

Efectos del cloromequat en cultivares resistentes y susceptibles a sequía de cereales de primavera*¹

M. ROJAS GARCIDUEÑAS**, HILDA GAMEZ**

ABSTRACT

Sorghum and maize, both susceptible and resistant to drought, were treated before planting by immersing the seeds in chlormequat 4000 ppm then grown in plastic bags with 1 kg soil in the greenhouse in such a manner that water was lost by transpiration only. Chlormequat determined reduction in height and leaf area. Also water loss was reduced by chlormequat but this effect was apparent in drought susceptible plants only. It seems therefore, that under drought conditions there is the alternative of either using a drought, resistant cultivar or using a susceptible one treated with chlormequat, but no advantage is obtained from the application of chlormequat to drought, resistant cultivars.

Introducción

EL cloromequat (sinonimia: CCC; cloruro de clorocolina: Cycocel; Tur) es un fitoregulator a base de cloro-etil-dimetilamonio aparecido en 1964. Se ha estudiado en muchas especies, sobre todo en trigo, conociéndose su efecto inductor de resistencia al frío, sequía y acame o vuelco y su capacidad de aumentar el rendimiento en ciertas circunstancias y de inducir baja estatura en ciertas variedades (1, 13).

Las investigaciones indican que el cloromequat actúa diferentemente en cultivares de la misma especie, especialmente entre los de talla alta y baja (2, 6, 10); pero no hay, aparentemente, estudios comparativos de su efecto en cultivares resistentes y susceptibles a sequía. Existen pocos trabajos sobre el efecto del cloromequat en maíz, pero parece que su acción es similar a la observada en otros cereales (5, 7, 9, 11, 12).

El presente trabajo partió de la hipótesis de que siendo el cloromequat un antigiberélico (13) y sabiendo que la giberelina actúa normalizando la altura de cultivares enanos pero sin inducir gigantismo en los normales, es posible que la inducción de resistencia

a la sequía se presente solamente en cultivares susceptibles a ella pero no en los que ya poseen resistencia genética.

Metodología

El presente trabajo se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de Monterrey (México). La investigación se dividió en dos experimentos sucesivos en el invernadero. En el primero se usó sorgo (*Sorghum bicolor*) cv 'BR-79', susceptible a la sequía, y el cv '393' resistente a la sequía. En el segundo experimento se usó maíz (*Zea mays*) cv 'Nuevo León Híbrido 3' (NL-H3) susceptible a la sequía y el cv 'Sintético Precoz' (SP) resistente a la sequía.

En ambos experimentos la semilla se sujetó a dos tratamientos de pre-siembra: 1) Inmersión durante 24 hr en cloromequat a 4000 ppm 2) Inmersión durante 24 hr en agua. Se sembraron en bolsas de polietileno con 1 kg de suelo, en invernadero, teniendo 6 repeticiones en disposición al azar. Al iniciarse la 4a hoja se agregó agua al 80 por ciento de la capacidad de campo y se cerraron de inmediato las bolsas dejando libre solamente la plántula. Las bolsas se pesaron en fechas sucesivas registrándose así el agua perdida por transpiración. Al terminar el experimento se midió la altura de la hoja inferior a la superior y el área de la 5a hoja de cada plántula.

* Recibido para publicación el 21 de julio de 1978.

1/ Se agradece la ayuda del Dr. G. de Alba en la evaluación estadística de los datos experimentales.

** Departamento de Biología, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores, Sucursal de Correos "J", Monterrey, N. L., México.

Cuadro 1. Agua transpirada (gramos) en fechas sucesivas por plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) tratadas con cloromequat y no tratadas. Datos promedio de 6 repeticiones en invernadero.

Cultivar	Tratamiento	ppm	Días de transpiración			
			5	10	15	20
BR-79	Cloromequat	4000	36	75	105	118
BR-79	Testigo		70	116	140	149
393	Cloromequat	4000	52	93	120	131
393	Testigo		59	106	129	139

DMS a los 10 días = 34,9; DMS a los 20 días = 21,1

Resultados

Experimento con sorgo

Los resultados obtenidos con la aplicación del cloromequat sobre la tasa de transpiración del sorgo se presentan en el Cuadro 1. Se advierte que el cloromequat redujo la tasa de transpiración en el cv 'BR-79' susceptible a sequía desde los primeros días y el efecto fue consistente durante el tiempo de observación, aunque al final parece ser menos intenso lo que probablemente se debe a que las plantas testigo, habiendo perdido más agua, estaban en mayor stress hídrico y por tanto retenían el agua con mayor fuerza.

