

03

LA PRODUCCION QUIMICA DE NUEVAS VARIEDADES DE PLANTAS

Gerhard Naundorf *

1. Introducción:

La ciencia moderna presta hoy en día un servicio primordial a la agricultura y horticultura y miles de investigadores, en todos los países del mundo, está estudiando, experimentando e investigando nuevos métodos y mejores procedimientos para la alimentación y subsistencia del hombre, la gran labor benéfica de la agricultura, con sus ramas de la horticultura y ganadería.

Si hablamos de la producción de nuevas variedades de plantas pensamos en primer lugar en los científicos que se ocupan de la genética, creando nuevas variedades y mejorando nuestras plantas de cultivo. Quiero destacar aquí solamente el maíz híbrido, el maíz sintético precoz (Villamil 1949) y muchos otros más.

Pero durante los últimos años se ha formado otra rama de la biología aplicada que se dedica a la creación de nuevas variedades con la ayuda de substancias químicas.

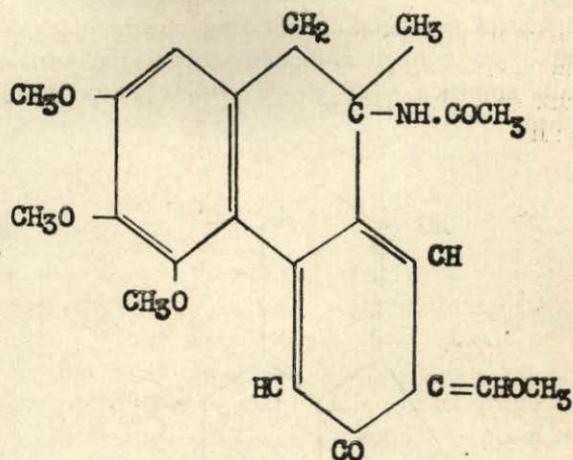
Es conocido ya desde hace mucho tiempo que las características de una planta dependen de los cromosomas que contiene cada una de sus células. Cualquier cambio de esos cromosomas produce una variación en la forma, en el contenido y en los procesos fisiológicos de la planta. Así p. ej., una duplicación de los cromosomas puede originar ya una planta completamente distinta a la de su origen y representar una nueva variedad.

A una planta cuyas células contengan dos de cada clase de cromosomas que son característicos para cada variedad, la denominamos "diploide", el caso más normal y frecuente, y aquellas que contienen tres o cuatro se llaman "triploides" o "tetraploides". En general estas plantas se denominan "poliploides".

Una planta poliploide, hecha con ciertas substancias químicas, puede ser

* Dr. rer. nat., Prof. Bot., Jefe de la Sección de Fisiología Vegetal de la Estación Agrícola Experimental de Palmira. Div. Nal. de Agricultura.

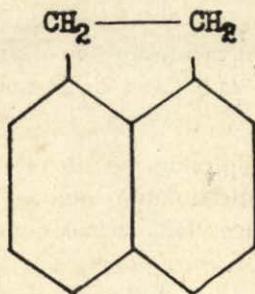
autumnale), planta oficial y muy venenosa de la clase II Monocotiledónea orden 2 Liliifloras y de la familia de las Liliáceas. Su fórmula estructural es:



La fórmula empírica es $\text{C}_{22}\text{H}_{25}\text{O}_6\text{N}$ con un peso molecular de 399. Este alcaloide es muy soluble en agua (22 partes a 100), una gran ventaja para los diferentes métodos del tratamiento.

b. Acenafteno:

Otra sustancia muy activa en la producción de poliploidia es el acenafteno, derivado del alquitrán, con la fórmula empírica C_{10}H_6 $[\text{CH}_2]_2$ y peso molecular de 154. Su fórmula estructural es:



Esta sustancia es menos tóxica que la colchicina, pero tiene la gran desventaja de ser casi insoluble en el agua (0,003%). Se aplica en forma de vapor.

a. Tratamiento de las semillas:

Este método es muy simple, basta poner las semillas en soluciones de cohicina durante 12 horas a seis días, según la duración de la germinación, para que se hinchen en estas soluciones, y luego sembrarlas. Los resultados son muy poco favorables y satisfactorios y el porcentaje de las plantas poliploides obtenidas es muy bajo. Las concentraciones empleadas oscilan, según las semillas, entre 0,00125 y 2,4% de soluciones acuosas (Aase 1946, Blakeslee y Avery 1938, Bond 1942, Bacchi 1944, Chen y Tang 1945, Cook 1938, Cooper 1939, Dermott 1940, Ernould 1946, Gavaudan et al. 1938, Griesinger 1942, Gyorffy 1938, Johnson y Holtz 1946, Hecht 1942, Mendes 1938, Mirov y Stockwell 1939, Müntzing 1942, Myers 1939, Newcomer 1941-1943, Menezes 1946, Klinkowski y Griesinger 1939, Rasmusson y Levan 1939, Rybin 1938, Richharia y Persal 1940, Kihara y Kishimoto 1938, Stomps 1942, Tang y Loo 1940, Thompson y Kosar 1938, Weller 1946, etc.). Las semillas así tratadas muestran en su mayoría fuertes inhibiciones en su primer crecimiento y desarrollo; raras veces se han observado estimulaciones (Loo y Tang 1945).

b. Tratamiento de plántulas germinativas:

Este método promete mejores resultados y es empleado con frecuencia. Es el método apropiado para plántulas jóvenes de arroz (*oryza sativa*). Las semillas de arroz se dejan germinar bajo agua hasta que el primer coleóptilo tenga una longitud de 10 a 15 milímetros. Hasta este momento las raíces germinativas aún no están formadas. Bajo agua se cortan los coleóptilos, dejando un muñón de 1 a 3 milímetros (véase Fig. N° 1) y se ponen estas plántulas decapitadas durante 24 a 48 horas en soluciones de 0,75 a 1,5% de cohicina.

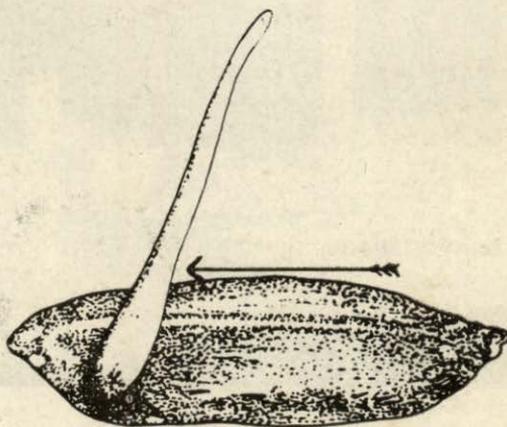


Fig. N° 1: Semilla de arroz en germinación con el primer coleóptilo. Córtese por donde señala la flecha.

EJEMPLAR ONI

En esta posición se deja la plántula de 10 a 48 horas, lavándola después con agua y transplantándola (**Dermen y Bain 1941**, etc.). Las concentraciones empleadas oscilan, según la planta que se quiera tratar, entre 0,02 y 1,5%.

En el caso de que se dejen germinar las semillas sobre papel de filtro y las raíces estén bien adheridas al papel de filtro, se puede colocar el papel con las plantas jóvenes, invertido sobre un vaso que contenga la solución (**Thompson y Kosar 1938**).

Los métodos mencionados tienen que seguirse de esta forma, porque las raíces son muy sensibles a la solución de colchicina.

Otro método ensayado en la Estación Agrícola Experimental de Palm Beach es el siguiente:

Las plantas a tratar se dejan crecer en macetas pequeñas. Cuando llegan a la edad de ser tratadas, se vierte parafina encima de la tierra y las plantas de estas macetas se ponen al revés sobre vasos que contienen la solución del tratamiento y se deja sumergir el tallo durante 16 a 48 horas en las soluciones (de 0,1 a 1,0%). Así traté plántulas de café, cacao, té y algodón. **Blakeslee y Avery (1937)** y **Johnson y Holtz (1946)** trabajaron con un método parecido.

