

I. INTRODUCCIÓN	55
II MATERIAL Y MÉTODO	56
III RESULTADOS Y DISCUSIONES	57
IV AGRADECIMIENTO	65
V. RESUMEN	65
VI BIBLIOGRAFÍA	66

EFFECTO DEL CCC Y DEL DEFICIT HIDRICO SOBRE EL CRECIMIENTO VEGETATIVO EN SOJA *Glycine max* (L) Merrill¹

N. MORANDI, L. M. REGGIARDO y F. NAKAYAMA²

I. INTRODUCCION

Los retardantes químicos del crecimiento vegetal despertaron mucho interés y su estudio se intensificó con vistas a su uso para la regulación del crecimiento y desarrollo de distintas especies, así también como para aumentar la resistencia de éstas a condiciones ambientales adversas.

El CCC/cloruro de (2-cloroetil) trimetilamonio/ es un compuesto químico que ha demostrado su eficacia como retardante del crecimiento. Esta sustancia fue originalmente estudiada por Tolbert en 1960. Posteriormente se citaron distintas respuestas sobre el crecimiento y desarrollo en diversas especies. Entre las respuestas más características se mencionaron el engrosamiento y acortamiento de los internodios y la modificación en el porte de la planta, dando individuos más bajos y compactos, con mayor resistencia al vuelco (Gruzdef y Nenaidenko, 1974; Linser y Kuhn, 1962; Pinthus y Halevy, 1965) sequía (Halevy y Kessler, 1963; Robertson y Greenway,

¹ Trabajo realizado en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de Rosario, Zava'la, Santa Fe. Parcialmente subvencionado por el Consejo de Investigaciones, Universidad Nacional de Rosario.

² Investig. categ. "F". Consejo Invest. U. N. Rosario; Jefe de rabajos Prácticas de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias. Director Proyecto 01-08. Consejo de Investigaciones U. N. Rosario.

1963) salinidad (El Damaty, Kuhn y Linser, 1964; Marth y Frank, 1961) y frío (Marth, 1965; Michniewicz y Kentzer, 1965; Pikush, 1974).

Marth y Frank (1961) trabajando con soja, señalaron una mayor tolerancia a altos niveles de fertilizantes en plantas tratadas con CCC y Amo 1618. Halevy y Kessler (1963) informaron que la aplicación de CCC y Phosfon aumentó la resistencia a sequía en poroto y Plaut et al (1964) encontraron un aumento en el peso seco de las raíces y descenso en la relación tallo/raíz como consecuencia de tratamientos con CCC, Phosfon y B-995.

El presente trabajo se realizó con la finalidad de obtener mayor información sobre la influencia del CCC y del déficit hídrico en la modalidad del crecimiento de plantas de soja.

II. MATERIAL Y METODO

Semillas inoculadas de soja cv. Halesoy 71 se sembraron el 19 de abril de 1976 en potes de hojalata conteniendo 4.500 g de mezcla seca de tierra humífera y arena fina (3:1 v/v). Dicha mezcla retuvo 1.500 g de agua en capacidad de campo y 345 g en punto de marchitez permanente (determinado con plantas de soja). Al estado de 1ª hoja trifoliolada se raleó dejando una planta por pote.

La experiencia se condujo en condiciones semicontroladas de invernáculo. El promedio diario de temperatura fue de 16,4°C, manteniéndose la misma entre 10 y 30°C con el empleo de estufas de cuarzo.

Los tratamientos consistieron en dosis de 0, 1 y 2 g de CCC aplicado como solución al suelo en dos subdosis: la mitad en el momento de la siembra y la otra mitad en estado de 2ª hoja trifoliolada, a los 28 días de la siembra.

