

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA
PROGRAMA DE POSGRADO

REQUERIMIENTO EXTERNO E INTERNO DE FOSFORO EN TRES
CULTIVARES DE MAIZ (Zea mays L.) Y TRES CULTIVARES DE SOYA
(Glycine max Merr.)

Tesis sometida a consideración del Comité Técnico Académico
del Programa de Estudio de Posgrado en Ciencias Agrícolas y
Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de
Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientiae

Por

ADOLFO LANTIGUA

CATIE

Turrialba, Costa Rica

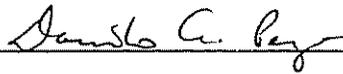
1989

Esta Tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

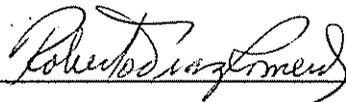
Magister Scientiae



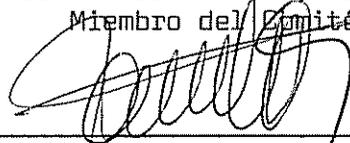
Donald L. Kass, Ph. D.
Profesor Consejero



Danilo Pezo, Ph. D.
Miembro del Comité



Roberto Díaz-Romeo, M. Sc.
Miembro del Comité



Ramón Lastra Rodríguez Ph. D.
Coordinador del Programa de
Estudios de Posgrado



Dr. José Luis Parisí
Sub-Director General Adjunto de
Enseñanza



Adolfo Lantigua
Candidato

DEDICATORIA

A mi adorada madre Carmen Lantigua " Mey".

A Alberto Espinosa "CHICHO".

A la memoria de mi abuelo Luis Lantigua.

A todos mis hermanos.

A todas mis amistades de amistad sincera.

A mi esposa Paulina de la Cruz Reyes, con invencible amor.

A Donald Kass, con profundo cariño.

Al " hombre del campo dominicano".

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su sincera gratitud al Dr. Donald Kass, consejero principal, por su valiosa ayuda en ésta investigación, por su buen humor y capacidad para atender mis inquietudes, con cariño.

A Roberto Díaz-Romeu, miembro del comité asesor, a quien debo gran parte de mi formación en el CATIE.

Al Dr. Danilo Pezo, miembro del comité asesor, por su gran colaboración y ayuda en la parte estadística y redacción de éste trabajo.

A Denis Salgado, por su amistad y colaboración en la culminación de este trabajo.

A Jaime Sánchez, por su valiosa ayuda y amistad.

Al personal del laboratorio de suelos del CATIE, en especial a Mario Jiménez, Carlos Fernández, Gerardo Cedeño, Carlos Castillo e Ileana, por su colaboración en los análisis de laboratorio, con aprecio.

Al personal de la Estación Experimental "La Montaña", en especial a Arnoldo Barrantes, y Carlos Araya por su gran ayuda.

A todo el personal de la dirección de posgrado, en especial a Gerardo Martínez y Jeanette Solano, con cariño.

Al personal de producción de medios en especial Francisco Solano, Miguel Cerdas y Emilio Ortiz por su gran colaboración.

A Xinia Aguilar y Raúl Medina Mendoza, por buena amistad

Al personal de la Biblioteca Orton, en especial a Lisseth Brenes Binns y Rigoberto Aguilar, con aprecio.

A mis hermanos compatriotas de promoción: Maritza Castellanos José Miguel Méndez, José Tavárez, Julio Morrobel y Elías Vargas, con gran aprecio.

A Ingrid Salazar, Ana Ligia Rojas y Marisol Cedeffo, Con cariño.

A mis compañeros Roberto Valdivia, Amilcar Beitía, Angel Villa, Rudy Herrera, Julio Zúñiga y Ramón Mercadal, por los buenos momentos compartidos.

A María Isabel Manta, quien siempre se preocupó por la buena marcha de mi trabajo, con gran cariño.

A Marcia Mendieta, Marcos Ulloa y Jorge del Villar, por su buena amistad.

A Luis Garrido, Carlos Céspedes y Yemel Mayo Ortega, por su sincera amistad.

