

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**



**La Nutrición y su relación con el Síndrome de la Punta Morada
de la Papa**

Por:

EUDIEL LÓPEZ MORALES

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Parasitólogo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**

**La Nutrición y su relación con el Síndrome de la Punta Morada
de la Papa.**

Por:

EUDIEL LÓPEZ MORALES

TESIS

**Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobado por:

Asesor Principal

Asesor

Dr. Abiel Sánchez Arizpe

Mc. Vidal Hernández García

Asesor

Asesor

Mc. Elizabeth Galindo Cepeda

Mc. Magdalena Rodríguez Valdés

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México, Junio de 2008

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme la oportunidad de vivir, por ser la luz y guía en mi camino y por estar presente en todo momento de mi vida.

A mi **Alma Terra Mater** por darme la oportunidad de formar parte de esta institución y por terminar en ella uno de mis sueños mas anhelados.

Al **Dr. Abiel Sánchez Arizpe**. Con mucho respeto un especial agradecimiento, por su amistad y motivación para seguir adelante y por darme la oportunidad de realizar el presente trabajo.

Muy especialmente al **Mc. Vidal Hernández García**. Por su confianza para la realización de este trabajo, por su gran disponibilidad, orientación y asesoría.

A la **Mc. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda**. Por sus sugerencias y revisión de este trabajo.

A la **Mc. Magdalena Rodríguez Valdez**. Por su disponibilidad y revisión de este trabajo.

Al **Departamento de Parasitología**. Por darme la oportunidad de formarme como profesionista por transmitirme sus conocimientos a través de sus maestros y a todas las personas que ahí trabajan.

DEDICATORIA

Este trabajo representa la culminación de otra etapa en mi formación profesional, por lo que deseo dedicarlo con todo mi amor, respeto y admiración a quienes me brindaron todo su apoyo y comprensión, por lo cual he cumplido mí más anhelado sueño.

A Mis Señores Padres

Isaías López Hernández: A ti por ser el papá mas maravilloso del mundo, por ser una gran persona que día a día trabajas bajo el sol para apoyarme y brindarme todo lo necesario para que no sufriera y no me faltará nada, a través de tus esfuerzos, sufrimientos me haz dado la dicha de terminar mi carrera como profesional, siempre te estaré agradecido por brindarme el legado maspreciado que un padre puede dar aun hijo, por ello quiero decirte mil gracias por este maravilloso regalo. Te quiero mucho Papi.

Ma. Elena Morales Guillen. Gracias a ti por ese inmenso amor de madre, por regalarme la vida, porque siempre me haz tenido mucha paciencia, que sin pedirme nada a cambio haz hecho de mi un hombre de bien con tus consejos, con tus palabras de aliento que me levantaban cuando me sentía derrotado. Te quiero mucho Mami

A mis Hermanos

Alex

Migue

Toño

Con todo cariño y afecto por todos esos momentos inolvidables que hemos pasado juntos alegrías y tristezas espero no defraudarlos y cumplan sus sueños.

A mí Querida Esposa Gaby

Gracias por ser mi compañera con quien he compartido parte de mi vida, por tu comprensión, paciencia y apoyo en todo momento y por tu gran amor, a ti que formas parte de mi existencia, por ser el gran amor de mi vida y porque pronto me regalaras mi más grande alegría, el de un hijo, a ustedes les dedico este sencillo trabajo. Te amo.

A mis Abuelos

A ustedes con mucho cariño que de una u otra forma estuvieron conmigo en alguna etapa de mi vida, tal vez existe distancia entre nosotros pero no dejan de ser parte de mi familia a ustedes les dedico con mucho respeto este humilde trabajo, y en especial a mi abuela **Transito Guillen Cano**, a ti por brindarme tu cariño incondicional, además de tus consejos que me han sido de mucha utilidad cuando estoy lejos, porque siempre quiere mi felicidad no se como agradecerle pero siempre tendrá mi cariño. Gracias Abuelita.

A la familia García López

A ustedes por haberme permitido formar parte de su familia que a pesar de tener muy poco de conocerlos les tengo un especial cariño, por ello les dedico este humilde trabajo, espero algún día no defraudarlos.

A todos ustedes muchas gracias, por ayudarme a conseguir este triunfo que no es solo mío, si no es suyo también.

A mis amigos y Compañeros

Por su amistad, consejos, por haberme dado la oportunidad de convivir y compartir bellos momentos durante mi estancia en la universidad.

INDICE DE CONTENIDO

	Páginas
AGRADECIMIENTO -----	iii
DEDICATORIA -----	iv
ÍNDICE DE CUADROS -----	ix
ÍNDICE DE FIGURAS -----	x
INTRODUCCIÓN -----	1
Justificación -----	3
Objetivos -----	3
REVISIÓN DE LITERATURA -----	4
Origen y distribución de la papa -----	4
Importancia-----	4
Ciclo del cultivo-----	5
Crecimiento del cultivo-----	5
Suelo-----	6
Fertilización-----	6
Nutrición-----	7
Sistema Integrado de Diagnostico y Recomendación (DRIS) -----	8
Efecto Individual de los Nutrientes Minerales en la Defensa de las Plantas -----	9
Nutrimientos Esenciales en la Nutrición para las Plantas de Papa -----	9
Nitrógeno (N)-----	9
Fósforo (P)-----	11
Potasio (K)-----	11
Calcio (Ca)-----	12

Magnesio (Mg)-----	13
Manganeso (Mn)-----	13
Cobre (Cu)-----	14
Fierro (Fe)-----	15
Zinc (Zn)-----	15
Problemas fitopatologicos -----	16
Enfermedades que atacan al cultivo de papa -----	16
Síndrome de Punta Morada de la Papa -----	16
Antecedentes-----	16
Importancia Económica-----	18
Agente Causal-----	18
Algunos agentes bióticos que se han observado asociados al síndrome de la punta morada de la papa -----	19
Algas fitopatógenas-----	19
Hongos-----	19
Virus-----	20
Fitoplasmas-----	20
Sintomatología -----	21
Hojas-----	22
Tallos-----	22
Tubérculos-----	22
Cuantificación de enfermedades -----	23
MATERIALES Y METODOS -----	25
Selección de lotes de papa en campo-----	25
Incidencia y severidad-----	25

Análisis foliar-----	26
Deficiencia nutricional-----	26
Análisis estadístico-----	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	28
Resultados-----	28
Discusión-----	42
CONCLUSIONES-----	46
LITERATURA CITADA-----	47
APÉNDICE-----	54

INDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Escala cualitativa del síndrome punta morada de la papa Hernández, <i>et al.</i> , 2006.-----	26
Cuadro 2. Concentración de nutrientes de los 5 lotes evaluados en 3 etapas fenológicas en Coahuila y Nuevo León, UAAAN 2005.-----	28
Cuadro 3. Comparación del nivel nutrimental de los 5 lotes, para cada etapa fenológica de acuerdo a Walworth y Muñiz (1993).-----	31
Cuadro 4. Incidencia, severidad del SPMP en cinco lotes de papa, 2005.-----	32
Cuadro 5. Análisis de Correlación múltiple entre todas las variables y parámetros analizados.-----	40
Cuadro 6. Orden de requerimiento nutrimental mediante los índices DRIS de 5 lotes de papa en Coahuila y Nuevo León. 2005.-----	41
Cuadro 7. Concentración de nutrientes de tejido (foliolo) en la etapa de pre-floración en el cultivo de papa, según Walworth y Muñiz (1993).-----	54
Cuadro 8. Concentración de nutrientes de tejido (foliolo) en la etapa de floración en el cultivo de papa, según Walworth y Muñiz (1993).-----	54
Cuadro 9. Concentración de nutrientes de tejido (foliolo) en la etapa después de la floración en el cultivo de papa, según Walworth y Muñiz (1993).-----	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Comportamiento de la incidencia y severidad del síndrome de punta morada de la papa en 5 lotes de papa de la región papera de Coahuila y Nuevo León, 2005.-----	34
Figura 2. Relación de la incidencia representada en área bajo la curva del progreso de enfermedad (ABCPE) del síndrome de punta morada de la papa, variedad Gigant y la concentración de K en la etapa de Floración de 5 lotes de Papa en Coahuila y Nuevo León. 2005.-----	35
Figura 3. Relación de la incidencia representada en área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) del síndrome de punta morada de la papa, variedad Gigant y la concentración de N en etapa de floración en 5 lotes en Coahuila y Nuevo León 2005.-----	35
Figura 4. Relación de la incidencia representada en área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) del síndrome de punta morada de la papa, variedad Gigant y la concentración de P en floración de 5 lotes en Coahuila y Nuevo León. 2005.-----	36
Figura 5. Relación de la incidencia representada en área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) del síndrome de punta morada de la papa, variedad Gigant y la concentración de Zn en la etapa de Madurez de 5 lotes en Coahuila y Nuevo León. 2005.-----	37
Figura 6. Relación de la incidencia representada en área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) del síndrome de punta morada de la papa, variedad Gigant y la concentración de Fe en floración de 5 lotes en Coahuila y Nuevo León. 2005-----	37
Figura 7. Relación de la incidencia representada en área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) del síndrome de punta morada de la papa, variedad Gigant y la concentración de Ca en floración de 5 lotes en Coahuila y Nuevo León. 2005.-----	38

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa es uno de los más importantes de México, por ser una hortaliza que aporta gran cantidad de carbohidratos y almidón en la nutrición humana; además de tener gran importancia en cuanto a su valor alimenticio, también genera grandes fuentes de ingreso durante su explotación. Este es atacado por muchas enfermedades de las cuales destacan el tizón tardío, causado por *Phytophthora infestans*; tizón temprano, por *Alternaria solani*; marchitez bacteriana, por *Ralstonia solanacearum*; pierna negra, por *Erwinia carotovora*; además de virus como el del enrollamiento de las hojas (PLRV), el virus “Y” (PVY), y fitoplasmas como el causante de la punta morada (Báez, 1983).

Esta enfermedad de punta morada de la papa por mucho tiempo fue diagnosticada en todo el mundo por virosis; en algunos países se le considera como un problema nutricional, enmascarando los síntomas con la aplicación de fertilizantes foliares; también ha sido vista como daño de *Fusarium* spp. y de nemátodos. Recientemente, investigadores de los Estados Unidos de Norteamérica la reportan como daño de una toxina transmitida por *Paratrioza cockerelli*, (Hemiptera: Psyllidae) que nadie ha podido aislar (Salazar, 1996).

En México, desafortunadamente el 70% de la superficie sembrada es afectada por enfermedades causadas por fitoplasmas, como punta morada y brote de hilo, considerándolas como un problema prioritario a nivel nacional (Chávez-Medina *et al.*, 2002).

En los noventas, en zonas paperas de Coahuila, Nuevo León, Jalisco y otras del país comenzó a manifestarse la enfermedad punta morada asociada etiológicamente a un fitoplasma, el que ocasiona amarillamiento, enrollamiento de folíolos con color morado, formación de tubérculos aéreos, necrosis vascular en tallos (García-Quijano, 1996). Otros patógenos asociados con esta enfermedad son el virus PLRV (Flores, *et al.*, 2004) y daños ocasionados por hongos como *Fusarium*, *Verticillium* y *Rhizoctonia* (Guigon, 1994; Agrios, 1996; Moctezuma, 2005), formando así un complejo de patógenos que interactúan en este síndrome. Afecta también la calidad de los tubérculos por un manchado interno que los hace inadecuados para la industria y para uso como semilla (García-Quijano, 1996; Almeyda *et al.*, 1999; Cazares-Méndez *et al.*, 2004).

En los últimos años se ha considerado que esta enfermedad en la papa, es ocasionado por varios factores, entre los cuales se cree que, además de factores bióticos, los abióticos (clima y nutrición) se encuentran involucrados y que probablemente puede ser un factor primario (García-Quijano, 1996; Cadena-Hinojosa, 1996; Santiago, 2004).

El efecto de la nutrición en la defensa contra las enfermedades asume una gran importancia en la producción de la cosecha. En la actualidad existen evidencias claras del efecto de la nutrición en la defensa contra las enfermedades, encontrándose que la presencia de algún elemento puede determinar el aumento o decremento de la enfermedad. Así pues, los elementos minerales, están directamente relacionados con todos los mecanismos de defensa como componentes integrales de las células, sustratos, enzimas, y transportadores de electrones, o como activadores, inhibidores, y reguladores del metabolismo, que en general influyen en la síntesis de barreras físicas y químicas, que

podieran dar como resultado la susceptibilidad o resistencia de la planta a la enfermedad (Huber, 1980).

JUSTIFICACIÓN

En la región papera de Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León no se conoce con exactitud si la nutrición juega un papel importante en la expresión de síntomas de punta morada. Existen datos de índices nutrimentales de las zonas productoras de papa, pero muy poca información se ha obtenido concerniente a la posible relación que pueda existir con el síndrome, motivo por el cual es necesario conocer si existe esta relación entre nutrientes minerales con la incidencia y severidad de la enfermedad síndrome de punta morada de la papa (SPMP), por lo que este trabajo de investigación busca generar información relevante al respecto.

