

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE LA ENANIZACIÓN ECOLÓGICA DE « TROPÆOLUM MAJUS » ¹

Por E. M. SIVORI Y C. P. RUMI ²

RESUMEN. — De acuerdo a lo que se describe el comportamiento y las características de las plantas enanizadas por la luz pueden sintetizarse en los siguientes puntos: Poseen un crecimiento muy disminuido; el agregado de 5 ppm de AIA a segmentos de pecíolos induce un crecimiento activo, algunos casos superior en 30 % al control sin AIA; los segmentos poseen actividad de AIA oxidasa que desaparece después de aproximadamente una hora con una concentración de AIA de 20 ppm; el extracto proteico dializado posee una fuerte actividad de AIA oxidasa y la solución de AIA adquiere un color ámbar aproximadamente a las 12 horas; cuando no es dializado no se desarrolla dicho color. Presentan un bajo intercambio gaseoso respiratorio, con mayor reducción del O₂ absorbido de lo cual resulta un cociente superior a 1.

Las plantas normales crecen con rapidez; el agregado de 5 ppm de AIA induce el crecimiento de segmentos de pecíolos generalmente sobre la base de los patrones sin AIA; el extracto proteico dializado no posee actividad de AIA oxidasa ni la solución adquiere el color ámbar; los segmentos en presencia de aproximadamente 20 ppm de AIA comienzan a sintetizar AIA oxidasa posiblemente a la hora, síntesis que aumenta progresivamente. El intercambio gaseoso respiratorio calculado sobre la base de peso seco es más de dos veces mayor que el de las enanizadas y la absorción de oxígeno es superior a la emisión de CO₂ de lo que resulta un cociente inferior a 1.

Los resultados obtenidos con la oxidación del AIA por medio de segmentos de pecíolos y extractos proteicos, sugieren que en las plantas normales, su alto contenido induce la formación o activación de la AIA oxidasa después de 1 1/2 hora de incubación mientras que en las plantas enanizadas se sintetizaría o activaría un inhibidor de la AIA oxidasa posiblemente antes del mismo lapso.

¹ Este trabajo se realiza subvencionado por la Comisión Administradora del Fondo de Promoción de la Tecnología Agropecuaria (CAFPTA). Aceptado para su publicación el 15 de setiembre de 1971.

² Ingenieros Agrónomos. Profesor Titular y Jefa de Trabajos Prácticos, respectivamente. Instituto de Fisiología Vegetal.

SUMMARY. — **Physiological aspects of the ecological dwarfing of « *Tropaeolum majus* »,** by E. M. SÍVORI and C. P. RUMI. — According to what has been described, the behaviour and characteristics of plants dwarfed by sunlight can be synthetized to the following points: They have a very small growth; the addition of 5 ppm IAA to petiole segments, induces an active growth in some cases 30 % superior to that of the control without IAA. The segments have IAA oxidase activity which disappears after approximately an hour with a 20 ppm concentration of IAA. The dialyzed protein extract has a strong IAA oxidase activity and the IAA solution turns amber in approximately 12 hs.; when it is not dialyzed the said colour doesn't appear. They present a low respiration gas exchange with a higher reduction of O₂ absorbed from which there results a quotient superior to 1.

Normal plants grow rapidly; the addition of 5 ppm IAA induces a growth of petiole segments generally inferior to that of said segments from dwarfed-plants, taking controls without IAA as basis. The dialyzed protein extract doesn't possess IAA oxidase activity, nor does the solution turn amber. The segments in presence of approximately 20 ppm IAA begin to make active or synthetize IAA oxidase after possibly an hour, with the process increassing progressively. The respiration gas exchange is superior to that of dwarfed-plants, and O₂ absorption is superior to CO₂ release, from which there results a quotient inferior to 1.

The results obtained with the IAA oxidation by petioles segments and protein extracts suggest that the hight level of IAA in normal plants induces the IAA oxidase activity or formation after 1 1/2 h. of incubation. While in the dwarfed plants an IAA oxidase inhibitor could be synthetized or made active posible before the same lenght of time.

INTRODUCCION

En trabajos anteriores se ha descripto el efecto perjudicial que tiene la luz solar cuando incide directamente sobre plantas de *Tropaeolum majus* (Sívori, Esponda y Rumi, 1963). Posteriormente se pudieron separar dos tipos netamente diferenciados: plantas enanizadas, aquellas que han permanecido durante varias semanas bajo el sol directo y plantas normales, aquellas que han sido mantenidas bajo luz indirecta o a "media sombra". El efecto enanizante se acentúa durante los meses de primavera y verano y las plantas presentan tallos cortos (20-30 cm), pecíolos cortos (5-10 cm), lámina foliar reducida, cierto grado de clorosis, pH relativamente más bajo (5,7 contra 6,7 en normales). Cuando poseen antocianina el color violáceo se acentúa y es evidente una mayor lignificación general.

El carácter de "enana" es un fenómeno generalizado a toda la planta y no localizado en ciertos órganos. Hasta ahora sólo ha sido posible enanizar plantas utilizando luz solar. Los tratamientos en cámaras bajo tubos Gro lux sólo producen hojas de láminas chicas pero los tallos crecen indefinidamente como las plantas norma-

les. Plantas que han recibido luz ultravioleta no se diferencian mayormente de los testigos que no la recibieron. Es evidente que el problema está relacionado directamente con la intensidad de luz, además de otros factores ecológicos. Debemos agregar otros datos de interés, como más actividad de abscisina, al inhibir sus extractos la síntesis de alfa-amilasa (Sívori y Rumi, 1968).

Las plantas normales por el contrario poseen tallos largos, rastreos, de crecimiento ilimitado, láminas foliares amplias y pecíolos que suelen alcanzar una longitud de hasta 60 cm (fotog. 1, 2 y 3). Los pecíolos crecen en forma indefinida por la actividad de un meristema intercalar, ubicado dentro de los 5 mm de la parte adyacente a la lámina (Sívori, Esponda y Rumi, 1963).

