

Efecto del ácido bórico sobre la penetración y distribución del ácido 2,4 diclorofenoxiacético en *Phaseolus vulgaris*¹

A. J. HALL²

(Recibido : 2 de enero de 1970)

RESUMEN

Ácido bórico en dosis de hasta 20 y 30 μg aumentó la penetración de 2,4D-1-¹⁴C a través de la cara adaxial de discos de hoja de *Phaseolus vulgaris*. Dosis más altas redujeron la penetración con respecto a los valores máximos. No se atribuye este aumento de penetración a un efecto del pH de las soluciones aplicadas.

La aplicación simultánea de ácido bórico y 2,4D a plantas enteras produjo cambios en la distribución de la actividad hallada fuera de las zonas tratadas. Se discute la posibilidad de que este cambio en la distribución se deba a cambios en la actividad de los distintos destinos, mediados por diferencias en el suministro de fotosintatos, resultado a la vez de una mayor penetración o de un cambio en la exportación del 2,4D desde las zonas tratadas.

SUMMARY

Boric acid in doses of up to 20 and 30 μg increased penetration of 2,4D-1-¹⁴C through the adaxial surface of *Phaseolus vulgaris* leaf discs. Higher doses reduced penetration with respect to the maximum values. This increased penetration is not attributed to an effect of the pH of the applied solution.

The simultaneous application of 2,4D and boric acid to whole plants changed the distribution of the activity found outside the treated areas. The possibility that this change in distribution is due to changes in the activity of the different sinks, mediated by different photosynthate supply, resulting in turn from either increased penetration or changes in the exportation of 2,4D from the treated areas, is discussed.

INTRODUCCION

Las observaciones realizadas sobre la distribución de azúcares aplicados a la superficie foliar, y de fotosintatos producidos a partir de ¹⁴CO₂ en plantas normales y deficientes en boro han permitido sugerir que este elemento podría tener importancia en la translocación de dichas sustancias (GAUCH y DUGGER, 1953; DUGGER et al., 1957; SILER et al., 1956).

¹ Realizado como parte del convenio suscripto con la Estación Experimental Agropecuaria Bariloche del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

² Profesor adjunto del Departamento de Biología y Ecología, orientación Fisiología Vegetal y Fitogeografía, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad de Buenos Aires.

Esta interpretación del papel del boro como elemento esencial ha sido objetado por varios autores, WEISER, BLANEY y LI (1964) han presentado pruebas que sugieren que los resultados observados se deben más a un efecto del boro sobre la penetración de los azúcares a la hoja que a un efecto sobre la translocación. A diferencia de GAUCH y DUGGER, no observaron diferencias significativas en la distribución de fotosintatos producidos a partir de ¹⁴CO₂ en estacas enraizadas de poroto. COKE y WHITTINGTON (1968) observaron un aumento en la penetración de ácido indol acético en raíces de *Vicia faba* que habían sido cultivadas con boro, con respecto a raíces deficientes.

MITCHELL, GAUCH y DUGGER (1953) observaron un aumento de la velocidad de respuesta en plan-

tas de poroto tratadas con 2,4 DNH₄ en presencia de ácido bórico, con respecto a los testigos. LEONARD (1958) no halló un aumento de efectividad del 2,4D cuando se lo aplicaba con ácido bórico, tanto en experiencias con poroto como en malezas arbustivas. FELDMAN (1966) trabajando con chañar (*Geoffroea decorticans*) encontró que la efectividad del 2,4,5T en aplicaciones foliares y por inyección en los tallos, aumentaba notoriamente con el agregado de ácido bórico.

Los ensayos que se describen a continuación se llevaron a cabo para obtener información acerca de las posibles interacciones entre el ácido bórico y el 2,4D que pudieran influir sobre la efectividad del herbicida.