OBJETIVOS

1. Determinar la relación que existe entre el contenido de nutrientes minerales con la incidencia y severidad del síndrome de punta morada de la papa.
2. Conocer los elementos deficientes que presenta la planta de papa al momento de la expresión de los síntomas de punta morada de la papa.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen y distribución de la papa

La papa es originaria de la región andina en América del Sur, que comprende los países de; Perú, Ecuador, Bolivia, y las costas e islas del sur de Chile, algunas variedades silvestres son originarias de México. No obstante el hecho de ser un producto originario de América, la principal zona productora de papa esta conformada por países Asiáticos y Europeos (SAGARPA, 2005).

La papa fue introducida a España de América del sur por el año de 1570. De España la papa fue distribuida hacia algunos países de Europa y en menos de 100 años la papa fue creciendo ampliamente en muchos países de Europa. Posteriormente se distribuyo a la india en 1610, China en 1700 y Japón en 1766. La papa llegó al norte de América por medio de los migrantes en 1700 (Montaldo, 1984)

Importancia

La papa es de suma importancia como fuente de alimentación humana ocupando el cuarto lugar entre los principales cultivos alimenticios del mundo, pues su producción sólo es superada por el trigo, maíz y arroz; a pesar de que en los últimos años se ha observado un descenso en la superficie sembrada y cosechada, por numerosos problemas fitopatológicos, al pasar de una producción nacional de 1, 221, 983 ton en el 2002, a 1,129,280 ton en el 2005 en México (Valadez, 1997; SAGARPA, 2002; SAGARPA, 2005).

Los precios de la papa también están sujetos por la fuerza de la oferta y la demanda, pero a pesar de ello, el productor siempre busca recuperar las inversiones realizadas,

aunque en ocasiones ocurran desastres con las enfermedades. Pero, sin lugar a duda la papa es uno de los cultivos que tiene una fuerte demanda por la gran fuente de ingresos que se genera para los agricultores, y la gran demanda de mano de obra que necesita durante su desarrollo agrícola (70-85 jornales/ha) y de postcosecha como cosechadores, cargadores, transportistas, comerciantes (Rocha, 1985).

Ciclo del cultivo

El crecimiento y desarrollo de la papa dependen principalmente de factores genéticos y de condiciones ambientales. El cultivo varía de más o menos 90 días para variedades tempranas y de más o menos de 120 días para las variedades tardías.

Crecimiento del cultivo

En el cultivo de papa la fase de crecimiento es fuertemente influenciado por una serie de factores como clima, ambiente del suelo, prácticas culturales y la presencia de plagas, enfermedades, de tal manera que los rendimientos son una expresión integrada de diversas variables (Benoit and Grant, 1980; Stone *et al.*, 1986).

La habilidad de una planta para sostener el crecimiento del tubérculo depende de la presencia de suficiente follaje para producir los fotosintatos necesarios y un adecuado suministro de agua y nutrientes (Moorby, 1978).

Antes del inicio de la tuberización el follaje es el principal usuario de los asimilatos, sin embargo desde el inicio de la tuberización existe un mayor flujo de éstos

hacia los estolones y tubérculos en formación (Moorby, 1978). De esta manera del 75 a 85 % del total de materia seca producida por la planta es acumulado en los tubérculos (Cutter, 1978).

Suelo

Este cultivo puede ser establecido en una amplia variedad de suelos, adaptándose mejor en suelos de textura migajon arenosa o migajon arcillosa, ricos en materia orgánica, con estructura granular migajosa y que sea fácilmente desmoronable (Narro, 1986).

Fertilización

Los elementos que requiere en grandes cantidades la planta de papa para un buen crecimiento, desarrollo y producción de tubérculos son N, P y K; mientras que los elementos que la planta de papa requiere en cantidades pequeñas son Ca, Mg y S. Generalmente el fertilizante es aplicado aun lado o abajo de la semilla, siendo mas usado el fertilizante aplicado debajo del tubérculo (Báez, 1983). Actualmente también se aplican los fertilizantes foliares para atender algunas deficiencias de la planta.

La dosis optima de fertilización de papa en la región de Coahuila-Nuevo León es de 150-100-150 por ha, pero actualmente se ha elevado a 350-250-300, cuyas aplicaciones son semanalmente, provocando un exceso de fertilización, lo cual con el riego constante que se hace con el pivote central lava el fertilizante lixiviándolo hacia las partes mas profundas del suelo, motivo por el cual no se manifiesta el exceso en las plantas, al contrario hay deficiencias en la planta al no absorber dichos elementos por el constante riego o por algún desbalance nutricional de la planta.

Nutrición

El crecimiento y desarrollo de los vegetales y por lo tanto su rendimiento, se determina en gran medida por la disponibilidad de los nutrientes para su nutrición, por lo tanto el crecimiento y el rendimiento de las plantas dependen de la disponibilidad de agua y de una buena nutrición (Agrios, 1996).

La mayoría de las veces, las enfermedades aparecen y muestran un mayor grado de avance durante los días cálidos-húmedos o cuando las plantas que han sido fertilizadas en gran escala con N se ven mucho más atacadas por algún patógeno que las que han sido menos fertilizadas, con esto la nutrición de los cultivos es uno de los factores que afectan mayormente el inicio y desarrollo de las enfermedades y el resultado de su influencia sobre el desarrollo y la susceptibilidad del hospedero, sobre la propagación del patógeno (Agrios, 1996).

Las deficiencias en los requerimientos nutricionales de las plantas, no sólo tienen en sí efectos nocivos sino que además influye en los procesos involucrados en sus mecanismos de defensa en relación con patógenos bióticos (Huber, 1980). La nutrición mineral puede influir de forma decisiva sobre la agresividad de los patógenos, al actuar sobre su supervivencia, la germinación de esporas o capacidad de penetración (Ortega, 1995).

La capacidad de las plantas a defenderse ellas mismas está influenciada por su vigor general y el estado fisiológico de desarrollo. Una planta que sufre un estrés es con frecuencia más susceptible a enfermedades que aquellas que presentan un nivel óptimo de

nutrición, no obstante si las plantas reciben un exceso de elementos minerales también pueden predisponerse a enfermedades (García, 1998).

Sistema Integrado de Diagnostico y Recomendación (DRIS)

La importancia que juega cada elemento es esencial en el cultivo de papa, lo que hace necesario conocer la deficiencia o exceso en la planta. Para llevar acabo esto es necesario analizarlo en una forma simple y rápida, como el método desarrollado por Beaufils (1973), denominado Sistema Integrado de Diagnostico y Recomendación (DRIS), el cual consta de un conjunto de normas que hacen un diagnóstico más completo, ya que clasifica en orden de importancia los nutrimentos que requiere la planta, toma en cuenta su interacción, el balance nutrimental y detecta deficiencias y excesos relativos, además puede realizar diagnósticos en cualquier etapa de desarrollo y diferente posición de la hoja en la planta.

En base a esto en la región de Navidad, Nuevo León se ha comprobado, que las normas de interpretación de análisis foliares por el método DRIS propuesta por Meldal y Summer (1980) para el cultivo de la papa, pueden ser utilizadas con mayor exactitud que el método basado en valores críticos (Rubio, 1990). Por lo tanto en el 2002, García y colaboradores, crean la versión 1.3 del programa de Índices DRIS para el cultivo de papa en Coahuila y Nuevo León, con la finalidad de facilitar el cálculo de índices de 10 nutrimentos (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B).

Efecto Individual de los Nutrientes Minerales en la Defensa de las Plantas

Para la mayoría de los elementos minerales requeridos para el crecimiento de las plantas se ha reportado que pueden incrementar o reducir la severidad de algunas enfermedades.

Algunos reportes contradictorios de algún nutriente específico y su interacción con alguna enfermedad surgen de la falla al considerar la forma del nutriente en la que se encuentra o los factores ambientales que influyen la disponibilidad del nutriente o su función.

En cuanto al efecto de un nutriente en particular, es imposible generalizarlo para todas las combinaciones de hospedero-patógeno. La suma de muchos factores interactuantes entre el patógeno, hospedero, el medio ambiente, y el tiempo, determinan la forma en que una enfermedad es afectada por el aspecto de la nutrición de la planta. Un nutriente específico podría promover algunas enfermedades mientras que reduce el desarrollo de otras (Huber, 1980).

Nutrientes esenciales en la nutrición para las plantas de papa

Nitrógeno (N)

Una concentración suficiente de N en la planta se manifiesta por una mayor calidad de clorofila en las células de la hoja o un color verde intenso en la masa foliar, una mayor asimilación y síntesis de productos orgánicos, una mayor producción de hojas de buena sanidad y calidad, promueve un crecimiento vigoroso de la planta y es esencial para la

producción de aminoácidos, proteínas, hormonas de crecimiento, fitoalexinas y fenoles (Huber, 1980; Narro, 1995).

Es considerado un elemento trascendental en relación con la susceptibilidad, tolerancia y resistencia de las plantas a las enfermedades, ya que la aplicación de N provoca el lento proceso de senescencia celular, lo que pospone la pudrición de los tallos u otros organismos de la planta, pero si existe un exceso de N en las plantas disminuye la concentración de lignina, la cual es una sustancia utilizada por las plantas como defensa contra el ataque de plagas y enfermedades; además que alta dosis de N propician el desarrollo vegetativo de las plantas, creando un microclima favorable para el desarrollo de algunas enfermedades (Ortega, 1995; Marschener, 1995). También altas dosis de N puede aumentar el contenido de azúcares reductores (glucosa) y disminuir la densidad específica de los tubérculos, cosa indeseable para el freído de papas.

Agrios (1996) menciona que la falta de N hace que las plantas se debiliten, crezcan con una lentitud y envejezcan con mayor rapidez, haciéndolas susceptibles a los patógenos como *Verticillium* y *Alternaria solani*, que tienen en sí más posibilidades de atacar a las plantas débiles y de crecimiento lento.

Las plantas deficientes son achaparradas, cloróticas, erectas, con hojas verde-pálido y las inferiores amarillas y secas; las venas permanecen mas tiempo verdes. Las plantas con exceso de nitrógeno producen bajo rendimiento debido a un pobre desarrollo de raíces, y las hojas se pueden enrollar hacia arriba; las variedades de ciclo largo son especialmente susceptibles a este problema, en donde además, se reduce muy

drásticamente el llenado de tubérculos y aumenta el riesgo de ataque de insectos y patógenos.

Fósforo (P)

El P como el N, es muy importante como parte principal de muchos compuestos, principalmente en ácidos nucleicos y fosfolípidos. Actúa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía (compuestos ATP, ADP), en los fenómenos de fosforilación, división celular, alargamiento celular. Aumenta la eficiencia de uso del agua, promueve la formación temprana y el crecimiento de raíces.

Una buena cantidad de P se refleja por un mayor desarrollo y crecimiento general de las plantas de papa, acelera la floración y proporciona a las plantas mayor resistencia a enfermedades. El P es de mayor importancia durante el crecimiento inicial y al final de la tuberización, además este elemento estimula la formación y crecimiento de raíces vigorosas lo que permite a la plántula escapar de enfermedades radicales (Huber, 1980; Narro, 1995). Las plantas deficientes son pequeñas y presentan hojas, tallos y ramas de color púrpura; pobre crecimiento de raíces y estolones y rendimiento reducido (Narro, 1995)

Potasio (K)

El K juega un papel importante en la síntesis de los azúcares y almidón. La calidad de la papa está influenciado por el nivel de K en la planta (Narro, 1995).

El K aumenta la resistencia a enfermedades de la planta, una de sus funciones más importantes en el manejo de los cultivos, por que la abundancia de K implica un mayor crecimiento y vigor, buen desarrollo de órganos de la planta, buena resistencia al frío y a las enfermedades (Bidwell, 1993; López, 1994).

La deficiencia de K en la planta de papa es el debilitamiento del tallo, y la baja resistencia a patógenos causantes de enfermedades, además que reduce la traslocación de fotosintatos, pero sin afectar fuertemente la fotosíntesis. En ocasiones puede ocurrir una acumulación de carbohidratos solubles (azúcares) y disminuir la producción de almidón (Marschener, 1995; Beukema y van Der Zaag, 1990).

Las plantas deficientes presentan bajo rendimiento, hojas viejas moteadas con puntos verde pálido, necróticos o curvadas, con márgenes y puntas quemadas; sistema radical y tallos débiles; estolones cortos (Narro, 1995).

Calcio (Ca)

El Ca es importante en la resistencia de las plantas contra el ataque de plagas y enfermedades provocadas principalmente por hongos y bacterias; por otro lado ayuda a mantener la integridad y permeabilidad de la membrana celular y es constituyente de las paredes celulares (Huber, 1980; Narro, 1995).