Thompson (1943) cita otro método, muy cómodo y que no es peligroso para las raíces. El fondo de un vaso o de cualquier vasija se divide en dos partes y en un lado se pone el agua y en el otro la solución, procurando que la solución no penetre en el agua. Las plantas a tratar se meten entonces con sus raíces en el agua y la yema terminal en la solución.

e. Método del tratamiento de las yemas:

Las plantas ya bastante crecidas se tratan de la siguiente manera (véase Fig. 3): sobre la yema terminal se pone un rodete de algodón y se moja ésta con la solución de colchicina, procurando que el algodón esté siempre húmedo y en contacto con la yema a tratar. El mismo procedimiento se puede hacer con yemas laterales **Blakeslee y Avery 1937**, **Schnak y Covas 1945**, etc.). El tiempo de tratamiento oscila entre 4 a 24 horas.

Dermen (1940) propone también el siguiente método. Se moja la yema varias veces al día con una solución que contiene:

Colchicina	según concentración deseada
Agua	2,5 cc
Glicerina	7,5 cc
Santomerse a 10%	6 a 8 gotas

sulta difícil colocar un rodete de algodón. Se mete la yema terminal de una rama en la solución de colchicina y otras sustancias que se encuentran en un vaso fijado a un soporte. (Blakeslee y Avery 1937, Griesinger 1942, etc.).

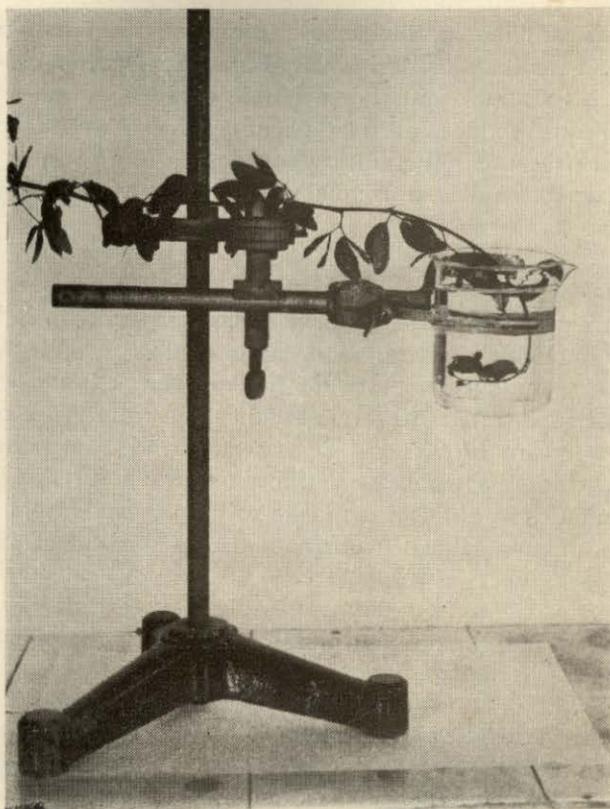


Fig. N° 4: Procedimiento a seguir para tratar ramas largas y que no permiten poner rodete de algodón.

Foto: Terencio Rengifo.

d. Método de inyección:

En bulbos carnosos, como p. e. en la cebolla, se pueden inyectar las soluciones con una jeringuilla, para que las sustancias transformadoras lleguen bien al punto vegetativo y puedan desarrollar allí sus efectos (Myers 1939, Hernal 1941, Matthews 1943, Yeager y Haubrich 1944, Kerns y Collins 1946, et

mismo efecto (**Blakeslee y Avery 1937**). Natural es, que se tienen que comparar con hojas de plantas no tratadas de la misma edad y de la misma posición en el tallo.

Lo más exacto desde luego es contar los cromosomas. Aquí hay que mencionar, que la acción citológica de la colchicina o de cualquier otra substancia es una inhibición de la formación del huso (**Krythe y Wellensiek 1942**).

5 - Plantas tratadas con éxito.

En la literatura existente encontramos gran cantidad de plantas de las cuales se han obtenido variedades poliploides, con cromosomas duplicados, con la ayuda de substancias químicas, como la colchicina, el acenafteno etc.

Quiero dar a continuación una lista de las plantas que se pueden transformar en poliploides o duplicar los cromosomas, mencionando también los autores y el año del trabajo.