Al personal del Centro de Cómputos, en especial al Dr. Pedro Ferreira y Gustavo López por su ayuda en la parte estadística de éste trabajo. A Orlando Montero por su valiosa colaboración.

A Sifredo de la Cruz Reyes, compañero inigualable, por elevar sus oraciones hacia el Señor para que me condujera en mis estudios.

A la Universidad de Cotuí (Instituto Tecnológico del Cibao Oriental, "ITECO"), República Dominicana, por haberme permitido, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, participar en los estudios de posgrado.

Al Gobierno de Holanda y al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, por la grandiosa oportunidad que me brindaron de realizar estudios de posgrado.

BIOGRAFIA

El autor nació el 3 de febrero de 1961 en la Sección San Miguel, Paraje Bacumí, Fantino, República Dominicana.

Realizó sus estudios primarios en la Escuela Emiliano Espaillat y de bachillerato en el Liceo Secundario Padre Fantino.

En 1983 ingresa a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales del Instituto Tecnológico del Cibao Oriental, "ITECO", Cotuí, Prov. Juan Sánchez Ramírez, Rep. Dom., obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo.

En setiembre de 1987, Ingresó al Programa de Posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, "CATIE", al Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido, obteniendo en setiembre de 1989 el grado de Magister Scientiae con énfasis en suelos.

CONTENIDO

	página
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xvi
LISTA DE CUADROS	xx
LISTA DE FIGURAS	xxii
1. INTRODUCCION	1
2. Hipótesis del trabajo	4
3. REVISION DE LITERATURA	5
3.1 Isoterma de adsorción de fósforo	5
3.2 Requerimiento externo e interno de fósforo	9
3.2.1 Requerimiento externo	9
3.2.2 Requerimiento interno	16
3.3 Fijación de fósforo en el suelo	18
3.3.1 Factores que determinan la eficien- cia de los fertilizantes	20
3.4 El maíz	22
3.4.1 Generalidades	22
3.4.2 Cultivares de maíz	23
3.5 La soya	24
3.5.1 Generalidades	24
3.5.2 Cultivares de soya	26

4. MATERIALES Y METODOS.....	27
4.1 Descripción del área experimental	27
4.1.1 Localización y clima	27
4.1.2 Característica generales del suelo	28
4.2 Establecimiento de los experimentos	28
4.2.1 Especies y cultivares utilizados.....	28
4.2.2 Tratamientos bajo estudio..	29
4.2.3 Diseños experimentales y descripción de las unidades experimentales	33
4.2.4 Modelo estadístico.....	40
4.3 Prácticas agronómicas.....	40
4.3.1 Preparación del terreno	40
4.3.2 Siembra	41
4.3.3 Raleo	42
4.4 Control fitosanitario	42
4.4.1 Malezas	44
4.4.2 Cosecha	44
4.4.3 Análisis estadístico de los datos.....	44
4.5 Características físicas y químicas del suelo	45
4.5.1 Análisis físicos	45
4.5.1.1 Textura	45
4.5.1.2 Densidad aparente	45
4.5.1.3 Retención de humedad a 33 y 1500 Kpa respectivamente	46
4.5.2 Isotherma de adsorción de fósforo	46
4.5.3 Análisis químicos del suelo.....	47

4.6 Determinación foliar de macro y microelementos para cada nivel de fósforo en las especies estudiadas	47
4.7 Recolección de información	48
4.7.1 Rendimiento en granos de la especie maíz para cada nivel de fósforo.....	48
4.7.1.1 Componentes de rendimiento en los cultivares de maíz para cada nivel de fósforo	59
4.7.2 Rendimiento en granos de los cultivares de soya para cada nivel de fósforo	50
4.7.2.1 Componentes de rendimiento de los cultivares de soya para cada nivel fósforo	50
5. Resultados y Discusión.....	52
5.1 Experimento con la especie maíz (<u>Zea Mays</u>).....	52
5.1.2 Suelo.....	52
5.1.2.1 Análisis químico general	52
5.1.2.2 Contenido de hierro y aluminio en el complejo humus extraído con soluciones extractora de pirofosfato de sodio y citrato-ditionito.....	56
5.1.2.3 Efecto de la fertilización fosfatada sobre la disponibilidad de P en el suelo.....	58
5.1.2.2 Análisis físicos.....	61
5.1.2.2.1 Textura.....	61
5.1.2.2.2 Densidad aparente.....	62
5.1.2.2.3 Retención de humedad a 33 y 1500 Kpa respectivamente.....	62
5.1.3 Rendimiento de tres variedades de maíz a 15% de humedad.....	63
5.1.3.1 Componentes de rendimiento de tres variedades de maíz.....	65