Las deficiencia de Ca puede desarrollar síntomas como achaparramiento y necrosis en los puntos de crecimiento, los tubérculos presentan una necrosis difusa en el anillo

vascular cerca de la inserción del estolón y puede desarrollar susceptibilidad al ataque de patógenos que pueden causar pudriciones apicales (Narro, 1995).

Los excesos de Ca, se encuentran generalmente relacionados con suelos alcalinos, como los suelos del valle de Navidad que son muy ricos en carbonatos de calcio, lo que explicaría la calidad de fritura que caracteriza a las papas de esta región; pero este exceso pudieran inducir deficiencias de Fe, Mn, Cu y Zn.

Magnesio (Mg)

Este elemento forma parte de la molécula de clorofila y sirve como cofactor de la mayoría de las enzimas que activan los procesos de fosforilación, participa en la síntesis de ARN y proteínas. Es necesario en la formación de carbohidratos, ayuda a regular la asimilación de K y Ca. Actúa como transporte de P en la planta y esta en la clorofila (Narro, 1995). Una buena nutrición de Mg disminuye la incidencia de enfermedades causadas por *Fusarium* y *Alternaria*, según Huber (1980) y Una deficiencia de Mg inhibe la síntesis de proteínas. Un exceso de magnesio bloquea la asimilación de Ca y K.

Manganeso (Mn)

Este elemento tiene baja movilidad en el suelo como en tejidos vegetales; juega un papel directo y primario en la fotosíntesis al participar en la síntesis de la clorofila (Narro, 1995).

Este elemento participa en funciones como la acción en la síntesis de clorofila, forma parte del fenómeno de la fotosíntesis, aumenta el aprovechamiento del P, Ca y Mg,

es un elemento activador de algunas enzimas respiratorias y de reacciones del metabolismo del N. Así mismo este elemento puede ser deficiente en suelos alcalinos porque se convierte en formas inaprovechables (Bidwell, 1993).

Una deficiencia de Mn reduce en mayor grado el contenido de clorofila, niveles bajos de fenoles solubles, sustancias que desempeñan un importante papel en la defensa química de las plantas e influyen de forma negativa sobre la tasa fotosintética del hospedero y consecuentemente su vigor y su capacidad defensiva. Un exceso de Mn puede ocasionar puntos cafés rodeados de un círculo clorótico en hojas viejas y puede originar deficiencias de otros elementos menores (Narro, 1995).

Cobre (Cu)

Participa en la síntesis de lignina y es cofactor de la síntesis de ácidos nucleicos y carbohidratos y desempeña funciones exclusivamente catalíticas en las plantas, siendo parte de varias enzimas y transportador de electrones en la fotosíntesis. Esta normalmente presente en el intercambio de los suelos donde esta retenido firmemente pero disponible para las plantas, de manera que su deficiencia en la naturaleza es rara (Bidwell, 1993).

Ortega (1995), menciona que concentraciones elevadas de este elemento son responsables de una toxicidad selectiva frente a muchos organismos patógenos al actuar como fungicidas, especialmente durante la fase de infección. Cuando existe deficiencia produce acumulación de almidón en las células y causa necrosis en las hojas dándoles una apariencia marchita (Bidwell, 1993). El exceso de Cu puede ocasionar deficiencia de Fe y clorosis y crecimiento reducido de raíces (Narro, 1995).

Fierro (Fe)

Este elemento tiene poca movilidad en el suelo y la planta, es requerido para la síntesis de clorofila y de proteínas en regiones meristemáticas y para la reacción de la fotosíntesis (Huber, 1980; Narro, 1995); es un componente importante en varios procesos enzimáticos y de la proteína ferredoxina y para la reducción de sulfatos y nitratos. Una deficiencia de Fe, se supone que se produce por desequilibrio de metales como Molibdeno, Cobre o Manganeso, desencadenando esta deficiencia que haya un exceso de P en el suelo, además produce clorosis que esta restringida estrictamente a las hojas mas jóvenes de la planta en crecimiento (Bidwell, 1993). El exceso de este elemento se manifiesta por un bronceado de las hojas y puede inducir deficiencia de otros elementos menores (Narro, 1995).

Zinc (Zn)

El Zn se requiere para la producción de sustancias reguladoras del crecimiento (hormonas) y es un catalizador de las reacciones de oxidación en las plantas verdes. Es también importante en la formación de clorofila y en la actividad fotosintética. El papel fisiológico mas importante del Zn es la síntesis de auxinas y de este modo es esencial para la elongación de las células y su crecimiento, también es funcional en la respiración y regulación de enzimas; requiriendo el cultivo de la papa suministros de Zn durante todo su ciclo que van desde cero hasta mas de veinte unidades (Huber, 1980; Narro, 1995).

La deficiencia de Zn, es que las hojas muestran clorosis intervenal y muestran pigmentaciones púrpuras. El exceso de Zn puede ocasionar deficiencias de otros elementos menores, particularmente de Fe (Narro, 1995).

Problemas Fitopatológicos

Enfermedades que atacan al cultivo de papa

El cultivo de la papa se ve afectado por un sin número de enfermedades que son las responsables directas de grandes pérdidas en su producción. Estos problemas son comunes en todas las regiones donde se cultiva la papa, pues son enfermedades que han estado presentes y por una selección inadecuada de semillas se han incrementado y deseminado por todas las zonas de ecología similar.

La papa es atacada por enfermedades originadas por hongos, virus, bacterias, fitoplasmas. Estos patógenos al infectar el follaje, raíces y tubérculos, provocan debilitamiento de las plantas, muerte prematura y comercialmente, la mala calidad de los tubérculos (Rousselle, *et al.*, 1999).

Actualmente uno de los principales problemas de enfermedades de la papa en la región de Coahuila-Nuevo León es el Síndrome de Punta Morada de la Papa (SPMP), considerado problema prioritario en esta región papera y de otras del país, el cual se cree que es causado por un complejo de agentes.

Síndrome de Punta Morada de la Papa

Antecedentes

Esta enfermedad, fue reconocida inicialmente en Canadá durante 1933, pero fue hasta 1953, cuando se registraron incidencias de 20 a 75 %, debido a la condición de brote fino que se desarrollaba en los lotes de semilla infectada con punta morada. Para 1954 las

pérdidas en la producción comercial de papa fueron cuantiosas en zonas productoras de Canadá y Estados Unidos de Norte América, ya que los tubérculos utilizados como semilla produjeron el síntoma de Brote de Hilo, causando que las plantas que lograron desarrollar no produjeran tubérculos adecuadamente (Cadena-Hinojosa, 1993).

En México la enfermedad punta morada de la papa fue mencionada por primera vez por Niederhauser y Cervantes en 1956 y observada en el valle de Toluca, en las cercanías del Nevado de Toluca, en Guanajuato, Michoacán y en los estados de Puebla y Tlaxcala (Cadena y Galindo, 1985).

En la región de Coahuila-Nuevo León, Guigon (1994), describe una enfermedad con síntomas típicos de punta morada, pero no la menciona como tal, solo describe que algunas plantas de etiología desconocida presentaban síntomas como tubérculos aéreos y brotes axilares anormales, así como una coloración en los bordes de las hojas rosa-púrpura y el desarrollo de tubérculos en las yemas axilares de las plantas.

En otro estudio realizado por García-Quijano (1996), señaló que en las áreas paperas de Coahuila y Nuevo León, Jalisco y otras del país, comenzó a manifestarse una enfermedad de etiología desconocida ocasionando amarillamientos, enrollamiento de foliolos color morado, necrosis vascular en tallos y tubérculos, además de otros síntomas que coincide con lo descrito por Guigon (1994), ocasionando pérdidas que llegan hasta el 80% (Rubio-Cobarrubias *et al.*, 2002), lo que en la actualidad dicha enfermedad es causada por un complejo de agentes y conocida como síndrome de punta morada de la papa.

Importancia Económica

La punta morada de la papa se ha asociado con fitoplasmas. Ya que los fitoplasmas son asociados con diferentes enfermedades causadas a cientos de especies de plantas incluyendo vegetales, cultivos primarios, frutales, ornamentales y árboles maderables. Las enfermedades causadas por fitoplasmas continúan incrementándose, son los factores principales que limitan la producción de muchos cultivos alrededor del mundo (Lee *et al.*, 2000).

Actualmente se estima que un 50% de la superficie sembrada con papa en México es afectada por la enfermedad. Además de las pérdidas en rendimiento, los tubérculos infectados pierden valor en el mercado por la necrosis interna y baja calidad industrial (Salazar, 1996).

Durante los años 2003 y 2004, la incidencia de esta enfermedad se incremento considerablemente, llegando al 100% en algunas áreas productoras de papa, como ocurrió en la región sur de Coahuila y Nuevo León. Las perdidas fueron millonarias, ya que el rendimiento se redujo hasta en un 90% en algunos lotes, y cuando se logro obtener rendimientos razonables, la producción careció de valor comercial, pues su calidad fue afectada por el manchado interno de los tubérculos, por lo que las perdidas fueron del 100% (Flores, *et al.*, 2004).

Agente Causal

Prácticamente el 100% de los reportes que existen sobre este síndrome de punta morada lo asocian a microorganismos llamados fitoplasmas; sin embargo se ha observado que no es un patosistema de etiología simple, sino que participan otros agentes en menor

grado, pero que no dejan de ser importantes en la etiología de la punta morada (Flores *et al.*, 2004).

Algunos agentes bióticos que se han observado asociados al síndrome de la punta morada de la papa son:

Algas fitopatógenas. *P. infestans* que causa el tizón tardío de la papa, pueden ocasionar la manifestación de síntomas de punta morada. Cuando la planta es atacada a la base del tallo y esta se recupera debido al uso de control químico, este acusa los síntomas de punta morada, sobre todo en variedades muy susceptibles. Los tallos de la planta aun cuando no todos hayan sido atacados por tizón tardío, manifestaran la enfermedad (Flores, *et al.*, 2004).

Hongos. Existen hongos que atacan a la papa y que por su desarrollo afectan al sistema vascular de la planta, como consecuencia esta produce síntomas similares a aquellos producidos por fitoplasmas, como son la coloración morada en los bordes de las hojas, producción de tubérculos aéreos, cambios en la coloración vascular (Flores, *et al.*, 2004).

Guigon 1994, Señala que algunas especies de *Fusarium* spp. se ve influenciado en su ataque más severo en lugares donde las temperaturas son relativamente altas, secas, y calurosas, causando marchitamientos vasculares, pudrición de tubérculos, raíz y tallos en el cultivo de papa. El mismo autor menciona que llego a observar en los bordes de las hojas superiores una coloración rosa púrpura y el desarrollo de tubérculos en las yemas axilares de las plantas de papa.

Alonso (1996), señaló que dentro de los síntomas que causa el hongo *Rhizoctonia solani* al cultivo de papa cuando el daño es severo es la formación de tubérculos aéreos de color verde o rojizo como resultado de la interferencia en la traslocación del almidón.

Hernández (2000), menciona que *Fusarium oxysporum* y *Verticillium dahliae* se encuentran asociados a los síntomas de punta morada de la papa y que estos síntomas comenzaron a aparecer a los 55 días después de la siembra, observando plantas con foliolos de color morado, presencia de tubérculos aéreos y necrosis vascular en tallos y tubérculos de papa. Con ello se demostró que estos hongos son capaces por si solos de producir síntomas de punta morada en plantas de papa.

Virus. Jensen, et al. 2004, citados por Flores, *et al.*, (2004), indican en sus experiencias en investigación sobre la punta morada de la papa en Washington durante los años 2002 y 2003. Los autores analizaron plantas con síntomas severos de punta morada y plantas con síntomas leves, para detección de fitoplasmas y virus del enrollamiento de la papa (PLRV), usando amplificación por la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y análisis de polimorfismos de la longitud de fragmentos de restricción (RFLP) de las secuencias amplificadas, encontraron aproximadamente un 50% de las plantas con síntomas severos fueron positivas para fitoplasma perteneciente al grupo VI, similar al del grupo de proliferación de Trébol (16Sr VI-A), reportado en Canadá y México. Un 30 % de las muestras fueron positivas para PLRV y sobre todo en muestras con síntomas no severos, donde raramente se detectaron fitoplasmas (Flores-Olivas, 2004).

Fitoplasmas. Son parásitos estrictos del hábitat intracelular de las plantas e insectos vectores. Su tamaño y desarrollo dependen del grado de desarrollo de los tubos cribosos

donde se localizan, con capacidad de pasar lentamente a través de los poros de las células cribosas del floema.

En la naturaleza, el fitoplasma es transmitido a las plantas enfermas por insectos chupadores. Semejante a la mayoría de micoplasmas que atacan a animales y humanos, los fitoplasmas no pueden ser cultivados *in Vitro*.