MATERIALES Y METODOS

El 2,4D-1-¹⁴C utilizado en estos ensayos fue provisto por Amersham, con una actividad específica de 5 mC/mM bajo la forma de solución benéfica. En la Comisión Nacional de Energía Atómica fue preparada como una solución hidroalcohólica (50/50) con una actividad de 20 μ C/ml. Las soluciones marcadas fueron preparadas antes de cada ensayo mezclando el volumen requerido de esta solución con una solución de 2,4D frío. Esta solución madre fue luego mezclada con soluciones de ácido bórico o agua para obtener las concentraciones deseadas.

El pH inicial de las distintas soluciones fue medido con un Beckman Zeromatic II. Las mismas soluciones de ácido bórico y 2,4D utilizadas para las diluciones marcadas, eran mezcladas en idéntica proporción (omitiendo el agregado de 2,4D marcado) para obtener un volumen de solución suficientemente grande como para poder utilizar los electrodos disponibles (10 ml).

Todos los ensayos fueron realizados con plantas de *Phaseolus vulgaris* cv. Pencil. Para obtener el material utilizado en los ensayos de penetración, las semillas fueron puestas a germinar sobre toallas de papel embebidas en agua, a $20 \pm 1^\circ$ C. Seis días después de puestas a germinar, las plántulas fueron colocadas en macetas de plástico de 35 ml, en un sustrato compuesto por partes iguales de tierra y Perlite (lava volcánica). Las macetas fueron colocadas bajo un panel de lámparas de luz de mercurio, donde crecieron sometidas a una intensidad luminosa de entre 450 y 550 bujías pie

con un fotoperíodo de 10 horas diarias, y a temperatura ambiente. Las macetas fueron regadas con agua corriente cada vez que la superficie del suelo comenzaba a secarse.

Se separaron discos de la hoja primordial de la planta entre 8 y 10 días después del repique. En este momento las hojas primordiales estaban cerca de su máxima expansión. Antes de cortar los discos se eligió un grupo de plantas de la mayor uniformidad posible en cuanto a color, forma y desarrollo de la hoja primordial. Se cortaron 5 discos de 12 mm de diámetro de cada hoja, utilizando un sacabocados y tomando especial cuidado en cuanto a excluir las nervaduras principales. Los discos fueron colocados en la cara abaxial hacia abajo sobre toallas de papel embebidas en agua destilada y luego rápidamente distribuidos entre los tratamientos, de tal forma que cada planta estuviera representada solamente por un disco en cada tratamiento.

Durante el período en el que se producía la penetración, los discos fueron incubados sobre papel de filtro embebido en agua destilada en cajas de Petri, utilizándose 10 discos por tratamiento. Las cajas de Petri fueron colocadas bajo un panel de luces fluorescentes, y sometidas a una iluminación de 650 bujías pie durante las 24 horas. El panel estuvo en un cuarto climatizado a $20 \pm 1^\circ$ C y se mantuvo un flujo continuo de aire sobre las cajas, por medio de un ventilador. Las lecturas tomadas con un teletermómetro, indicaron que la temperatura de los discos en esas condiciones fue de $21 \pm 0.5^\circ$ C.

Para mantener las gotas de soluciones ensayadas sobre los discos, se utilizó un sistema similar al descrito por SARGENT y BLACKMAN (1962), utilizando anillos de lucite de 8 mm de diámetro interno, adheridos a los discos con lanolina. En todos los casos se estudió la penetración del ácido 2,4D a través de la cara adaxial y se utilizó un volumen de gota de 50 μ l.

Terminado el período de incubación, se lavó el contenido del anillo con 15 ml de NH₄OH 0,01 N (pH ca. 10.4) con la ayuda de una jeringa de inyección. Los ensayos previos demostraron que no era posible detectar actividad en el líquido de lavado luego de realizar tres lavados sucesivos de 1 ml cada uno. Se quitó el anillo y se eliminó el exceso de lanolina con un algodón empapado en benceno. Esta operación se realizó muy cuidadosamente, ya que la lanolina quedaba ligeramente

contaminada por las soluciones utilizadas, siendo necesario lavar con benceno los elementos utilizados después de la limpieza de cada disco.