Todos los potes se mantuvieron en capacidad de campo hasta el estado de 2ª hoja trifoliolada. Luego se sometieron a dos tratamientos de humedad edáfica: con y sin déficit hídrico, cuyos límites superiores fueron 45 y 90 % del agua retenida en capacidad de campo, respectivamente. Los niveles hídricos se mantuvieron reponiendo cada cuatro días el agua consumida, la que se determinó mediante pesadas con una balanza de platillo superior de 8 kg de capacidad máxima y 0,1 g de sensibilidad. En estas determinaciones no se computó el peso de la planta. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones distribuídas al azar.

Con el objeto de disminuir la evaporación desde la superficie del suelo, sin limitar, el intercambio gaseoso del sistema radical, se agregó a cada pote una capa de 5 cm de espesor de perlas de poliestireno expandido. Este material, probado en experiencias previas, redujo eficazmente la evaporación del suelo en potes (Morandi, 1976).

El fotoperíodo se prolongó a 15 hs. con lámparas mezcladoras (vapor de mercurio + incandescente) con la finalidad de evitar la inducción fotoperiódica prematura. A los 64 días de la siembra se suspendió la iluminación artificial, reduciéndose bruscamente la longitud del día a la normal de la época: 10,1 hs. de heliofanía teórica astronómica para la latitud del Campo Experimental Villarino, Zavalla, Santa Fe. De esta manera las plantas quedaron en condiciones inductivas para florecer.

Cada cuatro días, a partir del estado de 2ª hoja trifoliolada, se registraron la longitud y el número de nudos del tallo principal, el número de ramificaciones y número total de nudos de las ramificaciones.

A los 104 días de la siembra, cuando las plantas de la mayoría de los tratamientos habían llegado a comienzo de floración, se cosecharon y se determinó el área foliar y el peso seco de los distintos órganos. Para el cálculo del área foliar se hicieron impresiones de las hojas en papel heliográfico, recortándolas y comparando su peso con el de un área conocida del mismo papel. El peso seco de hojas (folíolos), soporte (tallos + pecíolos), raíces y nódulos se determinó previo secado a estufa a 65°C durante 96 hs.

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó el test de Tukey.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Longitud y número de nudos del tallo principal

El déficit hídrico y el CCC provocaron un acortamiento significativo del tallo principal (tabla 1). El efecto enanizante del CCC se observó desde la primera medición, acentuándose con el tiempo, especialmente en los tratamientos con alta humedad (figura 1).

Con la dosis de 2 g de CCC y alta humedad, la inhibición del alargamiento del tallo fue tan pronunciada que la altura de estas plantas fue menor que las del testigo con baja humedad (figura 1, tabla 1).

TABLA 1. Longitud del tallo principal y longitud promedio de internodios número de ramificaciones y número total de nudos de las ramificaciones para 0; 1 y 2 g de CCC y dos niveles de humedad edáfica: con y sin déficit hídrico.

	<i>Sin Déficit</i>			<i>Con Déficit</i>			<i>Sin Déf. VS. Con Déf.</i>		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Gramos de CCC	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Long. del tallo principal (cm)	141,2	84,3a	59,0a	68,5	48,6a	47,4a	a	a	—
Long. promedio internodios(cm)	8,3	5,0b	3,5a	4,6	3,5a	3,4a	a	a	—
Nº de ramificaciones	38,0	37,3	42,0	22,3	15,0b	13,5b	a	a	a
Nº total nudos ramificaciones	112,5	98,3	101,0	46,7	36,3	30,3b	a	a	a

a — diferencia significativa ($P < 0,01$ según Tukey).

b — diferencia significativa ($P < 0,05$ según Tukey)

La manifestación de los nudos visibles sobre el tallo principal fue más lenta en las plantas tratadas con CCC. Esto se atribuyó a un retraso en el alargamiento de los internodios, ya que dichas plantas en los tratamientos con alta humedad alcanzaron finalmente el mismo número de nudos que el testigo (17 nudos).

Dentro de este nivel hídrico la significancia se consideró respecto de la dosis 0 g de CCC.