Berges, *et al.*, (2000) realizaron un estudio para identificar fitoplasmas asociados al Síndrome de Punta Morada de la Papa (SPMP) y bola de hilo en follaje, tubérculo de papa y tubérculos asintomáticos, logrando la detección de fitoplasmas en los 3 casos y concluyendo que los dos síndromes eran causados por el mismo fitoplasma con un 100% de homología entre ellos; sin embargo Leyva, *et al.* (2002), reportaron que existen infecciones múltiples de fitoplasmas en una misma planta de papa. Utilizando PCR, RFLPs y análisis de secuencias de ADN, encontraron que el síndrome de la punta morada está asociado a un fitoplasma perteneciente al grupo 16S I, y el de brote de hilo está asociado al grupo 16S II, por lo que existen enfermedades con mezcla de fitoplasmas.

Sintomatología

La planta puede manifestar síntomas de punta morada, desde los 20 días después de la emergencia, dependiendo de las condiciones de nutrición, humedad, temperatura, alcanzando la mayor expresión de estos, durante la etapa de floración, aproximadamente a los 55 días después de emergencia. En general varios autores que han estudiado este síndrome hacen mención que los síntomas provocados por esta enfermedad pueden variar dependiendo del órgano de la planta que es atacado, etapa fenológica del cultivo y de las

condiciones climáticas en que se establece el cultivo; además la planta enferma toma al final una apariencia de marchites con un tono amarillento a morado apagado y muere prematuramente (Cadena-Hinojosa, 1974; Cadena y Galindo, 1985; Flores, *et al.*, 2004).

Hojas

En campo, es común observar que los primeros síntomas son tonalidad amarilla de las hojas de la parte aérea de la planta, sin que haya presencia de insectos, esto se da al principio en las orillas de los lotes; posteriormente los síntomas aparecen en los brotes terminales y en punta de foliolos con pequeñas áreas con pigmentación morada, y las hojas se enrollan en forma de taco o cuchara y toman un color morado de donde adquiere el nombre la enfermedad (Cadena y Galindo, 1985).

Tallos

Al mismo tiempo que van apareciendo los síntomas en las hojas y a medida que van avanzando la enfermedad, la planta detiene su desarrollo produciendo en tallos, una brotación anormal de yemas axilares, también se observa un engrosamiento de tallos y acortamiento de entrenudos, así mismo en la parte basal de los tallos hay necrosis vascular (Cadena y Galindo, 1985).

Tubérculos

Durante la etapa de desvare, los tubérculos suelen estar sanos y sin propiciar ningún síntoma de punta morada, pero al paso del tiempo aquellos tubérculos de lotes que presento alta incidencia de punta morada, pueden mostrar síntomas como un anillo

vascular y necrosis reticular. Los tubérculos procedentes de plantas enfermas no brotan, y si lo hacen producen una brotación anormal que puede ser brotes finos y débiles (Cadena y Galindo, 1985); aunque en la realidad, en campo se observa que tubérculos que tienen el manchado producen una brotación anormal que puede ser brotes finos y débiles pero también tiene brotes normales.

Aunque se ha demostrado que los síntomas descritos previamente pueden ser causados por fitoplasmas y también por el efecto de la toxina del psílido de la papa (Maramorosch; Arslan; Asscherman *et al.*, citados por Almeyda *et al.*, 2004), no hay que descartar la posibilidad que puede ser causado por algún efecto abiótico, como una deficiencia o exceso de algún elemento mineral o bien algún parámetro climático, pudiendo causar un desorden fisiológico en el tejido.

En este sentido, al presentarse alteraciones de las condiciones ambientales óptimas requeridas por la planta, los procesos fisiológicos funcionan en forma inadecuada, lo cual ocasiona normalmente fallas generales en los mecanismos de defensa (Levitt, 1980; Schoeneweiss, 1983), y en ocasiones el responsable directo en el desarrollo de las enfermedades es generalmente el microclima del cultivo (Kranz, 1988).

Cuantificación de enfermedades

Las formas mas comunes de cuantificar una enfermedad es evaluando la incidencia y severidad (Zadoks and Schein, 1979; Seem, 1984; Campbell and Madden, 1990).

Incidencia es el porcentaje o proporción de plantas enfermas dentro de una unidad de muestreo (población), es una medida cuantitativa, rápida y sencilla que es generalmente

más precisa y reproducible que otras mediciones cuantitativas (Zadoks and Schein, 1979; Seem, 1984).

Severidad es la cantidad de enfermedad que afecta las entidades (área foliar) dentro de una unidad de muestreo (población de plantas). La medida de severidad es más sencilla cuando se expresa como proporción o porcentaje de la unidad de muestreo usando unidades de mediciones directas o estimaciones indirectas como claves o escalas (Zadoks y Schein, 1979; Seem, 1984).

MATERIALES Y METODOS

El trabajo de investigación se realizó en la zona papera del sur de Coahuila y Nuevo León en el ciclo primavera-verano del 2005.

Selección de lotes de papa en campo.

El trabajo se estableció en 5 lotes de cuatro localidades paperas de Coahuila-Nuevo León; en los que se sembró papa de la variedad Gigant. Los lotes se ubicaron en los ejidos de San Antonio las Alazanas (SAA), Emiliano Zapata (EZ), San Rafael (SR1 y SR2) y El Cristal (EC).

Incidencia y Severidad.

Para determinar la **incidencia** del SPMP, los lotes se muestrearon sistemáticamente, haciendo un recorrido en forma de W en cada etapa fenológica del cultivo: surco verde (SV), surco cerrado (SC), floración (F), madurez (M) y cosecha (C). Se muestrearon nueve puntos y en cada uno se examinaron 10 plantas, teniendo un total de 90 plantas como el 100%, por lote.

La **severidad** del síndrome se evaluó en los mismos puntos, empleando una escala cualitativa de la enfermedad diseñado por Hernández, *et. al.*, 2006 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Escala cualitativa del síndrome punta morada de la papa Hernández, et al., 2006.

Grado de severidad	Descripción de síntomas
1	Ausencia de la enfermedad.
2	Aparición de tonalidad amarilla en la parte área de la planta.
3	Producción de brotes anormales de las yemas axilares, engrosamiento de tallos y acortamiento de los entrenudos.
4	Parte área de la planta presenta enrollamiento de los folíolos y toman un color morado y producción de tubérculos aéreos.
5	Marchites de la planta con un tono amarillo a morado, necrosis vascular en tallos y muerte prematura.

Análisis Foliar.

Se colectaron hojas y folíolos de la parte media de la planta de cada lote en tres etapas fenológicas: SC, F y M, en los mismos puntos en los que se evaluó la incidencia del SPMP. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Cultivos de Tejido y Nutrición del Departamento de Horticultura de la Universidad. Para la determinación de la concentración de minerales como: Cobre (Cu), Zinc (Zn), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) se realizó por la metodología establecida de Perkin Elmer (espectrofotometría de absorción atómica), Everson, J. AOAC 158, (1975); Association Analytical Chemists Washington DC (1980),), por Colorimetría para el fósforo (P) y para determinar el Nitrógeno (N) la utilización del método Kjeldahl.

Deficiencia nutricional.

Para determinar la deficiencia de los elementos nutrimentales de cada etapa fenológica (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu), se utilizó la tabla de concentración de

nutrientes de tejido (Foliolos) en la etapa de Pre-Floración, Floración y después de la Floración en el Cultivo de papa según Walworth y Muñiz (1993) (cuadro 7, 8, 9).

Para estos valores también se utilizó el método Sistema Integrado de Diagnostico y Recomendación (DRIS), diseñado para el cultivo de papa en Coahuila y Nuevo León por García, *et al.*, (2002), el cual clasifica en orden de importancia los nutrimentos que requiere la planta, según Beaufils (1973).

Análisis estadístico

Con los datos de incidencia se calculó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), según Van der Plank (1963) y Campbell and Madden (1990). Se hizo una regresión lineal y cuadrática entre el ABCPE y concentraciones nutricionales.

También los valores de incidencia se hizo una correlación múltiple contra cada uno de los elementos analizados, así como la severidad, para ver entre cuales existe una relación. Previo a esto los valores de incidencia y severidad se transformo con la formula: $\sqrt{x+1}$ arco seno, para ajustarlos a una distribución casi normal esto se realizo con el programa estadístico JMP.

RESULTADOS Y DISCUSION

Contenido nutrimental de la planta de papa de cinco lotes en producción en Coahuila y Nuevo León. 2005.

Los resultados que se obtuvieron en el análisis foliar para la determinación de los elementos minerales se muestran en el cuadro 2, dados en % y Ppm, así como los valores de incidencia y severidad de la enfermedad del SPMP, para cada uno de los lotes y etapa fenológica.

Cuadro 2. Concentración de nutrientes de los 5 lotes evaluados en 3 etapas fenológicas en Coahuila y Nuevo León, 2005.

Lotes	Etapa fenológica	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	%	%	%	%		
		Cu	Zn	Fe	Mn	Ca	Mg	K	Na	N	P	I	S
SAA	SC	8	81	1139	445	5.45	0.33	7.28	0.888	3.29	0.296	12,22	2
	Floración	9	34	1760	224	6.71	0.72	8.39	1.01	3.56	0.169	23,33	2
	Madurez	6	80	414	377	3.99	0.70	6.75	0.99	2.01	0.288	63,33	3
SR1	SC	9	94	269	491	6.78	0.64	5.54	1.28	4.03	0.247	8,88	2
	Floración	4	79	267	456	5.94	0.89	4.77	1.46	2.88	0.151	20	2
	Madurez	10	100	348	338	4.02	1.12	7.15	1.23	2.88	0.151	75,55	3
SR2	SC	3	82	378	276	5.20	0.58	5.24	0.64	3.42	0.255	8,88	1
	Floración	7	145	367	104	6.99	0.75	6.74	1.22	3.96	0.317	45,55	2
	Madurez	2	87	411	195	8.22	0.67	5.69	1.64	2.95	0.173	75,55	4
EZ	SC	3	48	395	356	8.68	0.80	5.46	1.89	3.15	0.284	16,66	1
	Floración	4	106	825	441	8.69	0.86	9.95	1.09	3.56	0.339	22,22	2
	Madurez	0	144	410	267	5.24	0.50	5.57	0.81	2.88	0.255	37,77	2
EC	SC	12	57	687	96	3.95	1.07	5.33	0.80	2.75	0.20	16,66	1
	Floración	11	20	303	140	4.38	0.57	4.45	1.07	2.88	0.187	34,44	2
	Madurez	15	114	626	684	5.24	0.92	8.57	0.76	4.43	0.252	63,33	3

I: Incidencia
S: Severidad

Estos resultados se compararon con los valores nutrimentales descritos por Walworth Y Muñiz (1993). En los que se analizó los niveles de Deficiente, Bajo, Suficiente o alto.

Una vez comparados los valores nutrimentales de las muestras analizadas con las de Walworth y Muñiz (1993), se observó que las concentraciones de algunos elementos se ubican dentro de los rangos establecidos en investigaciones previas realizadas por varios autores, mientras que otros elementos se encontraron por debajo o por encima de los valores que se han reportado como suficientes o adecuados para el desarrollo óptimo de la planta., como se muestra en el Cuadro 3.

La concentración de los nutrientes se mostraron diferentes de acuerdo a las etapas fenológicas, consideradas para el análisis, dentro de los elementos que se encontraron dentro de los niveles de suficiente tenemos al Cu, Zn y Mg , con lo que concuerda con los reportados por Walworth y Muñiz (1993).

Para el caso del Fe, Mn y C a los rangos de concentración que se obtuvieron del análisis foliar resultaron muy elevados para todos los lotes y etapas estudiadas, estos niveles se salen de los niveles reportados como suficientes.

Los incrementos del Manganese tal vez se deban a la aplicación de fungicidas a base de Mancozeb funguicida en coordinación con el Zinc y etilen bisditiocarbamato de Mn, ingrediente activo que es efectivo en el control de enfermedades fungosas, y en caso del calcio su nivel alto se explica debido a que el suelo de las regiones en estudio se

clasifican como calcáreos y en el caso del hierro a su poca movilidad o fertilización excesiva a base de este microelemento.

Para el caso del N, P y K son los únicos elementos que mostraron rangos de concentración deficiente para todos los lotes y etapas estudiadas de acuerdo a Walworth y Muñiz (1993).

Esto podría deberse a que son elementos con mucha movilidad dentro de la planta, son esenciales y son los más demandados durante el crecimiento, varias referencias indican que el nivel de estos elementos varían de acuerdo a la edad de la planta.

En general los resultados del análisis foliar de los 5 lotes presentaron variaciones, lo que posiblemente se deba a la elección del momento óptimo de la toma de muestras, la variedad empleada y las condiciones de clima y suelo a las que hayan estado sujetos. Además la concentración de los elementos depende de la movilidad y distribución que tenga en la planta.

Cuadro 3. Comparación del nivel nutrimental de los 5 lotes, para cada etapa fenológica de acuerdo a Walworth y Muñiz (1993).