El disco limpio se colocó con la cara adaxial hacia arriba en una cazoleta de aluminio sobre un trozo de cinta adhesiva de doble faz, ubicada en el centro de la misma. Se secó bajo una lámpara de rayos infrarrojos y el conteo fue realizado utilizando un Geiger-Muller de flujo gaseoso Frieseke y Hoepfner FH 407 con una ventana de 0,9 mg/cm².

Durante el período de incubación las cajas fueron revisadas diariamente para observar el estado de los discos. Fue común que en algunos anillos el sello de lanolina comenzara a perder luego de varios días de incubación. Los ensayos previos indicaron que la actividad que se hallaba en estos discos fue casi siempre muy distinta, por exceso o defecto, al promedio del tratamiento correspondiente y por tanto, en todos los ensayos los discos que presentaron pérdidas fueron eliminados. No se encontró una actividad significativa en discos incubados sin gota de solución radioactiva en presencia de anillos que perdieron su gota durante la incubación, ni se pudo establecer un aumento en los discos cuyo sello se halló intacto y que estuvieron ubicados cerca de los discos de sello defectuoso, con respecto a las medias para el tratamiento respectivo. Normalmente se produjeron pérdidas en uno o dos discos por tratamiento en los períodos más largos de incubación.

Las plantas utilizadas en el ensayo de distribución fueron cultivadas en forma similar, pero después de plantadas se colocaron en cámara climática regulada a 20° C donde fueron sometidas a un fotoperíodo de 10 horas diarias con una iluminación de 450 bujías pie producidas por tubos fluorescentes y 100 bujías pie por lámparas incandescentes.

En el momento de iniciarse el ensayo, las hojas primordiales de las plantas seleccionadas habían alcanzado el 86 % de su longitud final, las primeras hojas trifoliadas el 30 % de su longitud final y la segunda hoja trifoliada era apenas visible a simple vista.

Para realizar el tratamiento se colocó un soporte de alambre plastificado debajo de una hoja primordial de cada planta, de tal forma que ésta permaneciera horizontal. Sobre la cara adaxial de la hoja se adhirieron cinco anillos de lucite, evitando interesar las nervaduras principales. Se agregó luego 50 µl de solución a cada uno, y rápidamente se

cubrieron los anillos con cubre-objetos para evitar la evaporación de la gota. El cubre-objeto se adhirió al anillo con lanolina y de esta forma se mantuvieron las gotas de solución en contacto con las áreas tratadas, durante todo el período de ensayo.

Durante el período de crecimiento previo al tratamiento y durante el período de ensayo, se hicieron mediciones diarias del largo de la lámina de las distintas hojas de todas las plantas utilizadas.

Finalizado el período de ensayo, las zonas de aplicación y partes vecinas de la lámina fueron separadas con un sacabocados de 15 mm de diámetro, y los discos producidos de esta forma, lavados con la técnica ya descrita. El resto de la planta fue separado en: hoja tratada, hoja primordial opuesta, raíz, tallo por debajo de la inserción de la primera hoja trifoliada, tallo por encima de esta inserción, primera hoja trifoliada, segunda hoja trifoliada y ápices, y fue todo secado a 80° C y pesado.

Para determinar la actividad presente en cada sector de las plantas utilizadas, se sometió cada uno a oxidación en caliente con ácido crómico y mezcla sulfofosfórica, haciendo burbujear el gas desprendido a través de 20 ml de solución de 25 % de monoetanol amina en alcohol metílico para recoger el CO₂ (KALBERER y RUTSCHMANN, 1961). Durante la digestión, todo el aparato utilizado (compuesto por un balón de 300 ml, un embudo de decantación, un tubo de Claisen, un condensador vertical y un burbujeador de pico muy fino) fue mantenido bajo vacío. Completada la digestión, se abrió la llave del embudo de decantación y se barrió todo el sistema por desplazamiento con 5 litros de aire, proceso que duró aproximadamente 90 minutos. Los ensayos previos indicaron que no fue posible detectar actividad en el aire de barrido luego de haber pasado 4,5 litros por el sistema, y tampoco se pudo detectar actividad en los gases luego de hacerlos burbujear en solución de monoetanol amina.

