

ANTAGONISMO FOSFORO-ZING EN UN SUELO DERIVADO DE CENIZAS VOLCANICAS*

SANTIAGO GAONA J., NESTOR GUARIN V., Y JAIME LOTERO C.**

I. INTRODUCCION

Se sabe que existe una estrecha relación entre el P y el Zn, llegándose a notar la influencia que tiene cada uno de ellos sobre la absorción y utilización por la planta en presencia de cantidades no deseables de uno u otro de los elementos en el suelo. Esta relación ha sido objeto de numerosas investigaciones, especialmente en los EE.UU. A pesar de los resultados obtenidos aún se requiere de más información, especialmente para los suelos colombianos, en donde los estudios que se tienen sobre este fenómeno son pocos y ya comienza a observarse los efectos de fertilizantes fosfóricos en la absorción y utilización del Zn por las plantas. Los suelos del Oriente Antioqueño, derivados de cenizas volcánicas, son extremadamente deficientes en P y este elemento es el más limitante. En la mayoría de los casos la producción de los cultivos es baja sin aplicaciones altas de P. Los agricultores de la región aplican altas dosis de P y no aplican Zn. En esta región se han observado síntomas de deficiencia de Zn como resultado de altas aplicaciones de P; cuando no se aplica P o se hace en cantidades bajas, los síntomas de deficiencia de Zn se presentan en muy pocos casos.

Los objetivos del presente trabajo fueron: 1. Determinar si en los suelos del Oriente Antioqueño, derivados de cenizas volcánicas existe un antagonismo P-Zn; 2. Estudiar el efecto de diferentes dosis de P_2O_5 y Zn en el rendimiento de materia seca del

* Contribución de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional, sede de Medellín y de la División de Agronomía del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Trabajo de Investigación para optar al título de I.A.

** Respectivamente: Ingenieros Agrónomos, Facultad de Agronomía e Ingeniero Agrónomo, Ph. D., Gerente de la Regional 4 del ICA.

maíz, 3. Determinar el efecto de diferentes dosis de P_2O_5 en la absorción de Zn por la planta; 4. Determinar el efecto de diferentes dosis de Zn en la absorción de P por la planta y 5. Estudiar el efecto del P y del Zn en el contenido de Fe, Cu y Mn en la planta de maíz.

II. REVISION DE LITERATURA

Desde el año de 1936 se han realizado muchos experimentos para estudiar la interacción P-Zn (Boawn et al., 1968; Boawn et al., 1954; Brown y Martín, 1962; Burleson et al., 1961; Ganiron et al., 1969; Rogers y Wuchin Hwa, 1948; Stuckenholtz et al., 1966; Warnock, 1970). Paralelamente se han llevado a cabo gran número de estudios para dilucidar el efecto depresivo del P sobre la absorción y translocación del Zn por las plantas. Estos estudios se han centrado sobre cinco posibles causas: 1. Interacción P-Zn en el suelo; 2. Efecto sobre la translocación del Zn; 3. Efecto de dilución; 4. Distribución del Zn entre las raíces y la parte aérea, y 5. Efectos fisiológicos.

1. Interacción P-Zn en el suelo.

Inicialmente se pensó que la deficiencia de Zn causada por el P era debida a la formación de $Zn_3(PO_4)_2$ insoluble en el suelo, con lo cual se reducía la concentración de Zn a niveles de deficiencia; sin embargo, Boawn y otros (1957) demostraron que este compuesto es una buena fuente de Zn para las plantas.

2. Efectos sobre la translocación del Zn.

Como un ejemplo del efecto del P sobre la concentración del Zn, Boawn y Leggett (1964) realizaron estudios en papa encontrando que altas dosis de P disminuyeron la concentración de Zn en los tallos, y altas dosis de Zn en ausencia de P disminuyeron la concentración de éste en los tallos; de esta manera, el Zn y el P parecen ser mutuamente antagónicos.

3. Efecto de dilución.

Cuando la tasa de crecimiento de la planta excede a la tasa de absorción de un nutrimento, la concentración de éste en los tejidos disminuye o es "diluído". Stuckenholtz y colaboradores (1966), después de varios ensayos con frijol, encontraron que el P aplicado redujo la absorción de Zn por la planta.

