fúlvicos	3.594	AB
3	Nutriphite	3.749	A
4	Starterfeed	3.821	A

5	Micorrizas	3.556	AB
6	Testigo Convencional	3.444	AB
7	Testigo Absoluto	3.253	AB
8	Algaenzimas	3.755	A

Concentración de fósforo foliar (tercer muestreo)

En el Cuadro 4.15 se muestran los datos de concentración de los análisis de fósforo foliar (%) en el cultivo de papa a los 66 días después de la siembra y en el Cuadro 2.16 se observan los datos transformados de concentración de fósforo foliar

Cuadro 4.15. Concentración de fósforo foliar (%) en el cultivo de papa a los 66 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo. P-V 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	0.278	0.334	0.350	0.274	0.318	0.356	0.290	0.334
R2	0.282	0.368	0.344	0.327	0.293	0.338	0.305	0.304
R3	0.394	0.272	0.342	0.346	0.320	0.327	0.265	0.312
R4	0.343	0.349	0.294	0.302	0.273	0.304	0.263	0.341

Cuadro 4.16. Datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 66 días después de la siembra; para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo. P-V 2002

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
--	----	----	----	----	----	----	----	----

R1	3.022	3.313	3.391	3.000	3.232	3.420	3.086	3.313
R2	3.044	3.477	3.362	3.278	3.102	3.332	3.165	3.160
R3	3.598	2.989	3.353	3.372	3.242	3.278	2.950	3.202
R4	3.357	3.386	3.108	3.150	2.995	3.160	2.939	3.347

En el Cuadro 4.17 se presenta el análisis de varianza de los datos transformados de concentración de fósforo foliar a los 66 días después de la siembra, en el cual se observa que no existe diferencia significativa entre tratamientos y bloques por lo cual no se realiza prueba de medias y en el Cuadro 4.18 se muestra las medias de concentración de fósforo foliar transformadas a los 66 días después de la siembra.

Cuadro 4.17. Análisis de varianza de los datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 66 días después de la siembra. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2002.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	0.244110	0.0348873	1.2072 N.S.	0.342
Bloques	3	0.021759	0.007253	0.2511 N.S.	0.860
Error	21	0.606659	0.028889		
Total	31	0.872528			

C.V. = 5.27 % N.S. Diferencia no significativa *Diferencia significativa
 ** Diferencia altamente significativa

Cuadro 4.18. Medias de Concentración de fósforo foliar (transformadas) en el cultivo de papa a los 66 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2002.

No.	Tratamientos	Fósforo foliar transformado
1	MAP Tecnico	3.255

2	Ácidos húmicos y fúlvicos	3.291
3	Nutriphite	3.303
4	Starterfeed	3.200
5	Micorrizas	3.142
6	Testigo Convencional	3.297
7	Testigo Absoluto	3.035
8	Algaenzimas	3.255

Concentración de fósforo foliar (cuarto muestreo)

En el Cuadro 4.19 se muestra las concentraciones de fósforo foliar (%) a los 81 días después de la siembra para los 81 tratamientos y en el Cuadro 4.20 se presentan los datos transformados de concentración de fósforo foliar

Cuadro 4.19. Concentración de fósforo foliar (%) en el cultivo de papa a los 81 días después de la siembra; para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo. P-V 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	0.15	0.17	0.13	0.16	0.16	0.17	0.15	0.17
R2	0.16	0.17	0.12	0.16	0.16	0.18	0.16	0.18
R3	0.18	0.17	0.15	0.16	0.16	0.18	0.16	0.18
R4	0.18	0.18	0.18	0.16	0.17	0.18	0.17	0.17

Cuadro 4.20. Datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 81 días después de la siembra; para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo. P-V 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	2.219	2.363	2.066	2.292	2.292	2.363	2.219	2.363
R2	2.292	2.363	1.985	2.292	2.292	2.431	2.292	2.431
R3	2.431	2.363	2.219	2.929	2.292	2.431	2.292	2.431

R4	2.431	2.431	2.431	2.292	2.363	2.431	2.363	2.363
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

En el Cuadro 4.21 corresponde al análisis de varianza de los datos transformados de por ciento de fósforo foliar en el cultivo de papa en el cual se observa que hay una diferencia altamente significativa entre tratamientos y significativa entre bloques.

