

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

ANALISIS FOLIAR DE FOSFORO EN PLANTULAS DE ARROZ (ORYZA SATIVA L.)
EN DOS ESTADOS FENOLOGICOS PARA FINES DE FERTILIZACION.



INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 1,987

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

B.L.
01
T(1200)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. ANIBAL B. MARTINEZ M.
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. GUSTAVO A. MENDEZ G.
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. JORGE E. SANDOVAL I.
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. MARIO MELGAR MORALES
VOCAL CUARTO	Br. LUIS MOLINA MONTERROSO
VOCAL QUINTO	T. U. CARLOS E. MENDEZ MIJANGOS

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Dr. ANTONIO A. SANDOVAL S.
EXAMINADOR	Ing. Agr. ANIBAL B. MARTINEZ M.
EXAMINADOR	Ing. Agr. MANUEL DE J. MARTINEZ
EXAMINADOR	Ing. Agr. LUIS M. REYES CHAVEZ
SECRETARIO	Ing. Agr. CARLOS R. FERNANDEZ



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....

Asunto.....

19 de agosto de 1987

Ingeniero
Aníbal B. Martínez
Decano Facultad de Agronomía
Presente

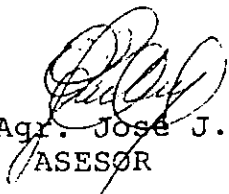
Señor Decano:

En atención al nombramiento emitido por la Decanatura de esta Facultad, para asesorar al estudiante Luis Alfonso Olivares Martínez, en su trabajo de tesis "ANALISIS FOLIAR DE FOSFORO EN PLANTULAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN DOS ESTADOS FENOLOGICOS PARA FINES DE FERTILIZACION", informamos a usted que ha sido concluida la asesoría y revisión del documento final.

Consideramos que el trabajo presentado por el estudiante Olivares Martínez, llena los requisitos de una tesis universitaria, además aporta conocimientos básicos sobre nutrición de arroz; razón por lo que sugerimos sea aceptado para su discusión en su Examen General Público.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. José J. Chonay
ASESOR


Ing. Agr. Hugo A. Tobías V.
ASESOR

Guatemala, agosto de 1,987

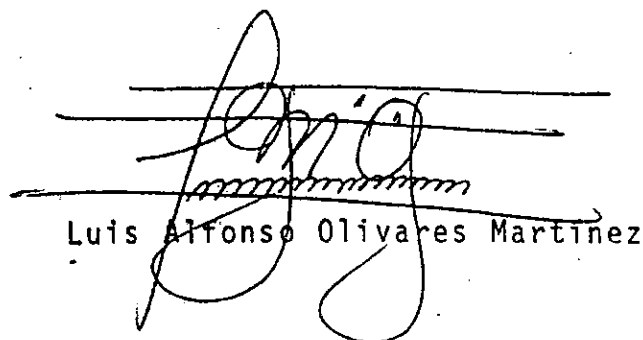
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"ANALISIS FOLIAR DE FOSFORO EN PLANTULAS DE ARROZ (Oryza sativa L.)
EN DOS ESTADOS FENOLOGICOS PARA FINES DE FERTILIZACION".

Como requisito a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,



Luis Alfonso Olivares Martínez

ACTO QUE DEDICO

A	DIOS	SER SUPREMO DEL UNIVERSO
A	MI MADRE	GUMERCINDA MARTINEZ DE OLIVARES
A	MI PADRE	GUILLERMO ALFONSO OLIVARES E.
A	MIS HERMANOS	SENDER OBDULIO GUILLERMO ARSENIO HEBELIN YANET
A	MIS ABUELITOS	JUAN DE DIOS MARTINEZ GREGORIO CONCEPCION OLIVARES C. (Q.E.P.D.) IGNACIA CONTRERAS A. (Q.E.P.D.)
A	MIS TIOS	
A	MIS PRIMOS Y SOBRINOS	
AL	INVESTIGADOR	ERNESTO CARRILLO
A	LAS FAMILIAS	LOPEZ SALGUERO SOTO OLIVARES MARTINEZ SALAZAR VALIENTE GRIJALVA MENDEZ OLIVARES MENDEZ CONTRERAS
A	MIS COMPANEROS Y AMIGOS	Ing. Agr. FREDY H. MILIAN Ing. Agr. EDUARDO PRETZANZIN Ing. Agr. JORGE LUIS PRADO Ing. Agr. RENE RUANO Lic. IRMA ESQUIVEL Lic. Inf. SANDRA MENDEZ PONCIANO Ing. Agr. Inf. HEBER ARANA Q. Ing. Agr. Inf. ROMEO TURCIOS Lic. Inf. ERICK RANDOLF MORALES Lic. Inf. OTTO LEONEL GARRIDO ROLANDO CORDON QUINTEROS HAROLDO PAIZ MONTEROS DANILO GALAN MYNOR GARCIA SOTO CARLOS ESTUARDO CANUZ GUEVARA CESAR ELFIDIO CARRILLO JUAN M. MARTINEZ ARCHILA ANIBAL CHINCHILLA FACTOR CHINCHILLA MISAEEL CAMBARA VILLANUEVA ANIBAL EZEQUIEL MENDEZ

NOE ESTEVES VASQUEZ
OLMER ORANTES ESTEVEZ
RONY RODRIGUEZ
ROLANDO MARTINEZ VASQUEZ
EDGAR VILLAGRAN
JESUS ERNESTO VELASQUEZ
JORGE HUMBERTO AVILA GOMEZ
RODOLFO FOLGAR
CESAR PALMA MEJIA
EDGAR TAROT LANZA
HECTOR CONTRERAS
FREDY DAVID GUERRA
MARCO A. HERRERA
JOSE MARIA POCASANGRE
OSCAR ESQUIVEL
DRACO LOPEZ
FRIDEL RODAS
FRANCISCO AVILA

A MIS EX-COMPAÑEROS DE TRABAJO EN LA SECRETARIA DE BIENESTAR SOCIAL.

MARIO ARTURO PONCIANO (Q.E.P.D.)
ERMEN MARINO CHOY SANTOS
ILEANA MARTINEZ
EVA SANTIZO DE DEL CID
LUPITA RODRIGUEZ
FAUSTO OSBERTO HERNANDEZ
ARNOLDO SARAVIA
HUGO MONGE
JOSE BRAULIO ROSELL SANCHEZ
HECTOR HUGO SANTOS AGUILAR
MARIO RENE CORDON DIAZ
MARTO RAMIREZ BRAN
CESAR AUGUSTO CRUZ
RAMIRO BARRIENTOS
RAFAEL PEREZ
ALBERTO GAMAZ
HUGO SIMON OLIVARES

A TODOS MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO EN DIGESA REGION VI.

A MIS AMIGOS EN GENERAL

TESIS QUE DEDICO

- A MI PATRIA GUATEMALA
- A JUTIAPA
- A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
- A LA FACULTAD DE AGRONOMIA
- A LAS PERSONAS Y/O INSTITUCIONES DEDICADAS A LA INVESTIGACION
AGRICOLA
- A LA DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS (DIGESA)
- A LOS CAMPESINOS DE GUATEMALA

AGRADECIMIENTOS

- A MIS ASESORES Ing. Agr. Mag. Sc. JOSE JESUS CHONAY P. é Ing. Agr. HUGO ANTONIO TOBIAS, POR SU VALIOSA ASESORIA, REVISION Y CORRECCION DE LA PRESENTE INVESTIGACION.
- A Ing. Agr. SALVADOR CASTILLO, EX-COORDINADOR DE LA SUB-AREA DE MANEJO DE SUELO Y AGUA, POR SU APOYO E INTERES MOSTRADO A ESTA INVESTIGACION.
- A LAS APRECIABLES SEÑORAS Lic. ANA RUTH CHICAS RENDON DE SOSA, PROFA. OLGA ADELINA MIYARES DE LOPEZ Y PROFA. DORA ARGENTINA HERRERA SALAZAR, POR SU VALIOSA AYUDA PRESTADA A MI FORMACION PROFESIONAL.
- A FREDY ALBERTO VALIENTE GRIJALVA, POR SU COLABORACION Y AYUDA PRESTADA EN MI CARRERA UNIVERSITARIA.
- A LA RESPETABLE SEÑORA CARMEN MEJIA LOPEZ, POR SU SACRIFICIO Y ESMERO MOSTRADO DURANTE EL TRANCURSO DE MI ACTIVIDAD UNIVER SITARIA.
- AL Ing. Quim. CESAR GARCIA POR SU COOPERACION PRESTADA PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.
- AL Lic. en CC.QQ. OSCAR M. COBAR PINTO, POR SU COLABORACION EN EL USO Y MANEJO DE EQUIPO DE LABORATORIO QUE SE UTILIZO EN EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO.
- AL PERSONAL DE CAMPO, GUARDIANIA Y DE LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA, POR LA AYUDA PRESTADA PARA QUE ESTA INVESTIGACION SE LLEVARA A CABO.
- AL PERSONAL DE LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA QUE TUVIERON A BIEN COLABORAR CON LA PRESENTE INVESTIGACION.
- A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE UNA O DE OTRA FORMA COLABORARON EN LA TOTAL EJECUCION DEL PRESENTE TRABAJO, EN ESPECIAL A ANA MARGARITA RAMOS S., ALBA NAVIDAD MARTINEZ Y EMILSA PAIZ V.

