

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY

ESCUELA DE AGRICULTURA Y GANADERIA

EFFECTOS AUXINICOS DEL ACIDO
2, 4- DICLOROFENOXIACETICO SOBRE FRIJOL
(Phaseolus vulgaris L.), MAIZ (Zea mays L.)
Y TRIGO (Triticum aestivum L.),

TESIS

GABRIEL CACERES ORTIZ

1 9 6 4

TL
SB327
.C33
c.1



ENCUADERNACION
Monterrey

GARIBALDI 915 SUR
TELEFONO 2-85-77

I. T. E. S. M.
BIBLIOTECA

DONATIVO DE multiple copies
Quercus Oak, S.
11 de Agosto de 1964

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY

ESCUELA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

EFFECTOS AUXINICOS DEL ACIDO 2,4-DICLOROFENOXIACETICO SOBRE
FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.), MAIZ (Zea mays L.)
Y TRIGO (Triticum aestivum L.)

T E S I S

Presentada como requisito
parcial para optar al título profe-
sional de

INGENIERO AGRONOMO

Por:

GABRIEL CACERES ORTIZ

1964

A MI DIOS Y SEÑOR
con humildad

A MIS PADRES
Marcial y Angelita
con
amor y gratitud

A MIS HERMANOS
con cariño

A MIS MAESTROS
Y
AMIGOS

CON ESPECIAL RECONOCIMIENTO AL BIOL. MANUEL
ROJAS GARCIDUEÑAS, M. S.; POR SU INAPRECIABLE
COLABORACION DURANTE LA REALIZACION DE ESTE -
TRABAJO.

HAGO EXTENSIVA MI GRATITUD A LOS SEÑORES:
DR. J. M. DE LA FUENTE E ING. SERGIO ABURTO, M.S.;
POR SUS SINCERAS OBSERVACIONES Y ACERTADA --
DIRECCION. ASIMISMO AL ING. PEDRO REYES CASTA-
ÑEDA, M.S. POR SU GENEROSA COLABORACION.

INDICE GENERAL

| | Página |
|--|--------|
| INTRODUCCION | 1 |
| LITERATURA REVISADA | 3 |
| Historia | 3 |
| Concepto de Fitohormona | 5 |
| Efectos hormonales del 2,4-D | 8 |
| Propiedades físicas y químicas del 2,4-D | 10 |
| Absorción y traslado del 2,4-D | 11 |
| Efectos del 2,4-D en la respiración | 15 |
| MATERIAL Y METODOS GENERALES | 23 |
| EXPERIMENTOS SOBRE GERMINACION Y PRINCIPIOS DE DESARROLLO | 25 |
| Material y Métodos | 25 |
| Resultados experimentales | 26 |
| Resultados en frijol | 26 |
| Resultados en maíz | 31 |
| EXPERIMENTOS SOBRE RESPIRACION | 37 |
| Material y métodos | 37 |
| Resultados experimentales | 38 |
| Resultados en frijol, maíz y trigo | 38 |
| EXPERIMENTO SOBRE DESARROLLO HASTA PLANTA ADULTA | 40 |
| Material y Métodos | 40 |
| Resultados experimentales | 41 |
| Aspecto general | 41 |
| DISCUSION GENERAL | 47 |
| CONCLUSIONES | 50 |

| | |
|--------------------|----------------------------|
| RESUMEN | Página 52 |
| BIBLIOGRAFIA | 55 |
| FIGURAS | 60 |
| APENDICE | 76 |

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

| TABLA | Página |
|--|--------|
| I.- Efectos del 2,4-D (amina) a diferentes concentraciones sobre la germinación y desarrollo del frijol 3 días después de la aplicación. Promedio de 20 semillas por tratamiento..... | 27 |
| II.- Efectos del 2,4-D (amina) a diferentes concentraciones sobre la germinación y desarrollo del --- frijol seis días después de la aplicación. Promedio de 20 semillas por tratamiento | 28 |
| III.- Efecto del 2,4-D (amina) a diferentes concentraciones sobre la germinación y desarrollo del --- frijol cinco días después de la aplicación. Promedio de 20 semillas por tratamiento | 30 |
| IV.- Efecto del 2,4-D (amina) a diferentes concentraciones sobre la germinación y desarrollo del --- maíz tres días después de la aplicación. Promedio de 20 semillas por tratamiento | 32 |
| V.- Efectos del 2,4-D (amina) a diferentes concentraciones sobre la germinación y desarrollo del maíz seis días después de la aplicación. Promedio de 20 semillas por tratamiento | 33 |
| VI.- Efectos del 2,4-D (amina) a diferentes concentraciones sobre la germinación y desarrollo del --- maíz cinco días después de la aplicación. Promedio de 20 semillas por tratamiento..... | 34 |
| VII.- Cantidad de HCl necesaria para titular el BaCO ₃ formado en 24 horas en la respiración de semillas de frijol, maíz y trigo previamente inmersas durante cinco horas en 2,4-D (amina) a diferentes concentraciones | 38 |
| VIII.- Cantidad de CO ₂ desprendido en 24 horas por semillas de frijol, maíz y trigo inmersos previamente durante 5 horas en 2,4-D (amina) en diferentes concentraciones | 39 |
| IX.- Tratamientos de 2,4-D a distintas concentraciones combinados con diversas dosis de glucosa y fósforo aplicados a plantas de trigo de la variedad Huamantla Rojo..... | 43 |
| X.- Resultados comparativos del número y peso de semillas en trigo bajo los efectos de diversas concentraciones de 2,4-D (amina), estudiado como factor independiente. Promedio y totales de 4 repeticiones por tratamiento | 45 |

| TABLA | Página |
|---|--------|
| XI.- Análisis de varianza de la longitud del hipocotilo de frijol seis días después del tratamiento..... | 76 |
| XII.- Análisis de varianza de la longitud de la raíz de frijol seis días después del tratamiento .. | 76 |
| XIII.- Análisis de varianza del coleoptilo de maíz - cinco días después del tratamiento | 77 |
| XIV.- Análisis de varianza de la longitud de la raíz cinco días después del tratamiento | 77 |
| XV.- Análisis de varianza de la cantidad de granos producidos por efectos del tratamiento..... | 78 |
| XVI.- Análisis de varianza del peso de los granos producidos por efecto del tratamiento | 78 |
| | |
| FIGURA | |
| 1.- Desarrollo del hipocotilo en semillas de frijol, sujetas al efecto de diversas concentraciones de 2,4-D (amina)..... | 60 |
| 2.- Desarrollo de la raíz en semillas de frijol - sujetas al efecto de diversas concentraciones de 2,4-D (amina)..... | 61 |
| 3.- Desarrollo de las raíces adventicias en semillas de frijol, sujetas al efecto de diversas concentraciones de 2,4-D (amina)..... | 62 |
| 4.- Desarrollo de las raíces secundarias en semillas de frijol, sujetas al efecto de diversas concentraciones de 2,4-D(amina)..... | 63 |
| 5.- Desarrollo del coleoptilo en semillas de maíz sujetas al efecto de diversas concentraciones de 2,4-D (amina)..... | 64 |
| 6.- Desarrollo de la raíz en semillas de maíz sujetas al efecto de diversas concentraciones de 2,4-D (amina)..... | 65 |
| 7.- Desarrollo de las raíces adventicias en semillas de maíz sujetas al efecto de diversas - concentraciones de 2,4-D (amina)..... | 66 |

| FIGURA | Página |
|--|--------|
| 8.- Desarrollo de las raíces secundarias en semillas de maíz sujetas al efecto de diversas concentraciones de 2,4-D (amina)..... | 67 |
| 9.- Cantidad de CO ₂ desprendido en 24 horas por semillas de frijol germinando a diferentes concentraciones de 2,4-D (amina)..... | 68 |
| 10.- Cantidad de CO ₂ desprendido en 24 horas por semillas de maíz germinando a diferentes -- concentraciones de 2,4-D (amina)..... | 69 |
| 11.- Cantidad de CO ₂ desprendido en 24 horas por semillas de trigo germinando a diferentes - concentraciones de 2,4-D (amina) | 70 |
| 12.- Respuesta en peso de la cosecha de plantas de trigo sujetas a diversas concentraciones de 2,4-D (amina) y a diferentes dosis de - glucosa y fósforo | 71 |
| 13.- Semillas de frijol tratadas con 2,4-D (ami- na) a 0 (testigo), 0.001, 0.01, 1 y 10 ppm. (equivalente ácido) a los seis días de --- germinadas | 72 |
| 14.- Semillas de maíz tratadas con 2,4-D (ami-- na) a 0 (testigo) y a 1 ppm. (equivalente ácido) a los 6 días de germinadas | 72 |
| 15.- Semillas de maíz tratadas con 2,4-D (ami-- na) a 0 (testigo) y 0.01 ppm. (equivalente ácido) a los seis días de germinación..... | 73 |
| 16.- Semillas de maíz tratadas con 2,4-D (amina) a 0 (testigo) y 10 ppm. (equivalente ácido) a los seis días de germinación | 73 |
| 17.- Plantas de trigo tratadas con 2,4-D (amina) a 1000 ppm. (equivalente ácido) a los 44 días de emergidas. Fotos a los 90 días de emergidas..... | 74 |
| 18.- Plantas de trigo tratadas con 2,4-D (amina) en ppm. (equivalente en ácido) a los 44 días de emergidas. Foto tomada a los 90 días de emergidas | 75 |

INTRODUCCION

La abundancia de los datos obtenidos por los investigadores, ha conducido a la idea de que para la conservación de la vida, cada organismo necesita de una manera indispensable aparte de los alimentos y otros factores metabólicos, otras sustancias fundamentales: las hormonas, sustancias básicas en la fisiología vegetal. La investigación científica en estos últimos años se ha ocupado especialmente en la introducción de estos productos en la práctica, y el número de trabajos sobre esta materia ha aumentado en forma desmedida.

El conocimiento de las hormonas es de gran importancia para la agricultura, ya que ésta considera entre sus fines principales, obtener los mejores rendimientos mediante la aplicación práctica de productos eficientes y baratos.

El 2,4-D, posee estas cualidades, ya que numerosos trabajos han demostrado sus efectos auxínicos aplicado a bajas concentraciones; lógicamente el empleo adecuado de este principio hormonal sintético redundará en beneficios sobre la fisiología de la planta, la que consecuentemente acelerará su metabolismo pudiéndose obtener una mayor o bien más rápida producción, lo que equivale en términos económicos, ya que el 2,4-D es un producto de poco costo, a ventajas positivas para el agricultor.

El estudio de los efectos mediante la aplicación del 2,4-D a diferentes concentraciones sobre frijol (Phaseolus vulgaris L.), maíz (Zea mays L.) y trigo (Triticum aestivum L.), con la variación de diversas dosis de glucosa y fósforo es el objeto del presente trabajo.

Los resultados obtenidos en este trabajo no deben considerarse como concluyentes, ya que es necesario ampliar las investigaciones para averiguar por ejemplo, las razones por las que una concentración de 2,4-D es más efectiva unas veces y menos efectiva en otras, al realizar repeticiones similares.

LITERATURA REVISADA

El crecimiento de una planta no sólo está regulado por los hidratos de carbono sintetizados en las hojas y por las sustancias minerales absorbidas por las raíces, sino que también está controlado por la interacción de ciertas sustancias específicas formadas en el interior de la planta. Estas sustancias son agentes químicos activos aun en pequeñas cantidades que se forman en un determinado tejido u órgano y pasan de él a otros lugares. Estos agentes reciben el nombre de "hormonas vegetales o fitohormonas" (8).

HISTORIA

Pilet (29) señala que las teorías concernientes al crecimiento de los órganos vegetales y que atribuyen a sustancias particulares un papel en la regulación de este fenómeno, se originaron en épocas remotas y resume a continuación una reseña histórica de las mismas. Varrón (116-27 A.C.) de quien nos queda un "De re rustica" acerca de la agricultura, puede ser considerado como el primer naturalista que se interesó en la regulación del crecimiento de las plantas. Plinio el Viejo (23-79) y después Alberto Magno (1206-1280) se ocuparon de los fenómenos del desarrollo de los vegetales y propusieron hipótesis curiosas pero desprovistas de interés científico. El abate Mariotte en 1676 publica una notable obra de fisiología vegetal, en la cual trata de estos fenómenos del crecimiento. En 1693 y después en 1700, Dodart publica dos memorias sobre "La --

perpendicularité des tiges a l'horizon", en donde se encuentran los bosquejos de una teoría todavía muy oscura, en la cual interviene un fluido responsable y misterioso. Hales en su famosa "Vegetable Statics" publicada en 1727, sugiere una interpretación mecánica del crecimiento o la existencia problemática de un líquido nutritivo que se combina con la acción de una fuerza vital. G.A. Agrícola (1716) supone que unas sustancias particulares participan en la formación de las raíces, pero no llega a ponerlas en evidencia. En 1806, Knight estudió la orientación de las raíces y emitió una teoría según la cual las sustancias alimenticias distribuidas en un órgano vegetal, serían la causa de los problemas de crecimiento. Frank, en 1860, sostiene la hipótesis de que las curvas geotrópicas y fototrópicas resultan de procesos activos ligados a cambios nutritivos. En 1873, Sachs, a propósito del geotropismo, expone que si una misma causa produce efectos opuestos, es en la estructura misma de los órganos y no en la naturaleza del compuesto donde se realiza la regulación de su crecimiento. En su obra "The Power of movement in plants", Darwin, en 1880, presenta toda una serie de descubrimientos sobre el fototropismo, los cuales dieron origen algunos años más tarde a la concepción moderna de las fitohormonas; en experiencias repetidas demuestra Darwin que los coleóptilos iluminados lateralmente se dirigen a la luz, de lo que concluye que en todos los tejidos vegetales existe un estímulo lo-

calizado en las regiones en vías de crecimiento y responsable del alargamiento de los órganos. Los descubrimientos de Roghert entre 1892-94 consagrados al fototropismo, permitieron confirmar las teorías de Darwin. En 1913 Boysen-Jensen, habla como sus predecesores, de un estímulo fototrópico. En el año 1928 el holandés F.W. Went, citado por Naundorf (27), probó que otra fase del desarrollo, la dilatación celular, es producida por una sustancia que denominó "sustancia de crecimiento". En los años 1935-1938, Amlong, Hitchcock, Zimmerman y otros, mediante la adición artificial de hormonas vegetales, influyeron sobre el desarrollo y rendimiento de las plantas, marcando con esto una nueva etapa en el terreno de la práctica.

Hitchcock y Zimmerman, citados por Rivera (32), en un trabajo publicado en 1942, describen el uso del 2,4-D como un regulador del crecimiento en los vegetales.

Concepto de Fito-hormona

Son muy frecuentes las confusiones en cuanto a conceptos fundamentales de fitohormonas, productos activos elaborados bioquímicamente por la misma planta, y de sustancias reguladoras de crecimiento, productos químicos de naturaleza sintética, que difieren en su composición y en el efecto producido sobre la planta; es pues, necesario precisar estas ideas y otras afines para lo cual se citan a continuación los conceptos de diferentes autores acerca de

las fitohormonas, fitorreguladores, auxinas y compuestos --
similares.

Naundorf (27), cita que el término hormona fue em
pleado por primera vez por el fisiólogo inglés Starling en
1906 y se deriva de la palabra griega "hormao", que signi-
fica espolear, estimular. Rojas Garcidueñas (34) define --
hormona, como lo hizo Thimann, como una sustancia que tie-
ne efecto en un lugar más o menos alejado del sitio en que
se produce y que actúa en muy pequeña cantidad. Baldovinos
(3) expresa que las fitohormonas son sustancias orgánicas
que influyen sobre la velocidad de desarrollo, que se en--
cuentran en baja concentración y actúan sobre sistemas de
células distintas a las que sintetizan. Bonner y Galson --
(8) asientan que las hormonas vegetales o fitohormonas son
agentes químicos, sustancias orgánicas activas aun en pe--
queñas cantidades que se forman en un tejido u órgano pa--
sando después a otras partes de la planta, donde provocan
efectos especiales sobre el crecimiento. Primo Yúfera (30)
cita que las hormonas vegetales son sustancias elaboradas
por la propia planta que influyen en el crecimiento de --
determinadas partes de las mismas y en el desarrollo de --
algunos de sus órganos. La definición propuesta por Audus
(1), explica que la fitohormona es un compuesto orgánico -
que regula en concentraciones extremadamente pequeñas el -
crecimiento de una planta en uno u otro de sus múltiples -
aspectos. Meyer y Anderson (24) asientan que en general --

el término hormona se usa para designar ciertos compuestos orgánicos, los cuales ejercen importantes efectos reguladores en el metabolismo de un organismo, cuando se presenta en pequeñas cantidades. Haagen-Smit (18) define la hormona como una sustancia orgánica producida naturalmente en plantas superiores, que controla el crecimiento y otras funciones fisiológicas, en un lugar alejado del sitio en que se produce y activa en pequeñas cantidades. Demolon (13) expone que las fitohormonas son sustancias funcionales de origen interno, que en concentraciones muy pequeñas afectan el crecimiento de las plantas. Es patente la coincidencia de autores acerca del concepto de fitohormona, en sus partes fundamentales, concluyendo Pilet (29) con una serie de conceptos de términos similares, considerando a los fitoreguladores como compuestos orgánicos que en pequeñas concentraciones estimulan o modifican de una u otra manera, todos los procesos fisiológicos que se efectúan en las plantas; asimismo asienta que fitohormona es un fitoregulador producido por el vegetal, que en pequeña concentración afecta la regulación de procesos fisiológicos; generalmente, estas hormonas se desplazan de un sitio donde ellas son producidas, hacia una región donde ellas actúan; por último, conceptúa a las auxinas como sustancias que producen el alargamiento de las células de los tejidos con cuerpos similares al ácido indolacético, que actúan como esta sustancia. Las auxinas pueden afectar a otros procesos, pero

su acción sobre el alargamiento es considerada esencial. -
En 1942, Zimmerman y Hitchcock citados por Primo (30), de-
mostraron las extraordinarias propiedades fitohormonales -
del 2,4-D, descubriendo que tiene una acción semejante a
la de la auxina y considerándola como un regulador del ---
crecimiento vegetal.