4. Distribución del Zn entre las raíces y la parte aérea.

Stuckenholtz y otros (1966), en maíz encontraron que con dosis altas de P, la absorción y concentración de Zn en las raíces aumentó, en tanto que en las hojas, nudos y entrenudos, disminuyó. Según Burleson y otros (1961), esto sugiere la existencia de un antagonismo P-Zn dentro de la raíz, lo cual fue confirmado más tarde por Sharma y otros (1968), al observar un efecto positivo de las aplicaciones de P sobre la absorción y concentración de Zn en las raíces comparado con la parte aérea en maíz.

5. Efectos fisiológicos

Algunos trabajos sugieren que el P interfiere con la utilización del Zn por la planta, pero el mecanismo metabólico o funcional específico no ha sido demostrado; parece que el principal efecto del P aplicado es una inhibición fisiológica en la translocación del Zn de las raíces hacia la parte superior (Sharma et al., 1968; Stuckenholtz et al., 1966). Boawn y otros (1968), en frijol y papa, demostraron que los síntomas de deficiencia de Zn inducidos por el P, no se deben a una disminución en la

concentración de Zn en la parte aérea, sino que parece existir una imposibilidad en la absorción y translocación del Zn en la raíz como una consecuencia de la interacción.

III. MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en el invernadero de la Estación Experimental "Tulio Ospina", situada a una altura de 1.470 m.s.n.m., temperatura promedio de 21°C y una precipitación anual de 1.500 mm. El suelo que se utilizó se tomó de la Subestación Experimental "La Selva", Rionegro (Antioquia), situada a 2.100 m.s.n.m., con una temperatura media de 17°C y una precipitación media anual de 1.800 mm.; la zona pertenece a la formación ecológica de bosque húmedo montano bajo (bh-MB). Los suelos son ácidos, altos en materia orgánica y fijadores de P, con alta capacidad de intercambio catiónico, bajo contenido de bases y altos en Al intercambiable. En la Tabla 1 se incluye el análisis químico del suelo utilizado en el experimento.

TABLA 1 —Análisis químico del suelo utilizado en el experimento.

pH	M.O. o/o	P, ppm (Bray II)	Al	Ca	Mg	K	C.I.C.
				m.e./100 g de suelo			
4.4	29.2	4,9	3,0	1,6	0,4	0,07	32

Como planta indicadora se utilizó maíz Diacol V-ETO. Como fuentes de los nutrientes se utilizaron NH_4NO_3 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, H_2O , K_2SO_4 y $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Para efecto de enmienda se usó cal dolomítica. Todos los compuestos usados como fuentes de los elementos fueron reactivos puros. El experimento se realizó de acuerdo a un arreglo factorial 4 x 5 (20 tratamientos), en "bloques al azar", con cuatro repeticiones. Las dosis de P_2O_5 fueron de 0, 150, 300 y 450 kg/Ha, en combinación con dosis de Zn de 0, 5, 10, 15 y 20 kg/Ha. El N, K y la cal dolomítica se aplicaron uniformemente a cada tratamiento en dosis de 50 kg/Ha de N, 50 kg/Ha de K_2O y 2 ton/Ha de cal dolomítica, respectivamente. Todos los nutrientes, con excepción de la cal, se aplicaron al momento de la siembra del maíz; la cal se aplicó con 20 días de anticipación. El contenido de humedad del suelo en las macetas se mantuvo cerca a la capacidad de campo durante el período experimental.

Se usaron dos litros de suelo por maceta. El maíz, a razón de dos plantas por maceta, se dejó crecer durante ocho semanas, al cabo de las cuales se cosechó, se lavaron las plantas con agua destilada y se separaron las raíces de los tallos. El material se secó en la estufa a 70°C durante 48 horas y luego se determinó el peso seco y el contenido de P, Zn, Fe, Mn y Cu. Los datos obtenidos se analizaron por el método de Duncan a nivel del 5%.o.