Lotes	Etapa fenológica	ppm		ppm		ppm		ppm		%		%		%		%			
		Cu	Zn	Fe	Mn	Ca	Mg	K	N	P									
SAA	SC	sufic	8	alto	81	alto	1139	alto	445	alto	5,45	sufic	0,33	alto	7,28	defic	3,29	defic	0,296
	Floración	sufic	9	sufic	34	alto	1760	alto	224	alto	6,71	sufic	0,72	alto	8,39	bajo	3,56	defic	0,169
	Madurez	sufic	6	alto	80	alto	414	alto	377	alto	3,99	sufic	0,7	alto	6,75	defic	2,01	sufic	0,288
SR1	SC	sufic	9	alto	94	alto	269	alto	491	alto	6,78	sufic	0,64	sufic	5,54	bajo	4,03	defic	0,247
	Floración	bajo	4	alto	79	alto	267	alto	456	alto	5,94	alto	0,89	bajo	4,77	defic	2,88	defic	0,151
	Madurez	sufic	10	alto	100	alto	348	alto	338	alto	4,02	alto	1,12	alto	7,15	bajo	3,05	bajo	0,151
SR2	SC	bajo	3	alto	82	alto	378	alto	276	alto	5,2	sufic	0,58	sufic	5,24	defic	3,42	defic	0,277
	Floración	sufic	7	alto	145	alto	367	sufic	104	alto	6,99	sufic	0,75	sufic	6,74	bajo	3,96	bajo	0,255
	Madurez	defic	2	alto	87	alto	411	sufic	195	alto	8,22	sufic	0,67	alto	5,69	bajo	2,95	bajo	0,173
EZ	SC	bajo	3	sufic	48	alto	395	alto	356	alto	8,68	sufic	0,8	sufic	5,46	defic	3,15	defic	0,284
	Floración	bajo	4	alto	106	alto	825	alto	441	alto	8,69	alto	0,86	alto	9,95	bajo	3,56	sufic	0,339
	Madurez	defic	0	alto	144	alto	410	alto	267	alto	5,24	sufic	0,5	alto	5,57	bajo	2,88	sufic	0,255
EC	SC	sufic	12	sufic	57	alto	687	sufic	96	alto	3,95	sufic	1,07	sufic	5,33	defic	2,75	defic	0,2
	Floración	sufic	11	bajo	20	alto	303	sufic	140	alto	4,38	sufic	0,57	bajo	4,45	defic	2,88	defic	0,187
	Madurez	sufic	15	alto	114	alto	626	alto	684	alto	5,24	sufic	0,92	alto	8,57	sufic	4,43	sufic	0,252

Incidencia y severidad del síndrome punta morada.

Los resultados obtenidos de incidencia y severidad que presentaron los cinco lotes en estudio se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Incidencia, severidad del SPMP en cinco lotes de papa, 2005.

Lotes de estudio	Etapa fenológica	^cIncidencia	^dSeveridad (escala)	Altitud
San Antonio las Alazanas	Surco verde	2,22	1	2190 y 2040 msnm
	Surco cerrado	12,22	2	
	Floración	23,33	2	
	Madurez	63,33	3	
	Cosecha	74,44	4	
Emiliano Zapata	Surco verde	1,11	1	
	Surco cerrado	16,66	1	
	Floración	22,22	2	
	Madurez	37,77	2	
	Cosecha	57,77	3	
San Rafael 1	Surco verde	3,33	1	1800 a 1900 msnm
	Surco cerrado	8,88	2	
	Floración	20	2	
	Madurez	75,55	3	
	Cosecha	86,66	5	
San Rafael 2	Surco verde	2,22	1	
	Surco cerrado	8,88	1	
	Floración	45,55	2	
	Madurez	75,55	4	
	Cosecha	82,22	4	
El Cristal	Surco verde	4,44	1	
	Surco cerrado	16,66	1	
	Floración	34,44	2	
	Madurez	63,33	3	
	Cosecha	68,88	3	

^c**Incidencia:** Porcentaje de enfermedad al final del ciclo.

^d**Severidad:** 1= Ausencia de la enfermedad, 2= Aparición de la tonalidad amarilla en la parte aérea de la planta, 3= Brotes anormales, engrosamiento y acortamiento de entrenudos, 4= Enrollamiento de folíolos con color morado y tubérculos aéreos, 5= Marchites de la planta con un tono amarillo a morado, necrosis vascular en tallos y muerte prematura.

En la Figura 1, se compara la incidencia y la severidad de los 5 lotes y etapas fenológicas en estudio, donde se observó que la incidencia comenzó a manifestarse en promedio de los 40-50 días después de emergencia (dde). La incidencia se comportó en forma progresiva en relación al tiempo, empezando a manifestarse de 1.11 % a 4.44 % en los lotes de estudio en la etapa de surco verde. En el lote de San Rafael 1 y 2, la incidencia alcanzó de un 82.22 a 86.66 % a los 100 dde, siendo estos lotes los que mayor incidencia presentaron.

En el caso de la severidad para los 5 lotes de estudio, mostraron la misma tendencia en relación al tiempo pero en menor proporción por haber utilizado niveles de escala de 1 a 5, alcanzando niveles de 3 a 5 en base a la escala arbitraria de la clasificación progresiva de la enfermedad descrita anteriormente, esto al final del ciclo de cultivo de cada lote de estudio, ya que en tres lotes (San Antonio las Alazanas, San Rafael 2 y San Rafael 1) presentaron una escala de 4 y 5, que corresponde a la parte área de la planta enrollamiento de los folíolos de color morado y producción de tubérculos aéreos y marchites de la planta con un tono amarillo a morado, necrosis vascular en tallos y muerte prematura ocasionado por el SPMP; en comparación a lotes Emiliano Zapata y el Cristal que fue menos agresiva, ya que únicamente alcanzó daños como fue la producción de brotes anormales de las yemas axilares y engrosamiento de tallos y acortamiento de los entrenudos correspondiente a la escala 3; en estos lotes no hubo presencia de marchites de la planta con un tono amarillo a morado y muerte prematura ocasionados por el SPMP.

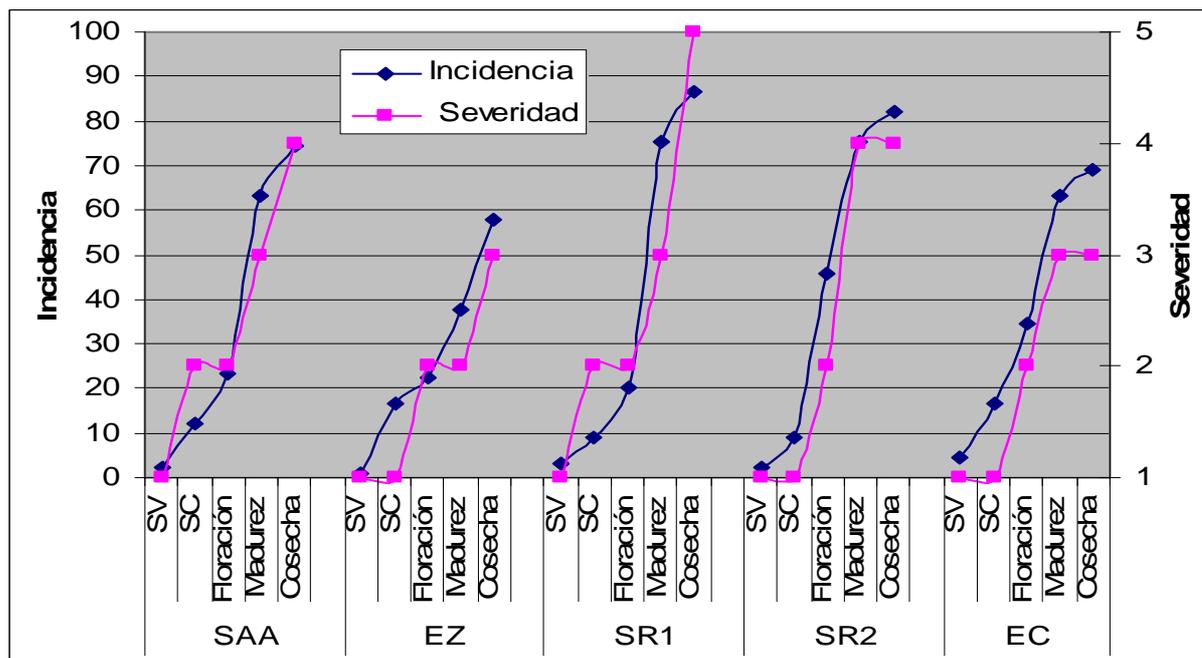


Figura 1. Comportamiento de la incidencia y severidad del síndrome de punta morada de la papa en 5 lotes de papa de la región papera de Coahuila y Nuevo León, 2005.

Relación de la incidencia con los nutrientes analizados.

El modelo que mejor se ajustó para ver la relación de la enfermedad con la concentración de nutrientes fue el modelo cuadrático. Se observa que existió relación con varios de los elementos estudiados como son: K, N, P, Fe, Zn y Ca.

Mediante el análisis de regresión entre la concentración de K y el ABCPE de cada lote y etapa fenológica, se observa una relación directa significativa con una r^2 de 0.939 (Figura 2). Indicando que el incremento de la enfermedad aumenta cuando tenemos una concentración 6.74 % se supone que por arriba del 10 % la enfermedad no se presentaría y por debajo de 4% la enfermedad tiende a disminuir.

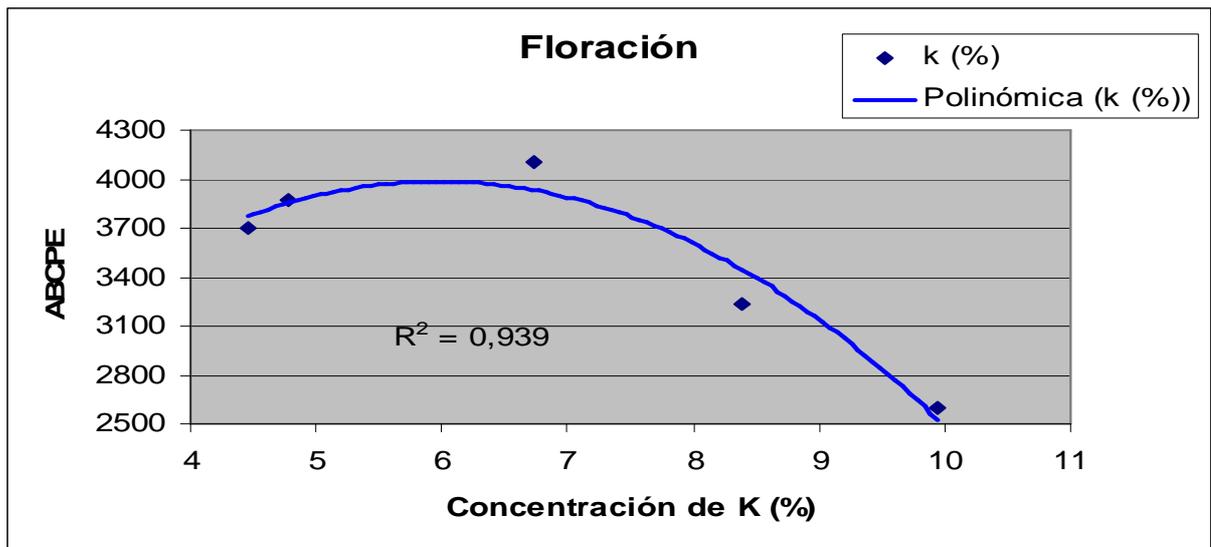


Figura 2. Relación de la incidencia representada en área bajo la curva del progreso de enfermedad (ABCPE) del síndrome de punta morada de la papa, variedad Gigant y la concentración de K en la etapa de Floración de 5 lotes de Papa en Coahuila y Nuevo León. 2005.

Se observó una relación directa significativa entre la concentración de N y el ABCPE en cada lote, con una r^2 de 0.8505. El modelo cuadrático explica que a partir de 3.6 % la enfermedad está baja, pero, al aumentar o disminuir la concentración de este elemento la epidemia tiende a incrementarse. (Figura 3).