Efectos Hormonales del 2,4-D

Se han realizado numerosas investigaciones fi---
siológicas sobre las hormonas naturales de las plantas. El
ácido indolacético está considerado como una de las hormo-
nas más importantes sintetizadas por los vegetales, pudien-
do sintetizarse también en el laboratorio y utilizarse para
el crecimiento de las plantas. El 2,4-D (ácido 2,4-dicloro-
fenoxiacético) es un ácido obtenido por síntesis en el ---
laboratorio, en el que se descubrieron sus movimientos ---
dentro de la planta, sus estímulos sobre el crecimiento y
sus efectos sobre el ciclo respiratorio, comprobándose con
ello sus propiedades hormonales. Hitchcock y Zimmerman, --
citados por Primo Yúfera (30), publicaron un tratado en --
1942 en el que describían el uso del 2,4-D como regulador
del crecimiento, descubriendo al mismo tiempo que tiene --
una acción semejante a la de la auxina. El 2,4-D aplicado
a una planta, señala Robbins, circula dentro de ella y ---
produce respuestas como la torsión, la curvatura, la for-
mación del callo y la muerte de las células a alguna dis--

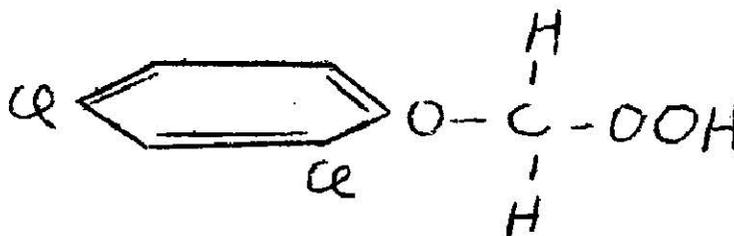
tancia del punto de aplicación (33). Muchos experimentos han mostrado las semejanzas entre las hormonas vegetales y el 2,4-D; como las hormonas, según Crafts (10), es fácilmente absorbido por las hojas y, como otros compuestos -- derivados del fenol, por sustitución, es absorbido y transportado más fácilmente en la forma no disociada. Mitchell y Brown exponen que el 2,4-D, una vez absorbido por las -- hojas, se asocia con azúcares y es transportado fuera de -- la hoja donde se aplicó trasladándose a otras partes de -- la planta (25). Experimentando con un regulador de crecimiento, con yodo radiactivo como indicador, Wood et al. -- (44) encontraron que al igual que el 2,4-D, dichos com- --- puestos se acumulaban en los meristemos. Las propiedades -- hormonales del 2,4-D son comprobadas por Audus (1) pues -- afirma que los requerimientos estructurales que debe tener una molécula activa son los siguientes: 1.- Un anillo como núcleo; 2.- Al menos una doble ligadura; 3.- Una cadena -- lateral que lleve el radical COOH o un grupo que se convierta fácilmente a él; 4.- Al menos un átomo de carbono entre el anillo y el radical COOH y 5.- Una relación espacial -- particular entre el anillo y el radical COOH. Las propiedades secundarias que afectan el rango de inactivación, --- transporte, etc., están determinadas por las siguientes -- características moleculares: 1.- Longitud de la cadena lateral; 2.- Naturaleza y grado de sustitución en el núcleo y 3.- La estructura básica del núcleo.

El 2,4-D reúne todas estas características, por tanto sus efectos hormonales quedan plenamente establecidos. La naturaleza análoga a las hormonas del 2,4-D queda probada también por lo reducido de las cantidades que se necesitan y sus propiedades reguladoras del crecimiento -- se comprueban por los síntomas que determinan.

Propiedades Físicas y Químicas del 2,4-D

El 2,4-D es una de las sustancias de crecimiento más empleadas del grupo fenoxiacético; Pilet (29) la menciona entre las sustancias dicloradas, como una sustancia extremadamente activa con una actividad 8 a 12 veces superior a la del ácido indolacético. Presenta la ventaja de no tener acción inhibitoria sobre los microorganismos del suelo, utilizándose en la práctica en forma de sales o ésteres. El ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) es una hormona sintética perteneciente al grupo de los ácidos fenoxialifáticos sustituidos. En estado puro es un polvo blanco, cristalino, de peso molecular igual a 221.04. Su punto de fusión se encuentra entre 138 y 140°C. Es muy poco soluble en agua y en los hidrocarburos alifáticos; algo soluble en los aceites aromáticos y muy soluble en el alcohol etílico (1% en el benceno) y solventes orgánicos similares. Pilet (29) indica que las dimensiones de una molécula de 2,4-D son las siguientes: anchura de la molécula de 8.7 Å ; Longitud de la molécula de 9.5 Å ; Anchura del nú-

cleo de 8.7 Å ; Longitud del núcleo 7.0 Å y Distancia de -
la cadena lateral a la parte opuesta al anillo de 6.8 Å. -
Químicamente es el 2,4-D un ácido aromático halogenado ou-
ya estructura molecular es la siguiente:



Cabe mencionar que aunque el 2,4-D posee propie-
dades hormonales, su uso se ha generalizado más como her-
bicida, ya que conservando en lo fundamental su estructura,
se han sintetizado numerosos productos con el fin de ensa-
yarlos como herbicidas selectivos y, muchos de ellos, han
alcanzado extensa aplicación comercial.

Absorción y Traslado del 2,4-D

El hecho de que en el interior de la planta ----
tenga lugar un desplazamiento de sustancias es consecuencia
lógica de la existencia de aparatos diferentes dedicados a
realizar funciones fisiológicas específicas. Todos los te-
jidos de la planta necesitan los azúcares formados fotosin-
téticamente en las hojas verdes y, análogamente, los elemen-
tos nutritivos que las raíces absorben son necesarios para
el aparato foliar y han de ser conducidos hasta él.

Es a través de estos mecanismos como circulan las

hormonas endógenas de las plantas.

El 2,4-D aunque posee una acción semejante a --- las hormonas endógenas que regulan el desarrollo y creci-- miento de la planta, es una sustancia exógena, producto de síntesis en el laboratorio y, en consecuencia, se aplica - externamente al vegetal.

A continuación se citan opiniones de distintos autores basados en investigaciones acerca de la absorción y traslado del 2,4-D en las plantas.

Primo Yúfera (30) expone que el 2,4-D es absor-- bido por las hojas y trasladado a la raíz y a los tallos y añade que es absorbido más fácilmente en forma no disocia-- da, lo cual es corroborado por Robbins (33), quien compro-- bó que un pH ácido determinante de asociación en la molé-- cula de 2,4-D intensifica su absorción y traslación. Por - otra parte, Baldovinos (3) asienta que el grado de acidez activa del 2,4-D influye en la velocidad de absorción, --- pues descubrió que la sal de sodio del 2,4-D estimula más a la levadura a un pH de 3.3 que a un pH de 6.0, y añade - que este hecho sugiere que la molécula de 2,4-D penetra en forma no disociada, siendo más efectiva la absorción a pHs iguales o abajo de la constante de disociación. Según estu-- dios de Beal y Wearner, citados por Naundorf (27), en ---- 2,4-D se mueve dentro de la planta a partir de las hojas - y tallos junto con los hidratos de carbono que se elaboran

en las hojas, añadiendo que el tratamiento es más eficaz - bajo los rayos solares, la razón más probable, aunque es-- tos autores no la citan, es que a mayor luz, mayor canti-- dad de azúcar y en consecuencia más transporte. Varios in-- vestigadores han comprobado que el ácido aplicado en forma de aspersión se mueve a través de la cutícula, epidermis y mesófilo de la hoja hasta el floema. Hauser y Young, cita-- dos por Rojas Garcidueñas (35) encontraron que la movili-- zación del 2,4-D aplicado al follaje se hace por el floe-- ma. Investigando en frijol, Garren et. al. (16) asientan - que es seguro que el transporte del 2,4-D es por el floe-- ma; Nillon y Lucas (12) aplicando 2,4-D a hojas de vegeta-- les, consideran que circula a través del floema y el parén-- quima y, parcialmente, por el xilema. Tratando plantas de frijol, Day observó que el 2,4-D viajando a velocidad de 25 a 35 micrones por hora, empleó 60 minutos en pasar de la cutícula al floema; en la marcha por la nervadura central y el pecíolo aumentó su velocidad a 50 cms. por hora, no-- tándose formación de curvaturas 40 minutos después; el --- tiempo requerido para la absorción y traslado es indepen-- diente de la dosis (11). Según Robbins (33), al ser aplica-- do el 2,4-D al follaje, una vez que el producto ha atrave-- sado la cutícula y emigrado a través de las células de la hoja hasta los tejidos vasculares, es transportado desde - el punto de aplicación a otras partes de la planta, movi-- lizándose en unión de las sustancias nutritivas por el ---

floema. Van Overbeek y Vélez (38) concluyen que el 2,4-D y productos similares, cuando se aplican en plantas en crecimiento activo, se acumulan en los meristemas donde pueden ejercer su acción. El 2,4-D al contacto con las plantas es absorbido y se mueve rápidamente a través de los tejidos causando síntomas sistémicos, concreta Robbins (33) y agrega que cuando se aplica al suelo puede ser absorbido por las raíces. Primo Yúfera (30) también encontró que en aplicaciones al suelo, la absorción del 2,4-D se verifica a través de la raíz; concordando con las experiencias de estos investigadores. Dhillon y Lucas (12) observaron la absorción de la sal sódica del 2,4-D del suelo a través de las raíces de frijo, maíz, avena y tomate; en este caso las moléculas del 2,4-D son movilizadas a través del floema en forma de ácido o al menos con el anillo intacto. Aplicado el 2,4-D por inmersión, es absorbido a través de los tegumentos de la semilla, estimulando la respiración.

En las plantas está desarrollado en alto grado el principio de la regulación hormonal. La integración de las actividades de unos órganos con los otros se realiza en gran parte gracias a la síntesis, transporte y utilización de mensajeros químicos particulares y específicos que son las hormonas del crecimiento. Teniendo el 2,4-D este carácter y debido a sus propiedades sistémicas, sus aplicaciones prácticas se han ido desarrollando rápidamente y, en pocos

años, numerosos trabajos de investigación han señalado lo positivo de su progreso.

Efectos del 2,4-D en la respiración.

La respiración es la base energética y bioquímica sobre la que descansa el metabolismo celular; si bien es cierto que la fuente de energía es en último término la luz, son las transformaciones respiratorias las que permiten que la energía pueda ser utilizada por la planta para efectuar sus trabajos, siendo el compuesto oxidado generalmente la glucosa. De modo general, una parte de esa energía es liberada como calor y se pierde; otra porción es utilizada en reacciones que necesitan energía. En su esencia el problema de la respiración se reduce a la transferencia de electrones y de iones hidrógeno a través de sustancias orgánicas para reducir el oxígeno molecular, mediante una serie de reacciones catalizadas por enzimas y coenzimas. Como consecuencia el oxígeno es reducido a agua; al mismo tiempo y normalmente, hay formaciones de gas carbónico. Muchos experimentos apuntan a la respiración como la función en la que la auxina deja sentir su acción y a este respecto se expondrán a continuación consideraciones de investigadores acerca de la interrelación entre 2,4-D y el proceso respiratorio, encauzadas principalmente a sus relaciones con el CO_2 , la glucosa y el fósforo. Está comprobado que el 2,4-D actúa sobre la respiración, ya que una -

de sus acciones es una activación del proceso de deshidrogenación, según estudios de Berger y Avery (4). Por otra parte Commoner y Thimann, citados por Rojas Garcidueñas (34), consideran que el aumento de intensidad de la absorción al aplicar 2,4-D, fue debido a un aumento en la respiración por parte de la auxina, ya que se aumentó la proporción de sales y la presión osmótica de la célula. Commoner y Mazia (9) asientan que existe un paralelismo en el efecto de la auxina sobre la respiración y sobre el alargamiento celular resultado de un aumento en la intensidad respiratoria, causada por el ácido indolacético o por sustancias similares como el 2,4-D. Investigaciones de Van Overbeek (37) dieron por resultado que el 2,4-D estimula la respiración, la hidrólisis del almidón y el agotamiento de las sustancias de reserva. En la mayor parte de las aplicaciones del 2,4-D sobre las plantas vivas se ha observado un aumento en la velocidad de respiración inmediatamente después de la exposición, expone Loomis, citado por Rivera (32). Experiencias de Wort y Mc Abe (43) concretaron la acción del 2,4-D sobre la respiración, al observar que en los microorganismos aerobios causa una inhibición del crecimiento, en tanto que los organismos anaeróbicos no son afectados. González y Rojas Garcidueñas (17) comprobaron estadísticamente que las células meristemáticas, que son las que tienen un mayor nivel de óxido-reducción, son las más afectadas por el 2,4-D. Hsueh y Lou (20) en estu--

dios hechos sobre la germinación, encontraron que la respiración se aceleraba ante el estímulo del 2,4-D; Weller et. al. llegaron a las mismas conclusiones, observando cambios en las proteínas en plantas de frijol (41). Primo Yúfera (30) obtuvo un acrecentamiento en la respiración en frutos recolectados que maduran por una actividad amilásica que convierte el almidón en azúcar, en los cuales se aceleró este proceso por una inmersión en solución de 2,4-D a 100 ppm.; aplicando esta misma dosis se aceleró la maduración en ramas de plátanos según estudios efectuados por Mitchel y Brown, citados por Primo Yúfera (30). Weintraub y Brown (40) encontraron en frijol, que en tratamientos de 2,4-D con C^{14} , éste aparece posteriormente como CO_2 , siendo muy probable que el 2,4-D sea catalizado en el ciclo de Krebs. Kelly y Avery (22) comprobaron un aumento de 15% en la respiración sobre tejidos de chícharo tratados con 2,4-D; estos mismos investigadores, citados por Avery (2), estudiando las respuestas respiratorias en el coleoptilo de la avena, ante el estímulo del 2,4-D a concentraciones de 100 mg/lt.; obtuvieron registros de incremento en la respiración de más de 20%. Garren et. al. aplicando 2,4-D radiactivo a plantas de frijol, encontraron que la auxina desaparece como tal, o sea, que es metabolizado; su destino final es ser evolucionada como CO_2 (16). Investigando el efecto del 2,4-D sobre peras a concentraciones de 50-100 mg/lt., Hansen (19) encontró que la cantidad de CO_2

se incrementó, acelerándose la maduración. También Brown, citado por Avery (2), en tratamientos de 2,4-D a concentraciones de 100 mg/lt. sobre plantas de frijol, obtuvo un aumento de 80% de CO_2 en relación con las plantas no tratadas; aplicando la misma concentración sobre rizomas y raíces de enredaderas, Smith et al. (36) encontraron un aumento de 70% en la toma de oxígeno como resultado de la aspersión.

Existen ciertas indicaciones de que la velocidad de traslocación está influida por la dotación de carbohidratos; entre éstos, los investigadores señalan a la glucosa como la más efectiva de entre los glúcidos, para el transporte de la auxina. Al respecto, Baldovinos (3) señala que hay discusión acerca de si la traslocación del 2,4-D ocurre dentro de la corriente de azúcares en forma pasiva o si es menester la existencia de sustrato respiratorio para que ésto ocurra, agregando que ha observado, que el boro, conjuntamente con el azúcar facilita la traslocación del 2,4-D. Linder et al., citados por Mitchell (26) señalan que el movimiento del 2,4-D desde las hojas implica el mismo mecanismo usado por la planta para traslocar la producción de la fotosíntesis; en tanto que Mitchell y Brown (25) asientan que una vez absorbido por las hojas el 2,4-D, asociado con los azúcares, es transportado fuera de la hoja donde se aplicó y se traslada a otras partes de la

planta. Hauser y Young, citados por Rojas Garcidueñas (35) comprobaron que la movilización del 2,4-D aplicado al follaje, se hace por el floema; el transporte no se efectúa de manera normal en la oscuridad, según observaron Rhorbaugh y Rice (31). Humpreys y Dugger (21) encontraron que el 2,4-D no era transportado en la oscuridad a menos que un glúcido fuese puesto en la superficie de aplicación; de consuno con estas teorías, Garren et al. (16) asientan que es seguro que el transporte del 2,4-D es por el floema y para que ocurra debe haber transporte de glúcidos. También Weintraub y Brown (40) están acordes en que la presencia de glúcidos es necesaria para la traslación por el floema, pues hojas carentes de fotosintetizado absorben las enzimas pero no las movilizan; Mitchell et al., citados por Mitchell (26) reportan que dentro de la planta, la actividad del sistema enzimático influye en la conversión del almidón o azúcar y también es afectado por algunas sustancias químicas de crecimiento como el 2,4-D y el AIA. Por su parte Humpreys y Dugger (21) han demostrado que el 2,4-D aumenta la cantidad de azúcar metabolizada; Rivera (31) reporta también un aumento inicial en el contenido de azúcar al aplicar 2,4-D; por otra parte, Gall (15) trabajando con medios de cultivo, observó una degradación del almidón después de tratarlos con 2,4-D. Primo Yúfera (30) indica que en muchos frutos recolectados que maduran por una acti

vidad amilásica que convierte al almidón en azúcar, se ---
aceelera este proceso por una inmersión en solución de ---
2,4-D a 100 ppm. Investigaciones de Van Overbeek (37) pu---
sieron de manifiesto que el 2,4-D estimula la respiración,
la hidrólisis de almidón y el agotamiento de las reservas
de alimento. Mitchell y Brown, citados por Rivera (32), --
observaron que después del tratamiento con 2,4-D se nota -
una disminución en el peso de materia seca total, lo cual
asociaron directamente con la disminución del peso de al--
midón y de sustancias semejantes. Humpreys y Dugger, cita-
dos por Audus (1), aplicando azúcar y glucosa con C_{14} , re-
portaron un mayor crecimiento en las raíces de chícharo,
maíz y cebada, al ser tratadas con soluciones fuertes de -
2,4-D al 0.1%.