5.1.3.2	Análisis foliar.....	69
5.1.3.2.1	Contenido de nutrimentos en hojas de maíz por variedad en la etapa de floración.....	69
5.1.3.2.2	Contenido de nutrimentos en hojas de maíz por niveles de fósforo en la etapa de flori- cación.....	72
5.1.4	Determinación del requerimiento externo e interno de tres cultivares de maíz.....	74
5.1.4.1	Isoterma de adsorción de fósforo al inicio del experimento.....	74
5.1.4.2	Isoterma de adsorción de P al fi- nal del experimento.....	77
5.1.4.3	Curvas de respuesta a la aplicación de fósforo en tres cultivares de maíz...	79
5.1.4.3.1	Determinación de diferencia en las curvas de respuesta de tres culti- vares de maíz.....	80
5.1.4.4	Requerimiento externo de tres cul- tivares de maíz.....	83
5.1.4.5	Requerimiento interno de tres cul- vares de maíz.....	88
5.2	Experimento con la especie soya (Glycine Max).....	91
5.2.1	Suelo.....	91
5.2.1.1	Análisis químico general	91
5.2.1.2	Contenido de hierro y aluminio en el complejo humus extraído con soluciones extratora de pirofosfato de sodio y citrato-ditionito.....	94
5.2.1.3	Efecto de la fertilización fosfatada sobre la disponibilidad de P en el suelo.....	97
5.2.1.4	Análisis físicos.....	99
5.2.1.4.1	Textura.....	99
5.2.1.4.2	Densidad aparente.....	99

5.2.1.4.3 Retención de humedad a 33 y 1500 Kpa respectivamente.....	100
5.2.2 Rendimiento de tres variedades de soya a 14% de humedad.....	101
5.2.2.1 Rendimiento en grano.....	101
5.2.2.2 Interacción variedad por niveles de fósforo.....	101
5.2.2.3 Componentes de rendimiento de tres variedades de soya.....	105
5.2.2.3.1 Efecto de diferentes dosis de fertilización fósfora sobre los componentes de rendimiento de tres variedades de soya.....	105
5.2.2.4 Análisis foliar.....	109
5.2.2.4.1 Contenido de nutrientes de tres variedades de soya, du_ rante la etapa de floración.....	109
5.2.3 Determinación del requerimiento externo e interno de tres cultivares de soya.....	113
5.2.3.1 Isoterma de adsorción de fósforo al inicio del experimento.....	113
5.2.3.2 Isoterma de adsorción de P al final del experimento.....	116
5.2.3.3 Curvas de respuesta a la aplicación de fósforo en tres cultivares de soya...	118
5.2.3.3.1 Determinación de diferencia en las curvas de respuesta de tres culti- vares de soya.....	121
5.1.3.4 Requerimiento externo de tres culti- vares de soya.....	123
5.1.3.5 Requerimiento interno de tres culti- vares de soya.....	127
6. Conclusiones y Recomendaciones.....	130

LANTIGUA, A. 1989. Requerimiento externo e interno de fósforo en tres cultivares de maíz (Zea mays L.) y tres cultivares de soya (Glycyne max Merr.). Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 140 p.

Palabras claves: Requerimiento externo e interno de fósforo, retención de fósforo, isoterma de adsorción de P, maíz, soya y fertilización fosfórica.