Se consideró en consecuencia que dentro del efecto general, la luz actuaría indirectamente afectando la actividad de los meristemas intercalares y posiblemente la zona de alargamiento celular contigua, en lo que respecta al crecimiento de los pecíolos y sobre los ápices de los tallos, en lo que respecta al crecimiento de los mismos.

El presente trabajo consta de 3 partes fundamentales, con relación a los dos tipos de plantas descritos anteriormente. Una de ellas se refiere al contenido natural de sustancias reguladoras. La segunda a la actividad oxidativa sobre el ácido indol acético y la tercera a la actividad respiratoria. Se agrega al comienzo una breve descripción de algunos aspectos ya formulados en trabajos anteriores que consideramos indispensable analizar.

ACTIVIDAD DEL MERISTEMA INTERCALAR DEL PECIOLO

Con objeto de obtener información sobre el mecanismo que determina la enanización se desarrolló una prueba biológica para estudiar el efecto de diversos factores en la actividad de segmentos de pecíolos, que incluyen el meristema intercalar, extraídos de plantas enanizadas y normales. La metodología puede consultarse en la bibliografía citada.

A través de este "test" se determinó que el ácido indol acético (AIA) induce un aumento de su crecimiento que puede superar al crecimiento de los testigos en un 30 % y que el ácido giberélico (GA_3) acentúa dicho crecimiento llevándolo hasta más del 40 % en algunas circunstancias, pero no actúa cuando se lo aplica sin AIA (Sívori y Rumi, 1960).

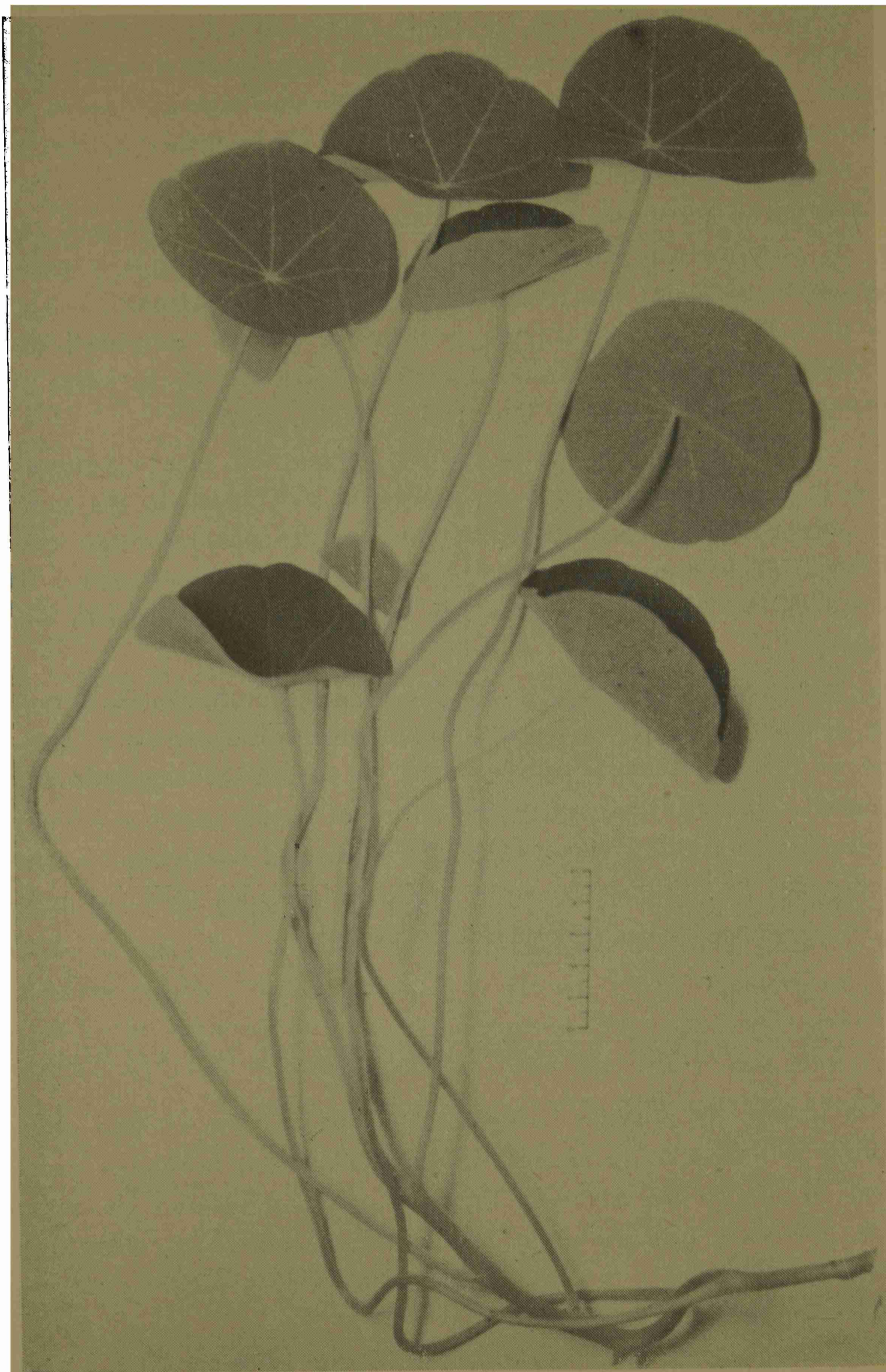


Fig. 1. — Ramas de *Tropaeolum majus* correspondientes a plantas de un mismo clon. (Normal), creció bajo luz difusa