POR MEDIO DE LA PRESENTE, QUIERO PATENTIZAR MIS AGRADECIMIENTOS AL LABORATORIO DE SUELOS DE LA DIRECCION DE RIEGO Y AVENAMIENTO, EN ESPECIAL A LA LICENCIADA ANABELLA MENENDEZ, POR SU INVALORABLE AYUDA A LA REALIZACION DE ESTA INVESTIGACION.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
Indice de Cuadros	iv
Indice de Figuras	v
Indice de Cuadros Apéndice	vi
Resumen	vii
I Introducción	1
II Objetivo	2
III Hipótesis	3
IV Revisión de Literatura	4
A Antecedentes	4
B Muestreo Foliar	4
C Solución Nutritiva en Medio Sólido	6
D Sustrato	8
V Materiales y Métodos	9
A Localización del Area Experimental	9
B Solución Nutritiva Utilizada	9
C Características del Material Experimental	10
D Niveles de los Factores Evaluados	10
E Variables de Respuesta Medidas	11
a Contenido de macronutrientes en el tejido foliar de plántulas de arroz establecido en dos estados fenológicos, a los 30 días y al inicio de la floración (60 días de crecimiento).	11
b Concentración de fósforo en la solución nutritiva y el rendimiento en peso de la parte aérea de plántulas de arroz en la cosecha (g/plántula).	11
c Análisis de regresión para la concentración foliar a los 60 días de crecimiento y el rendimiento en peso de la parte aérea de plántula en los dos estados fenológicos.	11

d	Concentración de fósforo y el rendimiento en altura de plántulas (cms) en los dos estados fenológicos.	11
e	Rangos de concentración de fósforo foliar y estados nutrimentales observados en la plántula de arroz a los 30 días y al inicio de la floración.	12
f	Rangos de concentración críticos para distintas relaciones de nutrientes encontrados en el tejido de plántulas de arroz en los dos estados fenológicos.	12
F	Análisis Químico - Foliar	12
G	Metodología Experimental	13
H	Análisis de Datos	13
I	Manejo del Experimento	14
VI	Resultados y Discusión	15
A	Contenido Medio de Macro-Nutrientes en el Tejido Foliar de Plántulas de Arroz Establecido en los Dos Estados Fenológicos.	15
B	Concentración de Fósforo en la Solución Nutritiva y el Rendimiento en Peso de la Parte Aérea de Plántulas de Arroz en la Cosecha (g/plántula).	17
C	Análisis de Regresión para la Concentración Foliar de Fósforo en Plántulas de Arroz y el Rendimiento Relativo en Peso de la Parte Aérea a los 30 Días y al Inicio de la Floración.	21
D	Concentración de Fósforo Foliar y el Rendimiento en Altura de Plántulas (cms) en los Dos Estados Fenológicos.	24
E	Rangos de Concentración de Fósforo Foliar y Estados Nutrimentales Observados en la Plántula de Arroz a los 30 Días y al Inicio de la Floración.	28

	Página
F Rangos de Concentración Críticos para Distintas Relaciones de Nutrientes Encontrados en el Tejido de Plántulas de Arroz en los Estados Fenológicos Estudiados.	31
VII Conclusiones y Recomendaciones	33
VIII Bibliografía	34
IX Apéndice	37

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Método de muestreo sugerido por Jones.	5
2	Contenido crítico de elementos en la planta de arroz.	5
3	Condiciones de temperatura y humedad relativa durante el establecimiento del experimento.	9
4	Fuente de nutrientes utilizados en la solución nutritiva	10
5	Niveles de fósforo evaluados (ppm) en plántulas de arroz.	11
6	Métodos de análisis Químico - Foliar	12
7	Contenido medio de macronutrientes en el tejido foliar en plántulas de arroz en dos etapas de crecimiento.	16
8	Análisis de varianza para el rendimiento en peso de la parte aérea de plántulas de arroz en la cosecha (g/plántula).	18
9	Rendimiento promedio en peso de la parte aérea de plántulas de arroz en la cosecha (g/plántula).	19
10	Rangos de concentración de fósforo foliar y estados nutrimentales observados en la plántula de arroz en dos estados fenológicos.	30
11	Rangos de concentración críticos en relaciones de nutrientes en el tejido foliar de plántulas de arroz a los 30 días de crecimiento.	31
12	Rangos de concentración críticos en relaciones de nutrientes en el tejido foliar de plántulas de arroz al inicio de la floración.	31

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Relación entre contenido de nutriente en planta y producción.	7
2	Efecto de la concentración de fósforo en la solución nutritiva sobre el rendimiento en peso de la parte aérea de plántulas de arroz en la cosecha.	20
3	Concentración de fósforo en la hoja de arroz a los 30 días de crecimiento y el rendimiento relativo en peso de la parte aérea de la plántula.	22
4	Concentración de fósforo en la hoja de arroz al inicio de la floración y el rendimiento relativo en peso de la parte aérea de la plántula.	23
5	Efecto de la concentración de fósforo foliar en plántulas de arroz sobre la altura de plántula en cms a los 30 días de crecimiento.	25
6	Efecto de la concentración de fósforo foliar en plántulas de arroz sobre la altura de plántulas en cms al inicio de la floración.	27
7	Relación del crecimiento de las plántulas de arroz y la concentración de fósforo foliar (%).	29

INDICE DE CUADROS APENDICE

Cuadro		Página
1	Medias de peso en gramos y altura en centímetros de la parte aérea y macollamiento de la plántula de arroz por tratamiento en la madurez fisiológica.	37
2	Concentración de fósforo en la solución nutritiva y las relaciones N/P y K/P en el tejido foliar de plántulas de arroz a los 30 y 60 días de crecimiento.	37

R E S U M E N

ANALISIS FOLIAR DE FOSFORO EN PLANTULAS DE ARROZ (Oryza sativa L.),
EN DOS ESTADOS FENOLOGICOS PARA FINES DE FERTILIZACION

Esta investigación se planteó con el propósito de establecer los rangos de concentración crítica foliar de arroz en dos estados fenológicos (a los 30 y 60 días de crecimiento respectivamente).

Como hipótesis se plantea: Que las diferentes concentraciones de fósforo en la solución nutritiva, varían la concentración de nutrientes en el tejido.

El ensayo se condujo en el invernadero, ubicado en la capital de Guatemala, ciudad universitaria Zona 12. Para darle respuesta a objetivos e hipótesis se utilizó el diseño experimental completamente al azar con nueve niveles de fósforo en solución nutritiva; cada unidad experimental repetida cuatro veces y formada por una maceta plástica de un litro de capacidad, llenada con vermiculita y sembrada con la variedad de arroz Blue Belle; se midieron de la variedad las siguientes variables de respuesta: Peso de plántulas, concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en el tejido vegetal.

En base a los resultados obtenidos se concluye: Que las diferentes concentraciones de fósforo en la solución hacen variar la concentración de nutrientes en el tejido vegetal, con lo cual se acepta la hipótesis propuesta.

A los 30 días de crecimiento, el rango de concentración crí-

tico es de 0.18% a 0.34%; el rango de suficiencia de 0.56% a 0.66% de P respectivamente y existe deficiencia del mismo con menos del 0.18%.

Al inicio de la floración (60 días de crecimiento) el rango de concentración crítico de P es de 0.15% a 0.30%; el de suficiencia de 0.48% a 0.62% y se encuentra deficiencia con menos del 0.15% del mismo.

El rango de concentración crítico para la relación N/P en el estado vegetativo estuvo entre 9.29 y 10.41 y para K/P entre 5.45 y 5.80.

Al inicio de la floración la relación N/P osciló entre 7.40 y 8.63 y para K/P entre 3.99 y 4.10.

Se recomienda para la fertilización de arroz, utilizar los rangos de concentración críticos siguientes: 0.18% a 0.34% muestreado a los 30 días de crecimiento y 0.15% a 0.30% muestreado al inicio de la floración.

I I N T R O D U C C I O N

El análisis foliar como técnica de diagnóstico de las necesidades nutritivas, se basa en que las plantas y lo que es la hoja en particular, requieren determinada concentración de cada uno de los nutrientes esenciales para el normal desenvolvimiento de las funciones que en ellas tiene lugar.

Ishizuka en 1964 citado por González (15) observó que la tasa de absorción de nutrientes está en función de la edad de la planta, propiedades del suelo, cantidad de fertilizante aplicado.

El fósforo es el nutriente deficiente en la mayoría de los suelos; el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas en Guatemala (17) reporta que de las muestras de suelos analizadas, el fósforo es deficiente en un 75%; de manera que si existe respuesta a la fertilización fosfatada. F.H. Milián (23), demostró que el fósforo se encuentra en baja disponibilidad para las plantas a consecuencia de la fijación.

El análisis foliar es útil para el estudio de la nutrición de las plantas; en muchos casos su uso resulta de suma importancia, pues, se ha visto que el análisis de suelo como técnica para recomendar un programa de fertilización es muchas veces incompleto.

El presente trabajo pretende determinar el rango de concentración crítico de fósforo, para el cultivo de arroz bajo condiciones de laboratorio, pero puede servir como una guía técnica para llevar a cabo un buen programa de fertilización de dicho cultivo.

II O B J E T I V O

Determinar el rango de concentración crítico de fósforo en plántulas de arroz, bajo condiciones de invernadero.

III HIPOTESIS

Las diferentes concentraciones de fósforo de la solución nutritiva, afectan la concentración de nutrientes en el tejido vegetal.

IV REVISION DE LITERATURA

A ANTECEDENTES.

En 1903 Naninga y Remy (13) emplearon con éxito la técnica de análisis de tejido para conocer el estado nutricional de la planta de té y el lúpulo.

La hoja es el órgano principal en donde ocurre la elaboración de sustancias para el crecimiento, la fructificación y la nutrición de la planta.

Jackson (21) indica que el análisis de tejido en vegetales contribuye a relacionar las propiedades químicas del suelo.

Howeler (20) menciona que existen dos métodos para el análisis foliar una es la determinación inorgánica y el otro el análisis total en la materia seca.

Sánchez (26) afirma que la ventaja del análisis foliar es integrar los efectos del suelo, planta, clima y manejo; es así mismo indicador de la disponibilidad de nutrientes; cuantifica la corrección, el establecimiento de niveles críticos, niveles de absorción para dosificar fertilizantes y el diagnóstico de la nutrición de cultivos perennes.

B MUESTREO FOLIAR.

El muestreo foliar consiste en escoger una o varias partes de una planta o plántulas con el propósito de conocer el contenido de nutrientes u otros estudios que se quieren realizar del vegetal.

En todo análisis foliar es necesario considerar al muestrear en vegetales lo que es el lavado, secado a 65°C y el molido en tamices de 20 mallas.

Howeler (20) indica que para la toma de muestras de tejido vegetal, para diagnóstico de deficiencia o toxicidad de algún nutriente, se deben de muestrear plantas sanas y plantas anormales; que no posean necrosis, clorosis y que tampoco presenten daños por insectos o patógenos.