RESUMEN

Este trabajo se realizó a nivel de campo con el propósito de determinar el requerimiento externo e interno de fósforo de una gramínea, (Zea mays L.) y una leguminosa tropical (Glycyne max Merr.) ampliamente producida en la región. En el caso de la soya, se utilizaron tres cultivares (IAC-6, IAC-8 y PR-21). En maíz, se utilizaron las variedades Los Diamantes 8043, Tico V-7 y Tuxpeño. El suelo donde se sembraron los cultivares de ambas especies, considerado como experimentos distintos, pertenece a la Estación Experimental "La Montaña", del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, ubicado en Turrialba Costa Rica, a una altura de 602 msnm, con una latitud Norte de 9° 83' y una longitud Oeste de 83° 38'. Según las características que presenta dicho suelo, ha sido clasificado como de origen Aluvial fluvio-lacustre, serie Instituto arcilloso, Fase normal, orden Inceptisol, suborden Tropepts, gran grupo Humitropepts y subgrupo Typic Humitropepts, familia fine, halloysitic, isohyperthermic, de Drenaje originalmente pobre e imperfecto..

En ambos experimentos se empleó un diseño de bloques al azar con un arreglo factorial de tratamientos y tres repeticiones. En los dos experimentos se utilizaron dieciocho tratamientos, representado por seis niveles de fósforo y tres cultivares de cada especie. Se determinaron isotermas de adsorción al inicio y final de los experimentos, encontrándose que la aplicación de fósforo disminuyó la exigencia del suelo en P para conseguir niveles adecuados en la solución suelo. Se determinó la capacidad de

fijación de P del suelo de los dos sitios donde se realizaron ambos experimentos, encontrándose que dicha capacidad del suelo para adsorber el elemento era de 87.7 y 87.0% respectivamente. El efecto del nivel de P sobre la variable rendimiento-grano de ambos experimentos (Maíz y Soya) fue cuadrática. Con las curvas de respuesta de los cultivares de ambas especies y las isothermas de adsorción se determinó el requerimiento externo de fósforo, correspondiente al 95% del rendimiento máximo en cada cultivar de las dos especies. En el caso de maíz, el requerimiento externo de P para las variedades Diamantes y Tuxpeño fue de 0.068 ug/ml de solución suelo, mientras que para la variedad Tico V-7 fue de 0.065 ug/ml de solución suelo. El requerimiento externo de P responsable del 75% del rendimiento máximo alcanzado por la variedad Tuxpeño fue de 0.063 ug/ml de solución suelo. En el caso de las variedades Diamantes y Tico V-7, el 75% del rendimiento máximo resultó inferior al rendimiento obtenido sin aplicación de P. En el experimento con la especie soya, se obtuvo el 95% del rendimiento máximo con una concentración de P en solución de 0,090, 0,078, y 0,083 ug/ml de solución suelo con los cultivares IAC-6, IAC-8, y PR-21 respectivamente. En ningunas de las tres variedades fue posible calcular el 75% del rendimiento máximo.

El requerimiento interno, o sea la concentración de fósforo en las hojas que está asociada con el 95% del rendimiento máximo, en las variedades de maíz Diamantes, Tico V-7 y Tuxpeño fue de 2,1, 2,3 y 2,3 mg/g respectivamente. En la especie soya, el requerimiento interno que produjo el 95% del rendimiento máximo alcanzado por los cultivares IAC-6, IAC-8 y PR-21 fue de 4,1, 4,1 y 4,3 mg/g respectivamente.

LANTIGUA, A. 1989. External and Internal Phosphorus requirements of three cultivars maize (Zea mays L.) and three cultivars of soybean (Glicyne max Merr.). Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 140 p.