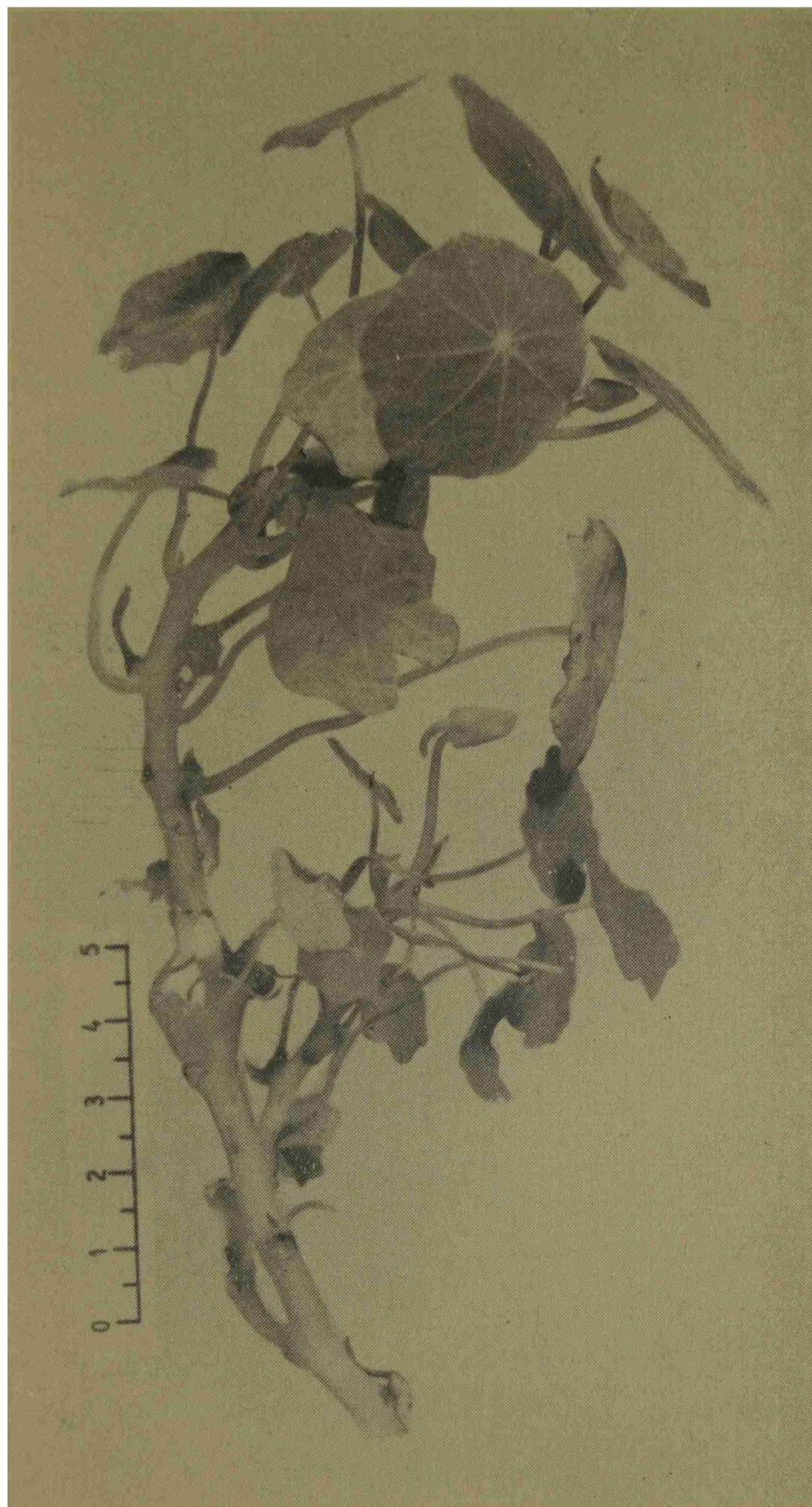


Fig. 2. — Ramas de *Tropaeolum majus* correspondientes a plantas de un mismo clon.
(Enanizada) creció bajo luz solar directa

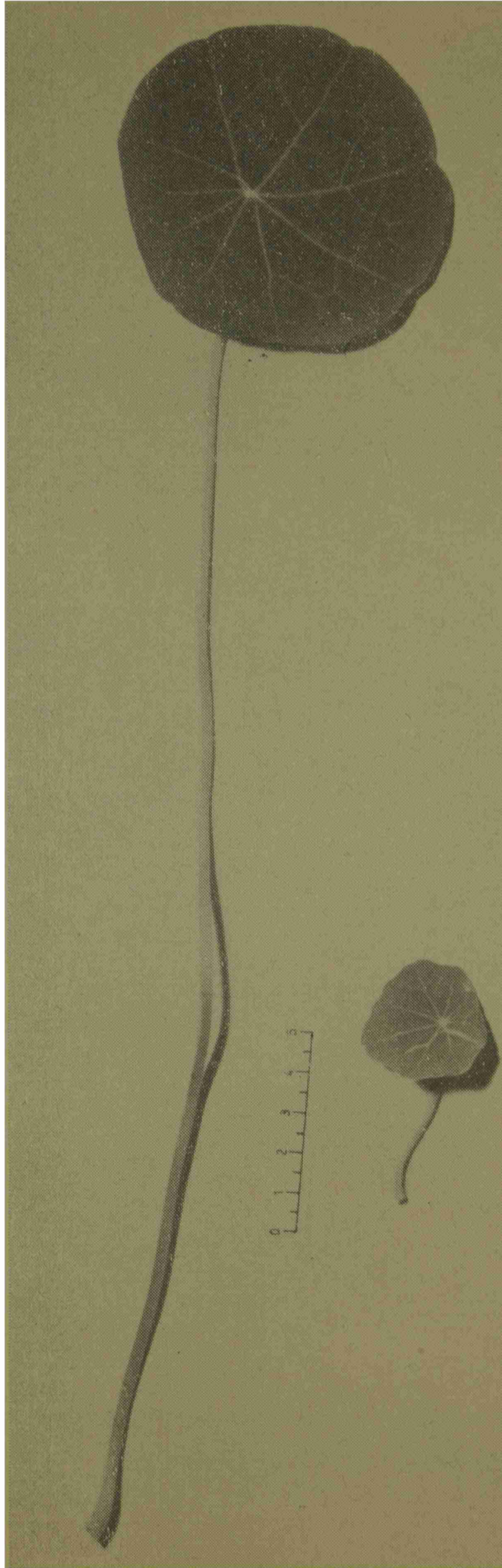


Fig. 3.— Hojas correspondientes a plantas normales (izquierda), y enanizadas (derecha)

El crecimiento de los segmentos de pecíolos varía entre diversos ensayos y depende del grado de enanización, de la insolación recibida por la planta el día que se extraen los pecíolos, de la temperatura registrada durante el ensayo, del pH de la solución donde crecen y la edad y grado de "madurez" de la hoja.