Cuadro 4.21. Análisis de varianza de los datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa a los 81 días después de la siembra. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2002.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	0.328651	0.046950	8.8170 **	0.000
Bloques	3	0.020973	0.006991	1.3129 *	0.296
Error	21	0.111824	0.005325		
Total	31	0.461449			

C.V. = 3.13 %

N.S. Diferencia no significativa

* Diferencia significativa

** Diferencia altamente

significativa

En el Cuadro 4.22 se muestran las medias de los datos transformados de concentración de fósforo foliar, en el cultivo de la papa a los 81 días después de la siembra donde se observa que los tratamientos Testigo Absoluto, Algaenzimas y Acidos Húmicos y Fúlvicos son estadísticamente (Tukey 5 por ciento) iguales con los demás tratamientos y diferentes al Tratamiento Convencional. Siendo el mejor tratamiento Testigo Convencional con una concentración de fósforo foliar transformada de 2.414 que equivale a una media de 0.177 por ciento de fósforo foliar (cuadro 4.19). El cual es un valor crítico de acuerdo con lo que expresa Jones en 1998, quien dice que el fósforo oscila entre 0.15 al 1.00 por ciento del peso seco de la mayoría de las plantas, con valores a partir del 0.2 a 0.40 por ciento en tejido recientemente maduro de la hoja. Los valores críticos para P son normalmente menos de 0.20 por ciento (cuando es deficiente) y mayores que 1.0 por ciento (es exceso).

Cuadro 4.22. Comparación de medias de los datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa a los 81 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.

No.	Tratamientos	Fósforo foliar transformado	Tukey 5%
1	MAP Tecnico	2.343	AB
2	Ácidos húmicos y fúlvicos	2.380	A
3	Nutriphite	2.175	B
4	Starterfeed	2.292	AB
5	Micorrizas	2.309	AB
6	Testigo Convencional	2.414	A
7	Testigo Absoluto	2.291	AB
8	Algaenzimas	2.397	A

Concentración de fósforo foliar (quinto muestreo)

En el Cuadro 4.23 se muestran las concentraciones de fósforo foliar (%) en el cultivo de papa a los 88 días después de la siembra y en el Cuadro 4.24 se presentan los datos transformados de concentración de fósforo foliar para los 8 tratamientos

Cuadro 4.23. Concentración de fósforo foliar (%) en el cultivo de papa a los 88 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo. P-V 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	0.14	0.12	0.12	0.12	0.120	0.10	0.12	0.11
R2	0.12	0.12	0.14	0.14	0.120	0.10	0.10	0.10
R3	0.12	0.12	0.12	0.14	0.11	0.10	0.10	0.10
R4	0.12	0.12	0.14	0.16	0.11	0.11	0.11	0.11

Cuadro 4.24. Datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 88 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo. P-V 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	2.144	1.985	1.985	1.985	1.985	1.812	1.985	1.900
R2	1.985	1.985	2.144	2.144	1.985	1.812	1.812	1.812
R3	1.985	1.985	1.985	2.144	1.900	1.812	1.812	1.812
R4	1.985	1.985	2.144	2.292	1.900	1.900	1.900	1.900

En el Cuadro 4.25 corresponde al análisis de varianza de los datos transformado de concentración de fósforo foliar a los 88 días después de la siembra en el cual se observa que hay diferencia altamente significativa entre tratamientos y bloques.