La solución de monoetanol amina fue llevada a un volumen de 50 ml con metanol, contándose la actividad presente en una alícuota de 5 ml diluidos en 15 ml de solución de centellador en un contador de centelleo líquido Packard Tri-Carb. La solución de centellador utilizada se preparaba con 4 gr de PPO, 0,1 g de metil POPOP y 1000 ml de tolueno.

Los datos presentados en las figuras y cuadros están acotados con los valores del error standard para cada caso.

RESULTADOS

Se estudió el problema de penetración a través de la cara adaxial de la hoja, ya que este proceso es el que determina en la mayoría de los casos de uso corriente, la cantidad de herbicida que penetra en la planta.

Para poder seguir el proceso sobre períodos relativamente prolongados, se determinó la cantidad de ácido 2,4D que se podía aplicar sin que el disco mostrara evidencias de necrosis al cabo de los seis días. Como las dosis mayores de 10 µg de 2,4D por disco produjeron necrosis más o menos extendida de los discos, todos los ensayos se realizaron con esa dosis.

El efecto de distintas cantidades de ácido bórico sobre la penetración del 2,4D puede verse en la Fig. 1. La actividad específica de la gota aplicada fue de 0.03 µC y el pH inicial de las soluciones aplicadas varió de 3,45 para el 2,4D solo hasta 3,35 para 2,4D más 50 µg de ácido bórico por gota. Este experimento se realizó tres veces con resultados similares.

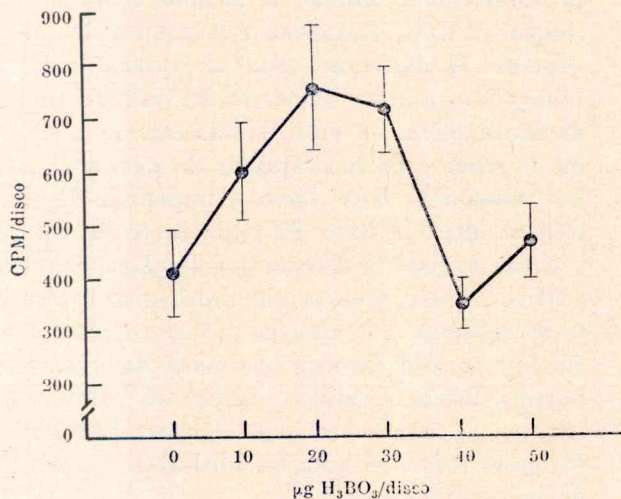


Fig. 1. — Efecto de distintas cantidades de ácido bórico sobre la penetración del 2,4D. Los valores para 20 y 30 µg son significativamente diferentes del testigo para un valor de P igual o menor que 0,05 según el test de «t».

Para seguir el proceso de penetración en relación con la duración del tratamiento, se compararon discos tratados con 2,4D y 2,4D más 20 µg de bórico, haciendo tres cosechas separadas por 48

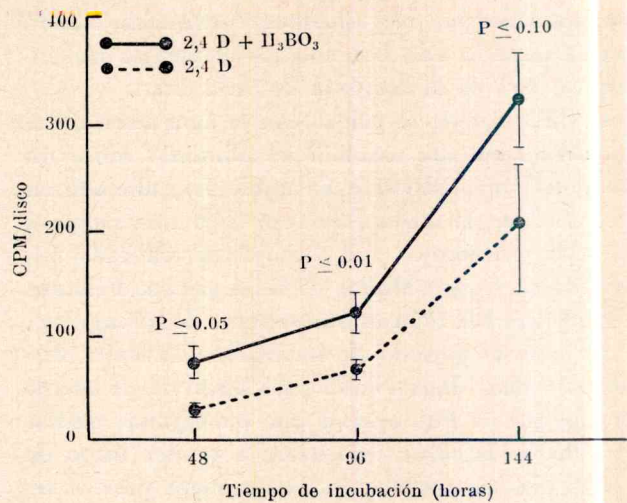


Fig. 2. — Efecto de 20 µg de ácido bórico sobre la penetración del 2,4D en relación con la duración del tratamiento. Por encima de cada par de puntos figuran los valores de P para el test de «t».

horas. Los resultados se pueden ver en la Fig. 2. Este ensayo se realizó dos veces con resultados similares.