Key Words: Internal P requirement; external P requirement; Phosphorus retention; maize; soybean; P adsorption isotherms. Phosphorus fertilization

Summary

The present study was a field experiment carried out in order to determine the external and internal P requirements of a cereal (Zea mays L.) and a legume (Glicyne max Merr.) widely grown in the CATIE mandate region. In the case of soybean, three cultivars (IAC-6, IAC-8 y PR-21) were used. In the case of maize the varieties used were Diamantes 8043, Tico V-7 y Tuxpeño. The soil in which the two species were planted, considered as two separate experiments, belongs to the "La Montana" experiment station of the Tropical Agriculture Research and Training Center (CATIE) located in Turrialba, Costa Rica, at an altitude of 602 meters above sea level, at 9° 43' N. and 83° 38' W. The soil has been classified as of fluvial-lacustrine origin, series Inceptisole Clay, normal phase, Inceptisol order, Tropept suborder, Humitropept great group, Typic Humitropept subgroup, family fine, halloysitic, isohyperthermic, with originally poor to imperfect drainage.

In both experiments a randomized complete block design was used for a factorial experiment with three repetitions. In both experiments there were eighteen treatments, six P levels and three cultivars of each species. P adsorption isotherms were determined at the beginning and end of the experiment. It was found that P application reduced the amount of P that had to be added to the soil to obtain adequate levels in the soil solution. P retention in each experiment was found to be 87,7 and 87,0 percent. A quadratic response curve was found to best represent the P response of both crops. Using the P response curves and the

P adsorption isotherms the external P requirement, which corresponded to the amount of P in the soil solution necessary to obtain 95% of the maximum yield could be determined. In the case of maize, the external P requirement for the Diamantes and Tuxpeno varieties was 0,068 ug/ml of P in the soil solution while the Tico V-7 variety 0,065 ug/ml was required. The external P requirement for 75% of the maximum yield was 0,063 ug/ml while for the other two varieties, 75% of the maximum yield was less than the yield obtained without P application. In the experiment with soybean, 95% of the maximum yield corresponded to a concentration of P in the soil solution of 0,090, 0,078 and 0,083 ug/ml for IAC-6, IAC-8 and PR-21 cultivars respectively. For none of the three cultivars was it possible to consider 75% of the maximum yield as this was again less than the yield obtained without P application. The internal P requirement, the level of P in the leaves, which was associated with 95% maximum yield was found to be 2,1 , 2,3 and 2,3 mg/g for the Diamantes, Tico V-7 and Tuxpeno maize varieties respectively. For the IAC-6, IAC-8 and PR-21 soybean varieties, 95% maximum yield corresponded to a leaf P level of 4,1 , 4,1 and 4,3 mg/g respectively.

LISTA DE CUADROS

Experimento con la especie maíz

Cuadro No.		Página
1.	Características agronómicas de los cultivares Tuxpeño, Tico V-7 y Los Diamantes 8043.....	30
3.	Descripción de los tratamientos para cultivares de maíz.....	31
5.	Propiedades químicas del suelo al momento de realizarse la investigación.....	54
6.	Contenido de Fe y Al en el complejo humus extraído con pyrofosfato de sodio y citrato-ditionito.....	58
7.	Valores de la prueba de F en el análisis de variación para la disponibilidad de fósforo al final del experimento.....	60
8.	Disponibilidad de fósforo al inicio y al final del experimento y su diferencia por cada tratamiento.....	60
9.	Características físicas del suelo donde se realizó el experimento con la especie maíz.....	62
10.	Valores de la prueba de F en el análisis de variación para la variable rendimiento grano de tres variedades de maíz por seis niveles de fósforo.....	64
11.	Promedio para la variable rendimiento de maíz por tratamiento.....	65
12.	Valores de la prueba de F en el análisis de variación para las variables componente de rendimiento de maíz.....	67
13.	Prueba de amplitud múltiple de Duncan para las variables componentes de rendimiento de tres variedades de maíz.....	67
14.	Promedio para las variables componentes de rendimiento por tratamiento.....	68

15.	Prueba de F en el análisis de varianza para el contenido de nutrimentos en hojas de maíz al momento de la floración.....	71
16.	Prueba de amplitud múltiple de Duncan para el contenido nutrimentos al momento de la floración, por variedad.....	71
17.	Promedios para el contenido de nutrimentos por tratamiento al momento de la floración	73
18	Prueba de F y contrastes para las curvas de respuesta de tres cultivares de maíz....	82
19.	Requerimiento externo de tres cultivares de maíz.....	85
20.	Requerimiento externo para el cultivar Tuxpeño.....	85
21.	Rendimiento de tres variedades de maíz, porcentaje de rendimiento máximo, concentración de fósforo en solución suelo y concentración de P foliar, asociado con diferentes tratamientos de fertilización fósfatada.....	86