Cuadro 4.25 Análisis de varianza de los datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 88 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	0.165344	0.023621	4.4532 **	0.004
Bloques	3	0.063263	0.021088	3.9756 **	0.021
Error	21	0.111389	0.005304		
Total	31	0.339996			

C.V. 3.71 %

N.S. Diferencia no significativa

* Diferencia significativa

** Diferencia altamente

significativa

En el Cuadro 4.26 se presentan las medias de los datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa a los 88 días después de la siembra donde se observa que Starterfeed es estadísticamente (Tukey 5 por ciento) igual a los tratamientos Nutriphite, Map-Técnico, Ácidos Húmicos y Fúlvicos y diferente a los demás tratamientos. Siendo el mejor tratamiento Starterfeed con una concentración transformada de fósforo foliar de 2.14, que equivale a una media de 0.140 por ciento de fósforo foliar (cuadro 4.23). Siendo un valor crítico de acuerdo con lo que expresa Jones en 1998, quien dice que el fósforo oscila entre 0.15 al 1.00 por ciento del peso seco de la mayoría de las plantas, con valores a partir del 0.2 a 0.40 por ciento en tejido recientemente maduro de la hoja. Y los valores críticos para P son normalmente menos de 0.20 por ciento (cuando es deficiente) y mayores que 1.0 por ciento (es exceso)

Cuadro 4.26. Comparación de medias transformadas de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa a los 88 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimenta “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.

No.	Tratamientos	Fósforo foliar transformado	Tukey 5%
1	MAP Tecnico	2.024	ABC
2	Ácidos húmicos y fúlvicos	1.985	ABCD
3	Nutriphite	2.064	AB
4	Starterfeed	2.141	A
5	Micorrizas	1.942	BCD
6	Testigo Convencional	1.834	D
7	Testigo Absoluto	1.877	CD
8	Algaenzimas	1.856	CD

Kilogramos por hectárea de fósforo absorbido

Los kilogramos por hectárea de fósforo absorbido se obtienen al multiplicar los gramos de materia seca de una planta por la densidad total del cultivo, y luego por la concentración foliar de fósforo de cada tratamiento.

En el Cuadro 4.27 se muestra el análisis de varianza de kilogramos de fósforo absorbido a los 81 días después de la siembra en el cual se puede observar que hay una diferencia altamente significativa entre tratamientos y bloques.

Cuadro 4.27. Análisis de varianza de kilogramos de fósforo absorbido en el cultivo de papa a los 81 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”. INIFAP. Ciclo P-V 2002.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	209.946045	29.992292	122.9922**	0.000
Bloques	3	2.825195	0.941732	3.8605**	0.024
Error	21	5.122803	0.243943		
Total	31	217.894043			

C.V. = 5.94 %

N.S. Diferencia no significativa

* Diferencia significativa

** Diferencia altamente

significativa

En el Cuadro 4.28 se presentan las medias de kilogramos por hectárea de fósforo absorbido a los 81 días después de la siembra en el cultivo de papa en donde el tratamiento más significativo (Tukey 5 por ciento) corresponde al tratamiento Ácidos húmicos y fúlvicos con 13.42 kilogramos por hectárea de fósforo absorbido. Esto se debe que los ácidos fúlvicos y húmicos aplicados vía foliar estimulan el crecimiento del tallo. (Chen y Avid, 1990) citado por Isaki (1995) y también al aplicar sustancias húmicas solas o combinadas con fertilizantes estimula la biomasa (Cruz 2000), lo cual tiene influencia en la absorción de fósforo.

Cuadro 4.28. Comparación de medias de concentración de fósforo absorbido (Kg/ha), el cultivo de la papa a los 81 días después de las siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.

No.	Tratamientos	Materia Seca Gramos	Kg/ha fósforo Absorbido	Tukey 5 %
1	MAP Tecnico	90.15	8.38	C
2	Ácidos húmicos y fúlvicos	140.13	13.42	A
3	Nutriphite	86.82	6.99	D
4	Starterfeed	70.51	6.26	DE
5	Micorrizas	73.78	6.65	D
6	Testigo Convencional	88.16	8.68	C
7	Testigo Absoluto	57.81	5.13	E
8	Algaenzimas	113.45	11.02	B

En el Cuadro 4.29 corresponde al análisis de varianza de kilogramos de fósforo absorbido en el cultivo de papa a los 88 días después de la siembra donde se observa que hay una diferencia altamente significativa entre tratamientos y bloques.