Para estudiar la interacción entre el ácido bórico y el 2,4D en planta entera, se trataron grupos de cinco plantas con 10 µg de 2,4D por gota, 10 µg de 2,4D más 20 µg de ácido bórico por gota, ácido bórico solo y agua. La actividad por gota fue de 0,05 µC.

El efecto del ácido bórico sobre la distribución de la actividad hallada fuera de la zona tratada puede verse en la Fig. 3.

El efecto de los distintos tratamientos sobre el largo de la lámina de la segunda hoja trifoliada puede verse en el Cuadro 1. De las cinco plantas tratadas con 2,4D más ácido bórico, tres mostraron nastias evidentes, mientras que no se observaron nastias en las plantas tratadas solamente con 2,4D.

CUADRO 1. — Largo final (mm) de la lámina de la segunda hoja trifoliada de plantas tratadas con 2,4D; 2,4D + ácido bórico; ácido bórico y agua.

Agua.....	67,8 ± 5,40 a
Acido bórico.....	73,0 ± 5,10 a
2,4D.....	55,0 ± 3,94 b
2,4D + ácido bórico.....	50,4 ± 3,01 b

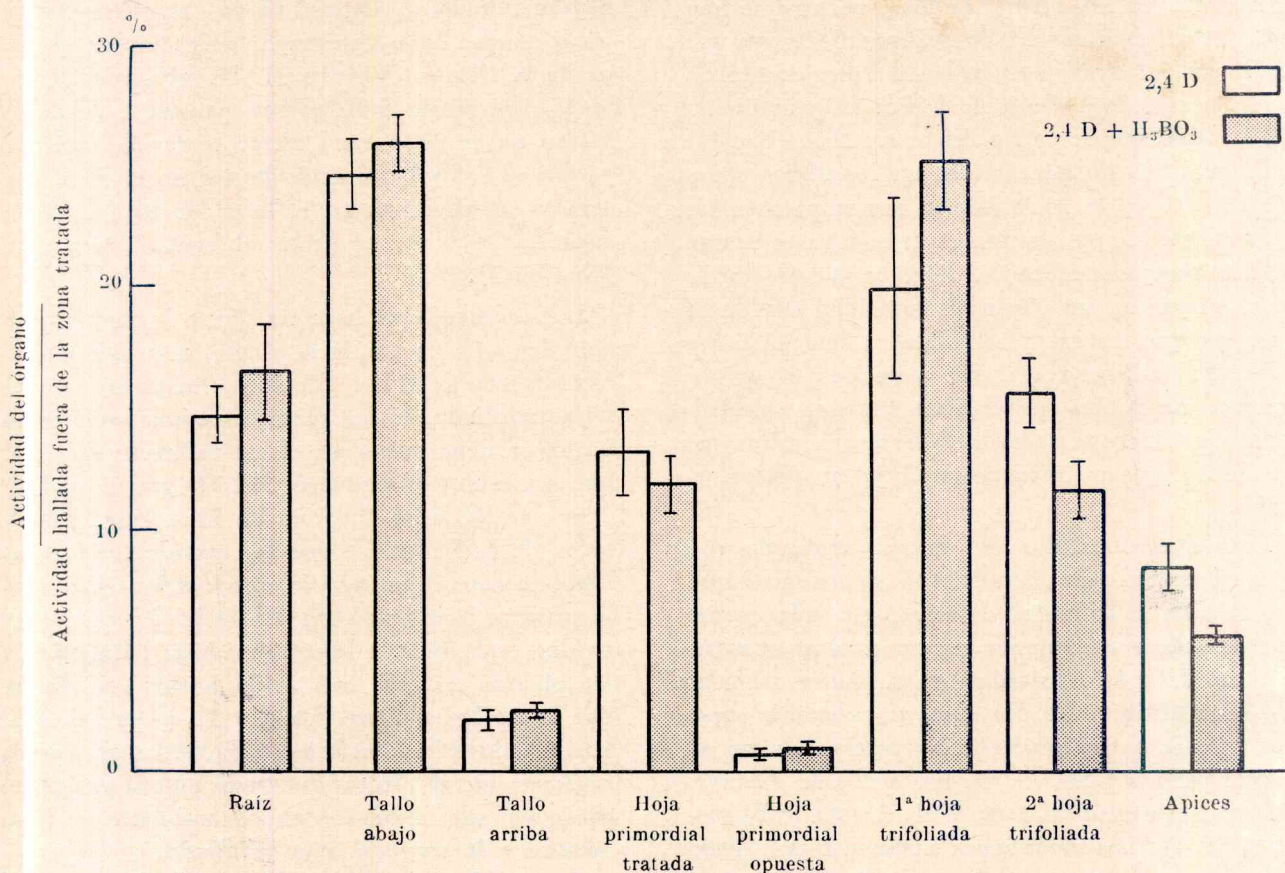


Fig. 3. — Efecto del ácido bórico sobre la actividad hallada fuera de la zona tratada con 2,4D-1-¹⁴C

Las cifras seguidas de letras distintas son diferentes entre sí a un nivel de P igual o menor a 0.05 según el test de "t".

En el Cuadro 2 puede verse el efecto del agregado de ácido bórico, sobre algunos parámetros de interés para la evaluación de este experimento.

CUADRO 2. — Efecto del ácido bórico sobre algunas características del comportamiento de la planta en relación con la penetración y la distribución de la actividad aplicada como 2,4 D-1-¹⁴C.

	2,4D	2,4D + Acido bórico
Actividad/planta (CPM)	20.390 ± 3.370	25.837 ± 3.210
Actividad hallada fuera de la zona tratada como % del total.....	44.61 ± 7.90	40.28 ± 6.20
Actividad/gr peso seco 1ª hoja trifoliada	10.683 ± 2.290	16.563 ± 5.150