IV. RESULTADOS

1. EFECTO DEL P Y EL Zn SOBRE LA PRODUCCION DE MATERIA SECA

En la Tabla 2 se observa el rendimiento de materia seca de acuerdo a las aplicaciones de diferentes dosis de P_2O_5 y Zn. Según los resultados obtenidos, el Zn no tuvo un efecto significativo sobre los rendimientos de la parte aérea mientras que

el P presentó un efecto altamente significativo en la parte aérea y en las raíces. Los rendimientos más altos tanto para la parte aérea como para las raíces, en términos generales, se obtuvieron con la aplicación de 300 a 450 kg/Ha de P_2O_5 y 10 a 15 kg/Ha de Zn.

2. EFECTO DEL P Y Zn SOBRE EL CONTENIDO DE P, Zn, Fe, Mn y Cu EN LA PARTE AEREA Y RAICES DE LA PLANTA

2.1 Contenido de P

En la tabla 3 se pueden observar los contenidos de P en la planta como resultado de los diferentes tratamientos aplicados. Se puede apreciar que las diferentes dosis de Zn no tuvieron efecto significativo sobre la concentración de P en la parte aérea de la planta. Al hacer aplicaciones crecientes de P se observa que se aumentó la concentración de éste en los tejidos de la planta, tal como se aprecia en los tratamientos con 150, 300 y 450 kg/Ha de P_2O_5 .

TABLA 2 — Efecto de las diferentes dosis del P_2O_5 y Zn sobre el rendimiento de materia seca del maíz.

Tratamientos*		Materia seca, g	
P_2O_5	Zn	Parte aérea	Raíces
kg/Ha			
0	0	2,28 a	2,00 a
0	5	1,94 a	1,39 a
0	10	1,99 a	1,48 a
0	15	2,49 a	1,93 a
0	20	2,17 a	1,47 a
150	0	8,63 b	4,40 b
150	5	9,63 b	5,73 c
150	10	9,13 b	5,02 b
150	15	9,53 b	5,16 b
150	20	9,61 b	4,90 b
300	0	12,00 c	6,00 d
300	5	13,10 c	5,32 c
300	10	11,92 c	5,22 b
300	15	12,43 c	6,18 e
300	20	13,00 c	5,70 c
450	0	14,24 d	5,41 c
450	5	13,45 d	5,55 c
450	10	14,60 d	5,75 c
450	15	15,20 d	5,74 c
450	20	13,80 d	5,52 c

* Tratamientos con una letra en común no son significativamente diferentes al nivel del 5^o/o.

En general se encontraron diferencias altamente significativas para las diferentes dosis de P_2O_5 sobre el contenido de P en la parte aérea y en la raíz, independientemente de las dosis de Zn.

2.2 Contenido de Zn

Los resultados obtenidos se incluyen en la Tabla 3 en la cual se observa que en este caso el P presentó un efecto depresivo sobre la concentración de Zn en la planta, en términos generales. Para el contenido de Zn en la parte aérea, se encontraron pocas diferencias significativas entre tratamientos; en la raíz se encontraron diferencias significativas y se observó, en general, que al aumentar la aplicación de P se aumentó la concentración de Zn en las raíces, en algunos casos en forma significativa; esto parece indicar que este elemento interfiere con la translocación de Zn por la planta de maíz, ya que a medida que se aumentaron las dosis de P_2O_5 , disminuyó el contenido de Zn en la parte aérea, acumulándose en la raíz, tal como se observa en la Figura 1.

TABLA 3 — Concentración de P y Zn en la planta con diferentes dosis de P_2O_5 y Zn.