Cuadro 4.29. Análisis de varianza de kilogramos de fósforo absorbido en el cultivo de papa a los 88 días después de la siembra. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2002.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	80.989502	11.569929	36.8538**	0.000
Bloques	3	1.083740	0.361247	1.1507*	0.352
Error	21	6.592773	0.313942		
Total	31	88.666016			

C.V. = 7.61 %

N.S. Diferencia no significativa

* Diferencia significativa

** Diferencia altamente

significativa

En el Cuadro 4.30 se presentan las medias de kilogramos por hectárea de fósforo, absorbido en donde se observa que el tratamiento de Ácidos Húmicos y Fúlvicos es estadísticamente (Tukey 5 por ciento) igual a los tratamientos Starterfeed, Map-Técnico y diferente a los demás tratamientos. Siendo el mejor tratamiento Ácidos Húmicos y Fúlvicos con 9.81 kilogramos por hectárea de fósforo absorbido. Esto se debe que los Acidos Fulvicos y Húmicos aplicados vía foliar estimulan el crecimiento del tallo (Chen y Avid, 1990) citado por Isaki (1995) y también al aplicar sustancias humicas solas o

combinadas con fertilizantes estimula la producción de biomasa (Cruz, 2000), lo cual tienen influencia en la absorción de fósforo.

Cuadro 4.30. Comparación de medias de concentración de fósforo absorbido (Kg/ha) en el cultivo de pap a los 88 días de sembrado el cultivo. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002

No.	Tratamientos	Materia seca gramos	Kg/ha fósforo absorbido	Tukey 5 %
1	MAP Tecnico	122.78	8.52	AB
2	Ácidos húmicos y fúlvicos	147.28	9.81	A
3	Nutriphite	107.76	7.78	BC
4	Starterfeed	116.18	9.03	AB
5	Micorrizas	99.04	6.32	D
6	Testigo Convencional	100.3	5.70	DE
7	Testigo Absoluto	83.07	4.95	E
8	Algaenzimas	116.18	6.77	CD

Eficiencia de Absorción de fósforo.

En la eficiencia de absorción utilizamos la siguiente fórmula:

$$E = [(X - Y)/Z]100$$

Donde:

E = Eficiencia de absorción de fósforo.

X = Contenido de Fósforo en la plantas fertilizada (Kg/ha)

Y = Contenido de Fósforo en la planta no fertilizada (Kg/ha)

Z = Dosis de fósforo aplicada 400 (Kg/ha)

Lo datos de eficiencia de absorción de fósforo expresados en por ciento se transformaron debido a que cuando se manejan datos en porcentaje la distribución no es normal, si no que frecuentemente se tienen distribuciones de Poisson o binomiales, por ello se realiza dicha transformación de $\arcseno\sqrt{\text{porcentaje}}$ para poder hacer los análisis de varianza y prueba de medias.

En el cuadro 4.31 se muestras las eficiencias de absorción en porcentaje en el cultivo de papa a los 81 días después de la siembra para los 8 tratamientos y en el Cuadro 4.32 se muestras los datos transformados.

Cuadro 4.31. Eficiencia de absorción de fósforo (%), en el cultivo de la papa a los 81 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	0.59	2.02	0.28	0.28	0.35	0.79	-	1.39
R2	0.72	2.02	0.16	0.28	0.35	0.92	-	1.55
R3	0.97	2.02	0.52	0.28	0.35	0.92	-	1.55
R4	0.97	2.22	0.88	0.28	0.45	0.92	-	1.39

Cuadro 4.32. Datos transformados de eficiencia de absorción de fósforo en el cultivo de la papa a los 81 días después de la siembra para cada unos de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	4.405	8.170	3.033	3.033	3.391	5.099	-	6.770
R2	4.867	8.170	2.292	3.033	3.391	5.504	-	7.151
R3	5.652	8.170	4.135	3.033	3.391	5.504	-	7.151
R4	5.652	8.560	5.382	3.033	3.846	5.504	-	6.770

En el Cuadro 4.33 se hace referencia al análisis de varianza de los datos transformados de eficiencia de absorción de fósforo a los 81 después de la siembra, donde se observa que hay una diferencia altamente significativa entre tratamientos y bloques.