Actividad/gr peso seco 2ª hoja trifoliada	27.023 ± 3.740	27.736 ± 5.500

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El ácido bórico en dosis de hasta 20 y 30 µg por disco aumenta la penetración del 2,4D; mayores cantidades deprimen la penetración con respecto a estos valores máximos (Fig. 1). Este aumento de penetración parece ser un efecto directo del ácido bórico y no un artefacto derivado de las variaciones de pH (SARGENT y BLACKMAN, 1962), ya que el efecto del ácido bórico no varía en forma lineal con el aumento de la dosis. Además, las variaciones del pH inicial de las soluciones utilizadas, producidas por el agregado de ácido bórico, no parecen lo suficientemente grandes como para provocar los cambios observados en la penetración, sobre todo teniendo en cuenta que la penetración a través de la cara adaxial de la hoja de poroto es mucho menos sensible a variaciones de pH que la cara abaxial (SARGENT y BLACKMAN, 1962).

La situación medida al cabo de 6 días de tratamiento en los discos tratados con 20 µg fue apa-

rentemente un fiel reflejo de los procesos que han ocurrido durante el período de tratamiento, ya que los muestreos realizados cada 48 horas indicaron que con esta dosis de ácido bórico la penetración fue siempre mayor en los discos tratados (Fig. 2).

El aumento de penetración en los discos tratados con 50 μg de ácido bórico con respecto a los tratados con 40 μg fue una característica constante de los ensayos realizados. Esta respuesta podría tener origen en un efecto de toxicidad debida al boro, ya que los ensayos realizados con ácido bórico solo indicaron que las dosis de 50 μg por disco, o superiores, produjeron necrosis puntiforme de los discos al cabo de 96 horas, mientras que las de 25 μg por disco no produjeron efectos visibles.