Tratamientos*		P, p.p.m.			
P_2O_5	Zn	P, p.p.m.		Zn, p.p.m.	
kg/Ha		Parte aérea	Raíces	Parte aérea	Raíces
0	0	650 a	1350 ab	89 c	31 ab
0	5	925 ab	1125 a	87 bc	7 a
0	10	713 a	1013 a	95 c	44 bcd
0	15	1075 abc	1050 a	91 c	38 bc
0	20	975 ab	1213 ab	88 bc	56 bcd
150	0	1150 abc	1363 abc	66 abc	37 b
150	5	1263 abc	1950 cd	75 bc	42 bc
150	10	1150 abc	1850 cd	77 bc	56 bcd
150	15	1075 abc	2000 de	56 ab	66 cd
150	20	1200 abc	2000 de	82 bc	61 cd
300	0	1350 abc	2050 de	38 a	38 bc
300	5	1375 abc	2000 de	42 a	62 cd
300	10	1638 bc	2100 de	66 abc	56 bcd
300	15	1550 bc	1800 bcd	73 bc	65 cd
300	20	1625 bc	1713 bc	75 bc	72 d
450	0	2300 c	1888 cd	64 abc	55 bcd
450	5	1525 bc	2326 de	52 ab	66 cd
450	10	2625 c	2500 e	44 a	51 bcd
450	15	2575 c	1850 cd	64 abc	74 d
450	20	1825 c	2363 e	58 abc	72 d

* Tratamientos con una letra en común no son significativamente diferentes al nivel del 5^o/o.

Para definir mejor la relación entre los contenidos de P y Zn, se estableció una correlación simple entre estos dos elementos, encontrándose un coeficiente negativo, altamente significativo ($r = -0,601^{**}$) en la parte aérea y un coeficiente altamente significativo ($r = 0,576^{**}$) en la raíz.

2.3 Contenido de Fe.

El P tuvo un efecto altamente significativo sobre la concentración de Fe en la raíz, no observándose este efecto en la parte aérea. En cuanto al Zn, este elemento no tuvo efecto significativo sobre el contenido de Fe en la parte aérea de la planta. El tratamiento con 450 kg/Ha de P_2O_5 y 10 kg/Ha de Zn tuvo el contenido más alto de Fe en la raíz (Tabla 4). Se encontró una correlación altamente significativa ($r = 0,696^{**}$), entre los contenidos de P y de Fe en la raíz. Esto demuestra que a medida que se incrementan las aplicaciones de P_2O_5 , se aumenta la acumulación del Fe en la raíz.

2.4 Contenido de Mn.

En algunos tratamientos, el P ejerció un efecto significativo sobre el contenido de Mn en la parte aérea de la planta. Al establecer la correlación entre el contenido de estos dos elementos en la parte aérea, se encontró un coeficiente negativo, altamente significativo ($r = -0,534^{**}$). Esto parece indicar que a niveles altos de P, existe una disminución en la translocación del Mn en la planta. En general, se encontró que los tratamientos sin P, tuvieron los contenidos más altos de Mn en la parte aérea de la planta (Tabla 4). En cuanto al Zn, no se observó ningún efecto sobre la acumulación del Mn en los tejidos de la parte aérea.