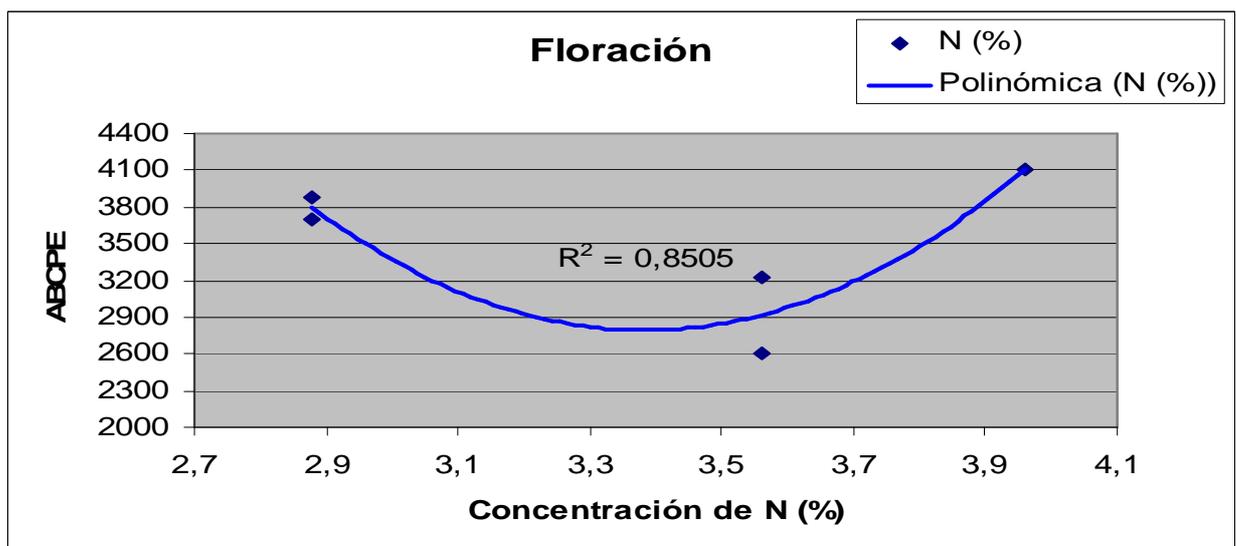


Figura 3. Relación de la incidencia representada en área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) del síndrome de punta morada de la papa, variedad Gigant y la concentración de N en etapa de floración en 5 lotes en Coahuila y Nuevo León 2005.

El resultado de la regresión entre la concentración de P y el ABCPE en cada lote, se observa una relación significativa con una r^2 de 0.6797 (Figura 4). A pesar que el modelo no describe bien la relación, nos indica que valores arriba de 0.35% la enfermedad estaría en niveles bajos ya que conforme disminuye la concentración de este elemento la enfermedad tiende a aumentar.

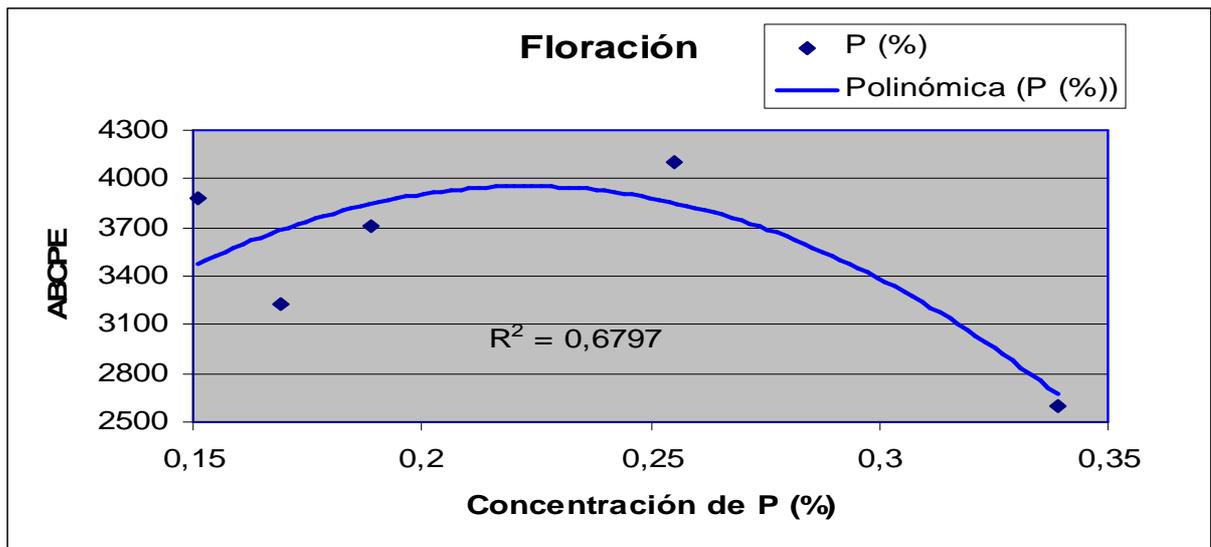


Figura 4. Relación de la incidencia representada en área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) del síndrome de punta morada de la papa, variedad Gigant y la concentración de P en floración de 5 lotes en Coahuila y Nuevo León. 2005.

En la Figura 5, se observa una relación directa significativa entre la concentración promedio de Zn y el ABCPE en cada lote, con una r^2 de 0.8332. Según el modelo que por abajo de 80 Ppm y por arriba de 140 ppm de Zn, la enfermedad presentaría incidencia baja. Y con una concentración de 87 ppm la enfermedad tiende a incrementarse.

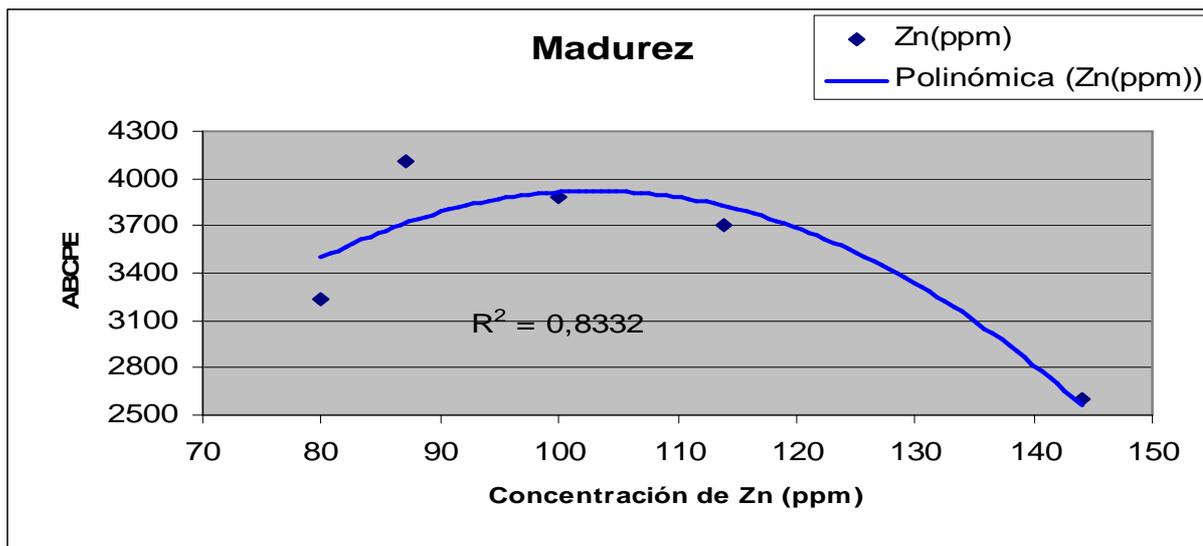


Figura 5. Relación de la incidencia representada en área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) del síndrome de punta morada de la papa, variedad Gigant y la concentración de Zn en la etapa de Madurez de 5 lotes en Coahuila y Nuevo León. 2005.

En la figura 6, describe una relación directa significativa entre la concentración de Fe y el ABCPE en cada lote, con una r^2 de 0.8342. El modelo cuadrático explica que las concentraciones óptimas para que la enfermedad este en niveles bajos es de 1200 ppm, ya que por abajo y por arriba de esta cantidad la enfermedad tiende a aumentar.

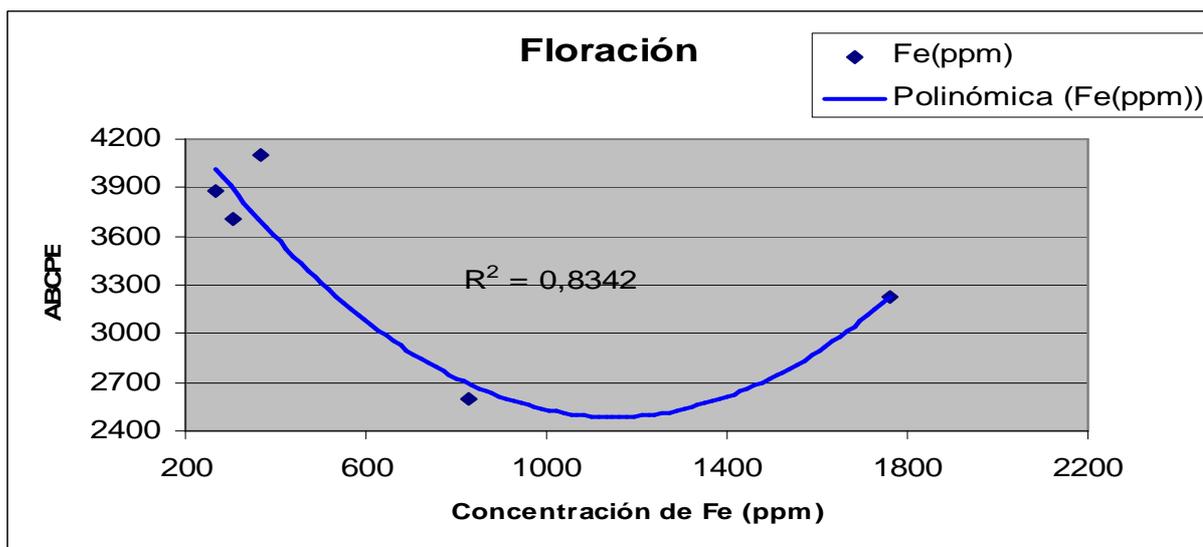


Figura 6. Relación de la incidencia representada en área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) del síndrome de punta morada de la papa, variedad Gigant y la concentración de Fe en floración de 5 lotes en Coahuila y Nuevo León. 2005.

El modelo cuadrático no explica muy bien la relación entre la cantidad de Ca y el ABCPE, ya que la línea pasa retirado de dos puntos. A pesar de eso el modelo nos indica que los niveles óptimos de Ca para que la enfermedad se mantenga bajo es de 8.8 %, abajo de esta cantidad hay variación en la incidencia (Figura 7).

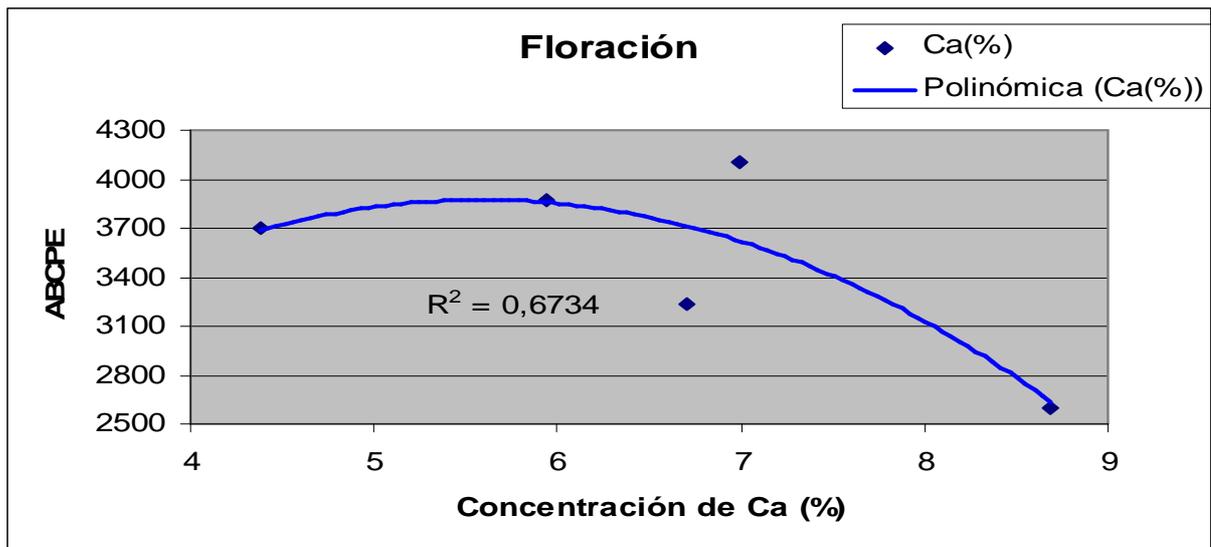


Figura 7. Relación de la incidencia representada en área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) del síndrome de punta morada de la papa, variedad Gigant y la concentración de Ca en floración de 5 lotes en Coahuila y Nuevo León. 2005.

No se detectó una relación significativa entre el SPMP y los demás nutrientes (Poner los nutrientes) analizados en los 5 lotes de estudio.

Correlación múltiple de incidencia-Severidad con las concentraciones de los nutrientes.

Al realizar el análisis de correlación múltiple de los valores de incidencia, severidad y cada elemento nutrimental analizado, los resultados se observan en el cuadro 5.

La correlación entre incidencia – severidad tienen un alto nivel de significancia de ($P < 0.01$) ya que la ultima variable se encuentra asociada con el numero total de plantas con síntomas de punta morada de la papa, lo que nos indica que ambas variables son dependientes entre si.