Experimento con la especie soya

2.	Características agronómicas de los cultivares de soya.....	30
4.	Descripción de los tratamientos para cultivares de soya.....	32
22.	Propiedades químicas del suelo al momento de realizarse la investigación con la especie soya.....	95
23.	Contenido de Fe y Al en el complejo humus extraído con pyrofosfato de sodio y citrato-ditionito.....	96

24.	Valores de la prueba de F en el análisis de varianza para la disponibilidad de fósforo al final del experimento.....	98
25.	Promedios para la disponibilidad de fósforo en el suelo por tratamiento al final del experimento.....	98
26.	Características físicas del suelo donde se realizó el experimento con la especie soya.....	100
27.	Prueba de F en el análisis de varianza para la variable rendimiento-grano de la especie soya.....	102
28.	Prueba de F en el análisis de varianza para el la variable rendimiento-grano de la variedad IAC-6.....	103
29.	Prueba de F en el análisis de varianza para la variable rendimiento-grano de la variedad IAC-8.....	103
30.	Prueba de F en el análisis de varianza para la variable rendimiento-grano de la variedad PR-21.....	104
31.	Valores de la prueba de F en el análisis de varianza para las variables componentes de rendimiento de la especie soya.....	107
32.	Prueba de amplitud múltipla de Duncan para las variables número de vainas , número de semillas por vainas , peso de 100 semillas y plantas útiles por variedad.....	107
33.	Promedios para las variables numero de vainas, número de semillas por vainas, peso de 100 semillas, y plantas útiles por tratamiento.....	108
34.	Prueba de F en el análisis para el contenido de nutrientes al momento de la floración.....	111
35.	Prueba de amplitud múltiple de Duncan para el contenido nutrientes al momento de la floración, por variedad.....	111

36.	Promedios para el contenido de nutrientes al momento de la floración por niveles de fósforo.....	112
37.	Prueba de F y contrastes para las curvas de respuesta de tres cultivares de soya.....	122
38.	Requerimiento externo de tres cultivares de soya.....	125
39.	Rendimiento de tres variedades de soya, porcentaje de rendimiento máximo, concentración de fósforo en solución suelo y concentración de P foliar, asociado con diferentes tratamientos de fertilización fosfatada.....	126

LISTA DE FIGURAS

Experimento con la especie maíz

Figura No.		Página
1.	Distribución de los tratami- entos: cultivares de maíz por niveles de fósforo.....	35
2.	Dimensiones de bloques, di- mensiones de parcelas dentro de bloque y área útil dentro de parcela para medir varia- ble de rendimiento-grano, en cultivares de maíz.....	36
5.	Isoterma de adsorción de fós- foro al inicio del experimen- to con la especie maíz.....	76
6.	Isoterma de adsorción de fós- foro al final del experimento con la especie maíz.....	78
7.	Respuesta en rendimiento de grano de tres variedades de maíz a di- ferentes dosis de fertilización fosfatada.....	81
8.	Requerimiento externo de tres cultivares de maíz.....	84
9.	Requerimiento interno de tres cultivares de maíz.....	89

Experimento con la especie soya

3.	Distribución de los tratami- entos: cultivares de soya por niveles de fósforo.....	38
----	--	----

4.	Dimensiones de bloques, dimensiones de parcelas dentro de bloque y área útil dentro de parcela para medir variable de rendimiento-grano, en cultivares de soya.....	39
10.	Isoterma de adsorción de fósforo al principio del experimento con la especie soya.....	114
11.	Isoterma de adsorción de P al final del experimento con la especie soya.....	117
12.	Respuesta en rendimiento de grano de tres cultivares de soya a diferentes dosis de fertilización fosfatada.....	119
13.	Requerimiento externo de tres cultivares de soya.....	124
14.	Requerimiento interno de tres cultivares de soya.....	128