Rojas Garcidueñas, reporta que la auxina endó---
gena se liga a las proteínas celulares y actúa como una --
coenzima (35). Por su parte, Omrod y Williams (28), hacien-
do investigaciones sobre los reguladores de crecimiento, -
concluyeron que éstos pueden estar afectados fuertemente -
por el sistema enzimático con efectos y resultados inmedia-
tos sobre las enzimas fosforiladas. Aplicando 2,4-D sobre
plantas de trigo, Wort y Cowie (43) observaron sus efec---
tos sobre la fosforilasa y otras enzimas respiratorias, --
consecuencia de un aumento de actividad de éstas. Audus (1)
aduce que ha sido demostrado que el empleo de la energía -
respiratoria en la síntesis se encuentra bajo el control -

de un sistema especial de enzimas, con inclusión de compuestos orgánicos de fósforo. Loustalot et al. (23) encontraron que la aplicación de 2,4-D sobre plantas de frijol, incrementa el contenido de fósforo orgánico. Aplicando 2,4-D en concentraciones de .1% a raíces de soya y remolacha azucarera, disminuyó la cantidad de S y P en las plantas, como resultado de la aceleración de la respiración, exponen --- Wilden et al., citados por Audus (1). Bonner (7) inhibió los efectos del ácido indolacético en el coleoptilo de la avena sin inhibir la respiración, aplicando arseniato ---- 0.00001 y 0.0001 M., comprobando también que el efecto del arseniato era suprimido si se agregaba fosfato orgánico; - Rojas Garcidueñas (35) supone que esto fue debido a que -- la cantidad de arsénico aplicado bloqueó las moléculas de transportadores de productos fosforados de alto nivel de - energía existentes, pero que al agregarle fósforo se sintetizaron otras más que ya no fueron bloqueadas por el arsénico y a través de las cuales el ácido indolacético dejó - sentir su acción, llegando a la conclusión de que el sistema de fosforilación es limitante de la respiración. Bonner (6) precisó que existe un paralelismo entre la activación o inhibición respiratoria y de crecimiento por la auxina, el cual se rompe en presencia de inhibidores respiratorios como el dinitrofenol, producto que desliga las oxidaciones respiratorias del transporte fosforado de energía. Van --- Overbeek (39) cree que el 2,4-D, como las auxinas natura--

les, pueden afectar a la asimilación oxidante en la célula, catalizando la transfosforilación con la correspondiente liberación de energía. Rojas Garcidueñas (35) asienta que la auxina afecta el transporte de energía fosforada y podría interpretarse como si la auxina no afectara tanto el transporte de energía respiratoria en sí cuanto el uso que de ella hace la célula. Bonner, citado por Rojas Garcidueñas (34), expone que la auxina obra sobre los portadores de energía, y específicamente sobre el difosfopiridín-nucleótido (DPN); en otros estudios, el mismo investigador (5) muestra evidencia de que el ácido indolacético actúa en conexión con las deshidrogenasas del ciclo de Krebs, específicamente con el DPN y cree que la auxina tiene efecto en la transferencia de los grupos fosfóricos en la respiración. Trabajando con 2,4-D y AIA, French y Beever (14) consideran que estos productos aceleran la respiración en virtud de un aumento de aceptores del grupo $\sim P$, los cuales al combinarse con la auxina, viajan con ella hasta el trifosfato de adenosina (ATP), para asimilarse al proceso respiratorio.

Realmente la fotosíntesis se interrelaciona con los compuestos transportadores de fósforo (ATP), y de electrones (TPN), del mismo tipo que los que intervienen en la respiración, por tanto, aunque la auxina tiene otros efectos metabólicos en el vegetal, su acción principal es considerada por la mayoría de los investigadores, sobre el proceso respiratorio.

MATERIAL Y METODOS GENERALES

El experimento que se llevó a cabo en el laboratorio tuvo por objeto estudiar los efectos auxínicos de -- varias concentraciones de 2,4-D sobre la germinación, desa -- rrollo e intensidad respiratoria, en semillas de frijol -- (Phaseolus vulgaris L.), maíz (Zea mays L.) y trigo (Triti -- cum aestivum L.).

Este experimento se dividió en dos fases: 1) Efec -- tos del 2,4-D sobre la germinación en frijol y maíz. 2) Efec -- tos del 2,4-D sobre el proceso respiratorio del frijol, maíz y trigo. En frijol se utilizó la variedad Mex. 1, en maíz se usó la variedad N.L. T.-17-4 y en trigo la variedad --- Huamantla Rojo, siendo proporcionado este material por el campo agrícola experimental de Apodaca, N. L.

El material técnico utilizado fue la sal alcalona -- mánica (de las series etanol e isopropanol) del ácido ---- 2,4-D, en forma de un producto comercial con 65% de mate -- rial activo y conteniendo 39% de equivalente de ácido.

La razón por la que en la primera fase intervi -- nieran una monocotiledónea y una dicotiledónea, fue porque presentan diferencias fisiológicas y estructurales y, en -- consecuencia, los efectos del 2,4-D sobre estas dos categ -- rías taxonómicas permitiesen establecer comparaciones.

En la primera fase del experimento se usaron cin -- ce tratamientos incluyendo al testigo, con las siguientes concentraciones de 2,4-D: 0 (testigo), 0.001, 0.01, 1 y 10

ppm.; en la segunda fase sólo se aplicaron las cuatro ----
primeras concentraciones, excluyendo la de 10 ppm. El nú--
mero de repeticiones fue de cuatro por tratamiento, siendo
las semillas tratadas con HgCl_2 al 1/1000 durante 10 minu-
tos, para desinfectarlas previamente al tratamiento auxí--
nico.

EXPERIMENTO SOBRE GERMINACION Y PRINCIPIOS DEL
DESARROLLO.

Material y Métodos

En noviembre 12 de 1963 se puso en marcha la primera fase del experimento. Se utilizaron cajas de Petri, poniendo papeles filtro en la tapa y en la base de cada una, con objeto de mantener la humedad después de cada tratamiento, colocando en principio grupos de diez semillas por caja. Se aplicaron 2 ml. de solución de 2,4-D en cada papel filtro, repitiendo esta operación cada 24 horas y conservando las cajas de Petri en una estufa a 29°C. de temperatura. A los dos días se excluyeron las semillas no germinadas y afectadas por hongos; A las 24 horas se llevó a cabo la primera medición, conservando las cinco semillas mejor desarrolladas. Tres días después se efectuó la segunda y última medición. Este experimento se repitió varias veces, en fechas diferentes, manifestándose siempre las mismas tendencias con pequeñas variaciones y seleccionando para objeto de los cálculos estadísticos, las consideradas como más representativas.

Se tomaron en cuenta los datos siguientes: 1) Longitud del coleoptilo o hipocotilo, según el caso; 2) Longitud de la raíz; 3) Número de raíces adventicias y 4) Número de raíces secundarias.

Para la técnica en la medición dadas la sinuosidad del coleoptilo, hipocotilo y raíz, se utilizó un hilo que recorría la conformación de estos órganos de extremo a extre

mo, estirando después el hilo sobre un escalímetro y anotando la longitud marcada, en cms. El número de raíces adventicias y secundarias se obtuvo por cuenta individual.

El método estadístico empleado en este experimento fue el de distribución completamente al azar, utilizando para el cálculo de la D.M.S. el método de Student al nivel del 5%.

Resultados Experimentales

Resultados en frijol.

Las semillas comenzaron a germinar 48 horas después de la aplicación, notándose una germinación lenta en los tratamientos de 1 y 10 ppm. Al tomar los datos a las 24 horas, ya eran patentes los efectos del 2,4-D pues aunque las concentraciones de 0.001, 0.01 y testigo no había diferencia aparente, las tratadas con 1 y 10 ppm. diferían entre sí y de los demás tratamientos. El hipocotilo en ambos tratamientos era corto y grueso, presentando deformaciones en su superficie, manifestándose estas características más acentuadas en la concentración de 10 ppm.; el tamaño de la raíz en ambos casos era muy pequeño, siendo sin embargo, mayor en la dosis de 1 ppm. Las raíces adventicias no se presentaron en la dosis de 10 ppm. y su presencia fue raquílica en la de 1 ppm. Las raíces secundarias no se manifestaban aún en ninguno de los tratamientos.

Tabla I. - Efectos del 2,4-D (amina) a diferentes concen-
traciones sobre la germinación y desarrollo del
frijol 3 días después de la aplicación. Promedio
de 20 semillas por tratamiento.

| 2,4-D (ppm.) | Long. Hipoc. (cms.) | Long. Raíz (cms.) | Número de raíces adventicias |
|------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 0 | 2.61 | 3.86 | 6.30 |
| 0.001 | 2.63 | 5.01 | 5.93 |
| 0.01 | 2.84 | 3.11 | 6.10 |
| 1 | 2.17 | 1.34 | 2.20 |
| 10 | 1.22 | 0.47 | 0 |
| <hr/> | | | |
| D.M.S. (Student) 5% | 0.48 | 0.58 | 1.88 |

Como se puede observar en la Tabla I el trata-
miento de 0.01 presentó diferencia significativa sobre los
de 1 y 10 ppm. pero resultó igual al testigo y al de 0.001;
el testigo presentó diferencia significativa sobre el de -
10 ppm., resultando igual al de 1 ppm. y al de 0.001 ppm.
El tratamiento de 0.001 tuvo diferencia significativa sobre
el de 10 ppm. pero fue igual al tratamiento de 1 ppm.; por
último el tratamiento de 1 ppm. fue superior significativa-
mente al de 10 ppm. Todas estas observaciones fueron hechas
con relación al hipocotilo. Por lo que respecta a la raíz,
todas las dosis fueron significativamente más altas que la
concentración de 10 ppm. La dosis de 0.001 ppm. fue superior
a todos los tratamientos; el testigo resultó también superior

a la dosis de 0.01 y 1 ppm. en tanto que la dosis de 0.01 obtuvo significancia sobre la concentración de 1 ppm. En referencia a las raíces adventicias todos los tratamientos fueron superiores significativamente al de 10 ppm. Los tratamientos del testigo 0.001 y 0.01 ppm. tuvieron diferencia significativa sobre la concentración de 1 ppm. El testigo resultó igual a la concentración de 0.001 ppm. y a la de 0.01 ppm.; los tratamientos de 0.001 y 0.01 no presentaron diferencia significativa.

Tabla II.- Efectos del 2,4-D (amina) a diferentes concentraciones sobre la germinación y desarrollo del frijol seis días después de la aplicación. Promedio de 20 semillas por tratamiento.

| 2,4-D (ppm.) | Long. Hipoc. (cms.) | Long. raíz (cms.) | No. raíces advent. | No. raíces secundarias |
|---------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| 0 | 8.24 | 6.51 | 7.35 | 16.55 |
| 0.001 | 8.56 | 8.98 | 6.20 | 22.83 |
| 0.01 | 10.60 | 6.67 | 7.63 | 14.58 |
| 1 | 3.02 | 1.91 | 7.38 | 0 |
| 10 | 1.32 | 0.50 | 0 | 0 |
| D.M.S. (Student) 5% | 0.92 | 1.37 | 3.23 | 3.05 |

De la segunda medición tomada seis días después de iniciado el experimento (Tabla II) observamos lo siguiente con respecto al hipocotilo: el tratamiento de 0.01

ppm. fue superior significativamente a los demás tratamientos. Todos los tratamientos tuvieron diferencia significativa sobre la dosis de 10 ppm. Las concentraciones de 0.001 y 0 (testigo) ppm. fueron significativas sobre la dosis de 1 ppm. El testigo resultó igual a la dosis de 0.001 ppm. En la raíz todas las dosis. tuvieron diferencia significativa sobre el tratamiento de 10 ppm. a excepción de la dosis de 1 ppm. que resultó igual a la de 10 ppm. Los tratamientos de 0.01 y testigo fueron significativamente superiores a la concentración de 1 ppm. La dosis de 0.01 resultó igual al testigo. El tratamiento de 0.001 fue superior significativamente a todos los demás tratamientos. En las raíces adventicias todos los tratamientos resultaron significativos con respecto a la dosis de 10 ppm. La concentración de 0.01 resultó igual al testigo y a la dosis de 1 ppm.; La concentración de 1 ppm. no tuvo diferencia significativa con respecto al testigo y a la concentración de 0.001. El testigo resultó igual a la dosis de 0.001 ppm. Al respecto de las raíces secundarias el tratamiento de 0.001 ppm. fue superior significativamente a todos los tratamientos. Las concentraciones de 0.01 y testigo fueron superiores significativamente sobre los tratamientos de 1 y 10 ppm., resultando el testigo igual a la concentración de 0.01 ppm. Las dosis de 1 y 10 ppm. no presentaron diferencia significativa. La repetición del experimento con datos tomados 5 días después de la aplicación se reportarán en la Tabla siguiente (Tabla III).

Tabla III. - Efectos del 2,4-D (amina) a diferentes concentraciones sobre la germinación y desarrollo del frijol cinco días después de la aplicación. Prg medio de 20 semillas por tratamiento.

| 2,4- D (ppm.) | Long. Hipoc. (cms.) | Long. raíz (cms.) | Número de raíces adventicias |
|------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 0 | 4.43 | 7.32 | 8.30 |
| 0.001 | 5.09 | 7.15 | 7.33 |
| 0.01 | 5.31 | 8.68 | 9.10 |
| 1 | 3.60 | 0.87 | 2.80 |
| 10 | 1.66 | 0.42 | 0 |
| D.M.S. (Student) 5% | 0.94 | 2.34 | 2.03 |

Se puede observar de la Tabla III que todas las concentraciones son significativas sobre el tratamiento de 10 ppm. Las dosis de 0.001 y 0.01 presentaron significancia sobre la concentración de 1 ppm. Los tratamientos de 0.001 ppm. y el testigo no presentaron diferencia significativa sobre la concentración de 0.01; el testigo resultó igual a las dosis de 0.001 y 1 ppm. Con respecto a la raíz todas las dosis presentaron diferencia significativa sobre las concentraciones de 1 y 10 ppm. a excepción de la dosis de 1 ppm. que resultó igual a la dosis de 10 ppm. Las dosis de 0.001 y el testigo no presentaron diferencia significativa con respecto al tratamiento de 0.01. Por otra parte, el testigo y la dosis de 0.001 no presentaron dife-

rencia significativa. La primera parte del análisis de la Tabla III correspondió a la longitud del hipocotilo. Con referencia a las raíces adventicias los tratamientos de 0.01, 0.001 y testigo fueron significativos sobre las dosis de 1 y 10 ppm. La concentración de 0.001 y el testigo no presentaron diferencia significativa sobre las dosis de 0.01 ppm. La concentración de 1 ppm. fue superior a la de 10 ppm., en tanto que el testigo y el tratamiento de 0.001 no manifestaron diferencia significativa.

Comparando las Tablas II y III se ve que en ambos casos el crecimiento del hipocotilo fue afectado en forma similar. En cambio el crecimiento radicular fue promovido más por la concentración de 0.001 ppm. en el primer experimento y por la concentración de 0.01 ppm. en el segundo; sin embargo, en ambos hubo incremento en el crecimiento radicular a concentraciones muy débiles e inhibición a concentraciones relativamente altas (1 ppm. y 10 ppm.). La respuesta en lo que se refiere a la producción de raíces secundarias también varía un poco en los dos experimentos, pero en ambas hay un efecto depresivo con las concentraciones más altas.

Resultados en maíz.

En las semillas de maíz tratadas con 2,4-D, las dosis de 1 y 10 ppm. afectaron negativamente el desarrollo general de la semilla, pero sin manifestar deformaciones como en el caso del frijol.

Tabla IV.- Efecto del 2,4-D (amina) a diferentes concentraciones sobre la germinación y desarrollo del maíz tres días después de la aplicación. Promedio de 20 semillas por tratamiento.

| 2,4-D (ppm.) | Long. Coleop. (cms.) | Long. raíz (cms.) | Número raíces adventicias |
|------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|
| 0 | 2.94 | 3.56 | 1.50 |
| 0.001 | 2.20 | 4.63 | 1.93 |
| 0.01 | 2.19 | 3.17 | 1.50 |
| 1 | 1.77 | 1.79 | 0.83 |
| 10 | 1.40 | 0.86 | 0.20 |
| D.M.S. (Student) 5% | ---- | 0.65 | 0.88 |

Para longitud de coleoptilos en la Tabla IV se observa que no hay diferencia significativa entre tratamientos. Con respecto a la raíz la concentración de 0.001 ppm. fue significativa sobre las demás concentraciones. Las dosis de 0.01 y testigo fueron significativas sobre las concentraciones de 1 y 10 ppm. El tratamiento de 1 ppm. fue superior significativamente a la concentración de 10 ppm. El testigo y la concentración de 0.01 no presentaron diferencia significativa. De las raíces adventicias se observa que el testigo y las dosis de 0.001 y 0.01 son significativas sobre la concentración de 10 ppm. La dosis de 0.001 fue significativa con respecto a la concentración de 1 ppm. pero no presentó diferencia significativa con --

relación a las dosis de 0.01 y testigo. El testigo no presentó diferencia significativa con respecto a las concentraciones de 0.01 y 1 ppm.; la concentración de 10 ppm. no tuvo diferencia significativa sobre la dosis de 1 ppm. y ésta última resultó igual a la de 0.01 ppm.