Al igual los elementos Fe y K tienen una correlación significativa al ($P < 0.05$), pero no presentan correlación con la incidencia y severidad, ya que al parecer solo entre elementos se relacionan, Una explicación a esto es que los elementos juegan un papel muy importante durante el desarrollo y crecimiento del cultivo. Montaldo (1984), menciona que la papa es un cultivo energético, ya que esta constituida por carbohidratos y la síntesis de estos requieren la presencia de los elementos mayores como el K y además de los elementos menores como el Fe, por lo que la relación entre las variables se presenta.

Las correlaciones de los demás elementos minerales de los lotes estudiados no mostraron ninguna significancia con esto nos indica que son independientes o que no están correlacionadas.

Cuadro 5. Análisis de Correlación múltiple entre todas las variables y parámetros analizados.

variables	Ppm Cu	Ppm Zn	Ppm Fe	Ppm Mn	% Ca	% Mg	% K	% N	% P	Incidencia	Severidad
Ppm Cu	1,0000NS	-0,2455NS	0,2231NS	0,1677NS	-0,4678NS	0,3672NS	0,2309NS	0,3477NS	-0,2413NS	0,1132NS	0,0901NS
Ppm Zn	-----	1,0000NS	-0,2976NS	0,2292NS	0,0885NS	0,0083NS	0,2672NS	0,3290NS	0,3169NS	0,3044NS	0,2911NS
Ppm Fe	-----	-----	1,0000NS	-0,0017NS	0,1232NS	-0,1319NS	0,6027*	0,1871NS	0,0315NS	-0,2227NS	-0,0585NS
Ppm Mn	-----	-----	-----	1,0000NS	0,0850NS	0,0490NS	0,4077NS	0,3794NS	0,3239NS	-0,0157NS	0,2437NS
% Ca	-----	-----	-----	-----	1,0000NS	-0,0893NS	0,2542NS	0,3729NS	0,2747NS	-0,1716NS	-0,0195NS
% Mg	-----	-----	-----	-----	-----	1,0000NS	0,1911NS	0,0274NS	-0,3644NS	0,3103NS	0,0358NS
% K	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,0000NS	0,4212NS	0,3713NS	0,1968NS	0,3024NS
% N	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,0000NS	0,1788NS	-0,1691NS	-0,0352NS
% P	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,0000NS	-0,3123NS	-0,2704NS
incidencia	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,0000NS	0,8319**
severidad	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,0000NS

NS = CORRELACION NO SIGNIFICATIVA AL NIVEL DE 0.05

* = CORRELACION SIGNIFICATIVA AL NIVEL DE 0.05 = 0, 514

** = CORRELACION SIGNIFICATIVA AL NIVEL DE 0.01= 0, 641

Análisis Dris

Al comparar el orden de requerimiento nutrimental que las plantas requerían en los lotes de estudio por medio del programa de índices DRIS (Beaufils, 1973), se observó deficiencias de N, Zn, Cu y Mn en los distintos lotes de producción (Cuadro 6).

Cuadro 6. Orden de requerimiento nutrimental mediante los índices DRIS de 5 lotes de papa en Coahuila y Nuevo León. 2005

Lotes	Orden de requerimiento nutrimental Promedio de elementos analizados
San Antonio las Alazanas	
Surco cerrado	>N >Mg >Cu >Mn >Zn >K >Ca >Fe >P
Floración	>N >Zn > Mn >Cu >Mg >K >Ca >Fe > P
Madurez	>N > Cu > Mn > Mg > Fe > Zn > K > Ca >P
San Rafael 1	
Surco cerrado	>N > Cu > Fe > Mg > P > Mn > Zn > Ca > P
Floración	>N > Cu > Fe > k > Mn > Zn > Mg > Ca > P
Madurez	>N > Cu > Mn > Fe > K > Ca > Zn > Mg > P
San Rafael 2	
Surco cerrado	>Cu >N > Mn > Mg > K > F > Zn > Ca > P
Floración	>Mn > N > Cu > Mg > Fe > K > Zn >Ca > P
Madurez	>Cu > N > Mn > Mg > K > Fe > Zn > Ca > P
Emiliano Zapata	
Surco Cerrado	>Cu > N >Zn >Mn > K >Fe > Mg > Ca > P
Floración	>N > Cu > Mn > Mg > Zn > K > Fe > Ca > P
Madurez	>Cu > N > Mn > Mg > K > Fe > Ca > Zn > P
El Cristal	
Surco Cerrado	>N > Mn > Cu > Zn > K > Ca > Fe >Mg > P
Floración	>Zn > N > Mn > Cu > K > Mg > Fe > Ca > P
Madurez	>N > Cu > Mg > Mn > K > Fe > Zn > Ca > P

DISCUSION

Nutrición y su relación con la incidencia del síndrome punta morada de la papa

En las etapas fenológicas de floración fueron donde se incremento la enfermedad, ya que en esta etapa es cuando la planta tiene mayor demanda de energía del sistema aéreo (por un envío de nutrientes), para el llenado del tubérculo y quedando susceptible la parte aérea al ataque de patógenos, acelerando los síntomas típicos de punta morada en el follaje.

En base a los resultados de este estudio se encontró que las concentraciones de algunos elementos nutrimentales están asociados con la incidencia y severidad de este síndrome.

Las concentraciones de N obtenidas de los lotes de estudio fluctúan entre 2.88 a 3.96% de los 50 a 60 dde, por lo que los 5 lotes de producción se ubicaron dentro de los niveles bajo y deficiente según Walworth y Muñiz (1993), estas deficiencias concuerdan también con los resultados obtenidos en el sistema Dris según Beaufils (1973), por lo tanto el N será un elemento primordial en el control fitosanitario de enfermedades y en especial en estos lotes de estudio al relacionar la concentración de este elemento con la incidencia del SPMP. Lo anterior se vio reflejado en aquellos lotes como San Rafael I, y el Cristal que fueron los que menor porcentaje de N presentaron, e incidencias altas entre un 63.33 a un 75.55 y % respectivamente. Niveles bajos de N traen como consecuencia el aumento de la susceptibilidad de las plantas al ataque de hongos de suelo como *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxisporum* y *Verticillium dahliae*, patógenos que provoca síntomas de PMP (Guigon, 1994; Hernández, 2000; Moctezuma, 2005).

La relación entre el P y ABCPE fue significativa encontrando que niveles de 0.39% causan incidencias bajas. Las concentraciones de P en la mayoría de los lotes de estudio se ubicaron en un nivel deficiente en comparación a los datos reportados por Walworth y Muñiz (1993). Los niveles bajos de este elemento, concuerda con lo reportado con Beukema and Van Der Zaag (1990) y Marschner (1995) quienes mencionan que al existir deficiencias de P puede disminuir el crecimiento de las plantas y las hojas de algunas variedades pueden enrollarse y adquirir coloraciones púrpuras, además de aumentar la susceptibilidad de la planta al ataque del virus PLRV, que causa síntomas similares de punta morada (Flores, 2004). Los resultados con el programa de índices Dris, arroja que la concentración de P, están en niveles suficientes, manejando valores individuales para cada lote y no en conjunto. El nivel de P que se presentó en el lote Emiliano Zapata fue el que mayor concentración de fósforo tuvo con un 3.39% y fue el que menor incidencia presentó del SPMP, lo anterior concuerda Huber (1980) mencionando que en presencia de una buena nutrición de este elemento la incidencia de las principales enfermedades de este cultivo disminuyen notablemente.

Los resultados de las concentraciones de K para los lotes de estudio de acuerdo a Walworth y Muñiz (1993) fue de un rango de 4.45 a 9.95%, lotes que se mantuvieron en el nivel bajo, a excepción de los lotes SAA y EZ que presentaron un nivel alto, probablemente por pertenecer a la misma región geográfica, por lo que aquellos lotes con un nivel bajo son los de la región de Galeana N.L SR1, SR2 y EC, y que fue donde se presentó una mayor incidencia, probablemente se deba a que las plantas tuvieron una deficiencia.

Los resultados obtenidos en la concentración de Mn en la etapa de floración para los 5 lotes de estudio fueron de 104 a 456 ppm. Donde SR2 y EC se mantuvieron en los niveles suficientes pero con diferentes incidencias y severidad, a excepción de SR1, EZ y SAA que presentaron niveles altos entre más de 200 y 400 ppm, Walworth y Muñiz (1993), como se muestra en el cuadro 3; la incidencia de estos 3 lotes fue diferente, los índices Dris arroja a este elemento como deficiente, por lo que se podría que el Mn no causa algún afecto en la expresión de síntomas para el SPMP.

En los resultados obtenidos de las concentraciones de Ca para los lotes de estudio fue de un rango que oscilo de 4.38 a 8.69% en la etapa de floración, niveles que se mantuvieron por arriba de niveles de acuerdo a Walworth y Muñiz (1993), como se muestra en el cuadro 3. Este elemento pudo haber ayudado a la planta a tener mayor resistencia al ataque de patógenos vasculares ayudando a la disminución de síntomas de punta morada en el follaje como el lote EZ, que fue el que menor incidencia presento. Esto concuerda con los resultados encontrados de la relación entre la cantidad de Ca y el ABCPE, donde nos indica que a concentraciones de 8.8% la enfermedad se mantiene baja y por debajo de estas la enfermedad tiende a aumentar. El Ca al parecer ayuda a la composición de las paredes celulares (pectatos de Ca en las laminillas medias de las células), que fortalece las estructuras de las células de la planta, así el de favorecer la resistencia de ciertas sustancias químicas (toxinas) con una fuerte acción toxica y se antepone a la penetración de los patógenos que posiblemente causan este síndrome en la planta hospedante, Agrios (1996). Pero no hay que olvidar que existen otros factores involucrados en el complejo y que a pesar de que hubo niveles altos de Ca en todos los lotes, la incidencia fue diferente para éstos.

La concentración de Fe en la etapa de floración en los lotes de estudio se encontró de 267 a 1760 ppm, y comparando con los de Walworth y Muñiz (1993) , ubicándose en un nivel alto. Para Narro (1995), indica que el contenido de Fe en el follaje varia de 10 a 100 ppm y menciona que el rango de suficiencia de este elemento se encuentra entre 35 y 75 ppm, pero la mayoría de los lotes se encuentra sobre estas concentraciones, sin encontrar ninguna deficiencia; sin embargo considerando que las concentraciones varían de 10-100 ppm o mas se consideran la mayoría de estas concentraciones buenas para intervenir en los procesos metabólicos como componentes importantes en varios sistemas enzimáticos de la planta y así como en la producción de clorofila. Esto concuerda con lo que se encuentra en los resultados de la regresión entre la concentración de Fe y el ABCPE, en donde vemos que con una concentración de 1200 Ppm, la enfermedad se mantiene con una incidencia baja y que conforme aumenta o disminuye la concentración de este elemento la incidencia de la enfermedad se aumenta.

Los resultados de la regresión entre la concentración de Zn y la enfermedad, muestra que con una mayor concentración de 87 ppm de Zn, hay un aumento de la enfermedad por lo concuerda con los resultados obtenidos por Walworth y Muñiz (1993), en donde se encontró a los lotes SR1 y SR2 con un nivel alto de este elemento pero también presento alta incidencia. Con lo que concuerda con los resultados de la relación de Zn y el ABCPE donde nos indica que a concentraciones mayores de 80 ppm hay un incremento de la enfermedad, por lo que podemos decir que este elemento tuvo una relación con el SPMP, por presentar alta incidencia. Aquí lo único que podría decirse es que en la región de Galeana N.L. , este elemento es aplicado mediante las constantes aplicaciones de funguicidas a base de Mancozeb funguicida en coordinación del ion zinc y etilen bisditiocarbamato de Mn, por lo que la concentración de este elemento se aumenta.

Incidencia y severidad del síndrome punta morada en campo

La expresión de síntomas de esta enfermedad aumento a partir del periodo de floración y madurez aproximadamente entre 55 dde y 75 dde, alcanzando escalas de 1 a 5 en todos los lotes esto probablemente se deba a que en estas etapas fenológicas la planta tiene un mayor gasto de energía, así como mayor necesidad de nutrientes., esto concuerda con lo reportado por Santiago (2004) quien menciona que los síntomas de punta morada aparecen a los 65 días después de plantación (ddp).

La incidencia para los 5 lotes fluctuó entre 57.77 y 86.66 % esto concuerda con lo reportado por Cadena-Hinojosa (1993), quién menciona incidencias de 34 al 90 % para zonas productoras de papa de la región sur de Coahuila-Nuevo León. Esta diferencia de incidencia que se presento pudo deberse a la variación en la concentración de nutrientes que se presento entre los lotes, así como otros factores bióticos y abióticos involucrados en el complejo de punta morada de la papa.

CONCLUSIONES

La deficiencia de algunos nutrientes esenciales para la planta de papa se relaciona con la incidencia y severidad del SPMP que se presento en la región de Coahuila y Nuevo León en el 2005.

La incidencia y severidad mostraron relación a través del tiempo con el incremento de la enfermedad.

Los elementos N, P, K, Zn, Ca, Fe y Mn mostraron una relación con la sintomatología característica de punta morada.