Sobre dicho crecimiento influyen en forma inconsistente la bencil-adenina, metionina, arginina, escopoletina, los ácidos adenílicos y glutámico, el indol acetonitrilo y el triptófano.

La hidracida maleica, el 2,4 dinitro fenol, el ácido yodoacético y el ácido transcinámico ejercieron un efecto inhibitor tanto del crecimiento natural del segmento como de aquel provocado por el AIA exógeno. La hidracida maleica a concentraciones de 100-200 ppm provoca un sinergismo con el AIA-GA₃ pero no con el AIA solo; el ácido yodoacético inhibe el crecimiento provocado por el AIA con GA₃ a partir de la concentración más baja usada (5 ppm) mientras que actuando sobre el crecimiento inducido por el AIA solo, la inhibición activa recién comienza por arriba de 10 ppm. De estos resultados se dedujo que el AIA actúa en forma dual, directamente sobre el crecimiento y además interaccionando con la GA₃ (Sívori y Rumi, 1966).

Segmentos de 3 mm de longitud crecen muy poco y mayores de 5 mm disminuyen progresivamente su reacción al AIA. Segmentos de plantas normales reaccionan menos a la aplicación del AIA, posiblemente debido al contenido natural que induce un alto crecimiento de los segmentos patrones. El grado de reacción al AIA y al AIA con GA₃ depende del grado de enanización.

Las células epidérmicas de los pecíolos de plantas enanizadas tienen una longitud hasta de 2,5 veces mayor que aquellas correspondientes a los pecíolos de plantas normales. Ello sugiere que el carácter enanizado está determinado por una disminución de la división más que por una disminución del alargamiento celular.

CONTENIDO NATURAL DE SUSTANCIAS REGULADORAS (AUXINAS, INHIBIDORES)

Dado el papel fundamental que juegan las hormonas en la regulación del crecimiento como así también la reacción de los segmentos de pecíolo al agregado de AIA y GA₃ se consideró de importancia determinar el contenido de auxinas e inhibidores en los tejidos de plantas normales y enanizadas.

Método:

Se realizaron varios ensayos a partir de distintas cantidades de muestra utilizando los extremos de tallos con 3 ó 4 hojas en vía de desarrollo. Se siguió el método de extracción según Peach y Tracey (1955) con modificaciones obtenidas del trabajo de Sirois (1963).

En principio, se siguieron los siguientes pasos: Material fresco correspondiente a plantas enanizadas y normales se cortaron en pequeños trozos. Se extrajo con éter sulfúrico libre de peróxidos, durante dos períodos de una hora a 2-3° C, los extractos se redujeron a 50-60 ml a baja presión y temperatura no superior a 40° C. A continuación se trataron con una solución de bicarbonato 0,5 M; la solución acuosa se acidificó a pH 3 y se extrajo con éter sulfúrico. Las soluciones etéreas se reunieron y llevaron a sequedad a 45° C y baja presión. El residuo se redisolvió con alcohol etílico al 85 % el cual fue extraído con hexano. La solución alcohólica se llevó a sequedad y el residuo fue disuelto en éter sulfúrico y llevado a un volumen adecuado para su separación cromatográfica. La cromatografía se desarrolló en papel Whatman N° 1, descendente, utilizando como solvente alcohol isopropílico, amoníaco y agua en relación 10:1:1.

Luego de efectuar la corrida, el papel se cortó en secciones que se colocaron en cajas de Petri de 5 mm de diámetro en las cuales se agregó 5 ml de agua bidestilada. Como patrón se utilizó un tratamiento que consistía en el agregado de una determinada cantidad de AIA directamente a la caja de Petri y una cantidad equivalente se sembró y cromatografió en forma paralela a los extractos de las plantas; en las cajas patrones se agregaron secciones de papel Whatman que habían sido tratados con los solventes utilizados en la cromatografía. Además se colocó un testigo general, sometido al mismo tratamiento excepto la adición de AIA. En las distintas cajas se agregaron 20 secciones de coleoptiles de trigo de 5 mm de longitud, cultivar Gral. Roca, obtenidos en forma corriente para la prueba biológica de crecimiento recto. Se colocaron en estufa a 25° C y 24 horas después se midieron.

Resultados:

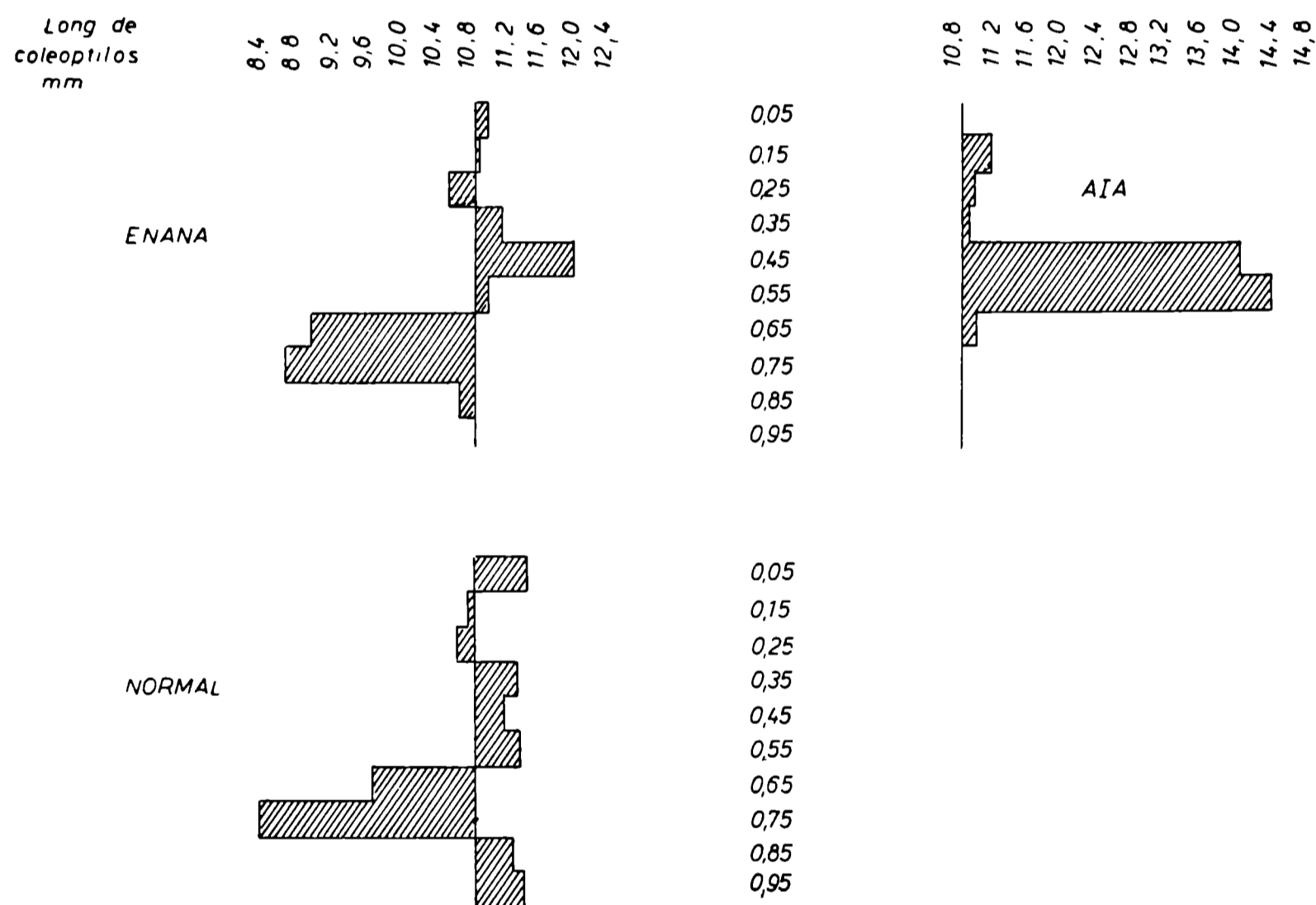
Extracciones realizadas sobre 20-50 g de material fresco no dieron ningún resultado, posiblemente por el bajo contenido auxíni-

co. Cuando se utilizó 500 g se encontró, a través de los diversos ensayos, la presencia de dos compuestos auxínicos que se presentaban en forma muy débil, tanto en plantas normales como en enanizadas: uno de ellos de Rf 0,45 semejante al AIA y otro con Rf de 0,95.

Además se presenta en forma persistente una zona de inhibición cuyo Rf varía entre 0,65 - 0,75 según los ensayos y con una actividad muy similar en ambos tipos de plantas, correspondiente al complejo llamado inhibidor β .

GRAFICO I

Biocromatogramas de extractos de plantas de «Tropaeolum majus» L. enanizadas por luz y normales



Referencias: Las pruebas biológicas se realizaron con coleptiles de trigo. El testigo consistía en una siembra de indol acético de 20 μ gs, cromatografiado en las mismas condiciones que los tratamientos. Los valores de la escala del centro del gráfico corresponden a los distintos Rf.

Presentamos el gráfico I en que los dos extractos han determinado cierto crecimiento en ambos casos muy inferior al del patrón con AIA (20 μ gs cromatografiados en papel) cuyo Rf correspondió a 0,45 - 0,55 con un crecimiento de las secciones de coleoptiles de 14,0 - 14,3 mm sobre el crecimiento del patrón general de 10,8 mm. El cromatograma del extracto de plantas enanizadas presenta una

zona de crecimiento con un Rf de 0,45 y donde los segmentos alcanzan 12 mm. El de plantas normales determinó una zona más amplia, entre 0,35 y 0,55 pero con longitudes de segmentos que sólo alcanzan a un promedio de 11,3 mm contra el testigo de 10,8 mm. Puede observarse también la zona de crecimiento en el frente del solvente que si bien en este caso se ha presentado sólo en el cromatograma de extracto de plantas normales en otros ensayos se ha encontrado también en los correspondientes a plantas enanizadas. De acuerdo a estos resultados es evidente que no hay diferencias de importancia en el contenido auxínico de los extractos entre los dos tipos de plantas.

ACTIVIDAD DE INDOL ACETICO OXIDASA

Otro factor que podría estar involucrado en la diferencia de crecimiento entre plantas enanizadas y normales es la destrucción oxidativa del AIA. Se consideró en consecuencia necesario determinar la actividad de AIA-oxidasa en segmentos de pecíolos de plantas enanizadas y normales correspondientes a la parte adyacente a la lámina y en extractos proteicos.

Métodos:

El método seguido con segmentos de pecíolos fue el de Straus y Gerdin (1963), procediendo de la siguiente manera. Setecientos cincuenta segmentos de 3 mm de largo, de plantas enanizadas y un número igual provenientes de plantas normales, se colocaron en frascos Erlenmeyer con 10 ml de una solución de 19 mg/l de AIA, cloruro de manganeso 10^{-4} M y 2,4 diclorofenol 10^{-4} M, solución buffer de fosfato 0,05 M. Como patrón se utilizaron soluciones semejantes sin los segmentos. En forma paralela se determinaron los pesos secos de ambos tipos de segmentos. El conjunto se mantuvo a 30° C y se agitó constantemente a 68 movimientos por minuto. Periódicamente se extrajeron muestras de las soluciones y cantidades proporcionales de segmentos para mantener la relación tejido-solución. Las muestras se centrifugaron y en la solución límpida obtenida se determinó el contenido de AIA por el método colorimétrico de Gordon y Weber (1951), utilizando un espectrofotómetro Beckman DU.