En los tratamientos con déficit hídrico se acentuó el retraso en el alargamiento de los internodios y el número de nudos visibles al final del ensayo fue menor. Sin embargo, al observar los ápices de las plantas de este grupo con un aumento de 25 x se comprobó la existencia de 17 nudos diferenciados. Esto indica que la actividad del meristema apical no fue inhibida por el CCC ni por el déficit hídrico. Las diferencias en la longitud del tallo principal se debieron

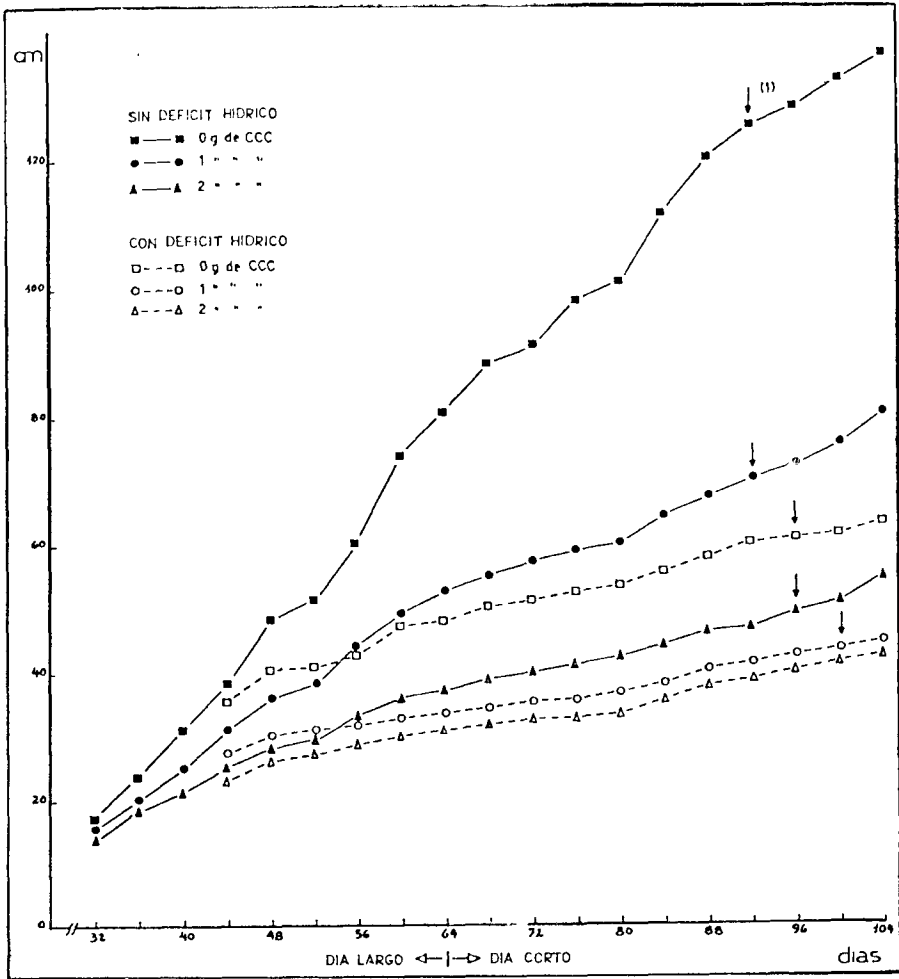


FIG. 1.—Longitud del tallo principal de plantas de soja tratadas con 0,1 y 2g. de CCC y sometidas a dos niveles de humedad edáfica: con y sin déficit hídrico. Cada punto representa el promedio de cuatro mediciones efectuadas sobre cuatro plantas¹. Las flechas indican aparición de pimpollos con pétalos visibles.

entonces a un acortamiento de los internodios (tabla 1). Sachs et al (1960) basándose en estudios histológicos, señalaron que los retardantes del crecimiento inhiben la división y elongación celular en el meristema sub-apical, mientras que el meristema apical continúa su normal funcionamiento. Como resultado de una minuciosa revi-

sión sobre el tema, Cathey (1964) concluye que la acción de los retardantes es específica sobre los intermedios sin afectar notablemente otras partes de la planta.