Los datos obtenidos del ensayo realizado con plantas enteras no permitieron determinar qué fracción de la actividad detectada en cada órgano corresponde a 2,4D activo, ni tampoco si el metabolismo del 2,4D es similar en las plantas tratadas y en las testigos. No obstante, es razonable suponer que la actividad hallada corresponde en su mayor parte a 2,4D o a sus productos de degradación y conjunción (BACH, 1961; LITTLE y BLACKMAN, 1963). Las mediciones realizadas por diversas vías, en distintos órganos de poroto, indican que la pérdida de actividad y/o producción de $^{14}\text{CO}_2$ a partir de 2,4D marcado, es escasa o nula en períodos experimentales similares al utilizado para este ensayo (BACH y FELLIG, 1961; SARGENT y BLACKMAN, 1962; SARGENT et al., 1968). Por lo tanto, la fracción de actividad que corresponde a productos derivados de $^{14}\text{CO}_2$ fijado por fotosíntesis debe ser de poca importancia.

La distribución de los productos marcados en las plantas tratadas con ácido bórico fue diferente de la encontrada en los testigos (Fig. 3). En las plantas tratadas con ácido bórico, la proporción de productos marcados hallados en los destinos activos en el momento de iniciar el experimento (raíz, tallo y primera hoja trifoliada) es mayor que en los testigos. Esta situación se invierte para los destinos que presumiblemente comenzaron a competir en forma significativa por el 2,4D exportado durante la última parte del ensayo (segunda hoja trifoliada y ápices).

El efecto de la aplicación simultánea de 2,4D y ácido bórico fue una mayor respuesta en términos de nastias del segundo entrenudo de las plantas, pero el efecto sobre el crecimiento de la segunda

hoja trifoliada no alcanzó valores significativos, a pesar de que hubo una mayor reducción en el largo de la lámina (Cuadro 1). No obstante, el aumento del efecto del 2,4D en presencia de ácido bórico no se debe a un efecto tóxico del mismo, ya que el control con ácido bórico no mostró diferencias significativas en el largo de lámina de la segunda hoja con respecto al control con agua (Cuadro 1).

Si el agregado de boro no afecta la metabolización del 2,4D dentro de la planta, es probable que la reducción en el largo de la lámina de la segunda hoja trifoliada de las plantas tratadas con ácido bórico se deba más a un efecto indirecto del 2,4D que a una mayor cantidad de 2,4D por unidad de peso seco (Cuadro 2). Una de las fuentes principales de fotosintatos para la segunda hoja trifoliada durante el período de ensayo debe haber sido la primera hoja trifoliada. El hecho de que la actividad específica de la primera hoja trifoliada de las plantas tratadas con ácido bórico sea mayor que la de los testigos (Cuadro 2), y que el 2,4D pueda reducir la fotosíntesis (HILTON et al., 1963), sugieren que el efecto observado podría estar mediado por una reducción en el suministro de fotosintatos a la segunda hoja trifoliada.

Es posible que la distribución de la actividad fuera de la zona de aplicación que se obtiene con la aplicación simultánea de 2,4D y ácido bórico (Cuadro 3) se deba en parte a interacciones como las recién apuntadas. La mayor proporción de actividad presente en los órganos que están en plena actividad al iniciarse el ensayo en las plantas tratadas con ácido bórico, podría deberse a una mayor exportación inicial desde las zonas de aplicación. Esta mayor exportación, al afectar la capacidad fotosintética de la primera hoja trifoliada, podría haber reducido la provisión de fotosintatos a los destinos que comenzaban a crecer activamente durante el ensayo. Esta reducción, a su vez, puede provocar una disminución en la capacidad de estos órganos para competir por el 2,4D exportado; y como resultado, los ápices y la segunda hoja trifoliada de las plantas tratadas con bórico contienen una proporción menor de la actividad hallada fuera de la zona de aplicación, que los mismos órganos de las plantas testigo.