En general el cloromequat determinó en el cv 'BR-79', susceptible a la sequía una disminución en la pérdida de agua entre 50 por ciento (primeras fechas) y

Cuadro 2. Altura, desarrollo foliar y peso de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) tratadas con cloromequat y no tratadas. Datos tomados a los 20 días de transpirar sin riego. Promedios de 6 repeticiones en invernadero.

Cultivar	Tratamiento	ppm	Altura cm	Area foliar cm ²	P. húmedo/P. seco g
BR-79	Cloromequat	4000	17,8	20,8	2,27/1,05 = 2,16
BR-79	Testigo		19,5	23,0	2,20/1,12 = 1,96
393	Cloromequat	4000	17,4	24,2	2,21/0,98 = 2,25
393	Testigo		19,7	24,7	2,63/1,16 = 2,27

Cuadro 3. Agua transpirada (gramos) en fechas sucesivas por plantas de maíz (*Zea mays*) tratadas con cloromequat y no tratadas. Datos promedio de 6 repeticiones en invernadero.

Cultivar	Tratamiento	ppm	Días de transpiración			
			5	15	25	35
NL-H3	Cloromequat	4000	71	178	212	231
NL-H3	Testigo		98	264	325	345
SP	Cloromequat	4000	97	250	288	291
SP	Testigo		90	205	240	257

DMS a los 15 días = 54,5;

DMS a los 25 días = 83,7;

DMS a los 35 días = 85,6

20 por ciento (últimas fechas) con respecto al testigo. En el cv '393' resistente a sequía el efecto fue mucho menor, del 10 al 5 por ciento respecto al testigo, lo que constituye una gran diferencia entre ambos cultivares.

En el Cuadro 2 se presentan los efectos del producto con respecto al desarrollo de las plantas. El cloromequat redujo la altura en ambos cultivares de modo similar. En cambio el desarrollo de las hojas fue reprimido con mayor intensidad en el cultivar 'BR179' susceptible a sequía, lo que corrobora los datos del Cuadro 1. Quizá como un efecto la relación entre el peso seco y el peso húmedo es mayor, con respecto a su testigo, en el cultivar susceptible a sequía que en el resistente, con respecto a su testigo, o sea que el cloromequat aumentó la capacidad de guardar el agua pero solamente en el cultivar susceptible a la sequía.

Cuadro 4. Altura y desarrollo foliar en plantas de maíz (*Zea mays*) tratadas con cloromequat y no tratadas. Datos tomados a los 25 días de transpirar sin riego. Promedios de 6 repeticiones en invernadero.

Cultivar	Tratamiento	ppm	Altura de la 1ª a 5ª hoja (cm)	Area foliar 5ª hoja (cm ²)
NL-H3	Cloromequat	4000	12,1	73,8
NL-H3	Testigo		16,0	95,4
SP	Cloromequat	4000	12,6	77,8
SP	Testigo		16,5	88,6

Experimento con maíz

El Cuadro 3 presenta el efecto del clormequat en la transpiración, medida como pérdida de peso. Puede verse que fue eficiente en reducir la transpiración en el cv 'NL-H3', susceptible a sequía, en un 30 por ciento; en cambio en el cv 'SP', resistente a sequía, el efecto fue inverso. Por otra parte los valores de transpiración del Cuadro 3 comparados con los del Cuadro 1 muestran que el maíz transpiró con mayor intensidad que el sorgo.

De igual manera que en el sorgo, el clormequat determinó en el maíz una reducción en altura y en el área de las hojas, pero el efecto fue más intenso en el cv 'NL-H3' susceptible a sequía (Cuadro 4).

Discusión

Los efectos determinados por el clormequat fueron similares en sorgo y maíz, si bien mucho más notables en maíz tal vez porque la tasa de transpiración y por tanto el stress de sequía era más contrastante en los cultivares de maíz que en los de sorgo.

El efecto del clormequat con respecto a la altura es en general el de acortarla incluso en maíz y sorgo (4, 13); sin embargo la literatura referente a estudios comparativos entre cultivares normales y enanos es conflictiva (6, 8, 10). En esta investigación ambos cultivares eran de estatura similar y el clormequat determinó un menor desarrollo de tallo y hojas en todos los casos, siendo, no obstante, su efecto mucho más intenso sobre los cultivares susceptibles a sequía en comparación con los resistentes.

Los efectos más interesantes del clormequat se refieren a la transpiración. Como era de esperarse por la literatura (13) y por un experimento de campo previo (12) el producto redujo la pérdida de agua, pero en esta investigación se hizo claro que ello sucede solamente en los cultivares susceptibles a sequía, pero no en los resistentes. En la Fig. 1 se advierte este efecto diferencial y se ve también que es más intenso en maíz que en sorgo quizá por la mayor tasa de transpiración.