El efecto enanizante del CCC podría resultar de interés práctico para controlar un crecimiento vegetativo excesivo.

Número de ramificaciones y número total de nudos de las ramificaciones

Como se puede observar en la fig. 3 y en la tabla 1, el déficit hídrico redujo significativamente el número de ramificaciones primarias y secundarias, así también como el número total de sus nudos.

El CCC no modificó significativamente la diferenciación de ramificaciones ni nudos en los tratamientos con alta humedad, pero en condiciones de déficit hídrico provocó una disminución significativa de los mismos (fig. 3, tabla 1). En este último caso la disminución en el número total de nudos de las ramificaciones se debió al menor número de ramificaciones y no a una disminución del número de nudos de cada ramificación.

Area foliar

El déficit hídrico provocó una disminución significativa del área foliar (tabla 2). Según Boyer (1970) esto se debe principalmente a una inhibición en la expansión de las células foliares.

El CCC no disminuyó significativamente el área foliar, excepto para la dosis de 2 g con alta humedad (tabla 2).

Peso seco

El déficit hídrico provocó una disminución significativa del peso seco de todos los órganos de la planta considerados en el presente trabajo (fig. 2).

En las plantas con alta humedad, la dosis de 2 g de CCC redujo significativamente la acumulación de materia seca total, mientras que la dosis de 1 g no produjo diferencias en relación al testigo. El peso seco de la parte aérea (hojas + soporte) varió en forma similar al peso seco total, pero con una distribución diferente entre órganos según la dosis de CCC. En la dosis de 2 g disminuyó significativamente el peso seco del soporte sin variar el peso seco de

TABLA 2. Relación parte aérea/raíz, aérea foliar y aérea foliar específica para 0; 1 y 2 g de CCC y dos niveles de humedad edáfica: con y sin déficit hídrico.

Gramos de CCC	<i>Sin Déficit</i>			<i>Con Déficit</i>			<i>Sin Déf.</i> VS. <i>Con Déf.</i>		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Relación									
Parte aérea/raíz	10,0	8,7	7,8b	6,8	5,8	4,9a	a	a	a
Area foliar (dm ²)	49,4	49,4	43,1a	13,5	11,0	11,1	a	a	a
Area foliar específica	2,39	2,15b	2,08a	2,05	1,71a	1,87b	a	a	a

a – diferencia significativa ($P < 0,01$, según Tukey)

b – diferencia significativa ($P < 0,05$, según Tukey)

Dentro de cada nivel hídrico la significancia se consideró respecto de la dosis 0 g de CCC.

hojas; mientras que en la dosis de 1 g aumentó el peso seco de hojas sin disminuir significativamente el peso seco del soporte. Los pesos secos de las raíces fueron mayores en los tratamientos con CCC respecto a aquellos sin CCC, aunque las diferencias no fueron significativas (fig. 2). Lovett y Campbell (1973) trabajando con girasol, obtuvieron resultados similares.

En las plantas sometidas a déficit hídrico se atenuaron las diferencias entre dosis, no llegando a ser significativas, excepto para el peso seco del soporte con 2 g de CCC (fig. 2).

Estos resultados sugieren que el CCC determinó una distribución diferencial de fotosintatos, favoreciendo su acumulación en hojas en detrimento del soporte.