Los extractos proteicos que comprenden el sistema oxidativo, permiten aislarlo del resto del mecanismo celular y de la influencia

de su síntesis, destrucción o dilución de cofactores e inhibidores naturales. Se utilizó el método de Mudd, Johnson, Burris y Buchholtz (1959), procediendo de la siguiente forma: 20 g de material de plantas enanizadas y de plantas normales, que consistía en ápices de tallos con 4 ó 5 hojas, fueron congelados y molidos con trozos de hielo hasta obtener un "homogeneizado", se separó el residuo grueso por medio de una tela fina y al líquido sobrenadante, luego de su separación, se agregó sulfato de amonio hasta saturación; el precipitado fue separado por centrifugación y redisolto con agua destilada agregando sulfato de amonio hasta 80 % de saturación. El nuevo precipitado fue disuelto con agua destilada, hasta 10,5 ml y dializado con agua corriente a 10° C durante 24 horas y finalmente en volúmenes de dos litros de agua destilada a 5° C que se renovaron tres veces.

La solución fue ensayada en cuanto a su actividad oxidativa del AIA por el método manométrico (Stutz, 1957). El sistema completo estaba constituido por la solución enzimática (1 ml); la sal de sodio del AIA, (30 microM); 2,4 diclorofenol (0,3 microM); manganeso (3 microM) y buffer de fosfato (0,4 M) con un pH de 6,3 llevando el volumen total a 3 ml

Los patrones consistían en el mismo sistema excepto el agregado de AIA. La medición del oxígeno absorbido se realizó en un microrespirómetro Warburg, trabajando a una temperatura de 30° C con tres repeticiones por tratamiento.

Resultados:

Los resultados obtenidos se exponen en los gráficos II y III. Del gráfico II y de otros ensayos similares pudo observarse que los segmentos de plantas enanizadas producen una destrucción inicial antes de la hora y media de actividad, que llega a 4,7 microg. de AIA destruido por cada 100 mg de peso seco correspondientes a los segmentos; a partir de ese momento la destrucción se detiene.

Los segmentos de plantas normales parecen no mostrar actividad en los momentos iniciales pero a medida que transcurre el tiempo comienza la destrucción de AIA en forma ascendente, de tal manera que a las dos horas y media y a las tres horas y media los valores son de 5,6 y 14,1 microg. de AIA destruidos. En otros ensayos esta actividad creciente llegó a 14 y 20,3 microg. a las tres horas y media.

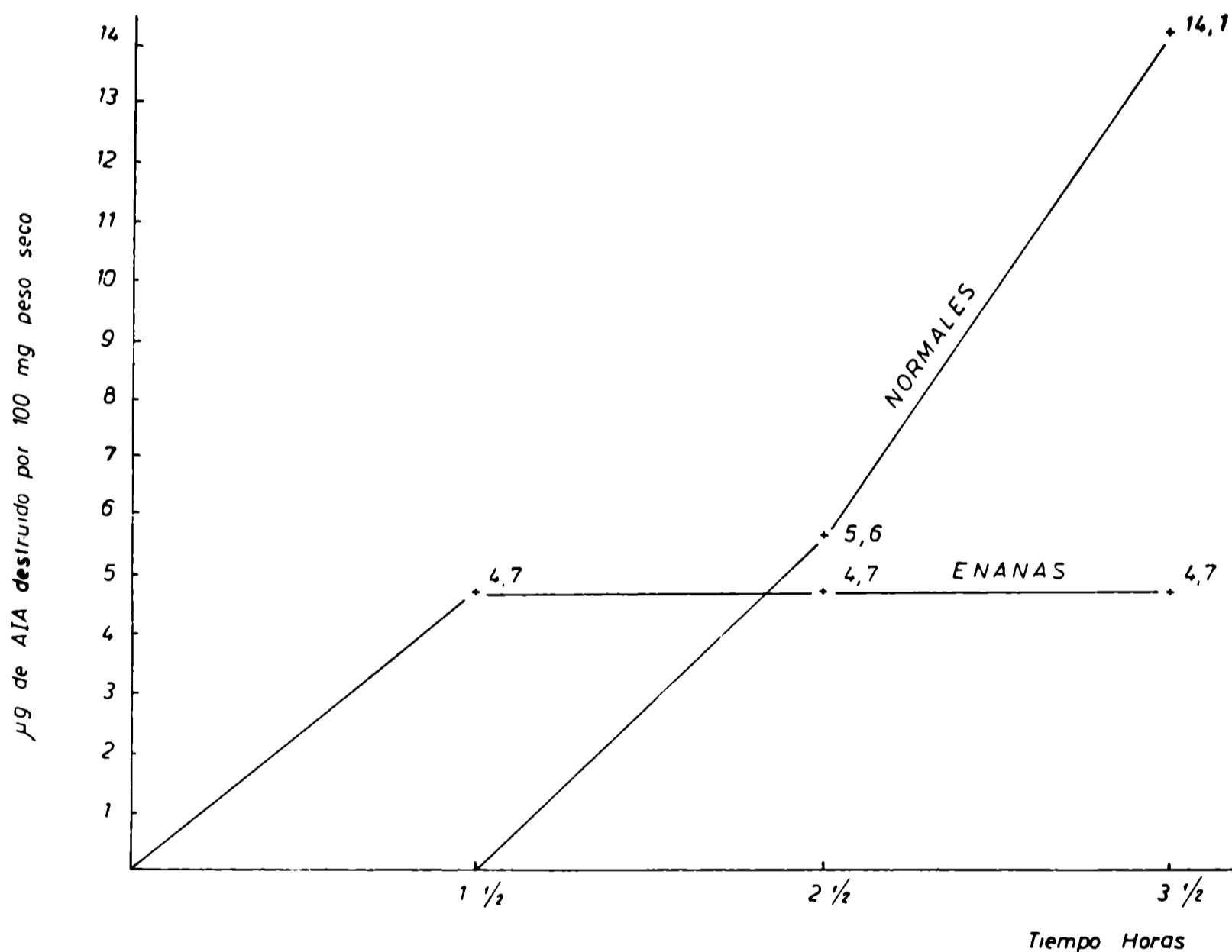
No es fácil dar una explicación coherente de estos datos sobre to-

do teniendo en cuenta los resultados obtenidos con la actividad oxidativa de extracciones proteicas que se expondrán más adelante.