P L A N T A		A U T O R E S	A Ñ O
Nombre latino	Nombre vulgar		
Aegilops trinuciales		Sears	1939
		Piette	1939
Ananas sativum	piña	Kerns y Collins	1946
Antirrhinum majus	boca de león	Emsweller y Ruttle	1941
		Pirschle	1942
		Straub	1940
Avena brevis	avena	Dorsey	1939
		Fetisov	1940
Beta vulgaris	remolacha azucarera y forrajera	Rasmusson y Levan	1939
		Frandsen	1939
		Levan	1940
		Peto y Boyes	1940
		Peto y Hill	1942
		Lynes y Harris	1942
		Artschwager	1942
		Müntzing	1942
		Ernould	1946
Brassica rapa oleifera	colza	Turesson y Nordenskiöld	1943
Brassica nigra	mostaza	Turesson y Nordenskiöld	1943
Brassica oleracea	col	Barr y Newcomer	1943
		Karpenchenko	1937
		Newcomer	1941-1942
		Pirschle	1942
Calendula officinalis	caléndula	Weddle	1941
Camelina sativa		Piette	1939

NAUNDORF: PRODUCCION QUIMICA DE PLANTAS

P L A N T A		A U T O R E S	A Ñ O
Nombre latino	Nombre vulgar		
Hordeum spec.	cebada	Dorsey	1939
		Karpechenko	1940
		Randolph	1941
		Müntzing	1942
		Chen, Shen y Tang	1945
Humulus lupulus	lupulo	Aase	1946
		Piettre	1939
Hyoscyamus spec.		Gyorffy	1938-1939
Lactuca sativa	lechuga	Thompson y Kosar	1938
Lepidium sativum	berro	Piettre	1939
Lilium spec.	lirio	Emsweiler y Brierley	1940
		Emsweiler y Ruttle	1941
Linum usitatissimum	lino	Gyorffy	1938-1939
		Levan	1939-1940
		Lutkov	1939
		Müntzing y Runquist	1939
		Piettre	1939
		Münstzing	1942
		Rybin	1938
		Simonet	1938
		Ross y Boves	1946
		Myers	1939
Lolium perenne	lolio	Sullivan y Myers	1939
		Shalygin	1941
		Nebel y Ruttle	1938
Lycopersicum spec.	tomate	Shimamura	1938
		Newcomer	1941
		Graner	1941-1944
Manihot utilissima	yucca	Emsweiler y Ruttle	1941
Mathiola spec.		McKay, Burrell y Goodhue	1945
Medicago sativum	alfalfa	Nilsson y Anderson	1943
		Julén	1944
Melilotus spec.	trebol	Johnson y Sass	1944
Nicotiano tabacum	tabaco	Mendes	1938
		Kostoff	1938
		Noguti, Okuma y Oka	1939
		Noguti, Oka y Otuka	1940
		Smith	1939-1943
		Warmke y Blakeslee	1939
		Clausen	1941
		Pirsihle	1942
		Bradley y Goodspeed	1943
		Lapin	1939
Ocimum spec.			

P L A N T A		A U T O R E S	A Ñ O
Nombre latino	Nombre vulgar		
Torenia spec.		Bannan	1945
		Straub	1940
		Pirschle	1942
Trifolium spec.	trébol	Levan	1940
		Müntzing	1942
		Atwood	1944
Triticum	trigo	Dorsey	1939
		Piettre	1939
		Tang y Loo	1940
		Zhebrak	1939
		Aase	1946
Vaccinium oxycoccus	avándano	Dermen y Bain	1941-1944
Vicia Faba	habas	Rybin	1939
Zea Mays	maíz	Koltzoff	1939
		Piettre	1939

6. Qué ventajas prometen las plantas que resultan de la duplicación de cromosomas?

- a. Plantas más grandes y fuertes y de mayor producción (Dermen y Bain 1941, Müntzing 1942, etc.).
- b. Puede variar la composición química, así p. e. se encontró que el contenido en azúcar de la remolacha azucarera es más elevado. (Peto y Boyes 1940). — Taraxacum kok-saghys tetraploide proporciona más caucho (Warmke 1945). En las hojas de Datura se encuentra un elevado contenido en atropina (Rowson, 1944) y el tabaco es más rico en nicotina (Noguti et al. 1939, 1940). En la col y en el tomate transformados puede determinarse más Vitamina C (Newcomer 1943, Sansome y Zilva 1936). Randolph y Hand (1938, 1940) notaron un aumento de provitamina A en el maíz. El algodón y el yute dan una fibra más larga, según Beasley 1940 y Zhurbin 1941, Rao et al. 1944).
- c. Es mayor la resistencia contra las plagas y enfermedades (Müntzing).
- d. Ayudan a las investigaciones de genética en muchos aspectos.