Tabla V. - Efectos del 2,4-D (amina) a diferentes concentraciones sobre la germinación y desarrollo del maíz seis días después de la aplicación. Promedio de 20 semillas por tratamiento.

| 2,4-D (ppm.) | Long. Coleop. (cms.) | Long. raíz (cms.) | Número de raíces ad- venticias | Número raíces secun- darias |
|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 0 | 6.12 | 5.90 | 1.98 | 6.45 |
| 0.001 | 5.89 | 9.07 | 2.88 | 6.00 |
| 0.01 | 6.68 | 5.83 | 2.55 | 2.85 |
| 1 | 6.99 | 3.13 | 2.93 | 1.15 |
| 10 | 7.16 | 1.21 | 0.40 | 0 |
| D.M.S. (Student) 5% | ---- | 1.38 | 1.48 | 1.88 |

En la segunda medición efectuada (Tabla V) se observó con respecto al coleoptilo que no hubo diferencia significativa entre tratamientos. De la raíz se aprecia que el tratamiento es 0.001 ppm. fue significativamente superior a los demás. Las concentraciones de 0.01 y testigo presentaron diferencia significativa con respecto a las dosis de 1 ppm. y 10 ppm. La dosis de 1 ppm. fue su-

perior significativamente a la de 10 ppm., en tanto que el testigo y el tratamiento de 0.01 no presentaron diferencias significativas. De las raíces adventicias se apreció que todas las concentraciones fueron superiores a la dosis de 10 ppm.; el tratamiento de 1 ppm. resultó igual al testigo y a las concentraciones de 0.001 y 0.01, en tanto que esta última dosis no presentó diferencia significativa con respecto al testigo y a la concentración de 0.01, siendo ésta última igual al testigo. En relación con las raíces secundarias el testigo y la concentración de 0.001 resultaron iguales y significativas sobre las demás dosis; las concentraciones de 0.01 y 1 ppm. fueron iguales y superiores significativamente al tratamiento de 10 ppm.

Tabla VI. - Efectos del 2,4-D (amina) a diferentes concentraciones sobre la germinación y desarrollo del maíz cinco días después de la aplicación. Promedio de 20 semillas por tratamiento.

| 2,4-D (ppm.) | Long. Coleop. (cms.) | Long. raíz (cms.) | Número raíces adventicias |
|------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|
| 0 | 5.49 | 1.58 | 2.63 |
| 0.001 | 6.11 | 6.42 | 1.85 |
| 0.01 | 5.87 | 6.23 | 2.75 |
| 1 | 7.45 | 2.94 | 2.38 |
| 10 | 4.79 | 1.39 | 1.68 |
| D.M.S. (Student) 5% | 1.06 | 1.99 | ---- |

De los datos de la repetición en la Tabla VI se observa para longitud del coleoptilo que la concentración de 1 ppm. presentó diferencia significativa sobre los demás tratamientos. La dosis de 0.001 resultó igual a la de 0.01 siendo ambas significativamente superiores a la concentración de 10 ppm.; el testigo no presentó diferencia significativa en relación con las dosis de 0.001, 0.01 y 10 ppm. En relación con la raíz la dosis de 0.001 y la de 0.01 fueron iguales y significativamente superiores a los demás tratamientos. El testigo no presentó diferencia significativa en relación con las dosis de 1 y 10 ppm., resultando, los tratamientos de 1 y 10 ppm. iguales. --- De las raíces adventicias se aprecia que no hubo diferencia significativa entre tratamientos.

Comparando las tablas V y VI se observa que se indujo un crecimiento radicular en ambos casos con la --- concentración de 0.001 ppm. además, en el segundo caso, -- el crecimiento de la raíz también se vio estimulado en - igual forma por la concentración de 0.01 ppm. Notándose los efectos auxínicos del 2,4-D a bajas concentraciones y sus efectos inhibitorios a concentración de 10 ppm. ya que con este tratamiento se deprimió el desarrollo. El coleoptilo en tanto, se estimuló favorablemente en concentraciones altas relativamente como son las de 1 ppm y 10 ppm. en la primera aplicación, aunque no presentó dife--- rencia significativa. En tanto, que en la repetición el

tratamiento de 1 ppm. estimuló significativamente sobre ---
los demás. En las raíces adventicias en ambos casos, se --
notan ligeras variaciones siendo el carácter de la concen-
tración de 10 ppm. inhibitorio.

EXPERIMENTOS SOBRE RESPIRACION

Material y Métodos

En la segunda fase del experimento de laboratorio, o sea aquella relativa a la cuantificación respiratoria en frijol, maíz y trigo, el material técnico empleado fue la misma sal alcalonamínica del 2,4-D utilizada en la primera fase del experimento. Se aplicaron cuatro tratamientos incluyendo al testigo con las siguientes concentraciones: 0, 0.001, 0.01 y 1 ppm. de 2,4-D. Se procedió a pesar 4 porciones de frijol, maíz y trigo de 10 gramos cada una y se sumergieron durante cinco horas en los respectivos tratamientos; transcurrido el tiempo de inmersión se pusieron 50 ml. de NaOH 0.2N en cada uno de 16 frascos de 500 c.c. y se tapó inmediatamente con tapón de hule, se tomó cada porción de la semilla pesada y se colocó en saquitos de manta de cielo sostenidos del tapón de hule por medio de un cordel, de manera que la semilla no quedara en contacto con el NaOH; uno de los frascos quedó sin semilla. Todos los frascos fueron encerrados en una gaveta para mantenerlos en las mismas condiciones ambientales. A las 24 horas se extrajo la semilla y se tapó rápidamente. Se tituló después para encontrar el CO_2 desprendido; para ello se tomó con una pipeta, 10 ml del NaOH de uno de los frascos, pasándolo a un vaso de precipitado de 50cc., añadiendo 5 ml. de solución de BaCl_2 que precipitó el CO_2 absorbido por el álcali; se añadieron tres gotas de fenolfaleína que dio un color violáceo y se tituló con HCl 0.1N hasta que

desapareció el color, anotando la cantidad del ácido necesaria para ello. Se repitió la titulación en cada uno de los frascos incluyendo al que carecía de semillas, para calcular el CO_2 del ambiente. Una vez titulados, se transformaron los valores obtenidos, que expresaron la cantidad de HCl necesaria para calcular la cantidad de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ restante, en valores para CO_2 exhalado mediante la ecuación apropiada.

Resultados Experimentales

Resultados en frijol, maíz y trigo.

Al medir la respiración de la semilla de frijol, maíz y trigo, la titulación arrojó los siguientes datos recabados en la Tabla VII.

Tabla VII.- Cantidad de HCl necesaria para titular el BaCO_3 formado en 24 horas en la respiración de semillas de frijol, maíz y trigo previamente inmersas durante 5 horas en 2,4-D (amina) a diferentes concentraciones.

| Dosis 2,4-D (ppm.) | Cantidad HCl 0,1N (ml.) | | |
|-----------------------|-------------------------|-------|-------|
| | Frijol | Maíz | Trigo |
| 0 | 10.10 | 15.70 | 11.12 |
| 0,001 | 9.45 | 15.77 | 12.18 |
| 0.01 | 9.55 | 15.60 | 11.15 |
| 1 | 10.77 | 14.58 | 10.88 |
| Ambiente | 17.98 | 17.98 | 17.98 |

Se observa en la Tabla VII que fue el maíz el que necesitó más HCl para la titulación, en consecuencia es el que respira menos, ya que el HCl está en proporción inversa al CO₂ desprendido por la semilla; eso se corrobora al efectuar los cálculos numéricos reportados en la Tabla VIII donde, efectivamente, fue el maíz la semilla que tuvo menor intensidad respiratoria, resultando el frijol la semilla que respiró más. Para el frijol, los tratamientos que más activaron correspondieron a las concentraciones de 0.001 y 0.01 ppm.; para maíz y trigo coincidió la concentración de 1 ppm. como la más efectiva, lo cual en principio está acorde con los aumentos a concentración de 1 ppm. del coleoptilo del maíz (Tabla VI)

Tabla VIII. - Cantidad de CO₂ desprendido en 24 horas por semillas de frijol, maíz y trigo inmersos previamente durante 5 horas en 2,4-D (amina) en diferentes concentraciones.

| Dosis 2,4-D (ppm.) | Cantidad CO ₂ (grs.) | | |
|-----------------------|---------------------------------|-------|-------|
| | Frijol | Maíz | Trigo |
| 0 | 2.060 | 1.921 | 2.034 |
| 0.001 | 2.075 | 1.920 | 2.008 |
| 0.01 | 2.073 | 1.924 | 2.034 |
| 1 | 2.043 | 1.949 | 2.040 |
| Ambiente | 1.866 | 1.866 | 1.866 |

EXPERIMENTO SOBRE DESARROLLO HASTA
PLANTA ADULTA

Este experimento se desarrolló en el invernadero con plantas de trigo (Triticum aestivum L.) de la variedad Huamantla Rojo.

Material y Métodos

La fecha de siembra se efectuó el 22 de enero de 1964. El experimento se llevó a cabo en macetas de 10 kgs. de capacidad utilizando suelo en la proporción de 2 partes de tierra aronosa por 1 de materia orgánica. Un análisis de este suelo que fue realizado en los laboratorios del - - - L. T. E. S. M. reportó los siguientes datos: el suelo fue medio en nitrógeno, muy bajo en fósforo y alto en potasio y calcio. El contenido de materia orgánica resultó relativamente alta y la concentración de sales solubles fue bastante elevada.

El material técnico empleado fue la misma sal -- alcalonamínica del ácido 2,4-D utilizada en los experimentos de laboratorio.

Los tratamientos aplicados fueron 12 siendo 4 -- el número de repeticiones por tratamiento. Las concentraciones de 2,4-D fueron: 0, 10, 100 y 1000 ppm. que se combinaron con dosis de fósforo, glucosa + fósforo y un testigo, como se estima en la Tabla IX. La cantidad de fósforo aplicada fue de 125 mg./lt. de H_2KPO_4 ; la cantidad de glucosa fue de 20 grs./lt. La razón de los tratamientos con glucosa y fósforo es porque la glucosa favorece el traslado

de 2,4-D a través de los órganos de la planta y el fósforo facilita la respiración y por consiguiente, el efecto de 2,4-D, ya que éste cataliza la transfosforilación con la correspondiente liberación de energía (39). En cada maceta se conservaron dos plantas con un promedio de 4 macollos por planta.

Se efectuó una sola aspersión el 6 de marzo con un atomizador de mano aplicado sobre hojas y tallos de manera que abarcara toda la planta.

Los datos que se observaron fueron: 1) Longitud de tallo; 2) Ramificación; 3) Desarrollo foliar (número y tamaño); 4) Grosor del tallo; 5) Desarrollo General; ---- 6) Peso de la semilla 7) Número de las semillas.

Se tomó la medida de la altura de los tallos el 20 de abril, cosechándose hasta el 4 de mayo para que la humedad no afectara el peso de la semilla; pesando ésta y procediéndose a la cuenta de la misma, para efectuar los análisis correspondientes.

El método estadístico empleado fue el de experimento factorial con distribución en bloques al azar.

Resultados Experimentales

Aspecto general.

Visualmente las plantas presentaron diferencias en altura, notándose también que no todos los macollos maduraron al mismo tiempo pues varios de ellos no llegaron a

hacerlo, atribuyéndose esto a la variabilidad propia del trigo. Se observó también en las plantas un amarillamiento de las hojas que comenzaba por la punta hasta secarlas por completo, presentándose indistintamente en cualquier tratamiento y manifestándose también en otras plantas de trigo ajenas a este experimento. Se descartó la posibilidad de deficiencia en potasio, ya que el análisis de suelo reportó alto porcentaje de este elemento. Este amarillamiento se presentó simultáneo a un ataque de áfidos que se controlaron en forma mecánica por lo que se correlacionó este síntoma con la presencia de este insecto vector de un virus, que manifiesta los mismos síntomas de amarillamiento en las hojas de trigo. El ciclo del trigo duró 3 meses, lo cual se considera prematuro, atribuyéndose este efecto a las condiciones del invernadero, donde prevalecían temperaturas bastante elevadas induciendo por tanto a un metabolismo más intenso, aunadas a los efectos del 2,4-D. Se notaron claros efectos del 2,4-D que indujo una característica notoria en cuanto a la abertura del macollo (Fig. 17), pues los tallos de las plantas tratadas crecieron divergiendo entre sí en lugar de mostrar un crecimiento vertical. Este efecto estaba en razón directa a las dosis aplicadas en ppm., siendo la máxima abertura la correspondiente a la concentración de 1000 ppm.

Tabla IX. - Tratamientos de 2,4-D a distintas concentraciones combinados con diversas dosis de glucosa y fósforo aplicados a plantas de trigo de la variedad -- Huamantla Rojo.

| Número de tratamientos | Fósforo mg./lt. | Glucosa gr./lt. | Dosis 2,4-D (ppm.) | Número de repeticiones |
|------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|------------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 2 | 0 | 0 | 10 | 4 |
| 3 | 0 | 0 | 100 | 4 |
| 4 | 0 | 0 | 1000 | 4 |
| 5 | 125 | 0 | 0 | 4 |
| 6 | 125 | 0 | 10 | 4 |
| 7 | 125 | 0 | 100 | 4 |
| 8 | 125 | 0 | 1000 | 4 |
| 9 | 125 | 20 | 0 | 4 |
| 10 | 125 | 20 | 10 | 4 |
| 11 | 125 | 20 | 100 | 4 |
| 12 | 125 | 20 | 1000 | 4 |

Efectos en el desarrollo.

Se notaron diferencias en la altura de los tallos siendo las plantas más afectadas las que recibieron las dosis de 1000 ppm., ya que presentaron el menor desarrollo. El análisis de varianza de la longitud del tallo reportó que no hubo interacción; sin embargo, las líneas de tendencia señalaron como más efectivos los tratamientos en

los que intervinieron la glucosa + fósforo independientemente de la dosis de 2,4-D aunque realmente, no presentaron diferencia significativa. Estudiando los factores independientes resultó que el 2,4-D sí tuvo efectos pero negativos, --- ya que todos los tratamientos presentaron diferencia signi---ficativa con respecto a las concentraciones de 1000 ppm., re---sultando sin embargo, los tratamientos de 10 ppm., 100 ppm., y 0 (testigo) ppm. iguales. Esto es en lo que se refiere a la altura del tallo.

Del análisis estadístico del peso de la semilla se ob---tuvieron idénticos resultados al del análisis anterior, sólo que las líneas de tendencia respecto de los tratamientos de glucosa + fósforo se manifestaron más acentuados (Fig. 12).

Con referencia al número de semillas el testigo resultó el mejor tratamiento con diferencia significativa sobre los demás, la dosis de 10 ppm. resultó significativamente superior a las concentraciones de 100 y de 1000 ppm. La concentración de 100 ppm. presentó diferencia significativa ma---yor con respecto a la dosis de 1000 ppm. En este caso las ---líneas de tendencia no se manifestaron en la misma forma que los tratamientos anteriores.

Los análisis para la ramificación, desarrollo foliar, -- grosor del tallo, y desarrollo general, no se efectuaron ya -- que a simple vista las diferencias eran marcadamente nulas.

El aspecto de las semillas presentó notables diferencias con respecto al testigo, ya que en éste se observaron las semillas raquíticas y muy livianas, en cambio en los tratamientos en los que intervino el --- 2,4-D se notaron las semillas bien formadas, turgentes, y mucho más pesadas; sin embargo las dosis de 1000 ppm. presentaron las semillas bien formadas pero en poca cantidad en relación a los otros tratamientos.

Los análisis estadísticos del peso y número -- de semillas del trigo pueden observarse en la Tabla X.

Tabla X. - Resultados comparativos del número y peso de semillas en trigo bajo los efectos de diversas concentraciones de 2,4-D (amina), estudiado como -- factor independiente. Promedio y totales de 4 -- repeticiones por tratamiento.

| Dosis 2,4-D (ppm.) | Peso total semillas (gs.) | Peso promedio semillas por trat. (grs.) | Núm. tot. de semillas. | Número Prom. semillas por trat. |
|-----------------------|---------------------------|---|------------------------|---------------------------------|
| 0 | 65.10 | 5.43 | 3,142 | 261.83 |
| 10 | 67.70 | 5.64 | 2,814 | 234.50 |
| 100 | 67.40 | 5.62 | 2,582 | 215.17 |
| 1000 | 47.20 | 3.93 | 1,576 | 131.33 |
| D. M. S. (Student) 5% | | 0.48 | | 0.88 |

Comparando en la Tabla X el número y el peso --- de las semillas por totales se observa como a un mayor número

ro de semillas no corresponde el mayor peso, cosa que es notable en el testigo, ya que en las concentraciones de 10 y 100 ppm, aunque el número de semillas es menor, el peso reportado es superior al testigo, también el peso de las semillas en la dosis de 1000 ppm, puede considerarse superior en proporción al número de semillas del testigo.

DISCUSION GENERAL

El 2,4-D (amina) se comportó como un producto ----- auxínico a dosis muy bajas tanto en lo que respecta en el desarrollo de gramíneas como de no gramíneas. Como puede - observarse en la Fig. 1 la concentración de 0.01 ppm. estimuló el desarrollo del hipocotilo del frijol a los seis -- días, pero las concentraciones de 1 y 10 ppm. determinaron una inhibición casi completa del desarrollo. Con respecto a la radícula en la Fig. 2 se nota que el desarrollo fue promovido por la concentración de 0.001 ppm., menor que -- la que promovió el desarrollo del tallo. El hecho de que el meristemo apical de la raíz fuera estimulado por concentra- ción más baja que los que estimularon al meristemo apical del tallo parece pues darse no sólo en gramíneas como se - había indicado por Thiman (34) citado por Rojas Garcidueñas y en (35), sino también en las no gramíneas. El efecto del 2,4-D en el desarrollo de raíces adventicias (Fig. 3) casi no fue positivo, pero sí negativo a concentraciones de 1 y 10 ppm. El efecto sobre la doterminación de raíces secunda- rias fue de estimulación a 0.001 ppm. y de gran inhibición a 1 y 10 ppm. (Fig. 4). De acuerdo con los resultados ob-- tenidos puede decirse que el umbral de las concentraciones que inducen estímulo y las que inducen depresión se en--- cuentra entre 0.001 y 0.01 ppm. y 1 y 10 ppm. respectiva- mente, según el factor en estudio para frijol tratado con 2,4-D (amina).