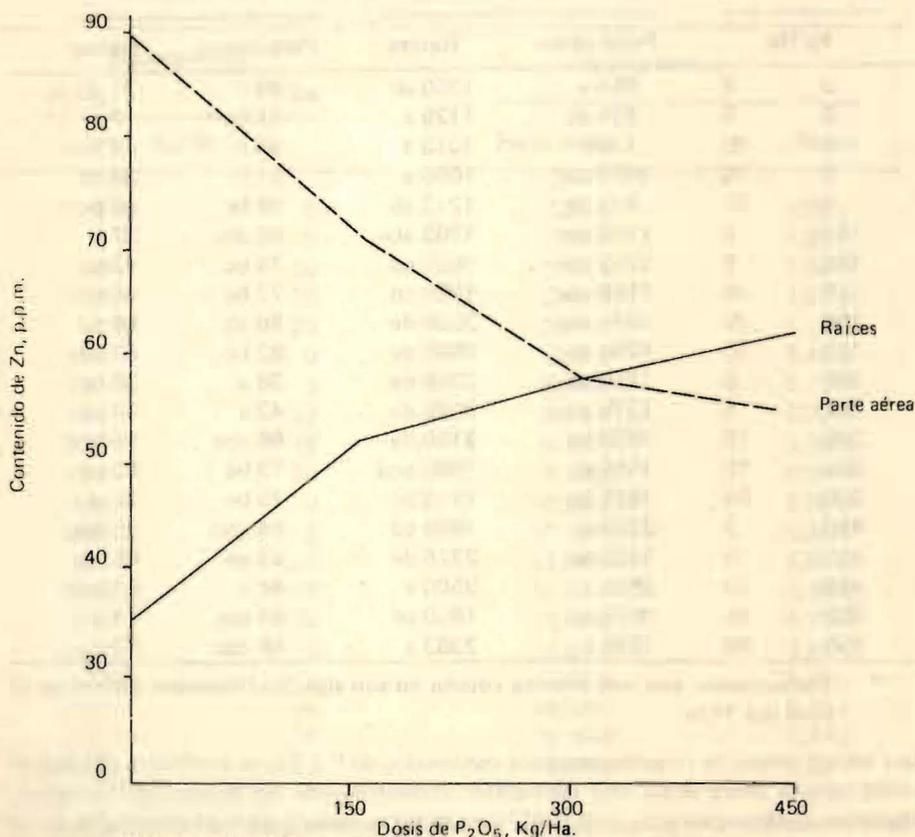


FIGURA I. Relación entre el P aplicado al suelo y el contenido de Zn en la planta.

TABLA 4. Concentración de Fe, Mn y Cu en las partes de la planta a diferentes dosis de P₂O₅ y Zn.

P ₂ O ₅	Tratamientos*		Fe, p.p.m.		Mn, p.p.m.		Cu, p.p.m.	
	Kg/Ha	Zn	Raíces		Raíces		Raíces	
			Parte aérea	Raíces	Parte aérea	Raíces	Parte aérea	Raíces
0	0	0	75 ab	157 bc	116 b	91 bc	119 d	51 ab
0	5	5	64 ab	123 abc	78 ab	64 ab	72 b	51 ab
0	10	10	66 ab	73 a	90 ab	78 ab	77 bc	34 a
0	15	15	62 a	138 abc	111 b	89 bc	49 ab	40 a
0	20	20	72 ab	115 abc	78 ab	63 ab	56 ab	36 a
150	0	0	99 b	98 ab	70 a	108 c	68 b	32 a
150	5	5	76 ab	252 e	90 ab	87 bc	47 ab	42 ab
150	10	10	93 b	149 bc	62 a	71 ab	37 a	42 ab
150	15	15	70 ab	228 e	61 a	56 a	56 ab	37 a
150	20	20	78 ab	148 bc	79 ab	93 bc	48 ab	55 b
300	0	0	83 ab	161 bc	64 a	90 bc	55 ab	53 b
300	5	5	75 ab	133 abc	68 a	64 ab	76 de	44 ab
300	10	10	78 ab	190 cd	69 a	85 bc	61 ab	56 b
300	15	15	87 ab	176 cd	70 a	94 bc	44 ab	58 b
300	20	20	78 ab	225 e	58 a	57 ab	86 bc	61 bc
450	0	0	86 ab	185 cd	84 ab	86 bc	56 ab	53 b
450	5	5	83 ab	203 de	58 a	68 ab	58 ab	47 ab
450	10	10	80 ab	274 e	58 a	63 ab	52 ab	56 b
450	15	15	70 ab	231 e	56 a	79 ab	56 ab	49 ab
450	20	20	78 ab	173 cd	62 a	72 ab	53 ab	54 b

*Tratamientos con una letra en común no son significativamente diferentes al nivel del 5%.o.

Se determinó la relación existente entre los contenidos de Mn y Cu en las raíces, encontrándose una correlación altamente significativa ($r = 0,615^{**}$); esto indica que a niveles altos de Cu, los contenidos de Mn aumentan en las raíces. En la parte aérea no se encontró correlación significativa ($r = 0,385$).

2.5 Contenido de Cu.

En algunos casos el P y el Zn tuvieron un efecto significativo sobre la concentración de Cu en la planta. En la Tabla 4 se observa que en el tratamiento sin P y Zn se encontró el contenido más alto de Cu en la parte aérea. En la raíz se encontró que con las dosis de 300 a 450 kg/Ha de P_2O_5 , se alcanzaron los contenidos más altos de Cu, en términos generales.