R E S U M E N :

El autor relata la producción química de nuevas variedades de plantas y describe las substancias y métodos necesarios para lograr éstas. Una amplia bibliografía facilita la introducción en esta rama de la biología aplicada, que

- by extremes of temperature. *J. Heredity* 29.
- Dermen, H.** — 1940 — Colchicine polyploidy and technique. *Bot. Rev.* 6.
- Dermen, H. y H F. Bain.** — 1941 — Periclinal and total polyploidy in cranberries induced by colchicine. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 38.
- Dermen, H. y H. F. Bain.** — 1944 — A general cytohistological study of colchicine polyploidy in cranberry. *Am. J. Bot.* 31.
- Dermen, H. y G. M. Darrow.** — 1938 — Colchicine induced tetraploid and 16-ploid strawberries. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 36.
- Dermen, H., H. H. Smith y S. L. Emsweiler.** — 1942 — The use of colchicine in plant breeding, Washington, D. C., U. S. Bureau of Plant Industry.
- Dorsey, E.** — 1939. — Chromosome doubling in the cereals. *J. Heredity* 30.
- Eigsti, O. J.** — 1938 — A cytological study of colchicine effects in the induction of polyploidy in plants. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 24.
- Emsweiler, S. L. y Ph. Brierley.** — 1940 — Colchicine-induced tetraploidy in Liliun. *J. Heredity* 31.
- Emsweiler, S. L. y M. L. Ruttle.** — 1941 — Induced polyploidy in floriculture. *Ann. Naturalist.* 75.
- Ernould, L.**—1946—L' autopolyploidie expérimentale chez la Beterave. *Cellule* 50 (3)
- Eyster, W. H.** — 1941 — The production of polyploid Tagetes. *Proc. Pennsylvania Acad. Sci.* 15.
- Fetissov, A. I.** — 1940 — Chromosome doubling by colchicine and crossability of tetraploids in *Avena brevis*. *Compt. rend. acad. sci. U. R. S. S.* 27.
- Frandsen, K. J.** — 1939 — Colchicininduzierte Polyploidie bei *Beta vulgaris*. *Zuechter* 11.
- Gavaudan, P. y N. Gavaudan.** — 1937 — Modifications numériques et morphologiques des chromosomes, induites chez les végétaux par l'action de la colchicine. *Compt. rend. soc. biol. Paris*, 126.
- Gavaudan, P., N. Gavaudan y J. Durand.** — 1938 — Sur la similitude d'action de l'acé naphthene et de la colchicine dans l' inhibition de la caryocinese. *Compt. rend. soc. biol. Paris* 129.
- Glotov, V.** — 1939 — Combined effect of colchicine and heteroauxine upon seedling of camphor-yielding basil, *Compt. rend. (Doklady) acad. sci. U. R. S. S.* 24
- Graner, E. A.** — 1941 — Polyploid Cassava induced by colchicine treatment. *J. Heredity* 32.
- Graner, E. A.** — 1944 — Uma forma tetraploide de mandioca vassourinha de probable valor horticola. *Rev. Agri. (Piracicaba)* 19.
- Greenleaf, W. H.** — 1938 — Induction of polyploidy in *Nicotiana* by heteroauxine treatment. *J. Heredity* 29.
- Greeves-Carpenter, C. F.** — 1942 — The new Tetra Marigold. *Canad. Flor.* 35,6.
- Griesinger, R.** — 1942 — Die Bedeutung der Ergebnisse der Polyploidie-forschung fuer die Planzenzuechtung. *Ber. Deutsch. Botan. Gesellschaft* 60.
- Gustafson, F. G.** — 1944 — Growth hormone studies of some diploid and autotetraploid plants. *J. Heredity* 35.
- Gyoerffy, B.** — 1938 — Durch Kolchizinbehandlung erzeugte polyploide Pflanzen. *Naturwissenschaften* 26.
- Gyoerffy, B.** — 1939 — Colchicinnel indukált polyploida I. *Acta Univ. Szeged. Acta Biol. Pars- Bot.* 5 (½).
- Gyoerffy, B.**—1939—Tetraploid paprika. *Acta Univ. Szeged. Acta Biol. Pars: Bot.* 5(½)
- Gyoerffy, B. y G. Melchers.** — 1938 — Die Herstellung eines fertilen, amphidiploiden Artbastardes *Hyocymus niger*. *H. albus* durch Behandlung mit Kolchizinlösungen. *Naturwissenschaften* 26.

