

## PRODUCCION DE SEMILLA DE REMOLACHA EN COLOMBIA

JESÚS NORATO RODRÍGUEZ<sup>1</sup> MARÍA EUGENIA GONZÁLEZ.

### RESUMEN

Bajo las condiciones tropicales no inductivas de la Sabana de Bogotá, se indujo el desarrollo reproductivo y la formación de semillas en remolacha mediante la aplicación exógena de giberelinas y la estimulación con bajas temperaturas. Las mejores respuestas, cualitativa y cuantitativamente, se obtuvieron con la hormona. Así por ejemplo; en plantas de 70 días de edad, la floración del cultivo fué del 72.2%, se formaron 1647 inflorescencias por planta, de cuyas semillas germinó el 63.3% y se formaron 5.2 tallos florales por planta. Los tratamientos de vernalización, con o sin aplicación de giberelina, también indujeron el desarrollo reproductivo de las plantas pero las respuestas fueron más demoradas y de menor magnitud. Las plantas que no recibieron ningún tipo de estimulación exógena, permanecieron en estado vegetativo durante todo el período experimental.

**Palabras claves:** Remolacha, condiciones no inductivas, giberelina, vernalización, floración, semilla.

### ABSTRACT

Under the tropical non inductive conditions of the Sabana de Bogotá, the reproductive development and seed formation of beet-

root was induced by exogen application of gibberellins and low temperature stimulation.

The best quantitative and qualitative results, were obtained with the hormone, for instance; 70 days-old plants produced 72.2% crop flowering, 1647 inflorescences per plant, of which a 63.3% of its seeds germinated, and a mean of 5.2 bolting axis.

Vernalization treatments with or without AG<sub>3</sub> application also induced reproductive development but the responses were lower and later. Plants with no exogen stimulus remained in vegetative stage during the experimental period.

### INTRODUCCION

La mayor parte de las hortalizas consumidas en Colombia son originarias de la zona Mediterránea de Europa (Lobo y Mejía, 1977); allí, através de la evolución, se adaptaron a las condiciones climáticas de la región, especialmente a las variaciones de luz y temperatura que se presentan junto con las estaciones, razón por la cual suelen presentar requerimientos de temperaturas bajas -vernalización- y días largos -fotoperiodismo- para pasar de la fase vegetativa a la reproductiva (Bernier et al., 1985). Por la misma razón en nuestro país y en general en el trópico, las plantas que aquí se cultivan proceden de semillas de plantas cultivadas en Europa y Norte América.

En el caso de la remolacha, especie utilizada en Colombia para la alimentación, el

---

<sup>1</sup> Profesor Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Apartado Aéreo 23227. Santa Fé de Bogotá, D.C. Colombia.

hipocótilo presenta un grán engrosamiento y se desarrolla como órgano de reserva entre los 120 y 140 días. Hasta este momento, la planta sólo alcanza el desarrollo vegetativo y mantiene su hábito arrosado. Si no se cosecha, permanece en estado vegetativo durante varios meses (Lobo y Mejía, 1977).

En lugares donde se dan las condiciones climáticas para alcanzar la madurez, una vez que ha crecido el hipocótilo, se recogen las plantas durante el otoño y se protegen bajo cubierta de los rigores del frío invernal; a comienzos de la primavera siguiente, las plantas se resiembran y posteriormente florecen.

Los estímulos de las temperaturas bajas y días largos (Laxander, 1987) desencadenan en la planta la síntesis de sustancias reguladoras de la floración (Chailakhyan; Khrianin, 1987., Bernier et al., 1985), de giberelinas (Laxander, 1987., Pharis; King, 1985) y de otras fitohormonas, constituyéndose en los verdaderos reguladores de la activación del crecimiento con lo que se presenta el desarrollo del tallo floral, la producción de yemas florales y la formación de estructuras reproductivas.

En varias especies vegetales y especialmente en plantas agrícolas, se ha obtenido el desarrollo reproductivo por la aplicación de fitohormonas bajo condiciones climáticas no inductivas (Tanimoto; Harada, 1984., Thomas, 1976). En remolacha y otras hortalizas (Witwer; Bukovak, 1957) y en un amplio número de gimnospermas (Pharis, Wample; Kamienska, 1975., Pharis, Ross, Wample, Owens, 1976., Pharis, 1974., Pharis; Reid, 1985) también se ha logrado inducir la formación de flores y semillas.

Bajo condiciones no inductivas y por aplicación de giberelinas también se ha logrado el desarrollo en especies tropicales her-

báceas (Alamu; McDavid, 1978) y pináceas (Sirikul; Luukkanen, 1987). De manera similar, en Colombia se ha obtenido la formación de estructuras reproductivas en repollo (Reyes, Rincón, 1987) y zanahoria (Díaz; Medrano, 1984). Cotsillo (1988) logró el desarrollo floral en plantas juveniles de Inchi, especie dioica de la Orinoquía Colombiana, muy promisorias por su gran contenido de grasas.