Jones citado por Howeler (20) propone la época y parte de las plántulas de arroz para su muestreo, el cual se detalla en el cuadro 1.

CUADRO 1 METODO DE MUESTREO SUGERIDO POR JONES 1972.

ESTADO DE CRECIMIENTO	PARTE DE LA PLANTULA	No. DE PLANTULAS TOMADAS
Plántulas	Parte aérea completa.	50 - 100
Antes de la floración	4 de las hojas superiores	25 - 50
Después de la floración no es aconsejable muestrear.		

FUENTE: Análisis foliar de algunos cultivos tropicales H.R. Howeler 1974.

Angladette, 1965 citado también por R.H. Howeler menciona que el contenido de fósforo de la planta de arroz, alcanza el máximo 45 días antes de la floración, razón por la cual la mayoría de muestros se hacen en los estados fenológicos mencionados y también por lo cual no se recomienda muestrear después de la floración.

Yoshida, 1981 citado por González (15) determinó el contenido crítico de varios elementos para que ocurra deficiencia en la planta de arroz; lo cual se puede apreciar en el cuadro 2.

CUADRO 2 CONTENIDO CRITICO DE ELEMENTOS EN LA PLANTA DE ARROZ.

ELEMENTO	PARTE DE LA PLANTA ANALIZADA	ETAPA DE CRECIMIENTO	CONTENIDO CRITICO %
N	Lámina foliar	Macollamiento	2.5
P	Lámina foliar	Macollamiento	0.1
K	Paja	Madurez	1.0
	Lámina foliar	Macollamiento	1.0
Ca, Mg	Paja	Madurez	0.15 - 0.1
S	Retoño	Macollamiento	0.16
	Paja	Madurez	0.06
Si	Paja	Madurez	5.0

FUENTE: Los Macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz F.J. González 1984.

La mayoría de los autores coinciden en que el rango de concentración crítica de fósforo en arroz, se encuentra entre 0.2 y 0.34%.

Según Angladette, 1965 citado por R.H. Howeler (20) indica que el fósforo se encuentra presente en un 0.20% en la hoja bandera; 0.18% en la segunda y tercera hoja y un 0.14% en la cuarta y quinta hoja.

C SOLUCION NUTRITIVA EN MEDIO SOLIDO.

En ensayos efectuados del contenido mineral de las plantas, es difícil lograr que el suelo quede libre de los elementos nutritivos a emplearse y luego controlar la cantidad de nutrientes puestos a disposición de las raíces enterradas en el suelo, no así en las soluciones nutritivas se puede controlar en forma directa la cantidad y proporción relativa de las sales minerales suministradas a la planta.

Barcello (1) indica que el pH en las soluciones nutritivas oscila entre 5 y 7; otro aspecto a considerar es el potencial osmótico, el cual debe variar entre -0.5 y -1.0 bar en la solución nutritiva; pues, Galiano (13) menciona que, de la concentración de un nutriente en la hoja depende el papel que jugará en el metabolismo.

En la figura 1 se observa la concentración de nutrientes en la plántula de arroz.

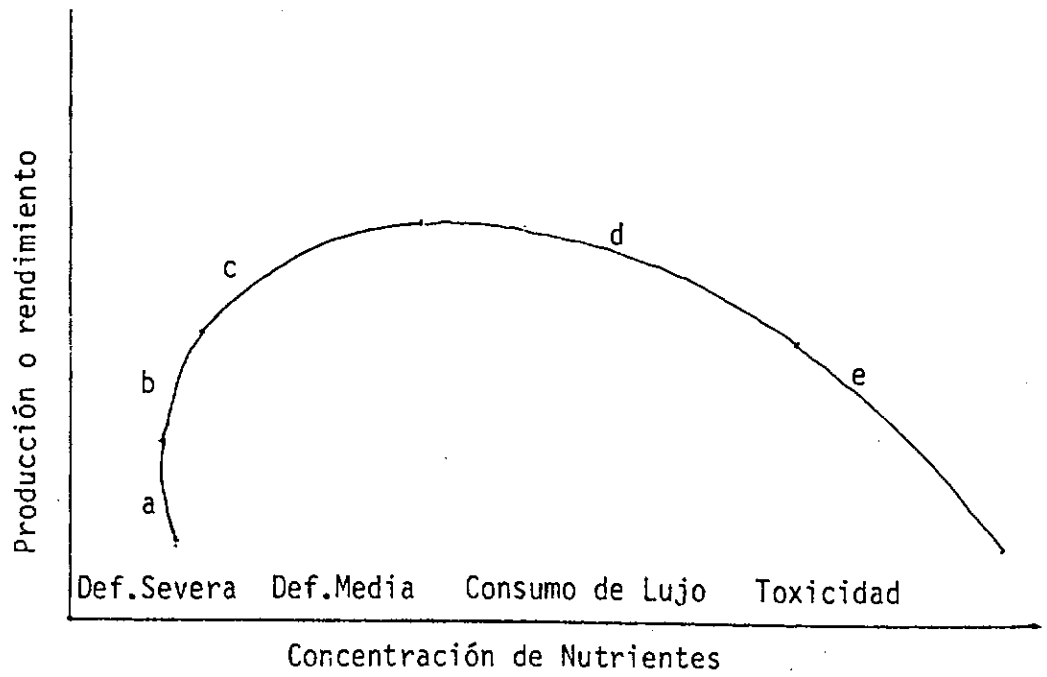


Figura 1 Relación entre contenido de nutriente en planta y producción.

En la figura 1, pueden observarse varias zonas producto de la relación entre contenido de nutriente en la planta y la producción o rendimiento.

Matsushima. 1964 (15) indica que el contenido crítico de nutrientes para una alta tasa fotosintética se ha estimado en un 2% de nitrógeno; 0.4% de P_2O_5 ; 1% de K_2O ; 0.4% de MgO y 0.5% de SO_3 .

Así mismo citando a varios autores coinciden con que las plantas de arroz necesitan durante las primeras etapas de desarrollo, hasta el estado máximo de macollamiento una concentración óptima de 40 ppm o menos de nitrógeno para obtener altos rendimientos. Para las etapas de elongación del tallo, iniciación y desarrollo de la panícula 40 ppm o más; para la floración y la fase de maduración de 20 a 40 ppm.

Así también se indica que la absorción de fósforo y los niveles críticos de éste elemento en la planta de arroz, han sido determinados por el IRRI en 1963. Fageria en 1976 y Ageeb - Yousif en 1978, coinciden con el IRRI en que una concentración de 1000 ppm en la hoja es un nivel crítico.

Por último en cuanto a potasio, cita Matsushima que el IRRI considera como nivel crítico en las hojas en la etapa de macollamiento, un contenido de 1%.

Posteriormente Fageria, siempre citado por Matsushina, encontró que el contenido de potasio aumenta a medida que es mayor la concentración de dicho elemento en la solución nutritiva.

D SUSTRATO

Sánchez (26) menciona que para encontrar la curva de calibración con análisis foliares, se hace necesario realizar la siembra de las plántulas en un medio inerte. La concentración de nutrientes en el tejido foliar estará en función de la disponibilidad de los mismos en el sustrato.

Para elaborar la curva de calibración nutrimental es necesario someter a las plántulas a deficiencia, suficiencia y toxicidad.

V MATERIALES Y METODOS

A LOCALIZACION DEL AREA EXPERIMENTAL.

El experimento se condujo en el invernadero de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria Zona 12; su ubicación geográfica según el IGN (18) es 14°35' 11" latitud norte y 90°31' 58" longitud oeste, con una altitud de 1,502.32 msnm.

Las condiciones de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero en el período de establecimiento del experimento se detallan en cuadro 3.

CUADRO 3 CONDICIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DURANTE EL ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO.

M E S	A Ñ O	TEMPERATURA °C			HUMEDAD RELATIVA EN %		
		MINIMA	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	MEDIA	MAXIMA
Septiembre	1983	19.0	28.0	37.0	51.0	64.0	77.0
Octubre	1983	18.0	28.5	39.0	52.0	65.0	79.0
Noviembre	1983	20.0	29.5	39.0	50.0	64.0	78.0
Diciembre	1983	13.0	23.0	33.0	73.0	76.0	79.0
Enero	1984	10.0	23.0	36.0	67.0	73.5	80.0

FUENTE: Archivos del invernadero Facultad de Agronomía, USAC.

B SOLUCION NUTRITIVA UTILIZADA.

La solución nutritiva utilizada fue en base a los nutrientes que proponen Hoagland y Arnow (6); con niveles que se detallan en el cuadro 4.

CUADRO 4 FUENTE DE NUTRIENTES UTILIZADOS EN LA SOLUCION NUTRITIVA.

S A L E S	NUTRIENTE	CONCENTRACION PPm	S A L E S	NUTRIENTE	CONCENTRACION PPm
NO ₃ NH ₄	N	250	H ₃ BO ₃	B	2,86
NH ₄ H ₂ PO ₄	N,P	Variable res- puesta.	MnCl ₂ 4H ₂ O	Mn,Cl	1.81
K ₂ SO ₄	K,S	350	ZnSO ₄ 7H ₂ O	Zn,S	0.22
CaSO ₄ 7H ₂ O	Ca,S	3400	CuSO ₄ 7H ₂ O	Cu,S	0.08
MgSO ₄ 7H ₂ O	Mg,S	1150	FeSO ₄ 7H ₂ O	Fe,S	0.6-0.6 mg/1++

++ Aplicado directamente en solución tres veces por semana.

C CARACTERISTICAS DEL MATERIAL EXPERIMENTAL.

En el ensayo se utilizó la variedad de arroz Blue Belle, conocida con el nombre de Canelo (15), de grano dorado, 123 cm de altura, ciclo de 100 días, se le clasifica como muy precoz, posee un rendimiento de 2925 kg/Ha. carece de arista y pubescencia, su calidad molinera y culinaria es excelente; es susceptible a Pyricularia orizae. El sustrato en que se sembró fue vermiculita.

D NIVELES DE LOS FACTORES EVALUADOS.

En el cuadro 5, se presentan los diferentes niveles de fósforo evaluados durante el experimento.