En el estudio con maíz las dosis usadas no fueron suficientemente altas para deprimir el desarrollo del coleoptilo, encontrándose el estímulo mayor con 10 ppm. (Fig. 5). Por el contrario, la raíz pareció ser muy susceptible, pues si bien fue estimulada con 0.001 ppm, la concentración de 1 y 10 deprimieron su desarrollo (Fig. 6). En forma parecida se comportaron las raíces secundarias y adventicias (Figs. 7 y 8). La diferencia mostrada entre el maíz y el frijol con respecto al efecto del 2,4-D en el desarrollo del coleoptilo e hipocotilo respectivamente era esperada y es la base de la acción herbicida diferencial del producto químico; la similaridad en el comportamiento de la raíz, que fue comprobada en otro experimento, es sorprendente y podría pensarse que la diferencia en la reacción radica en una rápida metabolización del producto por el maíz en comparación con el frijol de modo que el efecto depresor en maíz sea pasajero. Esto no se puede afirmar de los datos de este experimento.

El 2,4-D (amina) estimuló la respiración del frijol a las 24 horas de haberse tratado; en la Fig. 9 se notó que la concentración de 1 ppm deprimió la respiración, lo cual está de acuerdo con los efectos sobre el desarrollo de los organillos (Figs. 1 y 2). En maíz la respiración fue estimulada por la concentración de 1 ppm. (Fig. 10) como lo fue el desarrollo del coleoptivo (Fig. 5); dado que este órgano es el primero en desarrollarse, puede suponerse

que, en efecto, la respiración medida en las primeras 24 horas está determinada principalmente por la respiración del meristemo apical del tallo. El trigo reaccionó en forma parecida al maíz (Fig. 11), excepto por una depresión con 0.001 ppm. que tal vez se deba atribuir a error experimental.

Por lo que respecta a los tratamientos a plantas de trigo en macollo, el efecto más importante estuvo con la concentración de 1000 ppm. que determinó un crecimiento divergente de los macollos; la observación de los tallos mostraba que el primer entrenudo había crecido paralelo al suelo incurvándose el segundo y tercer entrenudos hacia la vertical (Fig. 17). Esto podría interpretarse como si el producto hubiera inhibido la respuesta geotrópica -- de los tallos, efecto que se fue perdiendo en el desarrollo posterior. Ningún tratamiento con 2,4-D, incluso adicionado de glucosa y fósforo presentó superioridad para con el testigo en forma significativa, pero sí hubo cierto estímulo de los tratamientos de glucosa + fósforo indicado por las líneas de tendencia (Fig. 12). Es posible que tratando las plantas antes que sus meristemas se determinen, o sea, cuando comiencen a emerger, o bien, antes, se obtengan diferencias significativas positivas.

CONCLUSIONES

Para las condiciones en que se realizaron los experimentos y de acuerdo con los resultados obtenidos, se pueden citar las siguientes conclusiones:

- 1.- La concentración más efectiva de 2,4-D (amina) para estimular el crecimiento del hipocotilo del frijol fue la de 0.01 ppm.
- 2.- La raíz del frijol fue inducida a un mayor crecimiento por los efectos auxínicos del 2,4-D (amina) en dosis de 0.001 ppm.
- 3.- La inducción de raíces secundarias se vio incrementada por la concentración de 0.001 ppm. de 2,4-D (amina).
- 4.- Las dosis de 1 y 10 ppm. inhiben notablemente el desarrollo y germinación de las semillas produciendo deformaciones en las células tegumentarias y aberturas en el hipocotilo.
- 5.- El coleoptilo de maíz se ve incrementado por el estímulo -- del 2,4-D (amina) en concentraciones de 1 ppm.
- 6.- El sistema radicular del maíz acrecentó su crecimiento -- ante los efectos de 2,4-D (amina) en dosis de 0.01 y 0.001 ppm. ppm.
- 7.- De una manera general la dosis de 10 ppm. (concentración relativamente alta) inhibió el desarrollo del coleoptilo y sistema radicular tanto en frijol como en maíz, así como la germinación de la semilla. En tanto que la dosis alta de 1-ppm. produjo efectos contrarios ya que en maíz aceleró el crecimiento del coleoptilo y en frijol produjo --

depresión general de la semilla, siendo las concen--
traciones bajas de 0.001 y 0.01 las que estimularon fa
vorablemente al frijol y al maíz.

- 8.- El frijol respira más intensamente siguiéndole en or--
den el trigo y el maíz. Para el primero la inmersión -
en dosis de 0.01 y 0.001 ppm. en 2,4-D (amina) accele--
raron más la intensidad de la respiración en tanto que
el maíz se vio más estimulado ante la dosis de 1 ppm.
al igual que el trigo.
- 9.- Ninguna de las dosis aplicadas a las plantas de trigo -
indujo a crecimientos mayores que el testigo. La dosis
de concentración en 1000 ppm. produjo inhibiciones en
el crecimiento y en el número de granos; sin embargo,
las líneas de tendencia indicaban los tratamientos en
que intervinieron glucosa + fósforo tendientes a estimu
lación.
- 10.- Es positiva la influencia gootrópica de altas concen--
traciones de 2,4-D (1000 ppm.) en los tallos de trigo.
- 11.- Puede concluirse que la aplicación de 2,4-D (amina) en
plantas de trigo debe efectuarse en épocas más tempranas
del crecimiento cuando las células sean más capaces de
responder al estímulo auxínico.

RESUMEN

En el laboratorio de fisiología del I.T.E.S.M. se llevaron a cabo dos pruebas: una con semillas de la variedad de frijol Mex. 1 y con la variedad de maíz N.L. T.-17-4, con el objeto de estimular su germinación y crecimiento mediante aplicaciones de 2,4-D (amina) a bajas concentraciones y, otra, con objeto de cuantiar la respiración de semillas de maíz y frijol de las variedades antes citadas y de trigo de la variedad Huamantla Rojo.

La primera prueba se inició en noviembre de 1963, efectuándose varias repeticiones, concluyendo la última en febrero de 1964.

Las concentraciones aplicadas del 2,4-D (amina) fueron de 0 (testigo), 0.001, 0.01, 1 y 10 ppm. El número de repeticiones fue de 4 por tratamiento, contándose con cinco semillas por repetición en cajas de Petri.

En frijol el tratamiento más efectivo a los seis días de aplicación fue de 0.01 ppm. para longitud de hipocotilo y de 0.001 para crecimiento radicular. Las dosis de 1 y 10 ppm. resultaron inhibitorias y produjeron deformaciones en las semillas.

Para maíz, la concentración de 1 ppm., fue la que indujo a mayor crecimiento en el coleoptivo y, las dosis de 0.001 y 0.01 ppm., estimularon el crecimiento radicular. La dosis de 10 ppm. produjo resultados inhibitorios en el desarrollo y germinación generales de las semillas.

En la segunda prueba, o sea la prueba de la cuantificación respiratoria de frijol, maíz y trigo, las semillas fueron inmergidas durante cinco horas en concentraciones de 0 (testigo), 0.001, 0.01 y 1 ppm. de 2,4-D (amina), según el tratamiento y poniendo después las semillas a respirar en ambiente de NaOH por un tiempo de 24 horas.

Después de tituladas se obtuvieron los datos de CO₂ desprendidos y resultó que las semillas que más respiraron fueron las de frijol, las cuales fueron más estimuladas por las concentraciones de 0.001 y 0.01 ppm.; en maíz y trigo la dosis de 1 ppm. estimuló más el proceso respiratorio, siendo las semillas de trigo las de menor intensidad respiratoria.

En el invernadero se llevó a cabo una prueba en plantas de trigo de la variedad Huamantla Rojo, con objeto de observar el estímulo del 2,4-D (amina) aplicado a concentraciones altas y bajas combinadas con dosis de glucosa y fósforo.

Las concentraciones aplicadas de 2,4-D fueron de 0 (testigo), 10, 100 y 1000 ppm. y las dosis de fósforo y glucosa fueron respectivamente 125 mg. por litro y 20 gs./lt.

La prueba se inició el 22 de enero de 1964, colocando las semillas en macetas y concluyó con la cosecha el 4 de mayo. Se efectuó una sola aplicación el 6 de marzo, con un atomizador de mano.

Aunque se presentó diferencia significativa entre tratamientos, no hubo resultados positivos, presentando la ----

dosis de 1000 ppm. estímulos inhibitorios en la altura del tallo y en el peso y número de semillas cosechadas.

No se presentó interacción entre el 2,4-D (amina), la glucosa y el fósforo, sin embargo, las líneas de tendencia manifestaron que los tratamientos en los que intervenían glucosa + fósforo, independientemente de la cantidad de 2,4-D, acusaban estímulos sobre la altura del tallo y pesos de las semillas del trigo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Audus, L. J. 1959. Plant growth substances. 2a. Ed. L. Hill. Londres.
- 2.- Avery, G. Jr. 1951. Stimulation of respiration in relation to growth. En "Plant growth substances". Edit. F. Skoog. Univ. of Wisconsin Press, Madison.
- 3.- Baldovinos de la P., Gabriel. 1957.- El desarrollo fisiológico y el rendimiento de cosechas. Fondo de publicaciones de la Esc. Nac. de Agric. Chapingo, Méx.
- 4.- Berger, J. y G. S. Avery Jr. 1943. The mechanism of auxin action. Science 98: 454-455.
- 5.- Bonner, J. 1949. Limiting factors and growth inhibitors in the growth of avena coleoptile. Amer. Jour. Bot. 36: 323-332.
- 6.- Bonner, J. 1949. Relations of respiration and growth in the avena coleoptile. Amer. Jour. Bot. 36: 429-436.
- 7.- Bonner, J. 1950. Arsenate as a selective inhibitor of growth substances action. Plant. Physiol. 25: 181-184.
- 8.- Bonner, J. y Galston, A. 1959. Principios de Fisiología Vegetal. Aguilar, Madrid.
- 9.- Commomer, B. y D. Mazia. 1942. The mechanism of auxin action. Plant. Physiol. 17: 682-685.
- 10.- Crafts, A. 1948. A theory of herbicidal action. Science 108: 85-86.
- 11.- Day, B. E. 1951. The absorption and translocation of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid by bean plants. Plant Physiol. 27: 143.

- 12.- Dhillion, A.S. y E.H. Lucas. 1950. Absortion, translocation and persistence of 2,4-Dichlophenoxyacetic acid in some plants. Bot. Gaz. 112: 198-207.
- 13.- Demolon, A. 1950. Croissancè des végétaux cultivés. Dunod. París.
- 14.- French, R.C. y H. Beevers. 1953. Respiration and growth responses induced by growth-regulators and allied compounds. Amer. Jour. Bot. 40: 660-666.
- 15.- Gall, H.F. 1948. Some effects of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid on starch digestion and reducing activity in bean tissue cultures. Bot. Gaz. 110: 319-323.
- 16.- Garren R., L.F. Remmert y Nancy L. Lawrence. 1953. Effect of 2,4-Dichlophenoxyacetic acid on translocation and accumulation of food materials in the bean plan. Bot. Gaz. 115: 105-121.
- 17.- González J., y M. Rojas Garcidueñas. 1957. Acción del Acido 2,4-D en los meristemos apicales y zonas más diferenciadas de la radícula del frijol (Phaseolus vulgaris L.). Ciencia (Méx) 17: 14-15.
- 18.- Haagen-Smit, A.J. 1951. The story and nature of plant growth hormones. En "Plant growth substances", edit. F. Skoog, Univ. of Wisconsin Press, Madison.
- 19.- Hansen, E. 1946. Effect of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid on the ripening of Bartlett pears. Plant. Physiol. 21: 588-592.
- 20.- Hsueh, Y.L. y C.H. Lou. 1947. Effect of 2,4-D on seed germination and respiration. Science 105: 283-285.

- 21.- Humpreys, T. E. y W.M. Dugger Jr. 1957. The effect of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid on pathways of glucose metabolism in higher plants. *Plant. Physiol.* 32: 136-140.
- 22.- Kelly, Sally y G.S. Avory Jr. 1949. The effects of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid and other ---- physiologically active substances on respiration. *Amer. Jour. Bot.* 36: 421-426.
- 23.- Loustalot, A., M. Morris, T. Garofa y C. Pagan. 1953. 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid affects phosphorus metabolism. *Science*: 118: 627-628.
- 24.- Moyer, B.S., y D.B. Anderson. 1952. *Plant Physiology*. 2a. Ed. D. Van Nostrand, New York.
- 25.- Mitchell, J. y W. Brown. 1946. Movement of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid stimulus and its relation to the translocation of organic food materials in plants. *Bot. Gaz.* 107: 393-407.
- 26.- Mitchell, J.W. 1951. Translocation of growth regulating substances and their effect on tissue composition. En "Plant growth substances". Edit. F. Skoog, Univ. of Wisconsin Press, Madison.
- 27.- Naundorf, Gerhard. 1951. Las fitohormonas en la agricultura. Salvat, Barcelona.
- 28.- Ommrod, D. y W. Williams. 1960. Phosphorus metabolism of Trifolium hirtum (All.) as affected by 2,4-D and gibberellic acid. *Plant. Physiol.* 35: 81-87.

- 29.- Pilet, Paul-Emile. 1961. Les phytohormones de croissance. Masson, Paris.
- 30.- Primo Yúfera. 1958. Herbicidas y fitorreguladores. Aguilar, Madrid.
- 31.- Rhorbaug, L.M. y E.L. Rice. 1949. Effect of application of sugar on the translocation of sodium 2,4-Dichlorophenoxyacetate by beans plants in the dark. Bot. Gaz. 111: 85-89.
- 32.- Rivera, H.A. 1962. Control Químico de las malezas. Folleto Técnico No. 3. Esc. Nacl. de Agr. Chapingo, México.
- 33.- Robbins, W.A. Crafts y R. Raynor. 1955. Destrucción de malas hierbas. U.T.E.H.A. México.
- 34.- Rojas Garcidueñas, M. 1959. Principios de Fisiología Vegetal. Imprenta Universitaria, Univ. Nacl. Aut. de México.
- 35.- Rojas Garcidueñas, M. 1963. La acción fundamental de las auxinas. Publicaciones del Inst. Tec. y de Est. Sup. de Monterrey, Serie Ciencias Biológicas, 1. Monterrey.
- 36.- Smith, F.C., C. Hammer y R. Carlson 1946. Changes in food reserves and respiratory capacity of bindweed ---- tissues accompanying herbicidal action of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid. Plant. Physiol. 22: 58-65.
- 37.- Van Overbeek, J. 1945. Flower formation in the pineapple plant as controlled by 2,-4D and naphthalenacetic acid. Science: 102: 621.

- 38.- Van Overbeek, J. y J. Véllez. 1946. Use of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid as a selective herbicide in -- the tropics. *Science* 103: 472-473.
- 39.- Van Overbeek, J. 1947.- Use of synthetic hormones as - weed killers in tropical agriculture. *Econ. Bot.* 1 (4): 446-459.
- 40.- Wointraub, R.L. y J.W. Brown. 1950. Translocation of exogenous growth regulator in the bean seedlings. *Plant Physiol.* 25: 140-149.
- 41.- Weller, L.E., R.W. Loucke, C.L. Hamner y H.M. Soll. 1950. Changes in chemical composition of leaves and -- roots of red kidney bean plant treated with ---- 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid. *Plant. Physiol.* 25: 289-293.
- 42.- Worth, A.W. y Anne Mc Abe. 1948. Differential effects of 2,4-D on aerobic, anaerobic and facultative anaerobic microorganism. *Science*: 108: 16.
- 43.- Worth, D.J. y L.M. Cowie. 1952. The effect of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid on phosphorulase, phosphatase, catalase and peroxidase in wheat. *Plant. Physiol.* 28: 135-139.
- 44.- Wood, J., J. Mitchell y G. Irving. 1947. Translocation of a radioactive plants-growth regulator in bean and - barley plants. *Science*: 105: 337-339.

Fig. 1.-Desarrollo del hipocotilo en semillas de frijol sujetas al efecto de diversas concentraciones de 2,4-D (amina).