Cuadro 4.33. Análisis de varianza de los datos transformados de por ciento de absorción de fósforo en el cultivo de papa a los 81 días después de la siembra. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2002.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	168.959290	24.137041	83.51622**	0.000
Bloques	3	2.865479	0.955159	3.3049**	0.039
Error	21	6.069214	0.289010		
Total	31	177.893982			

C.V. = 11.84

N.S. Diferencia no significativa

* Diferencia significativa

** Diferencia altamente

significativa

En el Cuadro 4.34 se muestran las medias transformadas de eficiencia de absorción de fósforo para cada uno de los tratamientos a los 81 días después de la siembra donde se

observa que los Ácidos Húmicos y Fúlvicos es superior estadísticamente (Tukey 5 por ciento) a los demás tratamientos. Con una eficiencia de absorción de fósforo transformada de 8.267 que equivale a 2.07 por ciento de eficiencia de absorción de fósforo (cuadro 4.31); debido que al tener más fósforo absorbido tendrá más eficiencia de absorción y de acuerdo con la formula de eficiencia de absorción citada por Morales, 1996 se puede decir que la materia seca y el contenido del nutrimento en la planta se asocia con la respuesta a un alto porcentaje de absorción.

Cuadro 4.34. Comparación de medias de datos transformados de eficiencia de absorción de fósforo en el cultivo de la papa para cada uno de los tratamientos a los 81 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.

No.	Tratamientos	Eficiencia de absorción de fósforo (Transformada)	Tukey 5 %
1	MAP Tecnico	5.194	C
2	Ácidos húmicos y fúlvicos	8.267	A
3	Nutriphite	3.710	D
4	Starterfeed	3.033	D
5	Micorrizas	3.391	D
6	Testigo Convencional	5.402	C
7	Testigo Absoluto	-	E
8	Algaenzimas	6.960	B

En el Cuadro 4.35 se presentan las eficiencias de absorción de fósforo (%) en el cultivo de papa a los 88 días después de la siembra y en el Cuadro 2.36 se muestran los datos transformados de eficiencia de absorción de fósforo para los 8 tratamientos.

Cuadro 4.35. Eficiencias de absorción de fósforo (%), en el cultivo de la papa a los 88 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V. 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	1.14	1.21	0.55	0.69	0.41	0.15	-	0.53
R2	0.80	1.21	0.85	1.02	0.41	0.15	-	0.37
R3	0.80	1.21	0.55	1.02	0.27	0.15	-	0.37
R4	0.80	1.21	0.85	1.34	0.27	0.29	-	0.53

Cuadro 4.36. Datos transformados de eficiencia de absorción de fósforo, en el cultivo de la papa a los 88 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	6.129	6.315	4.253	4.764	3.671	2.219	-	4.179
R2	5.131	6.315	5.289	5.796	3.671	2.219	-	3.487
R3	5.131	6.315	4.253	5.796	2.978	2.219	-	3.487
R4	5.131	6.315	5.289	6.647	2.978	3.086	-	4.174

En el Cuadro 4.37 se muestra el análisis de varianza de los datos transformados de eficiencia de absorción de fósforo a los 88 días después de la siembra, donde se observa que hay una diferencia altamente significativa entre tratamientos y bloques.

Cuadro 4.37. Análisis de varianza de los datos transformados de por ciento de absorción de fósforo en el cultivo de papa a los 88 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V. 2002.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	96.634644	13.804949	42.6441	0.000
Bloques	3	1.1440491	0.480164	1.4832	0.247
Error	21	6.798218	0.323725		
Total	31	104.873352			

C.V. = 13.97 %

N.S. Diferencia no significativa

* Diferencia significativa

** Diferencia altamente

significativa

En el Cuadro 4.38 se muestran las medias transformadas de eficiencia de absorción de fósforo foliar en el cultivo de papa a los 88 días después de la siembra, para cada uno de los tratamientos evaluados donde se observa que el tratamiento de Ácidos

Húmico y Fúlvicos es estadísticamente (Tukey 5 por ciento) igual a los tratamientos Starterfeed, Map-Técnico y diferente a los demás tratamientos. Siendo Ácidos húmicos y fúlvicos el mejor tratamiento con 6.315 de eficiencia de absorción de fósforo (transformada) que equivale a 1.21 por ciento de eficiencia de absorción de fósforo (cuadro 4.35); debido que al tener más fósforo absorbido tendrá más eficiencia de absorción y de acuerdo con la fórmula de eficiencia de absorción citada por Morales, 1996 se puede decir que la materia seca y el contenido del nutrimento en la planta se asocia con la respuesta a un alto porcentaje de absorción.