CUADRO 5 NIVELES DE FOSFORO EVALUADOS (ppm) EN PLANTULAS DE ARROZ.

FUENTE	FOSFORO (P) ppm
NH ₄ H ₂ PO ₄	0
	5
	10
	20
	40
	80
	160
	320
	640

E VARIABLES DE RESPUESTA MEDIDAS.

- a Contenido de macronutrientes en el tejido foliar de plántulas de arroz establecido en dos estados fenológicos, a los 30 días y al inicio de la floración (60 días de crecimiento).
- b Concentración de fósforo en la solución nutritiva y el rendimiento en peso de la parte aérea de plántulas de arroz en la cosecha (g/plántula).
- c Análisis de regresión para la concentración foliar a los 60 días de crecimiento y el rendimiento relativo en peso de la parte aérea de plántulas en los dos estados fenológicos.
- d Concentración de fósforo y el rendimiento en altura de plántulas (cms) en los dos estados fenológicos.

- e Rangos de concentración de fósforo foliar y estados nutricionales observados en la plántula de arroz a los 30 días y al inicio de la floración.
- f Rangos de concentración críticos para distintas relaciones de nutrientes encontrados en el tejido de plántulas de arroz en los dos estados fenológicos.

F ANALISIS QUIMICO FOLIAR.

Las muestras de plántulas se secaron en un horno de convección a 65°C por 48 horas y pasadas por un molino Wiley a 20 mesh. El análisis químico para determinar fósforo, potasio, calcio y magnesio se efectuó por combustión seca (7,14) y la determinación de nitrógeno se hizo por combustión húmeda (7).

En el cuadro 6, se presentan los métodos analíticos para la cuantificación de nutrientes en el tejido vegetal.

CUADRO 6 METODOS DE ANALISIS QUIMICO - FOLIAR.

DETERMINACION	M E T O D O S	R E F E R E N C I A S
P	Colorimétrico	Díaz-Romeu y Hunter (7)
N	Combustión Húmeda	Díaz-Romeu y Hunter (7)
K	Fotometría de llama	Díaz-Romeu y Hunter (7)
Ca, Mg	Tritimétrico con EDTA	Goijsberg R. Gloria (13)

G METODOLOGIA EXPERIMENTAL.

El diseño experimental utilizado fue el de completamente al azar, con nueve niveles de fósforo y cuatro repeticiones de cada unidad experimental. La unidad experimental consistió en una maceta plástica de un litro de capacidad.

El modelo estadístico lineal para el análisis de las variables evaluadas es el siguiente:

$$Y_{ij} : W + T_i + E_{ij}$$

Y_{ij} : Variable respuesta observada en la repetición j del tratamiento.

W : Efecto de la media general.

T_i : Efecto del i -enésimo nivel de fósforo.

E_{ij} : Error experimental asociado a la ij -enésima unidad experimental.

i : 1,2,3.....8,9 niveles de fósforo.

j : 1,...4 repeticiones de cada unidad experimental.

H ANALISIS DE DATOS.

Para darle respuesta al objetivo y a la hipótesis planteados se procesaron los datos mediante el análisis de varianza para la concentración foliar de fósforo y el rendimiento de peso de plántula en la cosecha, al 5% de significancia y comparación múltiple de medias con el estadístico de Tuckey al 5% de probabilidad; análisis de regresión variable dependiente e independiente.

I MANEJO DEL EXPERIMENTO.

La unidad experimental consistió de una maceta plástica de un litro de capacidad, la cual se llenó con vermiculita. En cada maceta se colocaron 50 granos de arroz de la variedad Blue Belle. A los 30 días se analizó a 25 plántulas de cada maceta para su análisis de tejidos correspondiente a la primera época de corte.

El siguiente análisis se hizo al inicio de la floración siendo en esta ocasión con 15 plántulas de cada maceta.

En la cosecha se tomó únicamente el peso de las diez últimas plántulas de cada maceta, así como también su altura respectiva.

Para los efectos ambientales dentro del invernadero, tanto la humedad relativa como la temperatura se controlaron con humidificadores en la superficie de concreto en donde estaban colocadas las unidades experimentales; dicho trabajo se efectuaba tres veces al día.

En lo que respecta a la solución nutritiva ésta se aplicó vertiéndola diariamente sobre la superficie de la maceta.

VI RESULTADOS Y DISCUSION.

A continuación se discuten los resultados obtenidos de las características medidas en plántulas de arroz en los dos estados fenológicos estudiados.

A CONTENIDO MEDIO DE MACRONUTRIENTES EN EL TEJIDO FOLIAR DE PLANTULAS DE ARROZ ESTABLECIDO EN LOS DOS ESTADOS FENOLOGICOS.

En el cuadro 7, se detallan los contenidos medios de macronutrientes encontrados en el tejido foliar de plántulas de arroz en los dos estados evaluados.

CUADRO 7 CONTENIDO MEDIO DE MACRONUTRIENTES EN EL TEJIDO FOLIAR EN PLANTULAS DE ARROZ
EN DOS ETAPAS DE CRECIMIENTO

FOSFORO EN LA SOLUCION NUTRITIVA ppm	% P		% N		% K		% Ca.		% Mg.		RENDIMIENTO RELATIVO (%)	
	30 DIAS	60 DIAS	30 DIAS	60 DIAS	30 DIAS	60 DIAS	30 DIAS	60 DIAS	30 DIAS	60 DIAS	30 DIAS	60 DIAS
0	0.096	0.088	2.32	1.84	1.37	0.91	0.24	0.22	0.23	0.20	29.94	29.94
5	0.111	0.096	2.84	2.17	1.52	1.37	0.25	0.23	0.25	0.21	56.20	50.80
10	0.168	0.147	3.58	2.88	2.13	1.37	0.28	0.25	0.27	0.23	61.40	58.00
20	0.188	0.178	4.25	3.37	2.28	1.67	0.29	0.26	0.28	0.25	95.83	65.05
40	0.340	0.301	4.44	3.55	2.28	2.13	0.29	0.27	0.28	0.26	100.00	75.80
80	0.556	0.473	4.44	3.55	3.66	2.44	0.31	0.29	0.29	0.28	80.55	100.00
160	0.659	0.626	4.66	2.49	2.74	2.13	0.29	0.27	0.28	0.26	47.64	86.00
320	0.687	0.687	4.04	3.28	2.58	1.37	0.28	0.20	0.27	0.18	38.75	50.80
640	0.796	- - -	4.00	- - -	1.37	- - -	0.18	- - -	0.18	- - -	1.65	- - -

Del cuadro 7, se infiere que los contenidos de nutrientes no son los mismos en las dos etapas de crecimiento estudiadas; a los 30 días se observa un contenido de nutrientes alto, contenido que se ve severamente disminuído en la otra etapa o sea al inicio de la floración; esto se debe a que hasta antes de los 30 días todo lo que necesita la planta es elaborar y desarrollar tejido, mientras que del inicio de la floración hacia adelante éste necesita traslocar todo el nutriente necesario hacia estructuras de almacenamiento o sea los lugares de formación del fruto y la semilla. Dichos resultados coinciden con los trabajos efectuados por González (15) quién cita al IRRI para indicar que en 1974, trabajando en arroz se observaron los mismos resultados.

También se puede observar una tendencia de la planta a querer aprovechar los otros nutrientes cuando se encuentra en deficiencia de fósforo. Ahora cuando se encuentra ante situaciones de toxicidad también hace uso de los demás nutrientes, pero, como un mecanismo para tratar de neutralizar con éstos la alta presencia de fósforo. Esta misma experiencia la observó Yoshida en 1981, quién citado también por González determinó los mismos efectos.

Por último en lo que respecta al rendimiento relativo, los máximos rendimientos se observan en concentraciones de fósforo foliar de 0.34% a los 30 días y 0.473% a los 60 días. Valores similares encontró el CIAT (9) en 1978; trabajando con la variedad CICA-8.

B CONCENTRACION DE FOSFORO EN LA SOLUCION NUTRITIVA Y EL RENDIMIENTO EN PESO DE LA PARTE AEREA DE PLANTULAS DE ARROZ EN LA COSECHA (g/plántula).

En el cuadro 8, se presentan los resultados obtenidos del análisis de varianza para el rendimiento de peso de la parte aérea de plántula de arroz en la cosecha (g/plántula).

CUADRO 8 ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO EN PESO DE LA PARTE AEREA DE PLANTULAS DE ARROZ EN LA COSECHA (g/plántula).

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABULADA
Tratamiento	8	886.04	40.064 **	2.31
Error	27	22.15		
T o t a l	35			

** Significancia al 5% de probabilidad

C.V.: 21.96%

Se puede observar en el cuadro 8, que existe significancia en tre los niveles de fósforo, con un coeficiente de variación de 21.96%; aceptándose con esto la hipótesis planteada.

En el cuadro 9, se presenta la comparación múltiple de medias con el estadístico de Tuckey; para el rendimiento de peso de plántula a la cosecha (g/plántula).

CUADRO 9 RENDIMIENTO PROMEDIO EN PESO DE LA PARTE AEREA DE PLANTULAS DE ARROZ EN LA COSECHA (g/plántula).

FOSFORO (P) EN SOLUCION ppm	RENDIMIENTOS MEDIOS (g/plántula).
80	45.025
40	44.675
20	44.575
10	39.225
5	36.375
160	34.725
320	34.625
0	18.425
640	00.000

En el cuadro 9, se observan las ppm de fósforo en la solución nutritiva, sobre el rendimiento medio de peso de plántula a la cosecha en g/plántula - tratamiento. Se deduce que no existe significancia al 5% de probabilidad; con concentraciones de 80, 40, 20 y 10 ppm de fósforo en solución con respecto al peso de plántula a la cosecha obteniéndose con ellos los mejores rendimientos; mientras que concentraciones abajo de 10 ppm y arriba de 80 se obtienen los rendimientos más bajos.

En la figura 2, podemos apreciar el efecto entre la concentración de fósforo en la solución nutritiva y el rendimiento en peso de la parte aérea de plántulas de arroz en la cosecha (g/plántula).