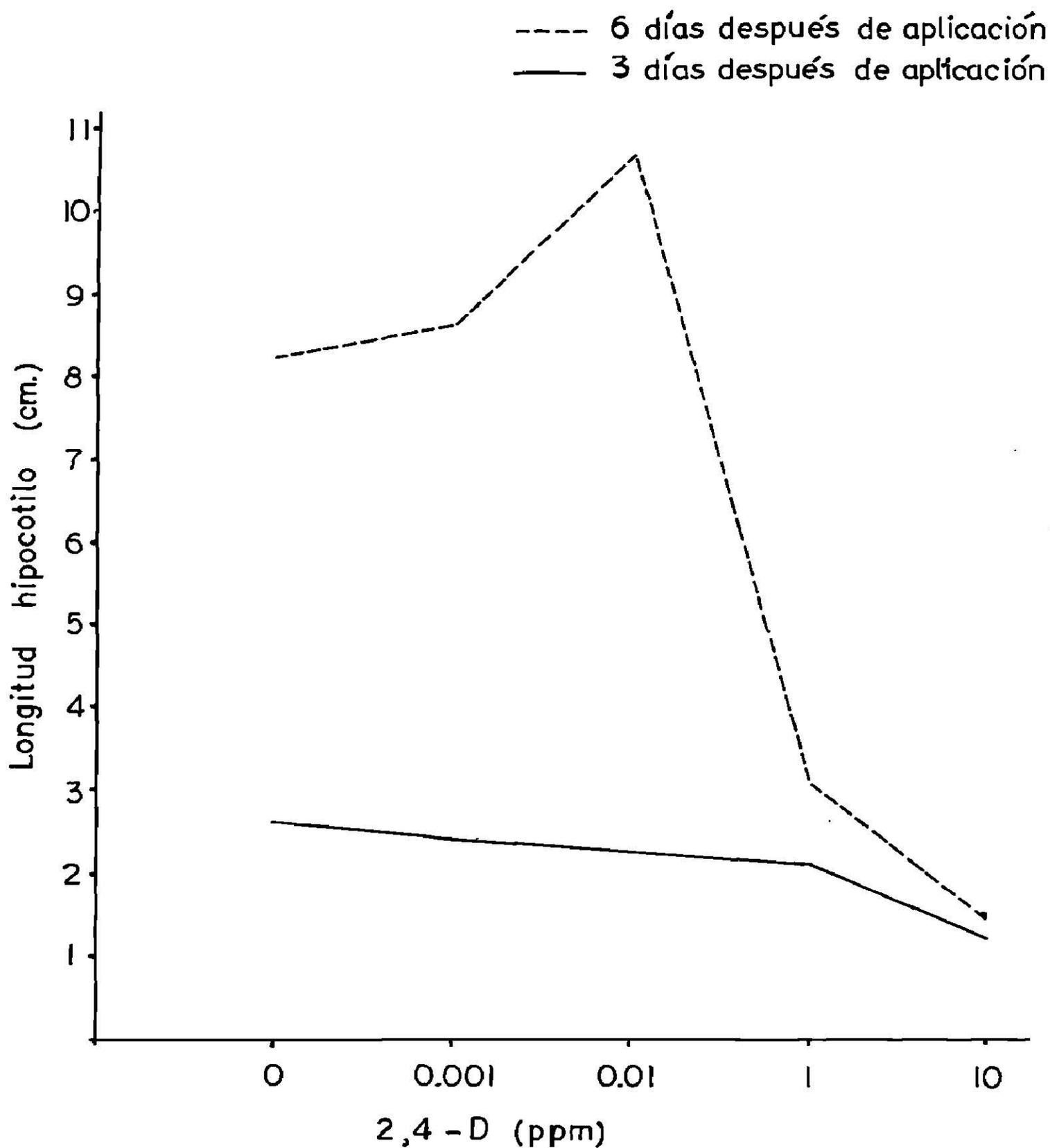


Fig. 2.- Desarrollo de la raíz en semillas de frijol sujetas al efecto de diversas concentraciones de 2,4-D (amina).

----- 6 días después de aplicación
———— 3 días después de aplicación

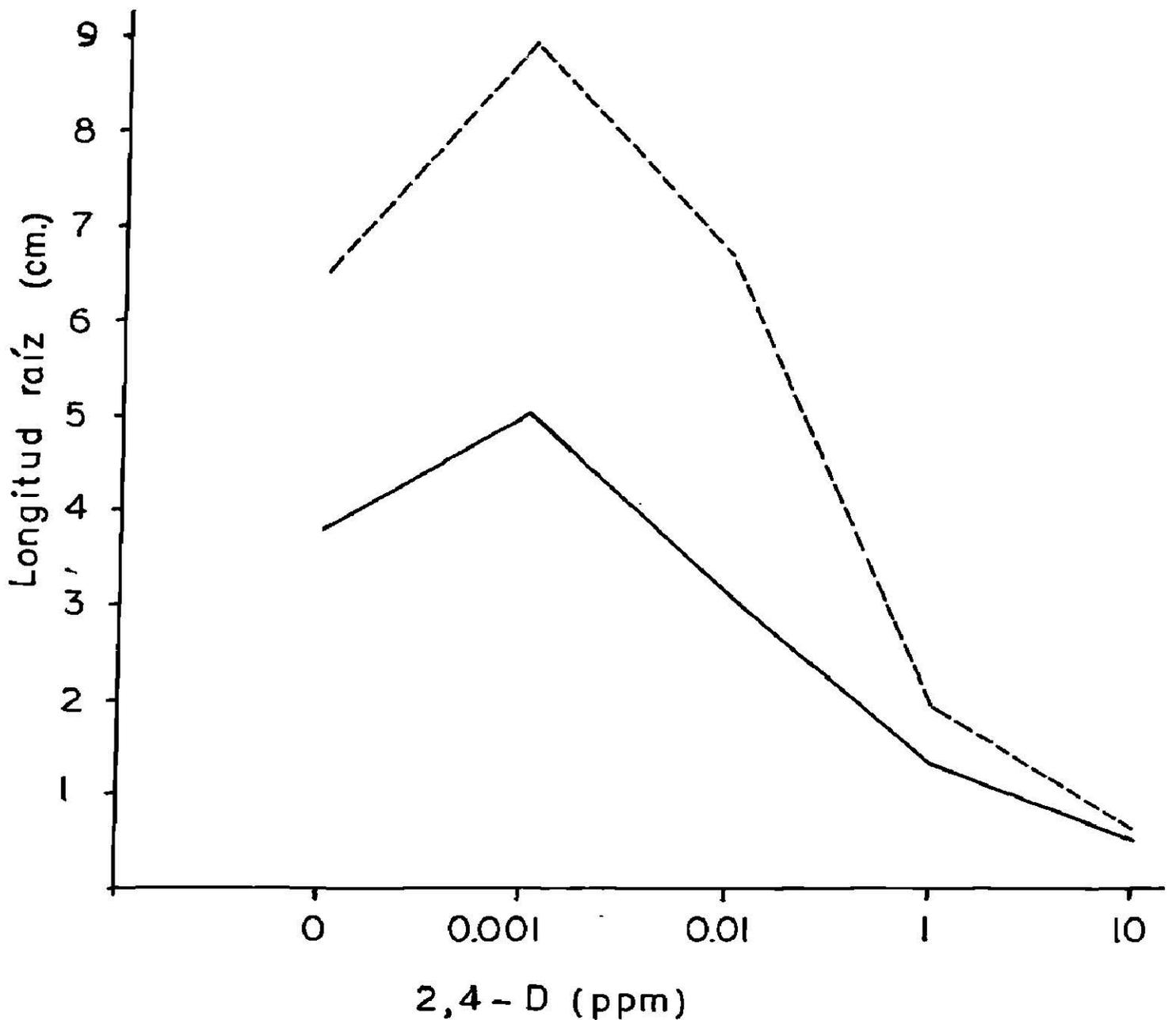


Fig. 3.- Desarrollo de las raíces adventicias en semillas de frijol sujetas al efecto de diversas concentraciones de 2,4 - D (amina).

----- 6 días después de aplicación
—— 3 días después de aplicación

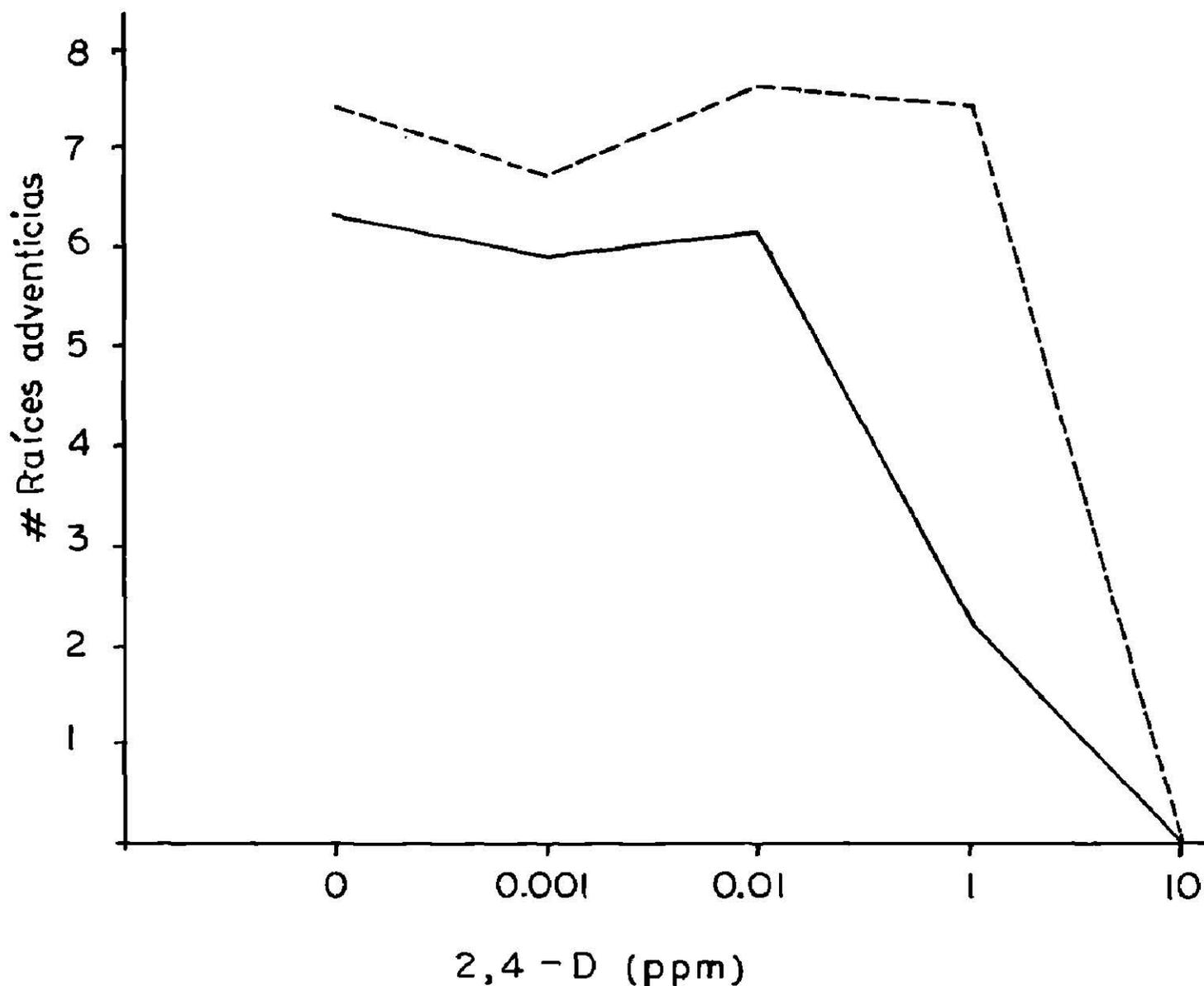


Fig. 4.- Desarrollo de las raíces secundarias en semillas de frijol sujetas al efecto de diversas concentraciones de 2,4-D (amina).

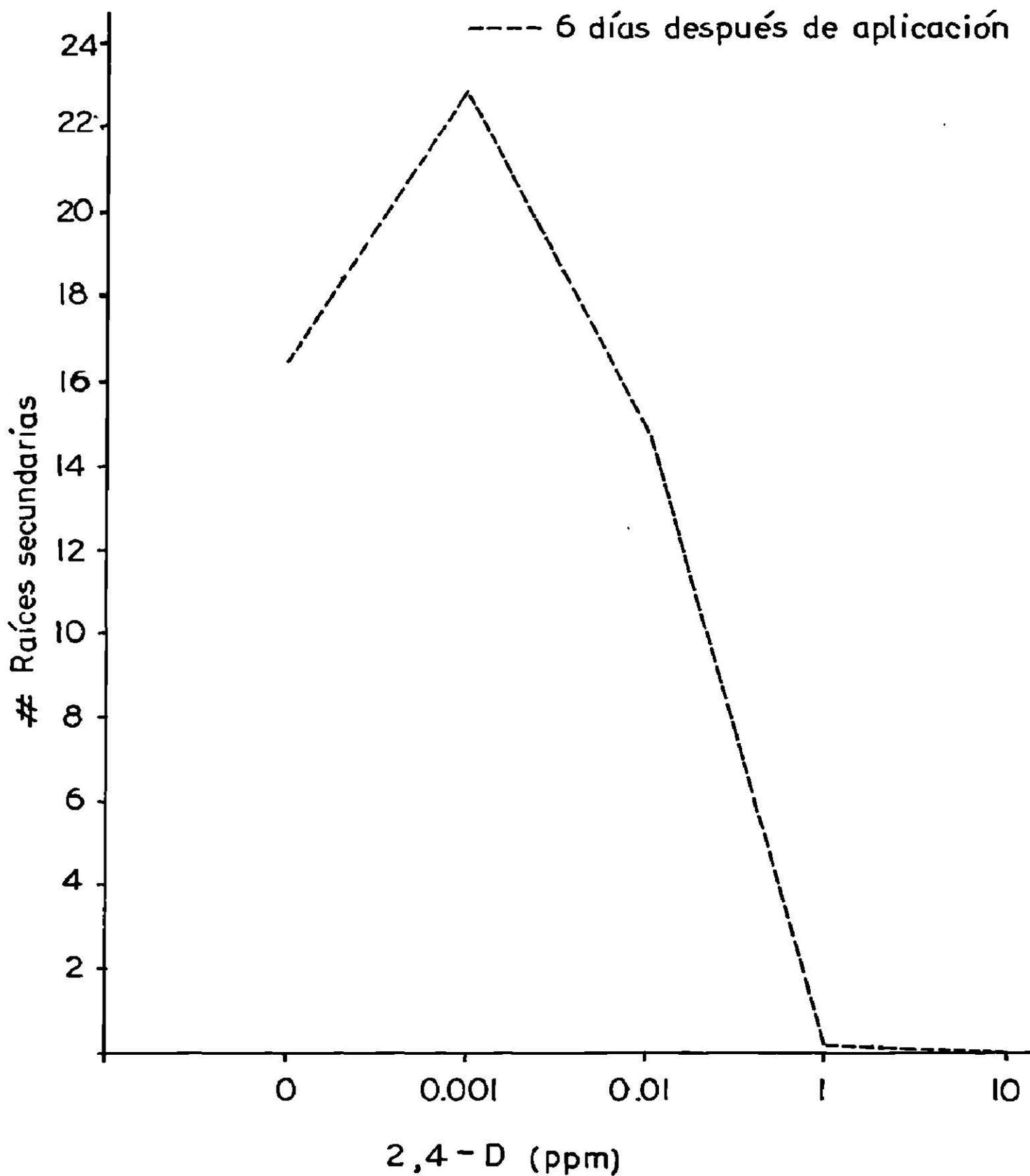


Fig. 5.- Desarrollo del coleoptilo en semillas de maíz sujetas al efecto de diversas concentraciones de 2,4-D (amina).

----- 6 días después de aplicación
—— 3 días después de aplicación

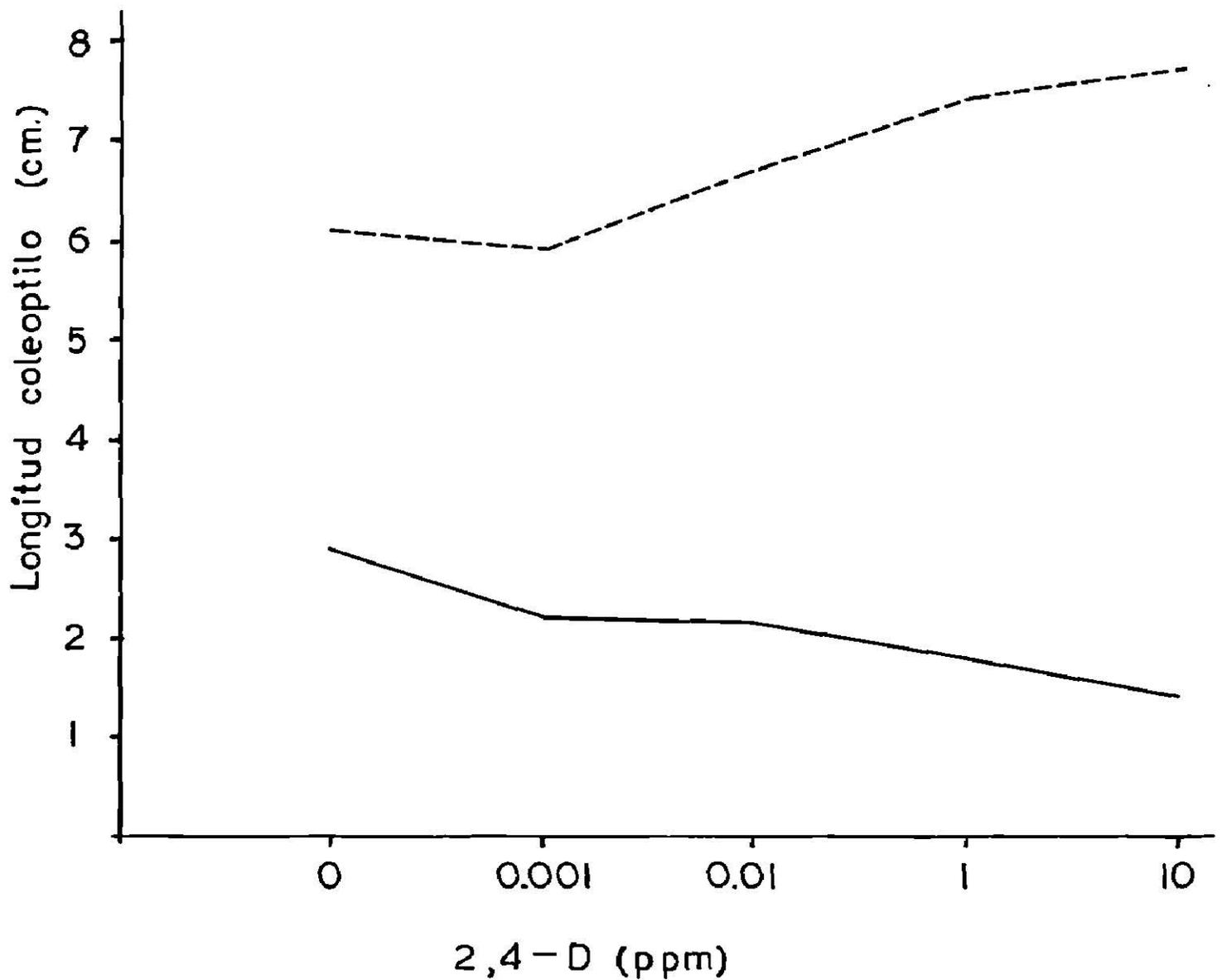


Fig. 6.- Desarrollo de la raíz en semillas de maíz sujetas al efecto de diversas concentraciones de 2,4-D (amina).