La ausencia de actividad y su posterior incremento de la misma en segmentos de plantas normales podría explicarse por dilución de inhibidores, como también por activación del sistema oxidativo en presencia de mayor concentración de AIA y de los cofactores. La actividad inicial y su posterior desaparición en los segmentos de plantas enanizadas complica más la interpretación del proceso.

GRAFICO II

Oxidación de AIA por segmentos de pecíolos de plantas enanizadas y normales de «*Tropaeolum majus*»



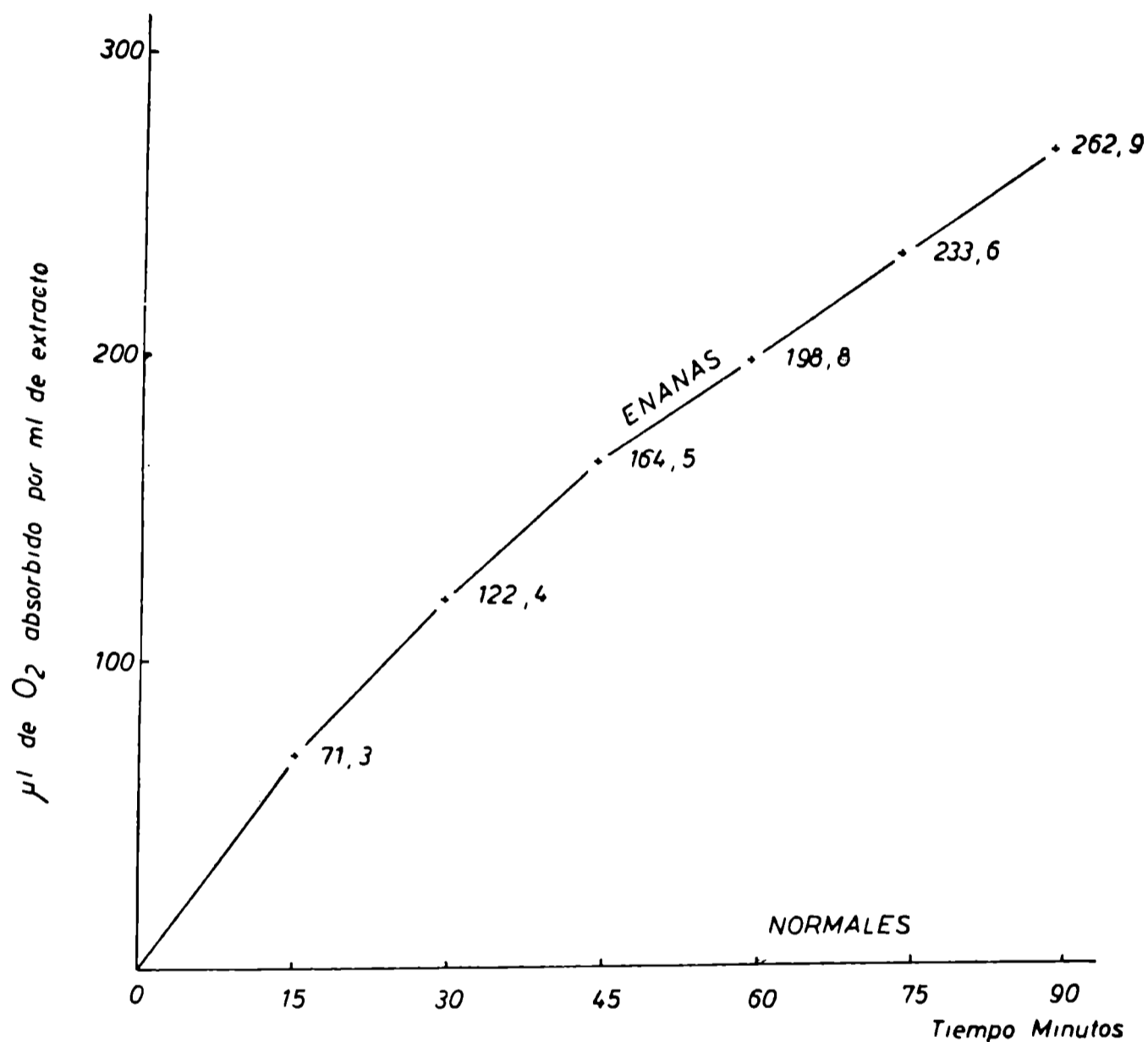
Con los extractos proteicos se ha producido una oxidación del AIA sólo en los tratamientos con enanizadas mientras que aquel de plantas normales resultó prácticamente inactivo. Cabe señalar además, que la solución de AIA con extracto de enanas dializado adquirió lentamente un color ámbar lo cual no ocurre en aquellos donde no se practica el dializado ni tampoco en los provenientes de plantas dializadas.

Ensayos repetidos (Alaniz, 1970) indican que las plantas enani-

zadas poseen un contenido proteico que corresponde aproximadamente al 50 % del de las normales. Si se tiene en cuenta esta característica, los resultados podrían ser de mayor significación.

GRAFICO III

Oxidación de AIA por extractos enzimáticos de plantas enanizadas y normales de «Tropaeolum majus»



Referencias: La curva superior corresponde al oxígeno consumido por la solución proveniente de plantas enanas. Los valores obtenidos con extractos de plantas normales fueron de 1,0 ; 0,9 ; 2,3 ; - 0,1 ; 0,8 ; 2 cuyas variaciones pueden considerarse comprendidas dentro del error experimental.