La acción del clormequat se ha explicado como antigiberélica y ligada con el metabolismo del calcio (3). De acuerdo con esto, Ashour *et al.* (2) trabajando con cultivares altos y enanos de chícharo (*Pisum sativum*) encontraron que este fitoregulator incrementó el metabolismo del calcio pero las plantas altas (cv 'Alto' y cv 'Enano' + giberelina) mostraron bajo contenido en calcio en tanto que las plantas bajas (cv 'Enanos' y cv 'Altos' + clormequat) mostraron alto contenido en calcio. Al parecer aunque clormequat no es un producto endógeno su acción es sobre mecanismos genéticos y no meramente sobre síntomas secundarios; su acción, como la de la giberelina, depende del genotipo de la planta sobre la que actúa. Al respecto es interesante el juicio de Clark y Fedak (4) que "en general la reacción al clormequat

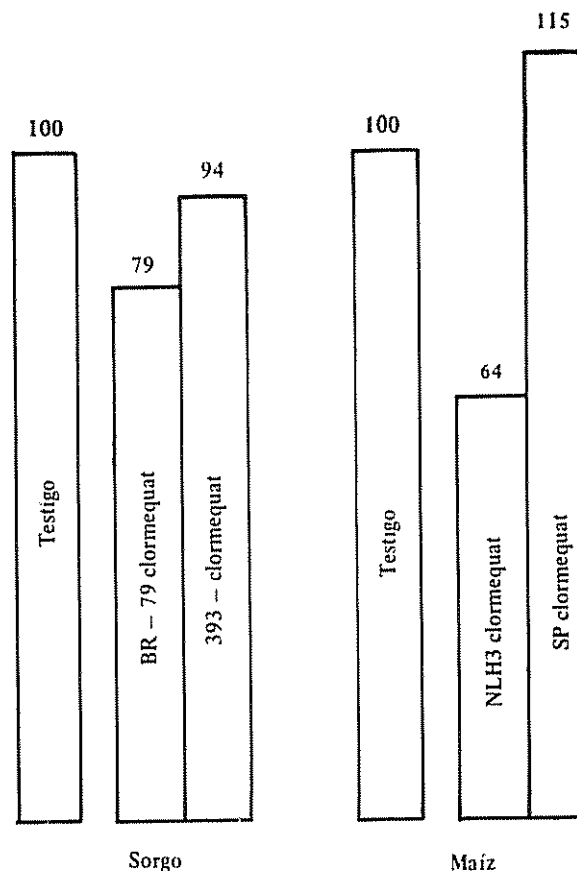


Fig. 1 Agua transpirada por plantas de maíz y sorgo tratadas de presiembra con clormequat a 4000 ppm. Datos en % al testigo no tratado. Plantas transpirando sin riego durante 25 días en invernadero.

de los cultivares respecto a altura siguió relaciones genéticas similares a las determinadas por las isoenzimas".

Bajo esas bases se podrían explicar los resultados de la presente investigación suponiendo que el clormequat modifica el metabolismo de la planta interactuando con sus características fisiológicas de modo tal que en plantas con mecanismos genéticos de resistencia a la sequía no es operante y en cambio en plantas carentes de tales mecanismos y susceptibles a sequía, quizá por represión de genes de resistencia, sí es operante. En esta forma, de represión génica, actúa la giberelina que se considera como su antagonista.

Conclusiones

La presente investigación comprueba el efecto del clormequat en inducir un menor desarrollo vegetativo lo que puede determinar una menor pérdida de agua y un mayor rendimiento. Tal efecto puede hacer ventajosa la aplicación del clormequat en condiciones de

sequía, como ha sido ya determinado en diversos trabajos.

El cloromequat no indujo reducción en la pérdida del agua por transpiración en plantas genéticamente resistentes a la sequía, pero sí en las susceptibles. Este modo de actuar es consistente con la hipótesis del cloromequat como un antagonista de la giberelina en el metabolismo del calcio.

De la investigación puede extraerse como conclusión práctica que en condiciones de sequía se tienen dos alternativas: usar variedades genéticamente resistentes que por su estructura anatómica son en general poco rendidoras, o usar variedades genéticamente susceptibles a sequía tratadas con cloromequat para tener economía del agua y alto rendimiento. Sería inútil aplicar cloromequat a variedades resistentes a la sequía.