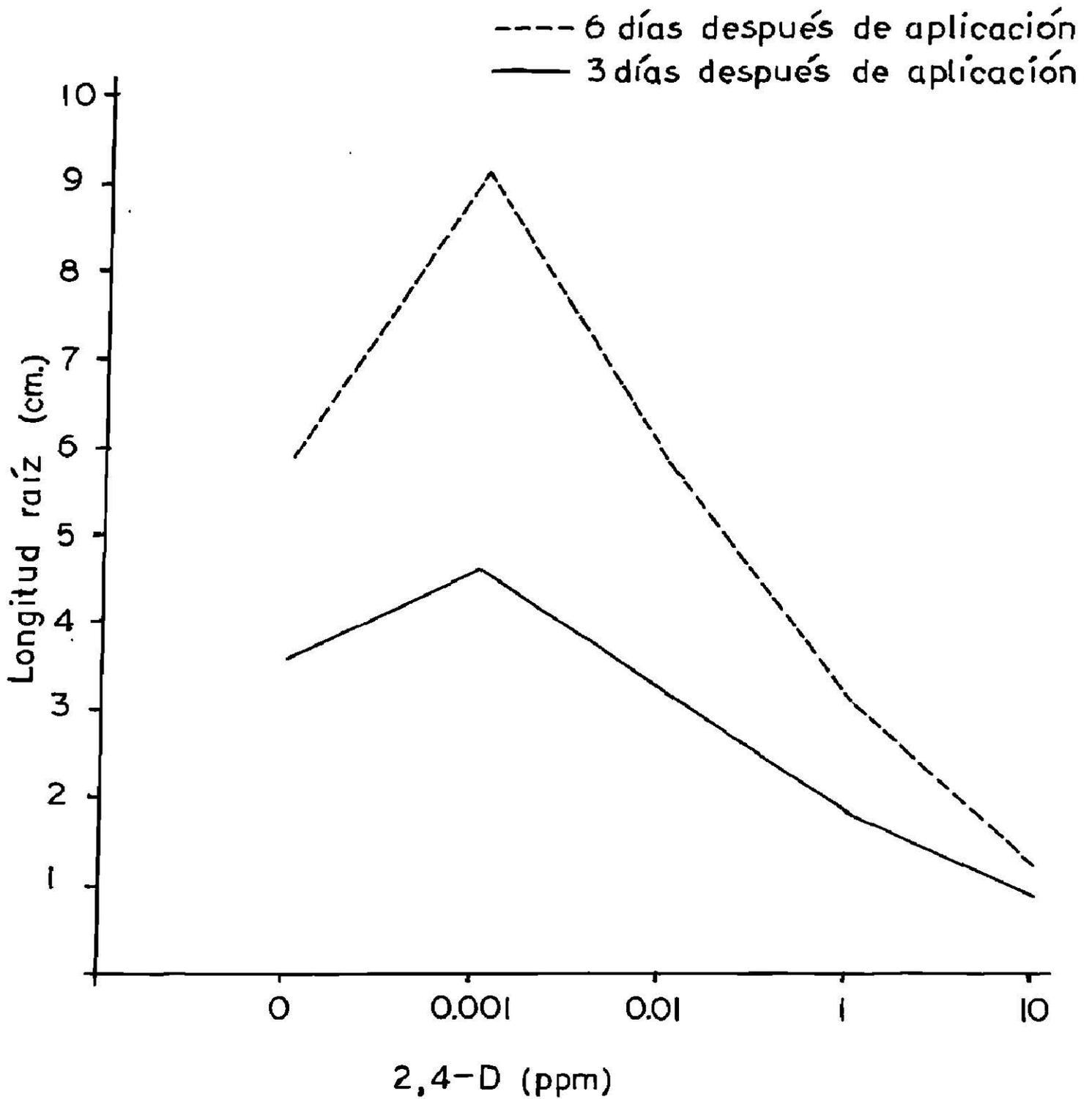


Fig. 7.- Desarrollo de las raíces adventicias en semillas de maíz sujetas al efecto de diversas concentraciones de 2,4-D (amina).

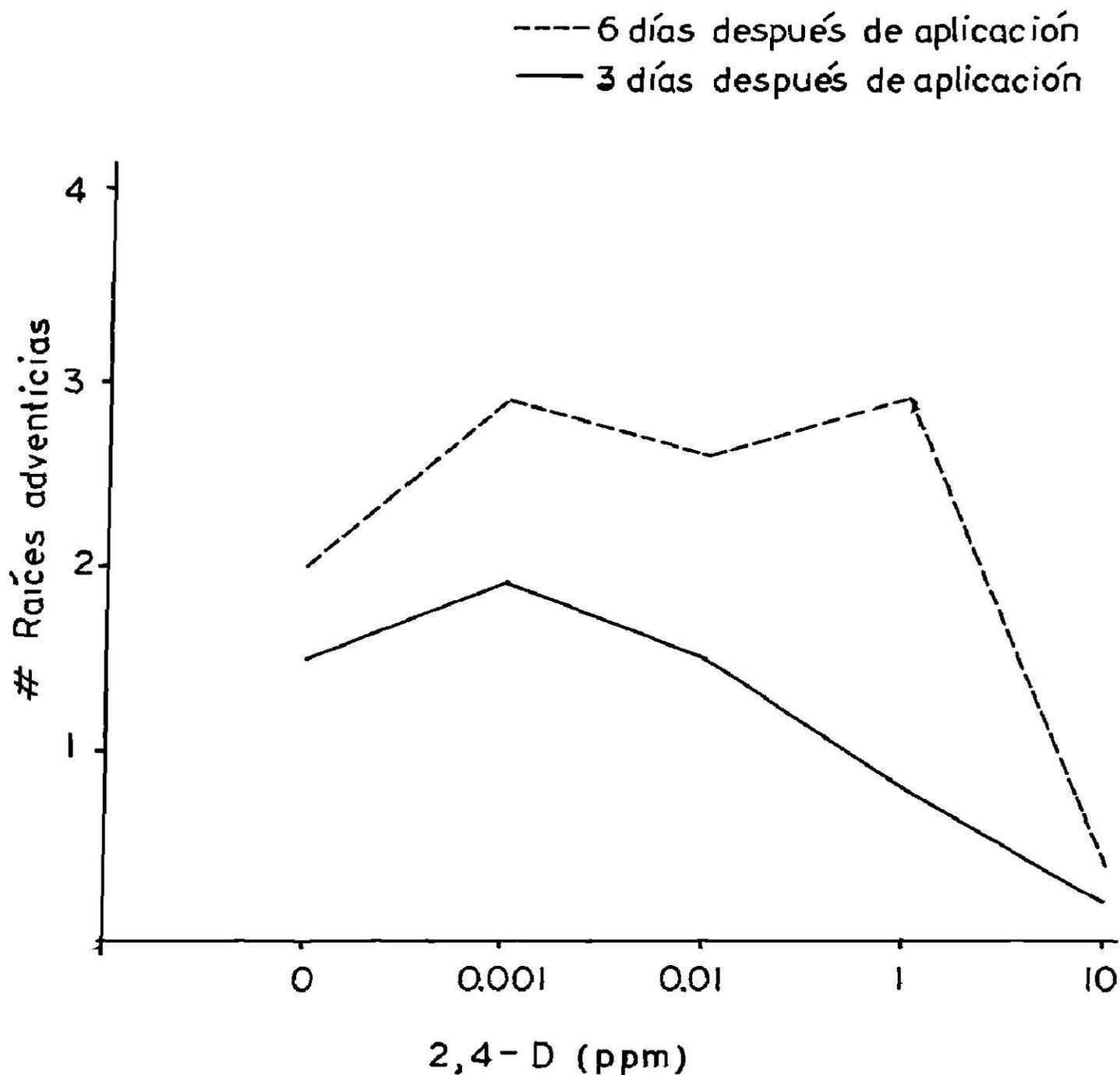


Fig. 8.- Desarrollo de las raíces secundarias en semillas de maíz sujetas al efecto de diversas concentraciones de 2,4-D (amina).

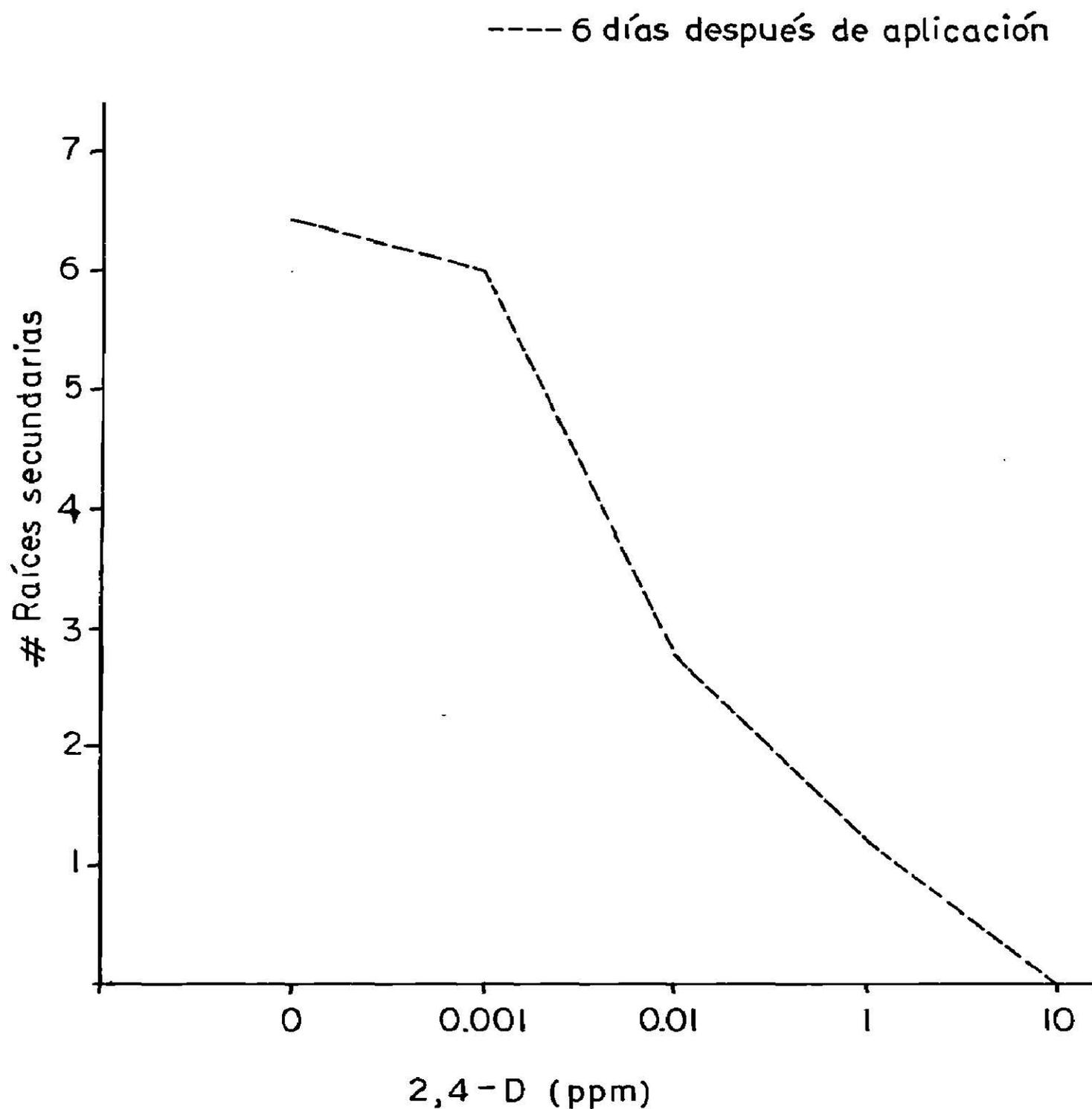


Fig.9.- Cantidad de CO_2 desprendido en 24 horas por semillas de frijol germinando a diferentes concentraciones de 2,4-D (amina)

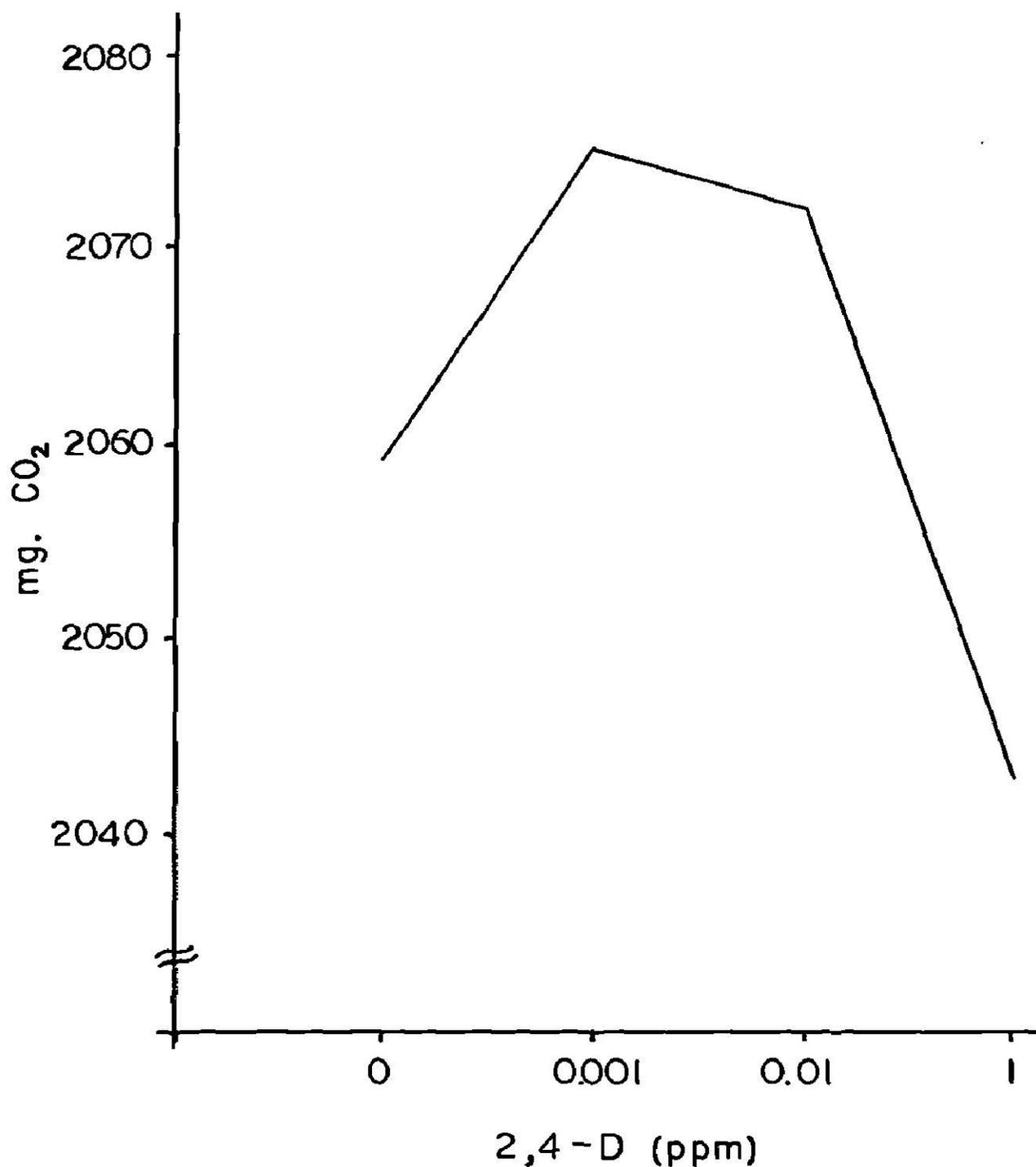


Fig. 10.- Cantidad de CO_2 desprendido en 24 horas por semillas de maíz germinando a diferentes concentraciones de 2,4-D (amina).