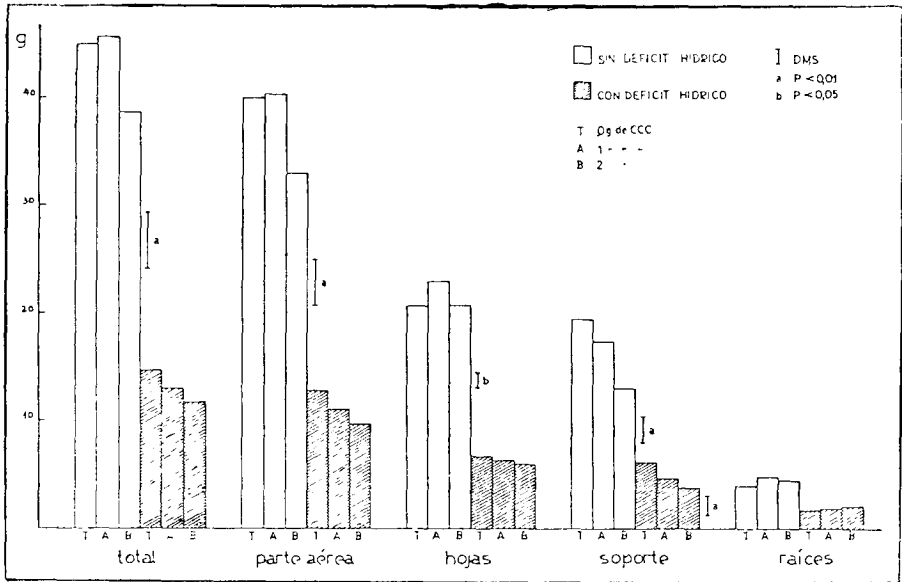


FIG. 2. — Peso seco total y de los distintos órganos de plantas de soja tratadas con 0,1 y 2 de CCC y sometidas a dos niveles de humedad edáfica: con y sin déficit hídrico. Cada barra representa el promedio de cuatro mediciones efectuadas sobre cuatro plantas.

Relación parte aérea/raíz

El déficit hídrico disminuyó significativamente esta relación. Un efecto semejante tuvieron las concentraciones crecientes de CCC, con diferencias significativas para la dosis mayor en ambos niveles de humedad (tabla 2). Esto fue debido a la disminución de peso seco de la parte aérea. Plaut et al (1964) trabajando con plantas de poroto encontraron que el descenso en la relación parte aérea-raíz causado por el CCC se debió al aumento en el peso seco de las raíces.

Es retardante químico al disminuir la relación parte aérea/raíz, colgaría a las plantas tratadas en situación más favorable para evitar un déficit hídrico durante el período de crecimiento

Área foliar específica

El área foliar específica (área foliar/peso seco de hojas) de las plantas tratadas con CCC disminuyó significativamente en todos los tratamientos. Este resultado concuerda con lo señalado por Humphries (1963) para tabaco. Esta relación fue disminuída también por el déficit hídrico. Una menor área foliar específica indica

menor superficie foliar por unidad de peso seco, lo que, según señalaron Koschuchowa y Muennich (1974) podría deberse a un mayor "empaquetamiento" de las células del parénquima con reducción de los espacios intercelulares.

Las plantas tratadas con CCC presentaron hojas de color verde más oscuro, hecho que ha sido atribuido en otras especies a un mayor contenido clorofiliano (El Damaty, Kuhn y Linser, 1964; Humphries, 1963; Pikush, 1974).

Nódulos

El déficit hídrico y las concentraciones crecientes de CCC redujeron el número, peso seco total y peso seco promedio de los nódulos, con distintos niveles de significancia según tratamientos (tabla 3). Estos resultados coinciden con los encontrados por Chailakhyan y Arutyunyan (1963) para soja y otras leguminosas.