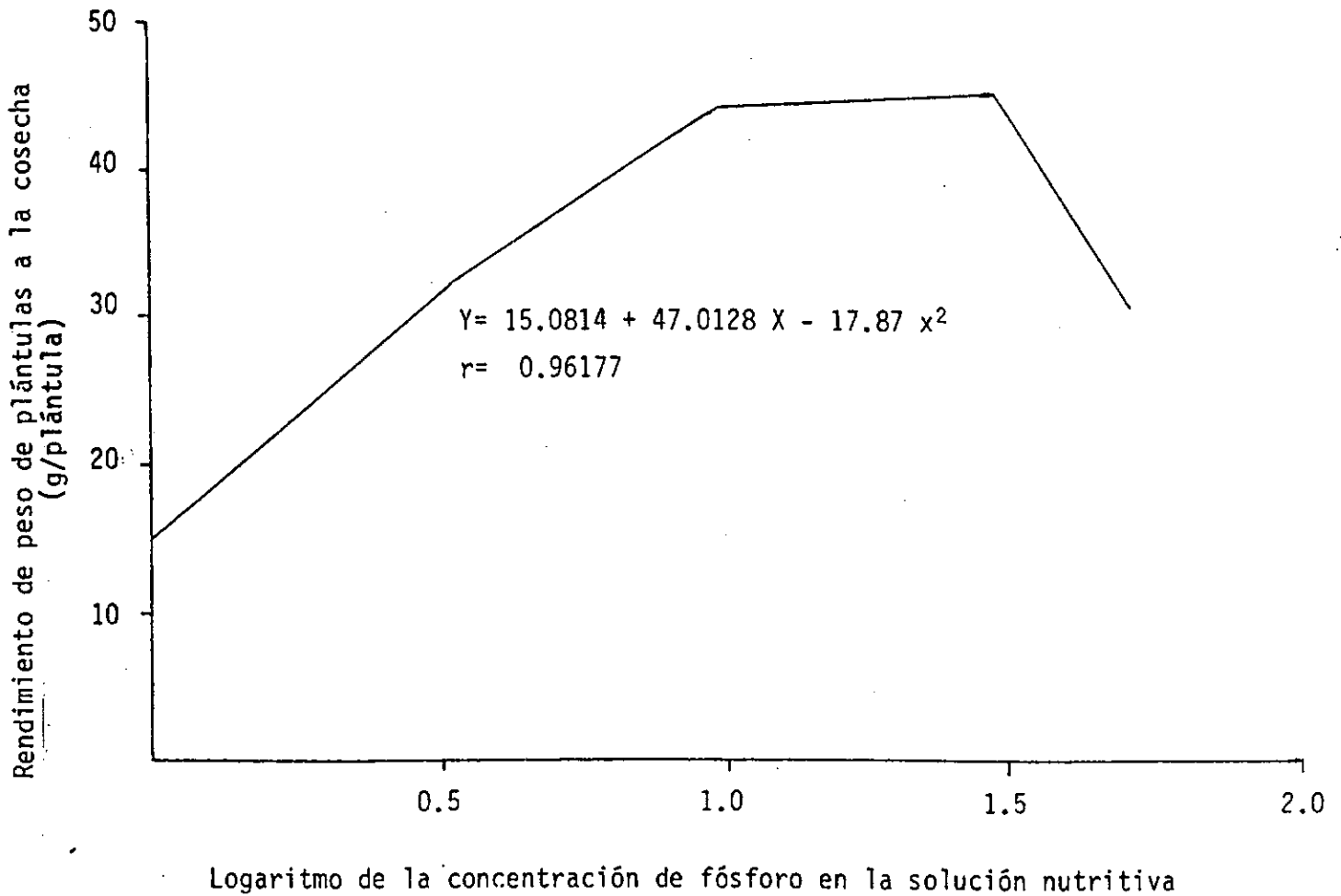


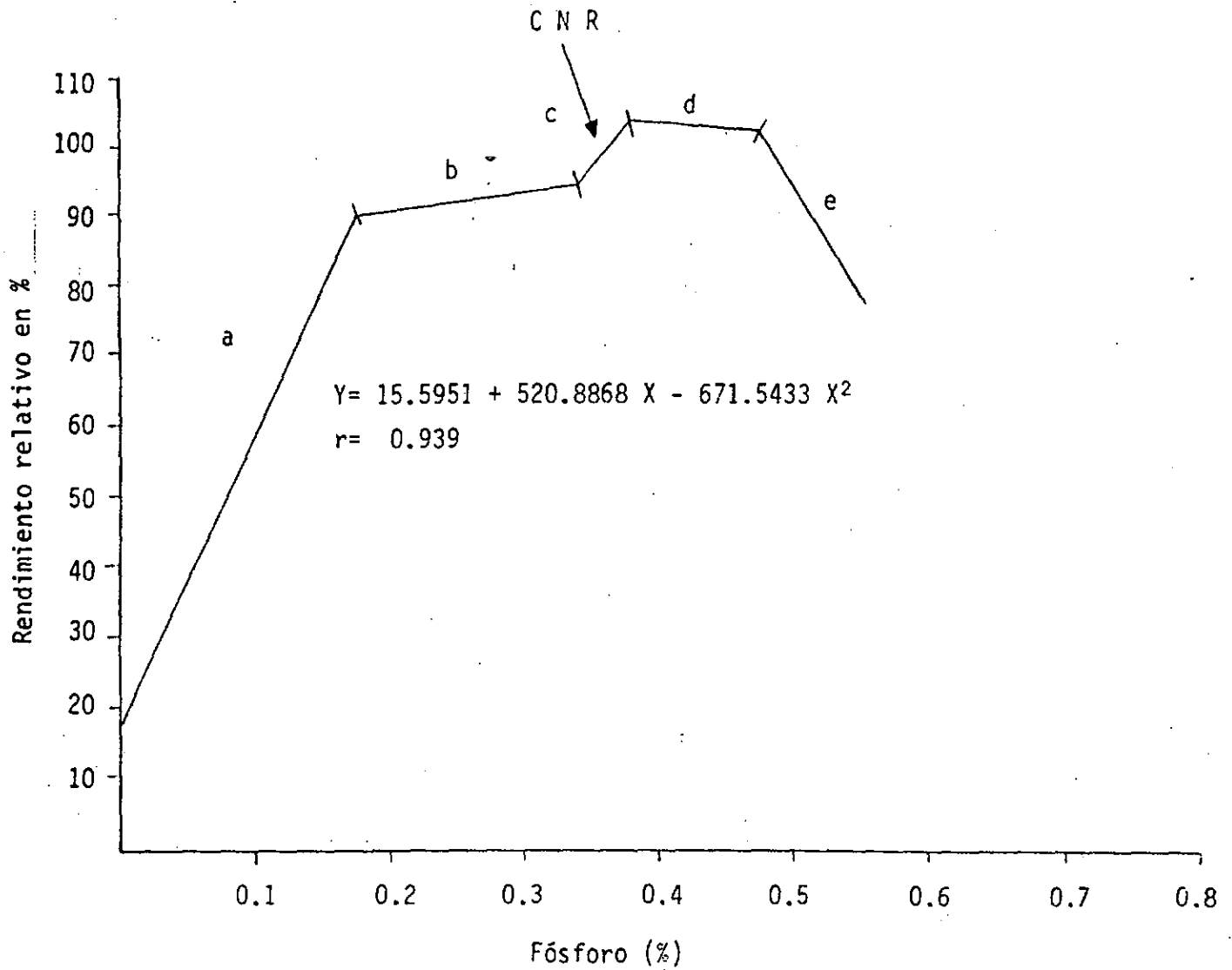
Figura 2 Efecto de la concentración de fósforo en la solución nutritiva sobre el rendimiento en peso de la parte aérea de plántulas de arroz en la cosecha.

De la figura 2, apreciamos que a medida que aumenta la concentración de fósforo en la solución nutritiva, en la misma forma aumenta el peso de plántulas, pero esto hasta cierto valor y determinado límite, ya que a partir de cierta concentración la curva empieza a decrecer, esto último provocado por la sobresaturación de fósforo que existe en la solución nutritiva; llegando a provocarar la muerte progresiva de plántulas en los tratamientos que contienen una concentración muy alta de fósforo.

Estos resultados fueron observados también en 1972 por Galiano F. (13).