Literatura citada

- 1 Ver en general el artículo *Chlormequat* en: Plant Growth Regulator Abstracts, Volúmenes 1 (1975), 2 (1976), 3 (1977).
- 2 ASHOUR, N. I.; ZUR NIEDEN, U y MULLER E. The action of 2 chloroethyltrimethyl ammonium chloride (CCC) and gibberellic acid (GA₃) on uptake and distribution of 45 Ca in tall and dwarf pea plants. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen* 165: 497-503. 1974 (Ref. en: Plant Growth Regulator Abstracts 1: 68 (600). 1975).
- 3 CASTRO, P.R.C. y MALAVOLTA, E. Ação fisiológica de reguladores de crescimento em tomateiro. Resumos VI Reuniao da Sociedade Latinoamericana de Fisiologia Vegetal. Campinas, Sao Paulo, Brasil 1976.
- 4 CLARK, R. V. y FEDAK, G. Effects of chlormequat on plant height, disease development and chemical constituents of cultivars of barley, oats and wheat. *Canadian Journal of Plant Science* 57: 31-36. 1977. (Ref. en: Plant Growth Regulator Abstracts 3: 150 (1158). 1977).
- 5 EL ANIABLY, H. M. M. Effect of Cycocel and 2,4-D on plant vigour and yield of corn and sorghum. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen* 166: 357-361. 1974. (Ref. en: Plant Growth Regulator Abstracts 1: 184 (1577). 1975).
- 6 EL SHARKAWY, M. A., SGAIER, K. y RAMADAN, M. Response of wheat to cycocel application. I. Effects of nitrogen level and CCC concentration on plant height of dwarf and tall wheat. *Libyan Journal of Agriculture* 2: 13-20. 1973. (Ref. en: Plant Growth Regulator Abstracts 1: 164 (1414). 1975).
- 7 FELIPE, G. M. y GARCIA, O. Crescimento inicial do embrião em milho: Efeito de substancias reguladoras de crescimento. Instituto de Biologia, Campinas, Brasil (Ref. en: Plant Growth Regulator Abstracts 3: 164 (1287). 1977).
- 8 GANSHAN, P. y WHITTINGTON, W. J. Effect of chlormequat chloride on related tall and dwarf rice varieties. *Annals of Applied Biology* 81: 219-225. 1975.
- 9 MITIDIERI, J., CASTRO, P. R., MALAVOLTA, E. y MORAES, R. S. Efeitos da aplicação de reguladores de crescimento em características do milho (*Zea mays* L. cv Piranao). *Anais Escola Superior da Agricultura Luiz de Queiroz* 31: 51-61. 1974.
- 10 MULLER, R. Alterations in height and yield structure in the springwheat varieties Arim and Solo in relation to time of application. *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau* 140: 261-272. 1974. (Ref. en: Plant Growth Regulator Abstracts 2: 159 (1362). 1976).
- 11 NEYRA, A. y BASTO, L. E. Effects of CCC on germination and growth in maize. *Anales Científicos (Perú)* 11: 159-204. 1973. (Ref. en: Plant Growth Regulator Abstracts 2: 159 (1362). 1976).
- 12 ROJAS GARCIDUEÑAS, M. GOMEZ, D. y DE LA GARZA, J. I. Efecto del cloromequat en maíz (*Zea mays*) sujeto a sequía. XV Informe de Investigación (1975-1976). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores Monterrey (México). 1976.
- 13 WEAVER, R. J. *Plant Growth Substances in Agriculture*. New York Wiley. 1972.

Notas y Comentarios

Nuevo método para producir aceite de aguacate

El aceite de aguacate o palta (*Persea americana*) es un producto por el que existe demanda en las industrias farmacéuticas y de cosméticos. Su contenido de vitamina E y otras sustancias lo hace beneficioso para el tratamiento de muchas afecciones cutáneas. En el mercado internacional alcanza precios hasta de \$5.000 dólares por tonelada. Se produce, en países exportadores de la fruta fresca, a partir de la pequeña proporción (1,5 a 2 por ciento de la fruta que compran las firmas exportadoras) que no se considera apta para el consumo fresco.

Una cooperativa de Israel, Milouda, propiedad de 22 asentamientos agrícolas, ha desarrollado un proceso altamente satisfactorio para obtener aceite de aguacate. El proceso incluye etapas de deshidratación, prensado y extracción por solventes. La producción actual de la planta piloto de Milouda ha

sido vendida, por varios años, a clientes de Europa Occidental y los Estados Unidos. La planta produce unas 30 toneladas de aceite al año, pero se está preparando la construcción de una fábrica mucho más grande (*Innovation*, December 1978).

El aguacate se ha convertido en uno de los principales productos de exportación de Israel. Altamente nutritiva, esta fruta tiene gran demanda, principalmente en los mercados europeos y también en Israel. Como es usual para con los cítricos, sólo se exportan las frutas de primera calidad, mientras que los consumidores del país reciben aguacates de inferior calidad. Una pequeña fracción de la cosecha, sin embargo, no se considera apropiada para su consumo al estado fresco. Esta proporción se ha convertido en la base para la extracción del aceite de aguacate.

Milouda ha anunciado que está preparada para vender esta técnica específica. Un acuerdo al respecto ha sido concertado con una firma del Ecuador.