TABLE 3. Número, peso seco total y peso seco promedio de nódulos para 0, 1 y 2 g de CCC y dos niveles de humedad edáfica: con y sin déficit hídrico

Gramos de CCC	<i>Sin Déficit</i>		
	0	1	2
Número de nódulos	609,7	533,5	485,0
Peso seco de nódulos (g)	0,669	0,42	0,255b
Peso seco nódulos nº de nódulos	10,1.10 ⁻⁴	8,4.10 ⁻⁴	5,2.10 ⁻⁴

<i>Con Déficit</i>			<i>Sin Déf. vs. Con Déf.</i>		
0	1	2	0	1	2
36,3	21,0	10,7b	a	a	a
0,016	0,005b	0,002a	a	b	b
4,7.10 ⁻⁴	2,0.10 ⁻⁴ b	1,7.10 ⁻⁴ b	—	a	—

a — diferencia significativa (P < 0,01 según Tukey)

b — diferencia significativa (P < 0,05 según Tukey)

Dentro de cada nivel hídrico la significancia se consideró respecto de la dosis 0 g de CCC.

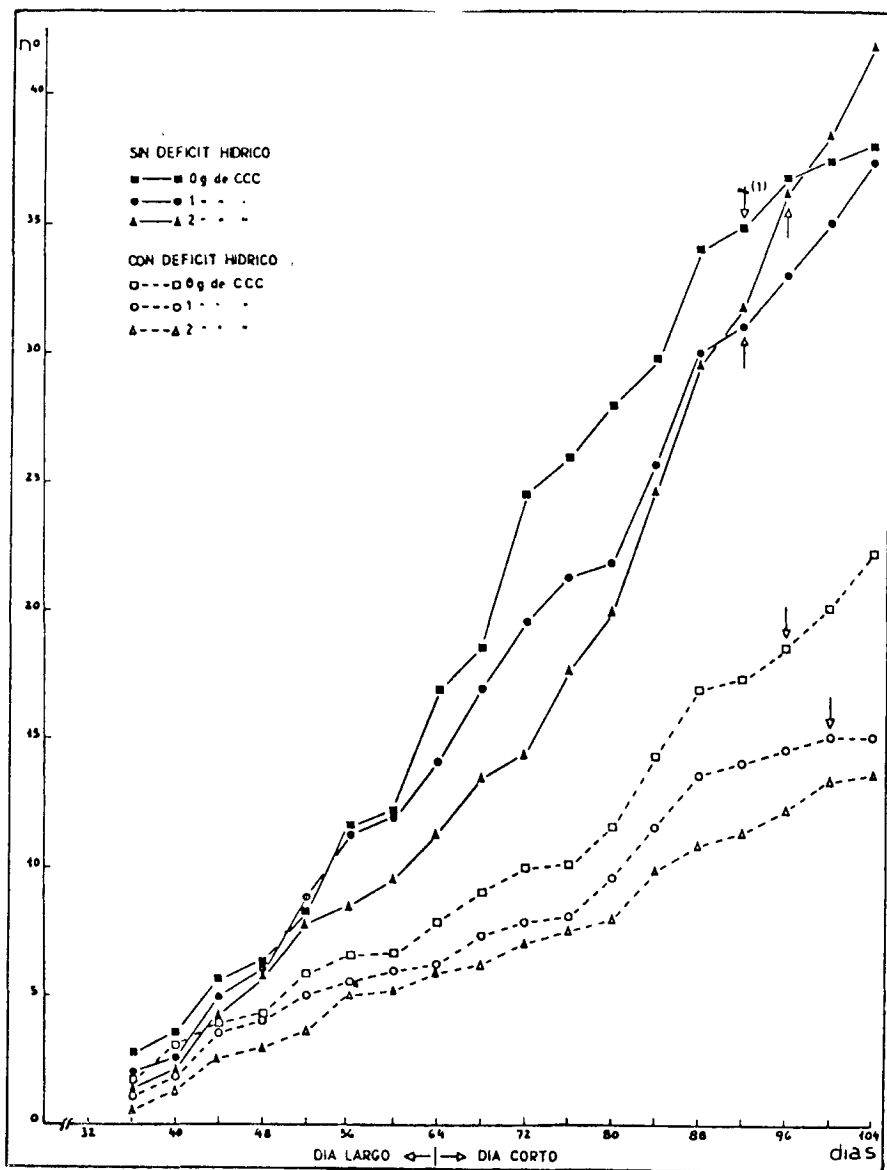


FIG. 3. — Número de ramificaciones.