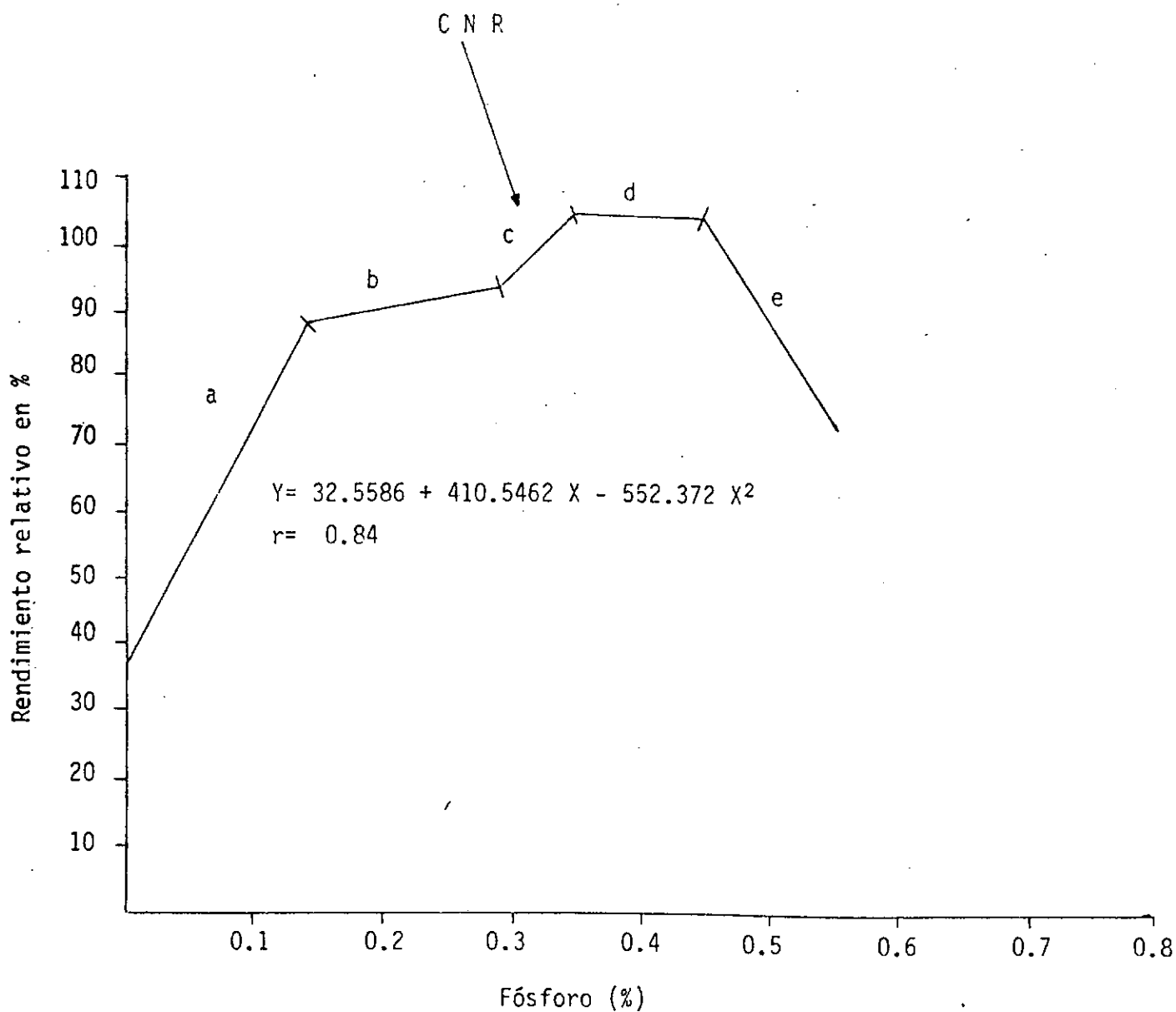
C ANALISIS DE REGRESION PARA LA CONCENTRACION FOLIAR DE FOSFO-
RO EN PLANTULAS DE ARROZ Y EL RENDIMIENTO RELATIVO EN PESO
DE LA PARTE AEREA A LOS 30 DIAS Y AL INICIO DE LA FLORACION.

En las figuras 3 y 4, se presentan las gráficas correspondientes a la concentración foliar de fósforo en la plántula de arroz en los dos estados fenológicos estudiados.



CNR : Nivel crítico del nutriente

Figura 3. Concentración de fósforo en la hoja de arroz a los 30 días de crecimiento y el rendimiento relativo en peso de la parte aérea de la plántula.



CNR = Nivel crítico del nutriente

Figura 4 Concentración de fósforo en la hoja de arroz al inicio de la floración y el rendimiento relativo en peso de la parte aérea de la plántula.

En las figuras 3 y 4, se pueden observar los resultados obtenidos al evaluar la concentración de fósforo en la hoja de arroz y el rendimiento relativo en peso de la parte aérea de la plántula a los 30 días y al inicio de la floración.

Al igual que los resultados encontrados por Galiano F. (13) y que pueden apreciarse en la figura 1; observamos que primeramente existe una zona a, en la cual el rendimiento aumenta pero no la concentración de nutriente en la hoja, aquí es donde se manifiesta la deficiencia extrema. La zona b, indica un posible aumento de rendimiento con ningún o escaso aumento en el contenido de nutriente en la hoja. Estas dos zonas (a y b) no se encuentran corrientemente en los cultivos en el campo. En la zona c, aumenta el rendimiento y aumenta la concentración de nutriente, hasta llegar a un punto en que la producción permanece constante; ésta zona suele denominarse "Nivel Crítico del Nutriente" o CNR. La zona d, nos muestra que el rendimiento no aumenta, aunque si lo hace el nutriente, a ésta zona se le llama "Consumo de Lujo". La zona e, muestra que el rendimiento disminuye al aumentar excesivamente la concentración de nutriente en la planta, debido a un efecto tóxico o un desequilibrio entre nutriente.

En lo que respecta a resultados concretos podemos apreciar que el nivel crítico encontrado en el estado fenológico a los 30 días de crecimiento oscila entre 0.18% y 0.34%; el rango de suficiencia entre 0.56% y 0.66% y el de deficiencia menos de 0.18%.

Al inicio de la floración el nivel crítico encontrado oscila entre 0.15% y 0.30%; el rango de suficiencia entre 0.48% y 0.62% y el de deficiencia menos de 0.15%.

D CONCENTRACION DE FOSFORO FOLIAR Y EL RENDIMIENTO EN ALTURA DE PLANTULAS (cms) EN LOS DOS ESTADOS FENOLOGICOS.

En la figura 5, se observa el efecto provocado por la concentración de fósforo en el tejido foliar sobre la altura de plántulas (cms) a los 30 días de crecimiento.

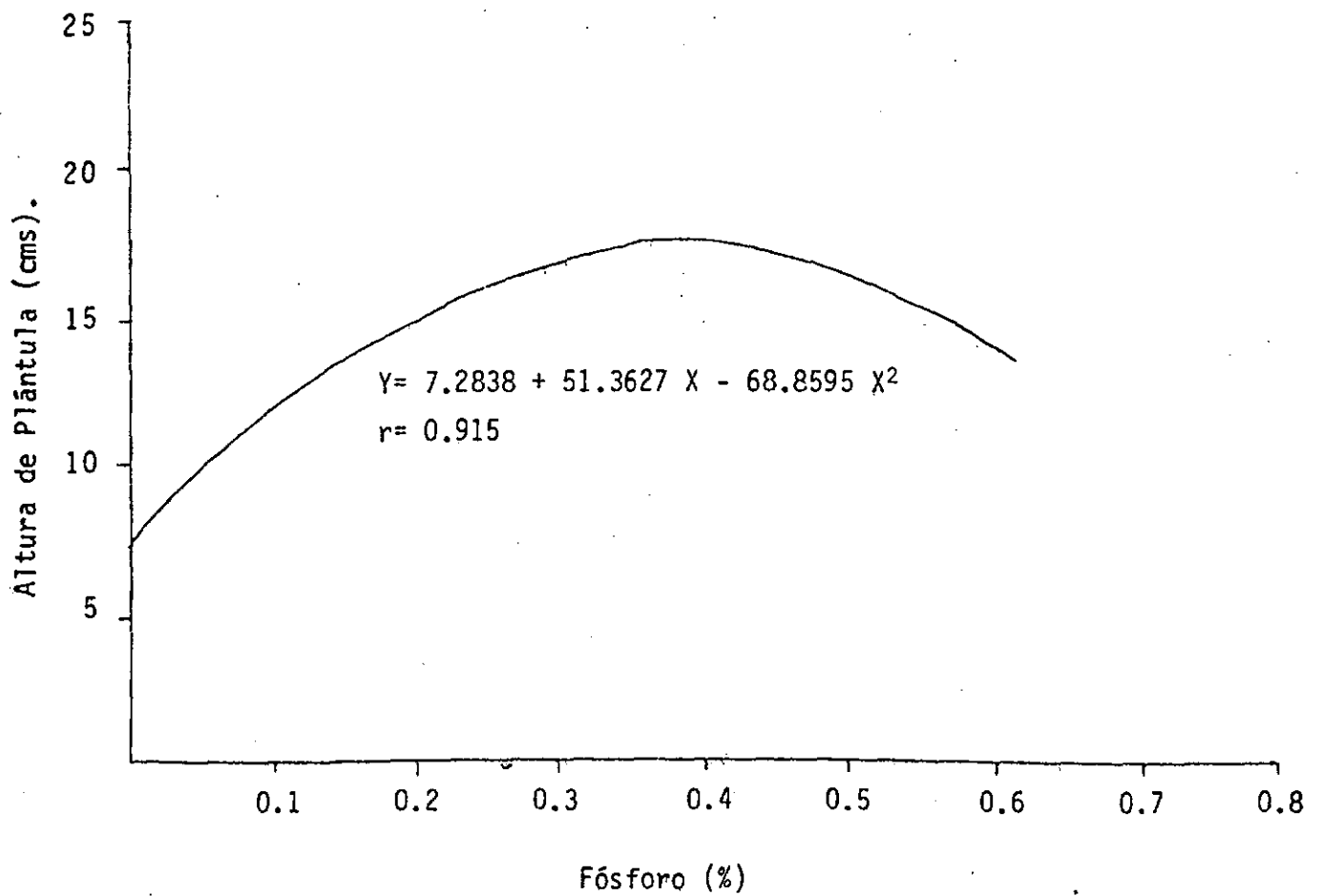


Figura 5 Efecto de la concentración de fósforo foliar en plántulas de arroz sobre la altura de plántulas a los 30 días de crecimiento.

En la figura 5, se aprecia el efecto provocado por la concentración presente en la hoja de la plántula de arroz a los 30 días de crecimiento. Se observa que mientras aumenta la concentración de fósforo en el tejido foliar, las plántulas manifiestan un mejor crecimiento hasta alcanzar una altura óptima, punto a partir del cual la misma tiende a disminuir mientras la concentración de fósforo en la hoja aumenta, hasta que llega un momento en que se tiene una altura cero, lo que indica que las plántulas expuestas en esas condiciones han muerto; esto último se debe a que la absorción de nutrientes a través de las raíces ha quedado estancada debido a la sobresaturación del elemento fósforo presente en la solución aplicada.

Estos mismos resultados los encontró en 1982, el CIAT (4) con la variedad de arroz CICA 4.

En la figura 6, podemos apreciar el efecto provocado entre la concentración de fósforo en el tejido foliar sobre la altura de plántulas de arroz en cms al inicio de la floración.