- Levan, A. — 1940 — En ny tillampning av kemien inom vaextfoeraedlingen. Sverige Utsedesfoeren Tidsskr. 50 (2).
- Levan, A. — 1940 — Framstaellning av tetraploid roedkloever. Sveriges Utsaesefoeren Tidsskr. 50 (3).
- Levan, A. — 1942 — The response of some flax strains to tetraploidy. Hereditas 28.
- Lutkov, A. N. — 1939 — Mass production of tetraploid flax plants by colchicine treatment. Compt. rend. (Doklady) acad. sci. U. R. S. S. 22.
- Lynes, F. F. y C. D. Harris. — 1942 — Polyploidy in sugar beets induced by the use of colchicine, ethyl mercury phosphate, and other chemicals. Proc. Am. Soc. Sugar Beet Tech. 1942.
- Matthews, L. — 1943 — Colchicine mutation of gladiolus. Gladiolus 18.
- McKay, J. W., P. C. Burrell y L. D. Goodhue. — 1945 — Applying colchicine to plants by the aerosol method. Science 101.
- Mehlquist, G. A. L., C. O. Blodgett y L. Bruscia. — 1943 — Colchicine induced Tetraploidy in Delphinium cardinale, J. Heredity 34.
- Mendes, A. J. T. — 1938 — Duplicao de cromosomios em café, algodao e fumo pelo uso da colchicina. An. Prim. Reun. Sul-Am. Bot. 3.
- Mendes, A. J. T. — 1940 — Polyploid cottons obtained through use of colchicine. I Bot. Gaz. 102.
- Menezes, Osvaldo B. de — 1944 — Poliploidis, inducao e colquicina. Bol. Min. Agr. Rio de Janeiro 33 (7).
- Mirov, N. T. y P. Stowell. — 1939 — Colchicine treatment of pine seeds. J. Heredity 30 (9).
- Muentzing, A. y E. Runquist. — 1939 — Notes on some cochicine-induced polyploids. Hereditas 25 (4).
- Muentzing, A. — 1941 — New material and cross combinations in Galeopsis after colchicine induced chromosome doubling. Hereditas 25.
- Muentzing, A. — 1942 — Experimentella Kromosomtalsfoeraendringar och deras betydelse foer vaextfoeraedlingen. K. Lantbruks-Akad. Handl. Tidsskr. (Stockholm) 81 (2).
- Myers, W. M. — 1939 — Colchicine induced tetraploidy in perennial ryegrass. J. Heredity 30.
- Naundorf, G. — 1948 — Las Fitohormonas en Agricultura. Salvat-Barcelona.
- Naundorf, G. — 1950 — Producción química de algunas variedades nuevas de plantas tropicales (en preparaci6n, Notas Agron6micas).
- Navashin, M. — 1938 — Influence of Acenaphthene on the division of cells and nuclei. Compt. rend. (Doklady) acad. sci. U. R. S. S. 19.
- Nebel, B. R. y M. L. Ruttle. — 1938 — Colchicine and its place in fruit breeding. New York Agr. Expt. Stat. (Geneva) Circ. 183.
- Newcomer, R. H. — 1941 — A colchicine induced homozygous tomato obtained through doubling clonal haploids. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 38.
- Newcomer, E. H. — 1941 — A colchicine induced tetraploid cosmos. J. Heredity 32.
- Newcomer, E. H. — 1941 — A colchicine induced tetraploid cabbage. AmNaturalist 75.
- Newcomer, E. H. — 1945 — Colchicine as a growth stimulator. Science 101.
- Nilsson, F. — 1940 — Tetraploidi hos paeronplanter framkallad med hjalp av colchicin. Sveriges Pom6l. Foeren. Arsskr. 44.
- Nilsson, F. y E. Anderson. — 1943 — Polyploidy in the genus Medicago. Hereditas 29.
- Noguti, Y., H. Oka y T. Otuka. — 1940 — Studies on the polyploidy in Nicotiana induced by the treatment with colchicine. Japan J. Bot. 10.
- Noguti, Y., K. Okuma y H. Oka. — 1939 — Studies on the polyploidy in Nicotiana in-