Cuadro 4.38. Comparación de medias de datos transformados de eficiencia de absorción de fósforo en el cultivo de la papa, para cada uno de los tratamientos a los 88 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2002

No.	Tratamientos	Eficiencia de absorción de fósforo (transformada)	Tukey 5 %
1	MAP Tecnico	5.380	AB
2	Ácidos húmicos y fúlvicos	6.315	A
3	Nutriphite	4.771	BC
4	Starfeed	5.750	AB
5	Micorrizas	3.324	DE
6	Testigo Convencional	2.435	E
7	Testigo Absoluto	-	F
8	Algaenzimas	3.830	CD

V. CONCLUSIONES

1.- Se cumplió con el primer objetivo de evaluar la eficiencia de absorción de fósforo por el cultivo de la papa y se encontró que los Ácidos Húmicos y Fúlvicos fueron los que obtuvieron mayor porcentaje de absorción con 2.07 por ciento de eficiencia de absorción, a los 81 días después de la siembra, y 1.21 por ciento a los 88 días después de la siembra.

2.- Se cumplió con el segundo objetivo de medir el rendimiento experimental y categorías de primera y segunda calidad. Donde se encontró que los más altos rendimientos fueron para Micorrizas con 47.14 ton/ha y para primera calidad correspondió a Starterfeed con 18.37 ton/ha y segunda calidad para Micorrizas con 17.25 ton/ha.

3.- El riego localizado y la fertilización foliar influyeron en los más altos porcentajes de absorción de fósforo, por lo tanto se acepta la primera hipótesis, porque la fertirrigación con fósforo en sistemas de riego por goteo ofrece importantes ventajas en la movilidad del fósforo en el suelo, lo cual ayuda a su absorción y además la fertilización foliar efficientiza el aprovechamiento nutrimental de los fertilizantes.

4.- Se rechaza la segunda hipótesis dado que los tratamientos que generaron los mejores rendimientos y producción de papa de primera no se asociaron con las más altas eficiencias de absorción de fósforo.

VI. BIBLIOGRAFIA

Alexander, M. 1981. Introducción a la microbiología de suelos. AGT. Edi-Tor, S.A

Blunden, G. 1973. Effects of liquid seaweed extracts as fertilizer. Proc eventh international seaweed symposium. In ref. 3 School of Pharmacy, Polytecnic, Park Road, Portsmouth Hants, Englan.

Buckman, H.O. y C.N. Brady 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. 1er Edición. Montanar y Simon España p 450-475

Canales, L.B. 1999. Enzimas- algas: Posibilidades de uso para estimular la producción y mejorar los suelos. Terra. Volumen 17 número 3. pp. 271-276.

Christensen, B.T. 1986. Straw incorporation and soil organic matter in microaggregates and particle size fractions. J. Soil Science 37: 125-135.

Crouch, L, y J. Van Staden. 1992. Evidence of the presence of plant growth reguators in comercial seaweed products. Departmentof Botany, University of natal, Republic of South Africa. Ed. Kluwer Academic Publishing. The Netherlands.

Cruz, M.J.M. 2001. Acidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de la papa (*Solanum Tuberosum*). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila México.

Domínguez. V. A. 1997. Tratado de fertilizantes. Ediciones Mundi Prensa. España

Firma E. Bear, 1963. Suelos y sus fertilizantes. Ediciones Omega España

Flaig, W., H. Beutelspacher and E. Rietz. 1975. Chemical composition and physical properties of humic substances. In J. E. Gieseking (ed). Soil Components, vol. 1: organic components Springer-Verlag, New York.

Fox, B.A y A.G. Cameron 1961. Food Science, Nutrition and Health. Sixth Edition Ed. Edwar. Arnol, a Division of Hodder Heardline, PLC. London, NWI 3BH.