En cuanto a la relación entre los contenidos de P y Cu en la planta, se encontraron coeficientes no significativos, tanto para la parte aérea como para la raíz ($r = 0,360$ y $r = 0,480$, respectivamente). Al establecer la relación entre el contenido de Fe y el contenido de Cu, se encontró un coeficiente de correlación altamente significativo ($r = 0,638^{**}$) para las raíces. En la Tabla 5 se incluyen los coeficientes de correlación de las diferentes variables consideradas en el presente estudio (contenido en la planta).

TABLA 5 -- Coeficientes de correlación entre las diferentes variables

Variables relacionadas			Valores de r	
			Parte aérea	Raíces
P	—	Zn	-0,601**	0,576**
P	—	Fe	0,278	0,696**
P	—	Mn	-0,534*	0,177
P	—	Cu	-0,355	0,481*
Zn	—	Fe	-0,369	0,419
Zn	—	Mn	0,057	0,337
Zn	—	Cu	0,218	0,253
Fe	—	Mn	-0,376	-0,467*
Fe	—	Cu	-0,218	0,638**
Mn	—	Cu	0,385	0,615**

V. DISCUSION

Con respecto a la producción de materia seca se observó que el P es el elemento que tuvo mayor influencia, lo cual está de acuerdo con las numerosas investigaciones que se han realizado en suelos del Oriente Antioqueño, derivados de cenizas volcánicas. En cuanto a la aplicación de Zn no se observó efecto significativo sobre el rendimiento de materia seca, posiblemente debido a que el análisis de las plantas se realizó en sus primeras etapas de desarrollo, no alcanzándose a notar los efectos de la aplicación de Zn sobre el rendimiento; sin embargo, vale la pena aclarar que Gutiérrez y

León (1978), encontraron que aplicaciones de $ZnSO_4$ en ausencia de P, aumentaron los rendimientos en maíz de ciclo vegetativo completo en un suelo del Oriente de Cundinamarca. A medida que se aumentaron las dosis de P se incrementó el contenido de este elemento en los tejidos de la planta; este mismo efecto fue observado por Ganiron y otros (1969). No se encontró efecto significativo de la aplicación de Zn sobre los contenidos de P en la planta aunque varios investigadores encontraron que el Zn ejerce un efecto negativo sobre el contenido de P en la planta (Barrows et al., 1960; Bingham, 1963).

El P tuvo un efecto depresivo sobre la concentración de Zn en la planta; este efecto negativo del P sobre la translocación y concentración del Zn en la planta es un indicio de que estos dos elementos son antagonísticos entre sí, lo cual está de acuerdo con lo observado por otros investigadores (Boawn, 1968; Langin et al., 1962).

Se encontró una alta concentración de Fe en las raíces ocasionada por el P lo cual difiere de los resultados obtenidos por Gutiérrez y León (1978), en donde la mayor acumulación tuvo lugar en la parte aérea de la planta. Biddulph y Woodbridge (1952), dicen que esta alta acumulación de Fe en las raíces es ocasionada por altas concentraciones de P que inhibe su movimiento dentro de la planta debido a la formación de un fosfato de Fe que se precipita en las raíces. Al establecer la relación entre las concentraciones de Fe y Zn, los resultados de este ensayo no coinciden con los obtenidos por otros investigadores, tales como Lingle y otros (1963), quienes encontraron que el Zn disminuyó la absorción de Fe y afectó la translocación de éste a la parte aérea de la planta; sin embargo, los resultados obtenidos en el presente trabajo fueron similares a los obtenidos por Gutiérrez y León (1978). En lo que concierne al contenido de Mn se observa que el P ejerció un efecto negativo sobre su contenido en la parte aérea, mientras que el Zn no presentó efecto significativo; esto no coincide con los datos de Gutiérrez y León (1978), quienes encontraron que el P ejerce un efecto positivo, mientras que el Zn presenta un efecto negativo en la absorción de Mn por la planta. Se observó que la concentración de Cu en la planta disminuyó con las aplicaciones crecientes de P y Zn; esto coincide con los resultados obtenidos por Bingham y otros (1958).