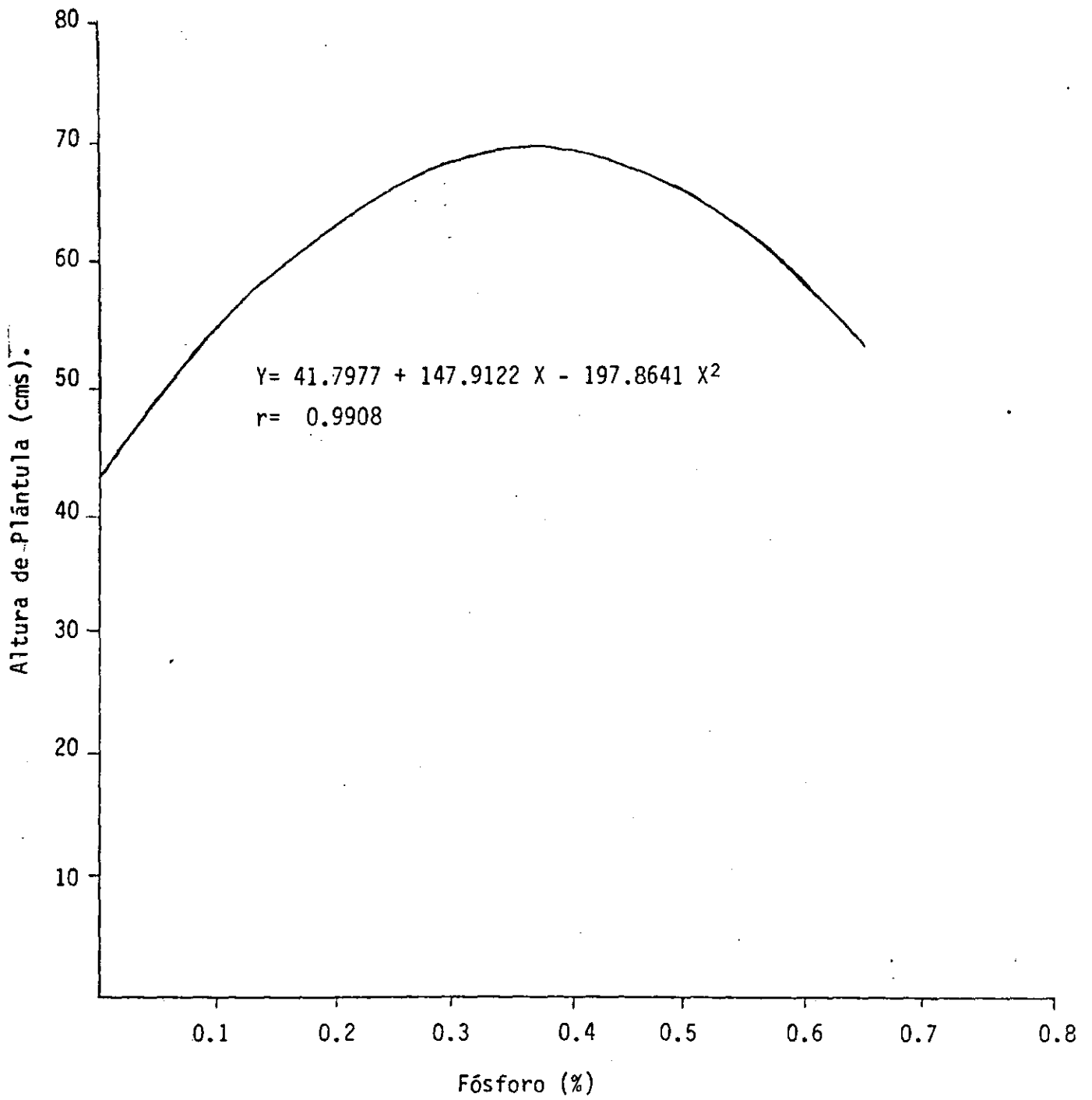


Figura 6 Efecto de la concentración de fósforo foliar en plántula de arroz sobre la altura de plántulas al inicio de la floración.

En la figura 6, se observa el efecto provocado por la concentración foliar de fósforo en plántulas de arroz, al inicio de la floración.

Se observan dos situaciones: a) Plántulas con concentraciones foliares en deficiencia extrema de fósforo, sobreviven aunque no son productivas y b) Plántulas expuestas a concentraciones altas de fósforo, no logran sobrevivir los primeros 30 días de crecimiento.

Aquí también se aprecia una tendencia progresiva en cuanto a la altura de plántulas, pues a medida que la concentración foliar va en aumento, ésta también aumenta; llegan a un punto óptimo, a partir del cual la altura comienza a disminuir hasta llegar a cero cms en altura, donde la concentración es tan alta que ninguna plántula llega a sobrevivir.

Lo anterior también se experimentó en trabajos realizados en el CIAT en 1982, con la variedad de arroz CICA 8.

E RANGOS DE CONCENTRACION DE FOSFORO FOLIAR Y ESTADOS NUTRIMENTALES OBSERVADOS EN LA PLANTULA DE ARROZ A LOS 30 DIAS Y AL INICIO DE LA FLORACION.

En la figura 7 y en el cuadro 10, se presentan los resultados obtenidos en cuanto a estados nutrimentales observados en la plántula de arroz.

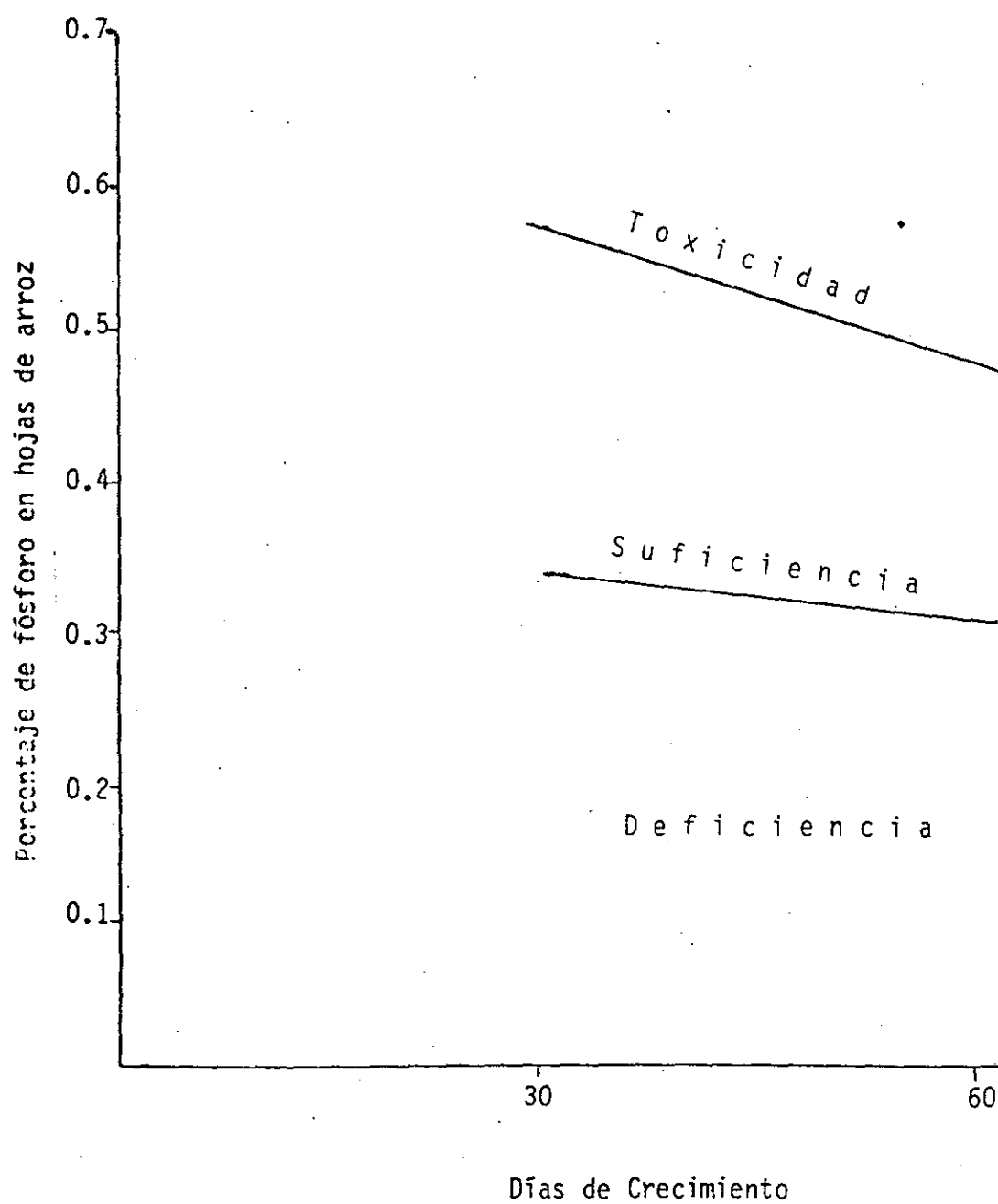


Figura 7 Relación del crecimiento de las plántulas de arroz y la concentración de fósforo foliar (%)

En la figura 7, se observa en una forma más directa el estado nutricional de la plántula de arroz, en los estados fenológicos evaluados. Las líneas representan el límite entre las diferentes etapas manifestadas por la plántula al ser sometida a una escala nutricional de diferentes concentraciones de fósforo; dichos límites se aprecian en mejor forma en el cuadro 10. Estos mismos resultados concuerdan con lo que reporta González (15) en 1984.

CUADRO 10 RANGOS DE CONCENTRACION DE FOSFORO FOLIAR Y ESTADOS NUTRICIONALES OBSERVADOS EN LA PLANTULA DE ARROZ EN DOS ESTADOS FENOLOGICOS.

ESTADO NUTRIMENTAL DE LA PLANTULA	RENDIMIENTO RELATIVO (%)	PORCENTAJE DE FOSFORO FOLIAR	
		30 DIAS	30 DIAS
Deficiencia	80	0.17	0.15
Rango de concentración			
Crítico	90 - 95	0.18 - 0.34	0.16 - 0.30
Adecuado	95 - 100	0.35 - 0.66	0.31 - 0.62
Exceso	100	> 0.66	> 0.62

En el cuadro 10, se aprecia el rendimiento relativo para cada estado nutricional observado en la plántula de arroz con su respectivo rango de concentración de fósforo foliar.

Se puede inferir que a concentraciones menores a 0.18% de fósforo y mayores a 0.66% evaluados a los 30 días de crecimiento; así como también con proporciones menores a 0.16% y mayores a 0.62% evaluados al inicio de la floración no son recomendables para obtener buenos resultados.