Efectos sobre la floración

El fotoperíodo de 15 hs. fue eficaz para impedir el pasaje de las plantas al estado reproductivo. Cuando disminuyó la longitud del día a 10,1 hs. las plantas quedaron en condiciones inductivas para florecer, tardando distinto tiempo según los tratamientos hasta la aparición de pimpollos con pétalos visibles. En el nivel de alta humedad, el tiempo transcurrido fue de 28 días para la dosis de 0 y 1 g de CCC y de 32 días para la dosis de 2 g. Con déficit hídrico, este lapso fue de 32 días para la dosis de 0 g y de 36 días para la de 1 g. Con la dosis de 2 g las plantas sólo llegaron al estado de pimpollo sin pétalos visibles mientras duró el ensayo.

Estos resultados evidenciaron un ligero atraso en el comienzo de la floración debido posiblemente al déficit hídrico y a la dosis creciente de CCC.

IV. AGRADECIMIENTO

A la Sra. Liliana C. de Nocce por el análisis estadístico de los datos.

A Cyanamid Argentina por el suministro del CCC.

V. RESUMEN

Plantas de soja/*Glycine max* (L.) Merrill/ cv. Halesoy 71 crecieron en potes con 4.500 g. de mezcla de tierra húmifera y arena (3:1 v/v). Se trabajó en invernáculo con 4 repeticiones distribuidas al azar. Los tratamientos consistieron en dosis de 0; 1 y 2 g. de CCC aplicado en solución al suelo, sometidos a dos niveles de humedad edáficas: con y sin déficit hídrico.

El déficit hídrico disminuyó el porte y redujo la producción de materia seca en todos los tratamientos. El CCC redujo significativamente la longitud del tallo principalmente en ambos niveles hídricos debido a una disminución de la longitud de los internodios. El CCC no disminuyó significativamente ni el peso seco total ni el área foliar, excepto para la dosis de 2 g. con alta humedad. El déficit hídrico y el CCC retrasaron ligeramente el comienzo de la floración.

SUMMARY

The experiment was conducted in order to study the effect of CCC / (2-chloroethyl) trimethyl-ammonium chloride/ and of water stress on the growth of soybean plants /*Glycine max* (L.) Merrill/ cultivar Halesoy 71.

Single plants were grown in pots containing 4.500 g. of fertile soil and sand (3:1 v/v), under glasshouse conditions.

Treatments consisted of 0; 1 and 2 g. of CCC applied as a soil drench, and of two soil moisture levels, i. e. with and without water stress.

Water stress reduced stem length and dry weight in all treatments. The CCC shortened the stem as a result of the reduction in the length of internodes. Leaf area and total dry weight were not decreased by CCC, except in the treatment with 2 g. of CCC without water stress. Both CCC and water stress slightly delayed the beginning of flowering.