Franke,W. 1986. The basic of foliar absorption of fertilizers with special regard to mechanism. pp. 175- 225. In: Alexander (ed). foliar fertilization. Proceeding of the first international symposium of foliar fertilization by Schering Agrochemical Division. Berling.1985.

Fregoni, M. 1986. Some aspects of epigeal nutrition of grapevines. pp. 205-211. In: A. Alexander (ed). Foliar fertilization. Proceeding of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Shering Agrochemical Division. Berlin. 1985.

Furlani, C.A.M, y U.J. Filho A. 1990. Eficiência na absorcao utilizacao de fósforo em salacao nutritiva. Bragantia Campinas 49: 413-423.

Garcia F., J.L. y R. Garcia del C. 1982. Edafología y fertilización agrícola. 1ª Edición Aedos. España.

Garcia, C.I y G. Briones. S. 1997. Sistemas de riego por aspersión y goteo. Editorial Trillas, UAAAN. México. pp. 171-185.

Hiler, E.A. y T.A. Howell, 1972. Crop, response to trickle irrigation and subsurface irrigation, ASAE, 1972, Winter Meeting, Chicago Illinois.

Hooker, J.E. and D. Atkinson. 1992. Application of computer-aided image analysis to studies of arbuscular endomycorrhizal fungi effects on plant root system morphology and dynamics. Agronomie 12, 821-824.

Isaki, H. 1995. Efecto de las sustancias humicas en el cultivo de la papa y rábano. Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Jones,. 1998. Plant nutrition CRC Pres Boca Raton, Boston London New York. Washington. pp. 37-42

Kanonova, M.M., and Bel'chilkonova, N.P. Sov. Soil Sci. 1963. 1112-1121.

Lauer, D.A. 1998. "Vertical Distribución in soil of Sprinkler Applied Phosphorus. Soil Science Society of America Journal 52:862-868.

Lazcano, F. y Marina, C.M.A, 2002. Tips para manejar mejor el fósforo en los Sistemas de Fertirrigación. Informaciones Agronómicas. Instituto de la Potasa y el Fósforo. México

León, A.R. 1984. Nueva Edafología, regiones tropicales y áreas templadas de México. Ed. Gaceta, México. pp. 122-142.

Linderman, R.G. 1993. Effects of microbial interactions in the mycorrhizosphere of plant growth and health. *In*: R. Ferrera-Cerrato y R. Quintero Lizaola (Eds), Agroecología, Sostenibilidad y Educación. Colegio de Posgraduados, Montecillos, Estado de México. pp 138-151.

López, D.A., R.M. Williams, K. Miehle y J. Mazana. 1995. Enzimas, fuente de vida. Fundación de Investigación Inmunológica (IERF), 1+ 822 Moticelo Place, Evanston, Illinois, USA. Ed. en Español, Edika Med., S.L., Barcelona, España.

Mills, H. A and Jones, J.B.Jr. 1996. Plant analysis handbook II. Micro Macro Publishing, Inc., 183 Paradise Blvd, Suite 104, Athens, Georgia 30607 USA. pp. 368.

Morales, J.A. B. 1996. Efecto de fertilizantes líquidos ácidos y sólidos sobre aprovechamiento de fósforo por el cultivo de papa (*Solanum Tuberosum* L.) en un suelo de pH alcalino. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo, Coahuila México.

Mosse, B. 1981. Vesicular- arbustivo micorriza for tropical agricultura Humon Resource. University of Hawaii, Honolulu .pp 5-82.

O'Donnell, R.W.1973. The auxin-like effects of humic preparations from leonardite. Soil Science, 116: 106-112.

Piccolo, A., and Stevenson, F.J. 1982. Infrared spectra of Cu^{+2} , Pb^{+2} , and Ca^{+2} complexes of soil humic substances. *Geoderma*, 27: 195-208.

Peña, O.S. 2000. Memorias de II curso taller de microbiología de suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Suelos, Coahuila México.