Ward (27) en estudios realizados con plántulas de arroz en 1973, también encontró éstos mismos resultados.

F RANGOS DE CONCENTRACION CRITICOS PARA DISTINTAS RELACIONES DE NUTRIENTES ENCONTRADOS EN EL TEJIDO DE PLANTULAS DE ARROZ EN LOS ESTADOS FENOLOGICOS ESTUDIADOS.

En los cuadros 11 y 12 aparecen los rangos de concentración críticos para las relaciones N/P, P/K y $\frac{Ca + Mg}{K}$ encontrados en la hoja de plántulas de arroz, así también se presentan sus respectivos modelos de regresión.

CUADRO 11 RANGOS DE CONCENTRACION CRITICOS EN RELACIONES DE NUTRIENTES EN EL TEJIDO FOLIAR DE PLANTULAS DE ARROZ A LOS 30 DIAS DE CRECIMIENTO.

RELACION	MODELO DE REGRESION	E C U A C I O N	COEFICIENTE r	RANGO CRITICO
N/P	Cuadrático	$Y = 9.1381 + 12.4 X - 0.4X^2$	0.576	9.29 - 10.41
K/P	Cuadrático	$Y = 54.290 + 38.1 X - 2.1X^2$	0.901	5.45 - 5.80

CUADRO 12 RANGOS DE CONCENTRACION CRITICOS EN RELACIONES DE NUTRIENTES EN EL TEJIDO FOLIAR DE PLANTULAS DE ARROZ AL INICIO DE LA FLORACION

RELACION	MODELO DE REGRESION	E C U A C I O N	COEFICIENTE r	RANGO CRITICO
N/P	Cuadrático	$Y = 33.06 + 10.8 X - 0.4X^2$	0.55	7.40 - 8.63
K/P	Cuadrático	$Y = 11.15 + 36.9 X - 2.9X^2$	0.91	3.99 - 4.10

De los cuadros 11 y 12 se infiere que los rangos de concentración crítica de las relaciones N/P y K/P son distintos para las dos etapas, se observa que para el estado fenológico a los 30 días, éstas son mayores que las del estado al inicio de la floración; esto es consecuencia directa de las necesidades nutrimentales que la planta posee para sus primeros días de crecimiento; ya que en sus etapas primarias ella requiere los nutrientes para la elaboración de estructuras vegetativas y prepararse así para el inicio de la formación y posteriormente desarrollo y producción de las estructuras de propagación como lo son el fruto y fundamentalmente la se milla; órganos en los cuales se concentrará muy después la mayor cantidad de ellos.

Las mayores cantidades de nutrientes en la planta se encontrarán en los tejidos vegetativos hasta los 30 días de crecimiento; luego esta concentración disminuirá para traslocarse posteriormente a los órganos reproductivos.

Estos resultados también los obtuvo el CIAT en 1978 (4) en trabajos realizados con la variedad de arroz CICA 8.

VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A CONCLUSIONES.

Las diferentes concentraciones de fósforo en la solución nutritiva si afectan la concentración de los nutrimentos en el tejido foliar de la plántula de arroz; por lo cual la hipótesis es aceptada.

Los rangos de concentración crítica de fósforo para los estados fenológicos estudiados fueron 0.18% a 0.34% a los 30 días y de 0.15% a 0.30% al inicio de la floración o sea a los 60 días de crecimiento.

Los rangos de concentración críticos para las relaciones estudiadas fueron los siguientes:

- 1 N/P a los 30 días de 9.29 a 10.41 y de 7.40 a 8.63 al inicio de la floración.
- 2 K/P a los 30 días de 5.45 a 5.80 y de 3.99 a 4.10 al inicio de la floración.

B RECOMENDACION.

Con base en los resultados comprobados en este estudio, se recomienda que para la fertilización en arroz se utilicen los rangos de concentración críticos de fósforo, comprendidos entre 0.18% y 0.34% a los 30 días de crecimiento y 0.15% a 0.30% al inicio de la floración.

VIII B I B L I O G R A F I A

- 1 BARCELLO COLL, J. et al. 1980. Fisiología vegetal. Madrid, España, Pirámide. 750 p.
- 2 BASAK, M.N. 1962. Nutrient uptake by rice and its effect on yield. *Agronomy Journal* 54:373-376.
- 3 CASTAÑEDA, R.P. 1980. Diseños experimentales aplicados. México, D.F., Trillas. 344 p.
- 4 CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1982. Arroz del CIAT y América latina. Cali, Col. s.p.
- 5 CHERIAN, E.C. et al. 1968. Nutrient uptake by lowland rice underflooded and nonflooded soil conditions. *Agronomy Journal* 60:554-567.
- 6 DEVLIN, R.M. 1980. Fisiología vegetal. Trad. por Llimona Pargés Xavier. Barcelona, España, Omega. 517 p.
- 7 DIAZ-ROMEY, R.; HUNTER, A. 1980. Metodología de muestreo de suelos, análisis químicos de suelos y tejido vegetal y de investigaciones de invernadero. Turrialba, C.R., CATIE 68 p.
- 8 FERNANDEZ, F. 1978. Etapas del desarrollo de la planta de arroz para propósitos de evaluación y adiestramiento del IRRI. In Seminario Interno CIAT. (1978, Col.). Colombia, CIAT. s.p. (Se-16-78).
- 9 _____; et al. 1978. Crecimiento y etapas de la planta de arroz. Cali, Col., CIAT. 23 p.
- 10 FLOR, C.A. et al. 1979. Cinc y boro, dos microelementos limitativos para la producción de arroz y frijol en algunas regiones cálidas de Colombia. Cali, Col., CIAT. 23 p.
- 11 FOX, R.L.; BENAVIDES, S.T. 1974. El fósforo de los oxisoles. In Coloquio sobre suelos (3., 1974, Bogotá, Col.). Medellín, Col., Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. v. 6, no. 1, p. 145-153.
- 12 GABB, M.A.; LATCHEN, W.E. 1976. Manual de soluciones de laboratorio. 2 ed. Madrid, España, Bellaterra. 106 p.

- 13 GALIANO, S.F. 1974. Estimación del fósforo asimilable en el suelo por análisis de tejidos vegetales. In Coloquio sobre suelos (3., 1974, Bogotá, Col.). Medellín, Col., Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. v. 6, no. 1, p. 329-344.
- 14 GOIJEBERG R., G.E. 1983. Manual de prácticas de análisis químico. México, D.F., Universidad Autónoma de Chapin-go. 43 p.
- 15 GONZALEZ, F.J. 1984. Los macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz. Arroz (Col.) 33(329):1-48.
- 16 GONZALEZ, S.J. 1970. Evaluación de la fijación y disponibilidad de fósforo en 14 series de suelos en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 31 p.
- 17 GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. 1983. El cultivo de arroz en Guatemala. Gua. ICTA. Fo llete Técnico no. 22. 15 p.
- 18 _____ . INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1972. Atlas geo gráfico nacional. Guatemala, Gua., Esc. 1:50000. s.p.
- 19 HOMER D., Ch.; PARKER, F.P. 1974. Métodos de análisis para suelo y agua. México, D.F., s.n. p. 45-130.
- 20 HOWELER, H.R. 1974. Análisis foliar en algunos cultivos tro picales. Cali, Col, CIAT. 20 p.
- 21 JACKSON, M.L. 1976. Análisis químico de suelos. 3 ed. Bar celona, España, s.n. 20 p.
- 22 MEDINA G., E. 1983. Relationship of the composytion of plant tissue in mesquite (*Prosopis velutina*) and grape-fruit (*Citrus paradis*) to soil composytion. Thesis Mag. Sc. Texas, Texas University. 62 p.
- 23 MILIAN, F.H. 1984. Evaluación de la capacidad de fijación de fósforo a través de la isoterma de Langmuir de tres suelos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Univer sidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 61 p.
- 24 REYES CHAVEZ, L.M. 1974. El análisis de regresión y sus mé todos de cómputo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universi- dad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 32 p.

- 25 SANCHEZ DEL C., F.; ESCALANTE, R., R. 1982. Hidroponia; un sistema de producción, principios y métodos de cultivo. México, D.F., Universidad Autónoma de Chapingo. 200 p.
- 26 SANCHEZ, P.A. 1981. Suelos del trópico. Trad. por Edilberto Camacho. San José, C.R., IICA. p. 328-333.
- 27 WARD, R.C. et al. 1973. Plant analysis: small grain. Wisconsin, EE.UU., Soil Science, Society of América. p.329-348.



IX APENDICE

CUADRO 1 MEDIAS DE PESO EN GRAMOS Y ALTURA EN CENTIMETROS DE LA PARTE AEREA Y MACOLLAMIENTO DE LA PLANTULA DE ARROZ POR TRATAMIENTO EN LA MADUREZ FISIOLÓGICA.

TRATAMIENTO	PESO gr	ALTURA cm	MACOLLAMIENTO
1	18.42	56.00	Escaso
2	36.37	67.00	Escaso
3	39.22	72.75	Regular
4	44.58	74.50	Normal
5	44.65	77.00	Normal
6	45.00	80.00	Normal
7	34.72	54.25	Deficiente
8	34.72	48.00	Escaso
9	00.00	00.00	Nulo

CUADRO 2 CONCENTRACION DE FOSFORO EN LA SOLUCION NUTRITIVA Y LAS RELACIONES N/P y K/P EN EL TEJIDO FOLIAR DE PLANTULAS DE ARROZ A LOS 30 Y 60 DIAS DE CRECIMIENTO.

TRATAMIENTO	ppm DE P EN SOLUCION	RELACION N/P		RELACION K/P	
		30 DIAS	60 DIAS	30 DIAS	60 DIAS
1	0	24.03	20.96	14.20	10.44
2	5	25.56	22.56	13.69	9.88
3	10	21.39	19.62	12.73	9.33
4	20	22.70	18.90	12.18	8.20
5	40	13.06	11.79	6.72	7.08
6	80	7.83	6.72	6.57	5.15
7	160	7.08	4.05	4.16	3.46
8	320	5.88	4.78	3.77	1.99

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1616

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

"IMPRIMASE"




ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.
DECANO