La mayor exportación inicial desde las zonas de aplicación podría deberse a la mayor penetración o ser el resultado de un efecto combinado del boro sobre la penetración y los mecanismos de ex-

portación del 2,4D. Los datos obtenidos en estos ensayos acerca de la actividad total presente en la planta y la proporción exportada, no son lo suficientemente claros como para adelantar un juicio acerca de esta cuestión (Cuadro 2). Para poder valorar la hipótesis sugerida tendiente a explicar la distribución diferencial y discernir cómo el boro afecta la exportación del 2,4D, será necesario encarar un estudio de las relaciones existentes entre penetración y exportación de 2,4D en períodos experimentales más breves que los estudiados.

AGRADECIMIENTOS

Al Lic. E. BREVEDAN y al Sr. D. H. COGLIATTI por su eficaz colaboración en la realización de este trabajo, y al Director del Centro de Radiobiología (Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad de Buenos Aires) por haber facilitado el uso de los equipos de contaje.

BIBLIOGRAFIA

- BACH, M. K. and FELLIG, J., 1961. *Correlation between inactivation of 2,4 Dichlorophenoxy acetic acid and cessation of callus growth in bean stem sections*. Pl. Physiol. 36 (1): 89-91.
- BACH, M. K., 1961. *Metabolites of 2,4 Dichlorophenoxy acetic acid from bean stems*. Pl. Physiol. 36: 558-565.
- COKE, L. and WHITTINGTON, W. J., 1968. *The role of boron in plant growth. IV. Interrelationships between boron and indol-3yl-acetic acid in the metabolism of bean radicles*. J. exp. Bot. 19 (59): 295-308.
- DUGGER, W. M., HUMPHREYS, T. E. and CALHOUN, B., 1957. *The influence of boron on starch phosphorylase and its significance in the translocation of sugars*. Pl. Physiol. 32: 364-370.
- FELDMAN, I., 1966. *Control del chañar (« Geoffroea decorticans » Burk.)*. Revta. Invest. agríc., S2, 3 (7): 109-122.
- GAUCH, H. G. y DUGGER, W. M., 1953. *The role of boron in the translocation of sucrose*. Pl. Physiol. 28: 457-466.
- HILTON, J. L., JANSEN, L. J. and HULL, H. M., 1963. *Mechanisms of herbicide action*. Ann. Rev. Pl. Physiol. 14: 353-385.
- KALBERER, F. und RUTSCHMANN, J., 1961. *Eine Schnellmethode zur Bestimmung von Tritium, Radiokohlenstoff und Radioschwefel in beliebigem organischem Probenmaterial mittel des Flüssigkeits-Scintillations-Zahlers*. Helvetica Chimica Acta 44 (7): 1956-1966.
- LEONARD, O. A., 1958. *Studies on the absorption and translocation of 2,4D in bean plants*. Hilgardia 28: 115-160.
- LITTLE, E. C. S. and BLACKMAN, G. E., 1963. *The movement of growth regulators in plants. III. Comparative studies of transport in « Phaseolus vulgaris »*. New Phytol. 62 (2): 173-197.
- MITCHELL, J. W., DUGGER, W. M. and GAUCH, H. G., 1953. *Increased translocation of plant-growth-modifying substances due to application of boron*. Science 118: 354-355.
- SARGENT, J. A. and BLACKMAN, G. E., 1962. *Studies on foliar penetration I. Factors controlling the entry of 2,4 Dichlorophenoxy acetic acid*. J. exp. Bot. 13 (39): 348-368.
- 1965. *Studies on foliar penetration II. The role of light in determining the penetration of 2,4 Dichlorophenoxy acetic acid*. J. exp. Bot. 16: 24-47.
- SARGENT, J. A., POWELL, R. G. and BLACKMAN, G. E., 1968. *Studies on foliar penetration III. The effects of chlorination on the rate of penetration of phenoxyacetic acid and benzoic acid into leaves of « Phaseolus vulgaris »*. J. exp. Bot. 20 (63): 426-430.
- SISLER, E. C., DUGGER, W. M. and GAUCH, H. G. 1956. *The role of boron in the translocation of organic compounds in plants*. Pl. Physiol. 31: 11-17.
- WEISER, C. J., BLANEY, L. T. and LI, P. 1964. *The question of boron and sugar translocation in plants*. Physiologia Pl. 17: 589-599.