Primo Yufera, J.M. Carralo Dorrizin, 1981. Química agrícola. Suelos y fertilizantes. Editorial Alambra. España

Rodríguez, S.F. 1982. Riego por goteo. AGT Editor, S.A México. Hiler, E.A y T.A. Howell 1972, Crop, response to trickle irrigation and irrigation, ASAE, Winter Meeting, Chicago Illinois.

Rodriguez, M. I. M. N. 1997. Fertilización foliar en el cultivo del tomate en condiciones de invernadero. Tesis Doctoral. EDAFIRENAT-CP. Montecillo, Mex.

Santos, A.T. y Aguilar, M.D. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante el rendimiento de los cultivos. *Terra Volumen 17 Número 3*. pp. 247-255. México.

Schnitzer, M. and Khan, S. U. 1978. Soil organic matter. Elsevier Amsterdam.

Schnitzer, M., and H.R. Schulten. 1995. Analysis of matter in soil extracts and whole soils by pyrolysis-mass spectrometry. *Advances in agronomy*, vol. 55: 167-217

Schnitzer, M.A. 2000. Life time perspectiva on the chemistry of soil organic matter. D.L. Sparks (Ed) *Advances in Agronomy*, volume 98: 3-85. Academic Press.

Senn. T.L. y A.R. Kingman 1987. Seaweed. research in crop production. *Econ. Dev Adm. US Dep Commer Whashington*.

Silveira, A.P.D. 1992. Micorrizas. in microbiologia de solo. Sociedade Brasileira de Ciencia de Solo. Campinas, Brasil.

Stevenson, F.J. 1982. *Humus Chemistry*. Wiley, New York.

Talamás, H.E. 1998. Efecto de los extractos de algas marinas en la calidad y rendimiento en el cultivo de la papa (*Solanum Tuberosum*) Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. México.

Tamhane, R.V; D.P. Motiramon, Y.P. Bali y R.L. Donahue. 1978. Suelo su química y Fertilidad en zonas tropicales. Traductor Aurelio Romero del Valle Diana, México.

Thompson, L,M. y F.R, Troeh 1980. Los suelos y su fertilidad 4ª edición. Editorial Reverté, Barcelona España.

Walker. N. 1975. Soil Microbiology published in the U.S.A. and Canada by Halsted. Press, A Division of Jhon Wiley &c Son, Inc. New York.

www.cosmocel.com.mx/a-acido.thm.

VII. APENDICE

Cuadro A1. Kilogramos de primera categoría de papa para cada uno de los tratamientos. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	28.0	48.2	34.9	46.7	37.0	27.0	9.9	34.0
R2	44.0	24.0	21.0	22.0	46.0	29.25	9.5	44.0
R3	17.0	40.0	27.0	43.11	23.0	19.9	12.0	21.0
R4	22.5	21.0	13.75	47.0	23.5	41.9	13.75	25.0

Cuadro A2. Kilogramos de segunda categoría de papa para cada uno de los tratamientos. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	29.2	22.45	50.4	27.5	25.5	24.5	18.9	18.0
R2	35.0	16.0	24.0	24.2	73.4	28.0	15.2	41.7
R3	31.0	35.0	24.0	23.5	28.1	29.0	8.9	33.0
R4	23.3	23.9	23.0	25.0	22.1	32.0	12.8	31.0

Cuadro A3. Kilogramos de tercera categoría de papa para cada uno de los tratamientos. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	23.9	29.4	20.0	27.0	37.0	12.5	14.0	34.5
R2	26.0	25.0	29.0	26.4	40.0	24.0	22.55	32.25
R3	16.5	25.0	19.0	30.75	20.5	27.0	23.0	32.9
R4	21.45	29.0	24.5	31.0	31.6	22.1	23.15	25.0

Cuadro A4. Kilogramos de cuarta categoría de papa para cada uno de los tratamientos. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2002.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	56.0	20.0	18.0	20.1	26.0	40.5	18.0	20.3
R2	16.2	45.0	31.0	48.4	22.0	40.0	14.85	19.0
R3	62.1	14.9	37.85	17.3	35.0	31.0	18.2	21.5
R4	35.7	31.0	38.0	17.5	33.15	18.0	15.65	47.0