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se puede concluir lo siguiente:

El P es el elemento claramente limitante en el rendimiento de maíz en suelos del Oriente Antioqueño, derivados de cenizas volcánicas. No se observó efecto significativo del Zn sobre el rendimiento.

El contenido de P en la planta aumentó al incrementar la aplicación de este elemento, independientemente de las dosis de Zn. El contenido de Zn en la parte aérea se afectó significativamente en algunos tratamientos al aumentar la aplicación de Zn; en la raíz el efecto fue más significativo.

La aplicación de P tuvo efecto significativo sobre el contenido de Zn en la planta, encontrándose una acumulación en las raíces y un efecto depresivo en la parte aérea. Esto es un indicio del antagonismo entre ellos. El P tuvo en la mayoría de los

casos un efecto negativo sobre el contenido de Fe, Cu y Mn en la parte aérea de la planta y un efecto positivo sobre la acumulación en las raíces, mientras que el Zn presentó efectos menos significativos sobre éstos. En las raíces se encontró una correlación altamente significativa entre los contenidos de Fe y Cu y de Mn y Cu, y significativa y negativa entre Fe y Mn.

Las mejores dosis para un mayor rendimiento, a nivel de invernadero, se encontraron con la combinación de 450 kg/Ha de P_2O_5 y 15 kg/Ha de Zn.

VII. RESUMEN

Este experimento se realizó en el invernadero de la Estación Experimental "Tulio Ospina". El objetivo principal fue determinar si en los suelos del Oriente Antioqueño, derivados de cenizas volcánicas, existe un antagonismo entre el P y el Zn, usando como planta indicadora maíz, Diacol V-ETO, y estudiar el efecto de estos elementos en el rendimiento de materia seca y contenido de P, Zn, Fe, Cu y Mn en la planta.

Se utilizó suelo de la Subestación Experimental "La Selva", localizada en el municipio de Rionegro (Antioquia), con una precipitación anual de 1.800 mm., altura de 2.100 m.s.n.m. y temperatura media de 17°C. Las dosis de P_2O_5 fueron de 0, 150, 300 y 450 kg/Ha y las de Zn de 0, 5, 10, 15 y 20 kg/Ha, en un factorial 4 x 5 en "bloques al azar" con cuatro repeticiones. Todos los tratamientos recibieron una aplicación uniforme de 2 ton/Ha de cal dolomítica, 50 kg/Ha de N y 50 kg/Ha de K_2O . En cuanto a la materia seca, se observó que el P es el elemento más limitante alcanzándose el máximo rendimiento con una dosis de 450 kg/Ha de P_2O_5 . No se encontró efecto significativo del Zn sobre el rendimiento de la parte aérea. La combinación de las dosis de 450 kg/Ha de P_2O_5 y 15 kg/Ha de Zn produjo el mayor rendimiento. Los resultados obtenidos muestran que los niveles de Zn en la planta se vieron seriamente afectados por las aplicaciones de P siendo esto un indicio de antagonismo. La aplicación de Zn no tuvo efecto significativo sobre el contenido de P en la parte aérea de la planta.

En lo que concierne al efecto del P y el Zn sobre los niveles de Fe, Cu y Mn, se encontró que el P ejerce en la mayoría de los casos un efecto negativo sobre su contenido en la parte aérea y positivo para las raíces, mientras que el Zn presentó poco efecto significativo. En las raíces se encontró una correlación altamente significativa entre los contenidos de Fe y Cu y de Mn y Cu, y significativa y negativa entre Fe y Mn.

VIII. SUMMARY

Antagonism P-Zn in a Soil Derived from Volcanic Ashes.

A greenhouse experiment with a soil derived from volcanic ashes was conducted in order to determine P-Zn antagonism. The effects of P and Zn on yields, plant contents and concentration of Fe, Mn and Cu were studied. Corn, Diacol V-ETO, was used as indicator plant. A 4 x 5 "factorial arrangement" with four replications in a randomized block design was used; P levels were 0, 150, 300 and 450 kg/Ha of P_2O_5 and Zn levels of 0, 5, 10, 15 and 20 kg/Ha. All treatments received a uniform application of 2 ton/Ha of dolomitic lime, 50 kg/Ha of N and 50 kg/Ha of K_2O .