VI. BIBLIOGRAFIA

- BOYER, J. S.: 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. *Pl. Physiol.* 46: 233-235.
- CATHEY, H. M.: 1964. Physiology of growth retarding chemicals. *Ann. Rev. Pl. Physiol.* 15: 271-302.
- CHAILAKHYAN, M. Kh. y ARUTYUNYAN, R. Sh. 1968. Effect of the retardant CCC on growth, tuber formation and rhizosphere microorganisms in legumes. *Biol. Zh. Arm.* 21 (4): 3-11. Resumen en *Biol. Abstr.* 51 (20).
- EL DAMATY, H.; KUHN, H. y H. LINSER: 1964. A preliminary investigation on increasing salt tolerance of plants by application of (2-chloroethyl) - trimethylammonium chloride. *Agrochim.* 8 (2): 129-138.
- GRUZDEV, L. G. y NENAIDENKO, G. N.: 1974. Quality of the yield of winter wheat and rye treated with chlorocholine chloride and 2, 4-D. *H. Kh. Biol.* 9 (3): 359-364. Resumen en *Biol. Abstr.* 59 (11): 6262.
- HALEVY, A. H. y KESSLER, B. 1963. Increased tolerance of bean plants to soil drought by means of growth-retarding substances. *Nature.* 187: 310-311.
- HUMPHRIES, E. C.: 1963. Effects of (2 chloro-ethyl) trimethyl ammonium chloride on plant growth, leaf area, and net assimilation rate. *Ann. of Bot., NS.* 27 (107): 517-532.
- KOSHUCHOVA, S. y MUENNICH, H.: 1974. The influence of CCC on the growth of plants: II. Relation between the growth of cells and leaves of wheat seedlings. *Wiss Z. Humboldt. Univ. Berl. Math. Naturwiss Reihe.* 23 (6): 659-662. Resumen en *Biol. Abstr.* 60 (12) 7368.
- LINSER, H. y KUCHN, H.: 1962. Fertilizers for the control of lodging on the basis of gibberellic acid antagonist of the CCC group (Chlorocholine chloride). *Bodenkunde.* 96 (141): 231-274.. Citado en *Cyanamid International. Información técnica.* 1966.
- LOVET, J. V. y CAMPBELL, D. A.: 1973. Effect of CCC and moisture stress on sunflower. *Exp. Agric.* 9 (4): 329-337.
- MARTH, P. C.: 1965. Increased frost resistance by application of plant growth-retardant chemicals. *J. Agric. Food Chem.* 13(4): 331-333.
- MARTH, P. C. y FRANK, J. R.: 1961. Increasing tolerance of soybean plants to some soluble salts through application of plant growth-retardant chemicals. *J. Agric. Food Chem.* 9 (5): 360-361.
- MICHNIEWICZ, M. y KENTZER, T.: 1965. The increase of frost resistance of tomato plants through application of 2-chloroethyl trimethylammonium chloride (CCC). *Experientia* 21 (4): 230-231.

- MORANDI, E. N.: 1976. Ensayo con diversos materiales para reducir la evaporación del agua del suelo en macetas. Informe Dactilograf. Cons. de Investig. U.N.R. 7 pp.
- PIKUSH, G. R.: 1974. Effect of ch'orochole chloride on formation of frost resistance in winter wheat. *Fisiol. Biokhim. Kul't Rast.* 6 (1): 54-60. Resumen en *Biol. Abstr.* 59 (6): 3626.
- PINTHUS, M. J. y HALEVY, A. H.: 1965. Prevention of lodging and increase in yield of wheat treated with CCC (2-chloroethyltrimethylammonium chloride). *Israel Jour. Agric. Res.* 15 (3): 159-161. Citado en *Cyanamid International, Información técnica*, 1966.
- PLAUT, Z.; HALEVY, A. H. y SHMUELL, B., 1964. The effect of growth-retarding chemical on growth and transpiration of bean plants grown under various irrigation regimes. *Israel J. Agr. Res.* 14 (4): 153-158.
- ROBERTSON, G. A. y GREENWAY, H.: 1973. Effects of CCC on drought resistances of *Triticum aestivum* L. and *Zea Botany*. 47: 260-66. Citado en *Cathey, H. M. 1964. Physiology of Growth retarding chemicals. Ann. Rev. Pl. Physiol.* 15: 271-302.
- SACHS, R. M.; LANG, A.; BRETZ, C. F. y ROACH, J. 1960. *Am. J. Botany.* 47: 260-66. Citado en *Cathey, H. M. 1964. Physiology of Growth Retarding Chemicals. Ann. Rev. Pl. Physiol.* 15: 271-302.
- TOLBERT, N. E.: 1960. (2-chloroethyl) trimethylammonium chloride and related compounds as plant growth substances. I. Chemical structure and bioassay. *Jour. Biol. Chem.* 235: 475-479.