Si se comparan los resultados obtenidos con los sistemas enzimáticos extraídos y aquellos obtenidos con segmentos de pecíolos (tejido vivo) se nota una gran diferencia fundamental. En lo que respecta a las plantas normales hay coincidencia entre la inactividad inicial de los segmentos de pecíolos y la inactividad en todo momento de los extractos. Este resultado indica que el aumento progresivo de la destrucción del AIA a medida que transcurre el tiempo no se debe a la dilución de algún supuesto inhibidor ya que estos han sido eliminados del extracto, sino más bien a la síntesis o activación de un sistema enzimático en presencia de alta concentración de AIA.

La síntesis proteica inducida por el AIA estaría en concordancia con las hipótesis sobre el mecanismo de acción de este regulador que actuaría sobre la síntesis de ácidos ribonucleicos.

Como es evidente este comportamiento no puede ocurrir con la actividad del extracto por estar separado de la estructura celular y de su metabolismo correspondiente.

El comportamiento también dual de los segmentos de pecíolos y del extracto de plantas enanizadas es difícil de explicar. Los pecíolos presentan cierta actividad inicial que luego desaparece con rapidez mientras que el extracto presenta una actividad que declina muy lentamente. La interpretación que nos parece más adecuada corresponde a la síntesis o activación de un inhibidor en presencia de alta concentración del AIA. Dicho inhibidor se sintetizaría rápidamente en tal forma que antes de 2 horas ya estaría paralizada la destrucción enzimática. En cambio el extracto proteico de los tejidos de plantas enanizadas carece de la facultad de sintetizarlo por lo cual la actividad oxidativa no es detenida.

ACTIVIDAD RESPIRATORIA

No obstante que el efecto enanizante de la luz solar directa puede producirse por lo menos parcialmente a través de la destrucción de reguladores (AIA, cofactores, etc.) es evidente que los cambios finales se traducen en el metabolismo general de la planta como pueden ser la destrucción, inhibición o síntesis de hidratos de carbono y de proteínas. Se consideró adecuado comenzar realizando determinaciones sobre la actividad respiratoria en segmentos de pecíolos de plantas normales y enanizadas.

Método:

Se midió el anhídrido carbónico emitido y el oxígeno absorbido en un microrrespirómetro Warburg en condiciones favorables para el crecimiento de los segmentos, con una solución buffer de ácido maleico de pH 5,2 y una concentración de azúcar del 2 %, por el método directo.

La temperatura fue de 30° C y se realizaron varias determinaciones en períodos de 20 minutos. Cada vasito contenía 150 segmentos de 3 mm de longitud y 2 ml de la solución buffer. En forma paralela se determinó el peso seco de segmentos correspondientes a ambos tipos de plantas.

Resultados:

Los resultados se exponen en el cuadro I donde los valores se expresan en mm³ por g de peso seco por hora.

CUADRO I

Oxígeno absorbido y anhídrido carbónico emitido por segmentos de pecíolos de plantas de « *Tropaeolum majus* » enanizadas y normales

Tipo de planta	Gas	mm ³ /g peso seco	Cociente resp. $\frac{CO_2}{O_2}$
Normales.....	CO ₂ liberado	4067	0,91
	O ₂ absorbido	4461	
Enanizadas.....	CO ₂	1951	1,08
	O ₂	1804	

Sobre la base de peso seco el intercambio gaseoso ha sido mucho más alto en las plantas normales que en las enanizadas. En lo que se refiere al CO₂ esta diferencia alcanza a un valor algo mayor de 100 % mientras que en el O₂ se acerca al 150 %. Si tenemos en cuenta que las plantas enanizadas tienen aproximadamente un contenido proteico del 50 % de las normales y si referimos los valores a dicho contenido, el CO₂ liberado por las enanizadas se aproxima al de las normales pero el CO₂ emitido y el O₂ absorbido se reflejan en el cociente respiratorio, que en plantas normales es inferior a 1 mientras que en plantas enanizadas es superior a 1. Es evidente que si los procesos respiratorios varían, será factible encontrar diferencias en algunas de las reacciones que los componen.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALANIZ, JORGE R. *Estudio comparativo de los compuestos proteicos en plantas de « Tropaeolum majus » normales y enanizadas por luz.* Tesis (1970). Universidad Nacional de La Plata. Fac. de Ciencias Exactas.
- GORDON, S. and R. WEBER. *Colorimetric estimation of indoleacetic acid.* Plant Phys. 26 : 192-195. 1951.
- MUDD, J. D., B. G. JOHNSON, R. H. BURRIS and K. P. BUCHHOLTZ. *Oxidation of indoleacetic acid by Quackgrass rhizomes.* Plant Physiology. Vol. 34 : 144-148. 1959.

- PEACH, K. and M. V. TRACEY. *Moderne Methoden der Pflanzenanalyse (Modern Methods of Plant Analysis)*. Vol. III. 1955.
- SIROIS, J. C. *New evidence for the presence of indolacetic acid in tobacco*. *Canad. J. Bot.* 41, 681-684. 1963.
- SÍVORI, E. M., M. ESPONDA y C. P. RUMI. *Factores de crecimiento en meristemas intercalares de « Tropaeolum majus »*. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Notas del Museo. Tomo XX. Botánica N° 95. 1963.
- SÍVORI, E. M. y C. P. RUMI. *Variación del crecimiento en segmentos de pecíolos de « Tropaeolum majus » provocado por la interacción de ácido giberélico y ácido indolacético*. *Phyton*. 15 (2): 119-127, XII. 1960.
- *Inhibición del crecimiento auxínico y de su interacción con ácido giberélico*. *Revista de la Facultad de Agronomía (3ª época)* 42 (1): 35-43, La Plata, 1966.
- *Inhibición de la alfa amilasa por extractos de plantas de « Tropaeolum majus », normales o enanizadas por luz*. *Rev. Fac. de Agronomía (3ª época)* 44 (2): 145-149. La Plata, 1968.
- STRAUS, JACOB and ROBERT K. GERDING. *Auxin oxidase and control in tissue Cultures of Ephedra*. *Plant Phys.* Vol. 38, N° 6, 621-627. 1963.
- STUTZ, ROBERT. *The indole-3-acetic acid oxidase of « Lupinus albus »*. *Plant Physiology* 32 : 31-39. 1957.