LITERATURA CITADA

- Agrios, G.N., 1996. Fitopatología. 2da. Edición. Uthea Noriega. México, D.F. 838 p.
- Almeyda, L. I., J. A. Sánchez y J. A. Garzón. 2004. Detección molecular de fitoplasmas en papa. Memorias del Simposio punta morada de la papa. XXI Semana Internacional del Parasitólogo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. pp. 4-14.
- Alonso, A.F. 1996. El cultivo de la papata. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 272 p.
- Báez, M. 1983. La papa (*Solanum tuberosum* L.). Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 116 p.
- Beaufils, E.R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. (Soil Science Bulletin No.2). University of Natal, Pietermaritzburg, South Africa. 132 p.
- Berges, R., Rott, M. And Seemuller, E. 2000. range of Phytoplasma concentrations in various plant hosts as determined by competitive polymerase Chain reaction. Phytopathology 90: 1145-1152.
- Benoit, G.R. and Grant, W.J. 1980. Plant water deficit on Arootstook County potato yields over 30 years. Amer. Pot. J. 57:585-594.
- Beukema, H.P. and D.E. Van Der Zaag. 1990. Introduction to Potato Production. International Agricultural Center. Wageningen, Nertherlands. 207 p.
- Bidwell, R.G.S. 1993. Fisiología vegetal, 1a. Edición en Español. A.G.T. Editores. México, D.F. pp. 272-288. Bourke, P.M.A. 1970. Use of weather information in the

prediction of plant disease epiphytotics. Annual Review of Phytopathology 8:345-370.

Cadena-Hinojosa, M. A. 1974. Estudio sobre la "Punta Morada de la Papa" en México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 70 p.

Cadena, H. M y A. J. Galindo. 1985. Reducción de la incidencia de la "Punta morada de la papa" por medio de fechas de siembra, genotipo de la planta y aplicaciones de insecticidas. Revista Mexicana de Fitopatología.3:100-104.

Cadena, H, M. A. 1993. La punta morada de la papa en México: I. Incidencia y Búsqueda de Resistencia. Agrociencia 4(2): 247-256.

Cadena, H. M. 1996. La punta morada de la papa en México: Efecto de cubiertas flotantes, genotipos y productos químicos. Revista Mexicana de Fitopatología. 14 (1): 20-24.

Campbell, C.L. and Madden L.V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons Inc. 532 p.

Cazares-Mendez, I.G., Cadena-Hinojosa, M.A., Rodriguez, D. M: A., De la Jara, A. F. y Zeron B. F. 2004. Determinación de prolina y ácido ascórbico en tubérculos sanos y con síntomas de punta morada de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum L.*). Memorias del VI/XXXI Congreso internacional/ Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, A. C., Boca del Río, Veracruz, México. Resumen L-1

Chavez-Medina, J.A., Santos, C.M.E., Fierro, C.J.A., Briceño, L.P.G., Mendez, L.J. y Leyva, L.N.E. 2002. Uso de PCR en tiempo real para la detección de fitoplasmas asociados a enfermedades de papa. Memorias del VI/XXXI Congreso internacional/ Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, A. C., Boca del Río, Veracruz, México. Resumen L-80.

Cutter, E.Z. 1978. Structure and development of the potato Plant. In: Harris,

- P.M. (Ed9). The Potato Crop. The scientific basis for improvement. Chapman and Hall. London. pp. 70-151.
- Flores, O. A., I. A. Alemán y M. I. Notario. 2004. Alternativas para el manejo de la punta morada de la papa. En memorias del Simposio punta morada de la papa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. pp. 40-44.
- García, G., Ma. de la Paz. 1998. Severidad del tizón tardío en relación con el contenido nutrimental de la papa en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. p. 28.
- García, G.S.J. (INIFAP), Olivares S.E. (FAUANL) y Cortés, B.J. de J. (UAAAN). 2002. Establecimiento de Normas DRIS y Diagnostico Nutrimental para el Cultivo de la Papa en Coahuila y Nuevo León. (CD Versión 1.3 del Programa de Índices DRIS para el cultivo de papa en Coahuila y Nuevo León). México.
- García-Quijano, J.R. 1996. Etiología y transmisión del obscurecimiento del tubérculo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) para industria. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado. De México. 65 p.
- Guigon, L.C. 1994. Epidemiología de las enfermedades de la papa causadas por Hongos Fitopatógenos del suelo en el Sur de Coahuila y Nuevo León. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 103 p.
- Hernandez, G.V. 2006. Factores Abioticos y su relación con el Síndrome de la punta morada de la papa. Tesis de Maestria en ciencias. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 35 p.
- Hernandez, H. H. 2000. Asociacion de los hongos *Fusarium oxysporum* Schlecht y *Verticillium dahliae* Kleb. en los síntomas de la Punta Morada de la Papa en el sur de Coahuila y Nuevo León. Tesis de Maestria. Universidad Autonoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 74 P.

- Huber, D.M. 1980. The role of mineral nutrition in defense. In: "Plant disease: An advanced treatise" (J.G. Horsfall and E.B. Cowling, Eds.). Vol. 5:386-406.
- Kranz, J. 1988. The methodology of comparative epidemiology. In: Experimental techniques in plant disease epidemiology. Springer, Berlín. pp. 279-289.
- Leyva-Lopez, N.E., Ochoa, S.J.C., Leal-Klevezas, D.S. and Martinez-Soriano, J.P. 2002. Multiple Phytoplasmas associated with Potato Diseases in México. Canadian Journal of Microbiology. 48: 1062- 1068
- Lee, I.M., Davis, R. E., Gundersen-Rindal, D. E. 2000. Phytoplasma: Phytopathogenic Mollicutes, Annual Reviews Microbiology 54:221-255.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Physiological Ecology. T.T. Kozlowski. Ed. New York, Academic Press. 607 p.
- López, T. M. 1994. Horticultura. Editorial Trillas. México, D.F. pp. 21-25.
- Madden, L.V. 1980. Quantification of disease Progression. Protection Ecology. 2:159-176.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. Academic Press. San Diego, CA. 889 p.
- Maramorosh, K. 1988. Potato Purple Top Kilt. Entomology Department, Cook College, Rutgers-The State University. New Jersey USA. 456 p.
- Medal J.A. and Summer M.E. 1980. Foliar diagnostic norms for potatoes. Journal of Plant Nutrition. 2(5).
- Montaldo, A. 1984. Cultivo y Mejoramiento de la papa. Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura. IICA.

- Moorby, J. 1978. The physiology of growth and tuber yield. In: Harris, P.M. (Ed). The Potato. The scientific basis for improvement. Chapman and may. London. pp. 153-194.
- Moctezuma , G.R.2005. Hongos de Suelo y su Asociación con el síndrome de la punta morada de la papa en Coahuila y Nuevo León. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 63 p.
- Narro, F.E. 1986. Reunión sobre Investigación y Análisis de la Problemática de Papa, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.
- Narro, F.E. 1995. Nutrición y sustancias húmicas en el cultivo de papa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Memorias del Congreso Nacional de Productores de Papa IICA. pp. 32-33.
- Ortega, D.A. 1995. Nutrición y Fitopatología. Algunos aspectos de la nutrición mineral de las plantas. Placido Cuadros S.A. Granada, España. pp. 53- 71.
- Marshall, B., Jarvis, P., New York, Ed. Cambridge University. pp. 21-39. Rousselle, P., Robert, Y., y Crosnier, J.C.1999. La patata. Ediciones Mundi Prensa. México. 30 p.
- Rocha, R.R. 1985. Guía para cultivar papa en el Bajío. SARH. INIA (CIAB) CAEB. Celaya, Guanajuato, México. 14 p.
- Rubio, C., O.A. 1990. Aplicación del método DRIS en el diagnostico nutrimental del cultivo de papa en la región de Navidad, Nuevo León. Memorias del XXIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Comarca Lagunera. México.
- Rubio-Cobarrubias, O.A., Almeida-León. H., Díaz, H.C., Garzón-Tiznado, A., Rocha, R.R., y Cadena, H.M. 2002. Importancia y distribución de la punta morada de la papa en México. Memorias del Taller Internacional de Trabajo sobre la Punta Morada de la Papa y *Paratrypa cockerelli*. INIFAP y CONPAPA. Toluca, Edo. de México. pp. 1-11.

- SAGARPA, 2002. Avances de siembras y cosechas. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (siap), con información de las delegaciones de la sagarpa en los estados. (siacap). www.siap.sagarpa.gob.mx.
- SAGARPA, 2005. Avances de siembras y cosechas. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (siap), con información de las delegaciones de la sagarpa en los estados. (siacap). www.siap.sagarpa.gob.mx.
- Santiago, C.V. 2004. Epidemiología de la punta morada de la papa en la región sur de Coahuila y Nuevo León, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Salazar, L. F. 1996. Los virus de la papa y su control. Centro Internacional de la papa (CIP). Lima, Perú. 226 p
- Seem, R.C. 1984. Disease Incidence and severity relationships. *Ann. Rev. Phytopathol.* 22:133-150.
- Schoeneweiss, D. 1983. Drought predisposition to *Cytospora* canker in blue spruce. *Plant Diseases*. St. Paul, Minnesota, APS Press. 256 p. Stone, N.D., Loulson, R.N., Frisbie, R.E. and Loh., D.K. 1986. Expert system in entomology: Three approaches to problem solving. *Bul. Entomol. Soc. Amer.* 32:161-166.
- Stone, N. D., Loulson, R.N. Frisbie, R.E. and Loh., D.K. 1986. Expert System in Entomology: Three approaches to problem solving. *Bul. Entomol. Soc. AMER.* 32:161-166.
- Valadez, L.A. 1997. Producción de Hortalizas. Sexta reimpresión. Editorial Limusa. México, D.F. 278 p.
- Van der Plank, J.E. 1963. *Plant diseases: Epidemics and control*. Academic Press. New York. 349 p.

Walworth, J. L. Jr. And Muñiz, J. L. 1993. A Compendium of tissue nutrient concentration or field grown potatoes. In: American Potato Journal. Vol. 70. pp 591-595.

Zadoks, J.C. and R.D. Shein. 1979. Epidemiology and Plant Disease Management. Oxford Univ. Press. New York. 427 p.

APENDICE

Cuadro 7. Concentración de nutrientes de tejido (folíolos) en la etapa de pre-floración en el cultivo de papa, según Walworth y Muñiz (1993).

ELEMENTO	DEFICIENTE	BAJO	SUFICIENTE	ALTO
N (%)	< 4.0	4.1-5.0	5.1-7.0	7.1-9.0
P (%)	< 0.30	0.31-0.40	0.41-0.70	0.71-0.90
K (%)	< 2.50	2.60-3.50	3.60-5.50	5.60-7.50
Ca (%)	< 0.30	0.31-0.59	0.60-2.50	2.51-5.00
Mg (%)	< 0.15	0.16-0.25	0.26-1.10	1.11-1.30
Cu (ppm)	< 2.0	3-5	6-30	31-50
Zn (ppm)	< 15	16-20	21-70	71-150
Fe (ppm)	< 24	25-69	70-249	250-500
Mn (ppm)	< 14	15-19	20-99	100-250

Cuadro 8. Concentración de nutrientes de tejido (folíolos) en la etapa de floración en el cultivo de papa, según Walworth y Muñiz (1993).

ELEMENTO	DEFICIENTE	BAJO	SUFICIENTE	ALTO
N (%)	< 3.0	3.1-4.0	4.1-6.0	6.1-9.0
P (%)	< 0.20	0.21-0.30	0.31-0.50	0.51-0.70
K (%)	< 2.5	2.60-5.00	5.10-7.00	7.10-9.00
Ca (%)	< 0.30	0.31-0.59	0.60-2.50	2.51-5.00
Mg (%)	< 0.14	0.15-0.49	0.50-0.80	0.81-1.30
Cu (ppm)	< 2.0	3-5	6-30	31-50
Zn (ppm)	< 15	16-20	21-70	71-150
Fe (ppm)	< 24	25-69	70-250	251-500
Mn (ppm)	< 10	11-20	21-200	201-400

Cuadro 9. Concentración de nutrientes de tejido (folíolos) en la etapa después de la floración en el cultivo de papa, según Walworth y Muñiz (1993).

ELEMENTO	DEFICIENTE	BAJO	SUFICIENTE	ALTO
N (%)	< 2.0	2.1-3.0	3.1-5.0	5.1-7.0
P (%)	< 0.10	0.11-0.20	0.21-0.50	0.51-0.70
K (%)	< 1.50	1.60-2.50	2.60-4.50	4.60-6.50
Ca (%)	< 0.30	0.31-0.59	0.60-2.50	2.51-5.00
Mg (%)	< 0.14	0.15-0.49	0.50-1.00	1.01-9.00
Cu (ppm)	< 2.0	3-5	6-30	31-50
Zn (ppm)	< 15	16-20	21-70	71-150
Fe (ppm)	< 24	25-69	70-249	250-500
Mn (ppm)	< 10	11-20	21-200	201-400