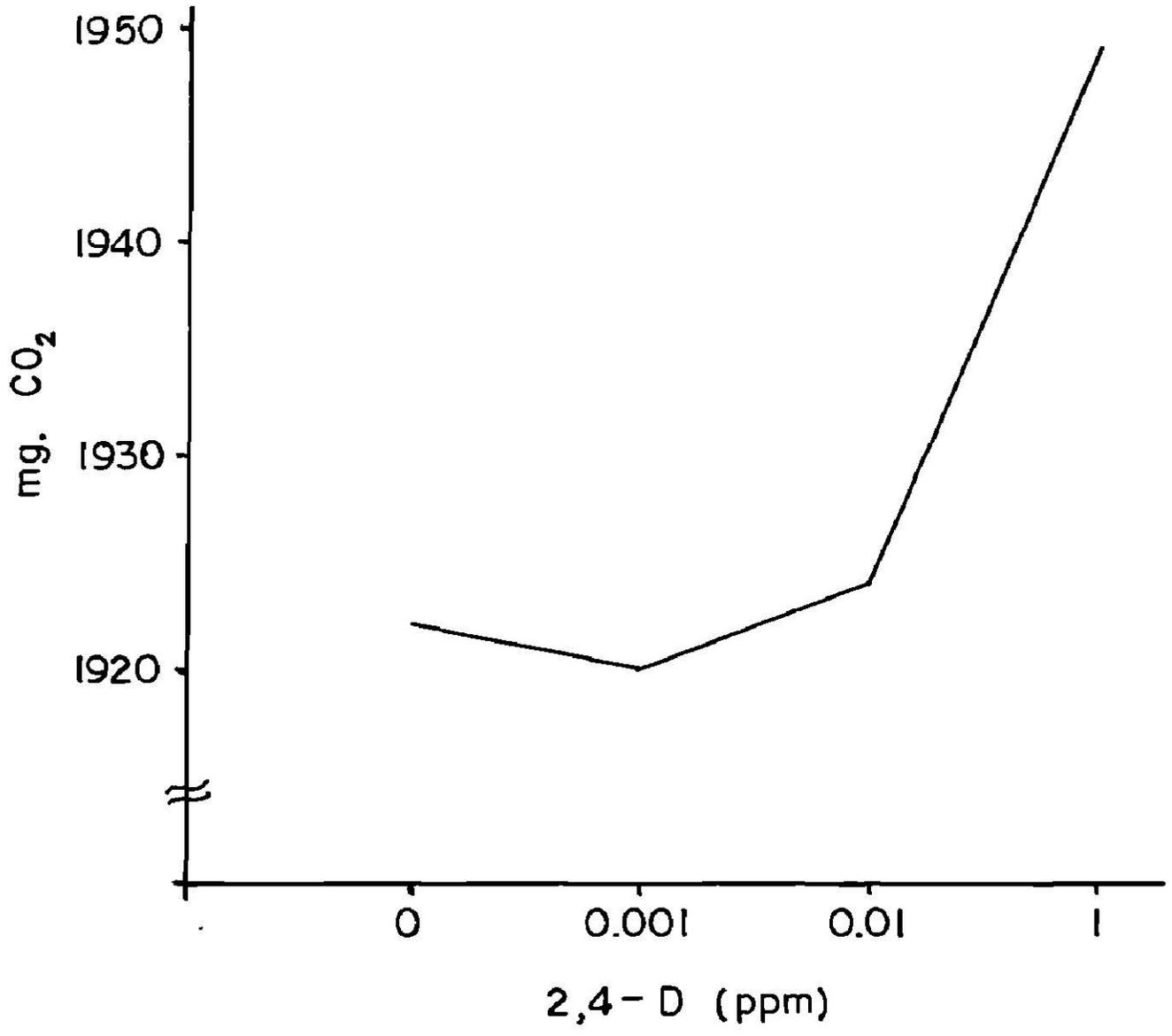


Fig II.- Cantidad de CO_2 desprendido en 24 horas por semillas de frigo germinando a diferentes concentraciones de 2,4-D (amina).

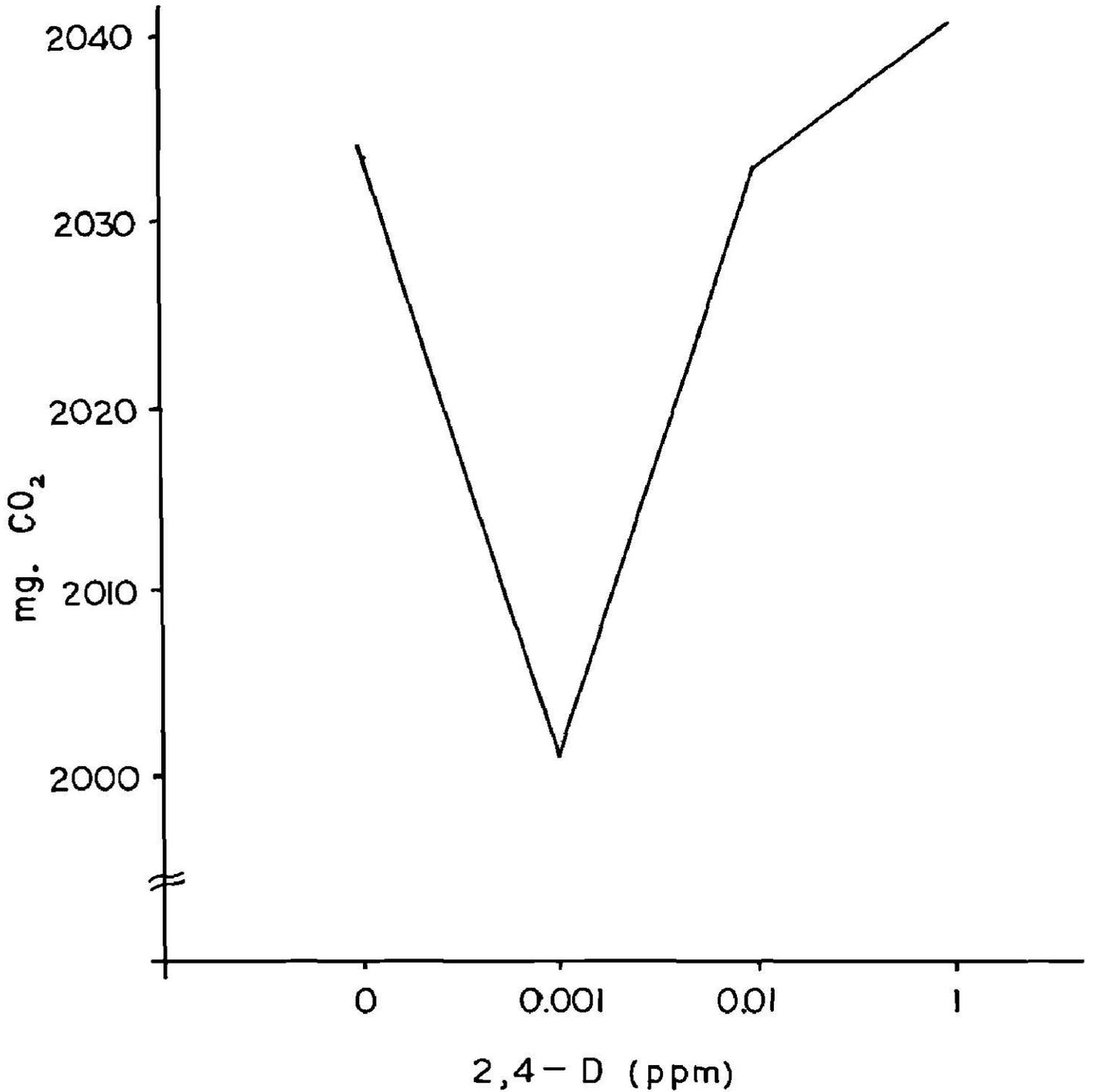
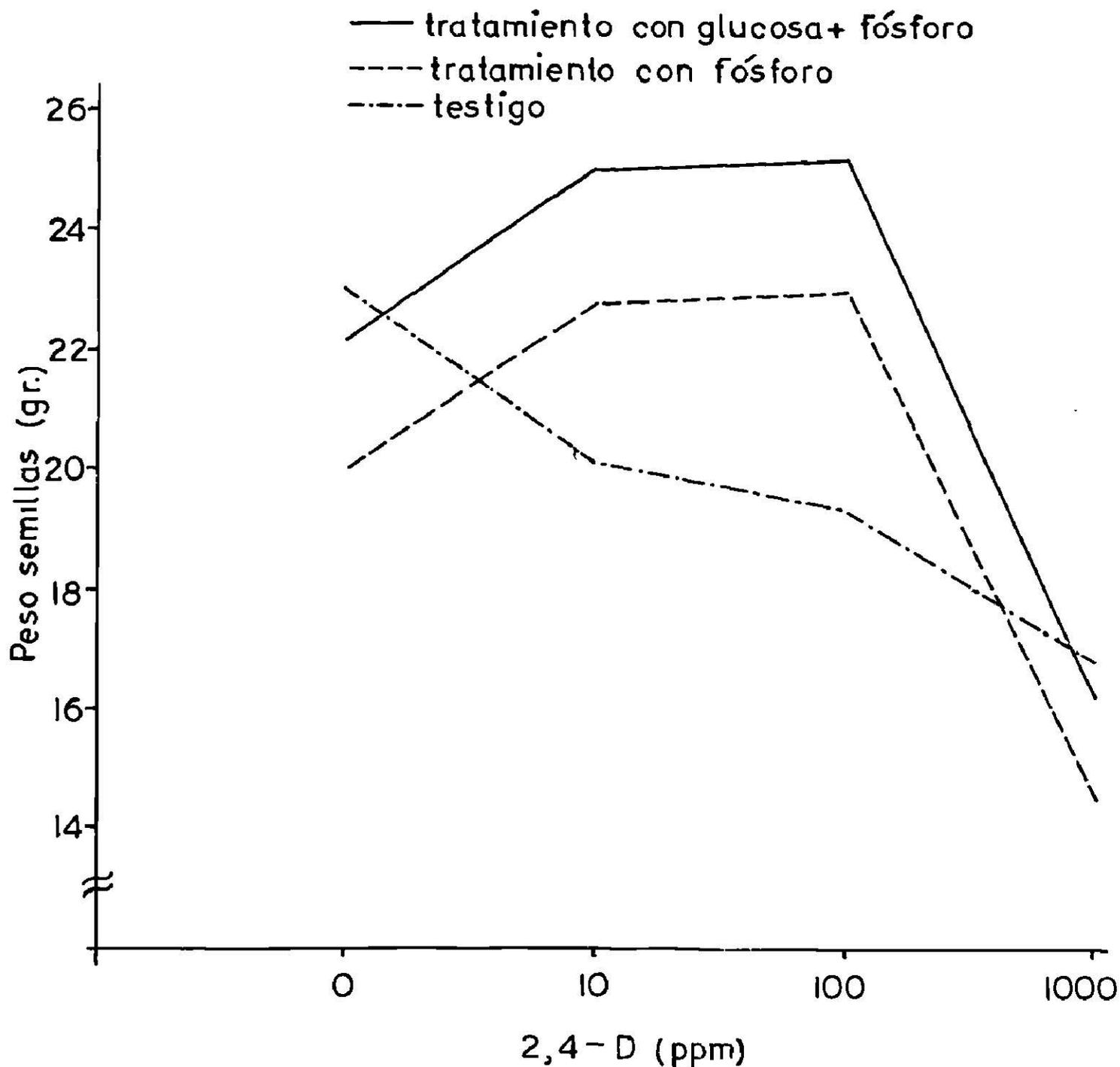


Fig. 12.- Respuesta en peso de la cosecha de plantas de trigo sujetas a diversas concentraciones de 2,4-D (amind) y a diferentes dosis de glucosa y fósforo.



Las líneas de tendencia de la gráfica sugieren que los tratamientos con glucosa + fósforo y con fósforo superan al testigo.- Puede observarse también que el tratamiento con glucosa+ fósforo es superior a los otros dos.

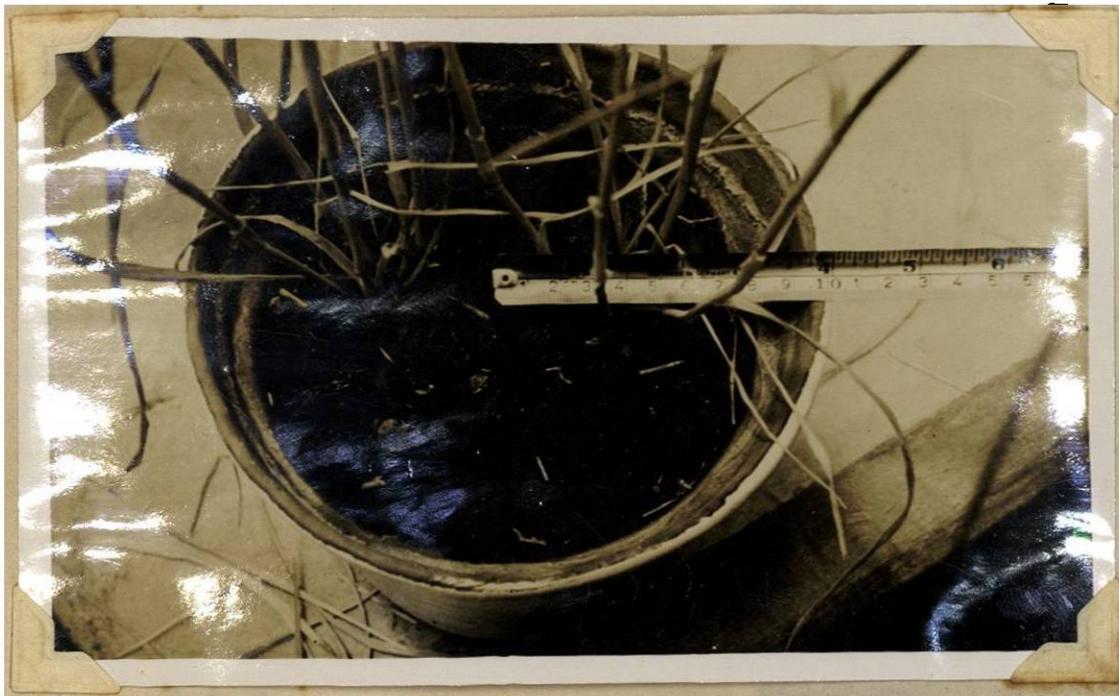
Fig. 13.- Semillas de frijol tratadas con 2,4-D (amina) a 0 (testigo) 0.001, 0.01, 1 y 10 ppm. (equivalente ácido). A los 6 días de germinar.

Fig. 14.- Semillas de maíz tratadas con 2,4-D (amina) a 0 (testigo) y a 1 ppm. -- (equivalente ácido) a los seis --- días de germinadas.

Fig. 15.- Semillas de maíz tratadas con 2,4-D (amina) a 0 (testigo) y 0.01 ppm. (equivalente a ácido). A los seis días de germinación.

Fig. 16.- Semillas de maíz tratadas con 2,4-D (amina) a 0 (testigo) y 10 ppm. (equivalente a ácido), a los seis días de germinación.

Fig. 17.- Plantas de trigo tratadas con 2,4-D (amina) a 1000 ppm. (equivalente a ácido) a los 44 días de emergencia. Fotos a los 90 días de emergencia.



**A)- Tes--
tigo no
tratado.**

**B)- Tratado
con
2,4-D**



**El 2,4-D indujo a crecimiento pa-
ralo al suelo durante un tiempo
por lo que las plantas aparecían -
con los macollos abiertos.**

Fig. 18.- Plantas de trigo tratadas con 2,4-D (amina) en ppm. (equivalente en ácido) a los 44 días de emergencia. Fotos tomadas a los 90 días de emergencia.

A)- Tratamiento con 0 (testigo) y 1000 ppm. Nótese el carácter inhibitorio del 2,4-D.



B)-



A P E N D I C E

Tabla XI. - Análisis de varianza de la longitud del hipocotilo de frijol seis días después del tratamiento.

| Factor de variación | G. L. | S. C. | S ² | F |
|---------------------|-------|--------|----------------|-----------|
| Tratamientos | 4 | 260.08 | 65.02 | 180.61 ^^ |
| Repeticiones | 3 | 1.18 | 3.26 | 3.49 |
| Error Exp. | 12 | 4.29 | 0.36 | |
| Total | 19 | 267.90 | | |

^^Significancia al 1%

F para 1% = 5.41

Tabla XII. - Análisis de varianza de la longitud de la raíz de frijol seis días después del tratamiento.

| Factor de variación | G. L. | S. C. | S ² | F |
|---------------------|-------|--------|----------------|----------|
| Tratamientos | 4 | 202.88 | 50.72 | 64.20 ^^ |
| Repeticiones | 3 | 0.73 | 0.24 | 0.31 |
| Error Exp. | 12 | 0.79 | | |
| Total | 19 | 213.03 | | |

^^ Significancia al 1%

F para 1% = 5.41

Tabla XIII.- Análisis de varianza del coleoptilo de raíz cinco días después del tratamiento.

| Factor de variación | G. L. | S. C. | S ² | F |
|---------------------|-------|-------|----------------|---------|
| Tratamientos | 4 | 15.43 | 3.86 | 8.21 ^^ |
| Repeticiones | 3 | 1.11 | 0.37 | 0.79 |
| Error Exp. | 12 | 5.68 | 0.47 | |
| Total | 19 | 22.22 | | |

^^ Significancia al 1%

F para 1% = 5.41

Tabla XIV.- Análisis de varianza de la longitud de la raíz cinco días después del tratamiento.

| Factor de variación | G. L. | S. C. | S ² | F |
|---------------------|-------|--------|----------------|----------|
| Tratamientos | 4 | 81.44 | 20.36 | 12.19 ^^ |
| Repeticiones | 3 | 0.66 | 0.22 | 0.33 |
| Error Exp. | 12 | 20.06 | 1.67 | |
| Total | 19 | 102.16 | | |

^^ Significancia al 1%

F para 1% = 5.41

Tabla XV.- Análisis de varianza de la cantidad de granos producidos por efectos del tratamiento.

| Factor de variación | G. L. | S. C. | S ² | F |
|-----------------------|-------|--------|----------------|----------|
| Tratamientos | 11 | 126.54 | | |
| 2,4-D (Factor A) | 3 | 114.00 | 38.00 | 31.67 ^^ |
| Nutrientes (Factor B) | 2 | 1.98 | 0.99 | 0.84 |
| Interacción A x B | 6 | 10.56 | 1.76 | 1.47 |
| Bloque | 3 | 7.58 | 2.53 | 0.22 |
| Error Exp. | 33 | 39.56 | 1.20 | |
| Total | 47 | 173.68 | | |

^^ Significancia al 1%
F para 1% = 4.46.

Tabla XVI.- Análisis de varianza del peso de los granos producidos por efectos del tratamiento.

| Factor de variación | G. L. | S. C. | S ² | F |
|-----------------------|-------|-------|----------------|----------|
| Tratamientos | 11 | 33.35 | | |
| 2,4-D (Factor A) | 3 | 24.19 | 8.06 | 11.04 ^^ |
| Nutrientes (Factor B) | 2 | 3.42 | 1.71 | 2.34 |
| Interacción A x B | 6 | 5.74 | 0.96 | 1.32 |
| Bloque | 3 | 5.20 | 1.73 | 2.37 |
| Error Exp. | 33 | 23.95 | 0.73 | |
| Total | 47 | 62.50 | | |

^^ Significancia para 1%
F para 1% = 4.46