- Heredity. 30.
- Sell, O. E. - 1939 - Technique in colchicine treatment of pasture plants and seeds. Proc. Assoc. Southern Agr. Workers 40.
- Shalygin, I. N. - 1941 - Production of tetraploids in *Lolium* by treating germinating seeds with colchicine. Compt. rend. acad. sci. URSS 30.
- Shifriss, O. - 1942 - Polyploids in the genus *Cucumis*. J. Heredity 33.
- Shimamura, T. - 1938 - Experiments of the treatment of tomatoes with colchicine solution. Japan. J. Genetics 40.
- Shmuk, A. - 1938 - The chemical nature of substances inducing polyploidy in plants. Compt. rend. acad. sci. URSS. 19.
- Shmuk, A. y A. Gusseva - 1939 - Active concentrations of acenaphthene inducing alterations in the processes of cell division in plants. Compt. rend. acad. sci. URSS. 22.
- Simont, M. - 1938 - De l'obtention de variétés polyploides a grandes fleurs apres application de colchicine. Rev. Hort. 110.
- Simonet, M. y P. Danserau - 1938 - Sur plusieurs mutations tetraploides de *Petunia* apparues apres traitement a la colchicine. Compt. rend. acad. sci. Paris 206.
- Smith, H. H. - 1939 - The induction of polyploidy in *Nicotiana* species and species hybrids by treatment with colchicine. J. Heredity. 30.
- Stephens, S. G. - 1940 - Colchicine treatment as a means of inducing polyploidy in cotton. Trop. Agr. 17.
- Stephens, S. G. - 1942 - Colchicine-produced polyploids in *Gossypium*. I. J. Genetics. 44.
- Stevenson, F. J. - 1941 - Potato breeding, genetics, and cytology: Review of literature, 1940. Amer. Potato Jour. 18 (11).
- Stomps, Th. J. - 1942 - Ueber die Kuenstliche Herstellung von *Oenothera Lamarckiana gigas* de Vries. Berichte der deutsch bot. Gesellschaft 60 (2).
- Stout, A. B. - 1945 - Inactivation of incompatibilities in tetraploid progenies of *Petunia axillaris*. Torreya 44.
- Straub, J. - 1940 - Quantitative und qualitative Verschiedenheiten innerhalb polyploiden Pflanzenreihen. Biol. Zentralblatt 60.
- Straub, J. - 1940 - Die Ausloesung von polyploidem *Pisum sativum*. Berichte der deutsch botanischen Gesellschaft 58.
- Tang, P. S. y P. S. Loo. - 1940 - Polyploidy in soybean, pea, wheat and rice, induced by colchicine treatment. Science 91.
- Thompson, R. C. - 1943 - A technique for treating small seedlings with colchicine. Plant Physiol. 18.
- Thompson, R. C. y W. F. Kosar. - 1938 - Polyploidy in lettuce induced by colchicine. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 36.
- Toole, M. G. y R. Bamford - 1945 - The formation of diploid plants from haploid peppers. J. Heredity. 36.
- Turesson, G. y H. Nordenskiöld. - 1943 - Chromosome doubling and cross combinations in some cruciferous plants. Lantbrukshoegskolas Annaler 11.
- Warmke, H. E. - 1945 - Experimental polyploidy and rubber content in *Taraxacum kok-saghyz*. Bot. Gaz. 106.
- Warmke, H. E. y A. F. Blakeslee. - 1939 - Induction of simple and multiple polyploidy in *Nicotiana* by treatment colchicine. J. Heredity 30.
- Warmke, H. E. y H. Davidson - 1943 - Polyploidy investigations. Carnegie Inst Wash. Year Book 42.
- Weddle, C. - 1941 - Two colchicine-induced polyploids of the greenhouse chrysanthemum.