The most limiting element on dry matter yields of six weeks corn was P; no consistent Zn effect was noted. Phosphorus applications markedly affected Zn concentrations on both roots and aerial parts. This result may indicate antagonism. Zinc applications generally did not significantly affect P levels in the plant.

In most of the cases P negatively affected Fe, Mn and Cu contents in plant aerial part and positively in roots while Zn showed little significant effects. In the roots a highly significant correlation was found between Fe-Cu and Mn-Cu contents; significant negative correlation Fe-Mn contents occurred in the roots.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. BARROWS, H.L., M.S. NEFF and N. GANIRON Jr. Effect of soil type on mobility of Zn in the soil and its availability from Zn Sulfate to tung. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24: 367-372. 1960.
2. BIDDULPH, O., and C.G. WOODBRIDGE. The uptake of phosphorus by bean plants with particular reference to the effects of iron. *Plant Physiol.* 27: 431-444. 1952.
3. BINGHAN, F.F. Relation between phosphorus and micronutrients in plants. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 27: 389-394. 1963.
4. _____, J.P. MARTIN and J.A. CHASTAIN. Effects of phosphorus fertilization of California soils on minor element nutrition of citrus. *Soil Sci.* 86: 24-31. 1958.
5. BOAWN, L.C., et al. Further evidence for a P-Zn imbalance in plants. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32: 94-97. 1968.
6. _____, and G.E. LEGGETT. Phosphorus and Zinc concentrations in Russet Burbank potato tissue in relation to development of Zinc deficiency symptoms. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 28: 229-232. 1964.
7. _____, G.F. VIETS, Jr., and C.L. CRAWFORD. Plant utilization of Zn from various types of Zinc compounds and fertilizer materials. *Soil. Sci.* 83: 219-227. 1957.
8. _____, G.F. VIETS, Jr. and L.C. GRAWFORD. Effects of phosphate fertilizers on Zn nutrition of field beans. *Soil. Sci.* 78: 10-17. 1954.
9. BROWN, A.L., and P.E. MARTIN. Plant uptake and fate of soil applied zinc. *soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 26: 167-170. 1962.
10. BURLESON, C.A. and N.R. PAGE. Phosphorus and zinc interaction in flax. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 31: 510-513. 1967.

11. _____, et al. The effects of phosphorus fertilization on the zinc nutrition of several irrigated crops. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 25: 365-368. 1961.
12. GANIRON, R.B. et al. Effect of phosphorus carriers and zinc sources on phosphorus zinc interaction in corn. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 33: 306-309. 1969.
13. GUTIERREZ, P.D. y LEON, L. Fertilización del híbrido de maíz ICA-H302 con fósforo y zinc en un suelo del Oriente de Cundinamarca. *Revista ICA* 13 (2): 239-248. 1978.
14. LANGIN, E.J. et al. Factors responsible for poor response of corn and grain sorghum to phosphorus fertilization. II. Lime and phosphorus placement effects on P-Zn relations. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 25: 574-578. 1962.
15. LINGLE, J.C. et al. Iron uptake transport of soybeans as influenced by other cations. *Plant Physiol.* 38: 71-76. 1963.
16. ROGERS, L.A. and WUCHIN-HWA. Zinc uptake by oats as influenced by applications of lime and phosphate. *Jour. Amer. Soc. Agron.* 80: 563-566. 1948.
17. SHARMA, K.C. et al. Interaction of P and Zn on two dwarf wheats. *Agron. J.* 60: 329-332. 1968.
18. STUCKENHOLTZ, D.D., et al. On the mechanism of phosphorus zinc interaction in corn nutrition. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 30: 759-763. 1966.
19. WARNOCK, R.E. Micronutrient uptake and mobility within corn plants (Zea Mays L.) in relation to phosphorus induce zinc deficiency. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 34: 765-769. 1970.