De ahí que el objetivo de esta investigación fué inducir el desarrollo reproductivo en remolacha, bajo las condiciones climáticas tropicales no inductivas de la Sabana de Bogotá, con el propósito fundamental de obtener la formación de semillas.

## MATERIALES Y METODOS.

Semillas de remolacha (*Beta vulgaris* L. var. *Crosby Egyptian*) producidas en California (E.U.). Se cultivaron en el C.N.I. Tibaitatá del Instituto Colombiano Agropecuario durante 1988. El ensayo se hizo bajo un diseño factorial en parcelas subdivididas con tres réplicas; las unidades experimentales de 10.2 m<sup>2</sup> con cinco surcos de 3.2 m y 25 plantas. Se efectuaron 36 tratamientos en los que se incluyeron: testigos absolutos (1, 5, 9), testigos vernalizados (13, 17, 21, 25), aplicación de AG<sub>3</sub> en plantas sin vernalizar (1 - 12) y aplicación de giberelinas en plantas vernalizadas (13 - 36). La vernalización se efectuó durante cinco semanas en plantas de 30 y 15 días de edad y las giberelinas se aplicaron sobre el follaje en dosis de 0.0, 500, 750 y 1000 ppm a los 70, 85 y 100 días de edad en un volumen de 125 ml por unidad experimental, cuatro veces, una cada 10 días.

## RESULTADOS Y DISCUSION.

La diferenciación y desarrollo de estructuras reproductivas se presentó en todas las plantas de los tratamientos sin vernalizar y

**CUADRO 1.** Efectos de la vernalización y las giberelinas en la formación de estructuras reproductivas en remolacha

	TRATAMIENTO		FLORACION			
	VERNALIZACION	AG3	PORCENTAJE	TALLOS	INFLO-RESCENCIAS	
	Edad (días)		ppm		NUMERO	
1	-	70	----	0.0	0.0	0.0
2	-		500	72.3	5.2	1647.7
3	-		750	60.6	3.9	970.7
4	-		1000	70.8	7.3	2148.8
5	-	85	----	0.0	0.0	0.0
6	-		500	62.8	8.7	2139.9
7	-		750	64.9	4.5	1170.4
8	-		1000	56.3	5.0	1752.8
9	-	100	----	0.0	0.0	0.0
10	-		500	62.1	7.4	2186.0
11	-		750	61.9	4.1	1175.2
12	-		1000	59.9	6.3	1663.6
13	15	70	----	38.0	1.9	575.2
14			500	49.4	4.0	1286.2
15			750	53.4	4.2	1364.5
16			1000	63.8	5.0	1533.9
17		85	----	23.0	1.7	559.0
18			500	59.6	3.2	1053.1
19			750	60.0	2.5	992.2
20			1000	61.0	3.6	1154.8
21		100	----	13.3	2.2	421.6
22			500	42.7	4.2	1021.0
23			750	42.8	5.7	1214.5
24			1000	57.4	3.5	1163.5
25	30	70	----	10.1	1.7	396.5
26			500	35.6	3.8	886.0
27			750	54.8	3.0	817.0
28			1000	51.2	1.9	522.8
29		85	----	28.0	3.8	847.2
30			500	0.0	0.0	0.0
31			750	44.0	3.3	753.2
32			1000	51.5	3.9	848.8
33		100	----	4.7	0.9	212.2
34			500	9.0	0.2	72.5
35			750	33.0	2.7	629.7
36			1000	36.3	0.3	206.4

**CUADRO 2.** Efectos de la vernalización y las giberelinas en la formación de semilla de remolacha

	TRATAMIENTO			PESO (gr)		% GERMINACION
	VERNALIZACION	AG3	ppm	1000Semillas	**	**
	Edad (días)					
1	-	70	----	----	----	
2	-		500	11.93 d	63.33 a	
3	-		750	10.83 d	50.83 ab	
4	-		1000	16.94 a	57.50 ab	
5	-	85	----	----	----	
6	-		500	12.76 c	24.16 c	
7	-		750	8.77 e	41.66 ab	
8	-		1000	9.22	33.33 bc	
9	-	100	----	----	----	
10	-		500	14.78 b	35.83 b	
11	-		750	15.40 b	62.00 a	
12	-		1000	14.08 c	57.50 ab	
13	15	70	----	4.93 f	12.50 d	
14			500	11.96 d	29.16 c	
15			750	13.85 c	60.83 a	
16			1000	15.96 b	57.91 a	
17		85	----	9.78	35.00 bc	
18			500	10.91 d	34.16 bc	
19			750	12.24 d	55.83 ab	
20			1000	13.21 c	38.33 ab	
21		100	----	9.39	30.83 bc	
22			500	14.39 b	37.50 bc	
23			750	9.28	14.16 d	
24			1000	11.53 d	42.50 ab	
25	30	70	----	8.92 e	30.00 bc	
26			500	7.03 e	32.50 bc	
27			750	9.02 e	6.66 d	
28			1000	10.84 d	20.00 cd	
29		85	----	9.69	42.50 ab	
30			500	----	----	
31			750	10.62 d	17.50 cd	
32			1000	12.53 c	28.50 cd	
33		100	----	832 e	10 d	
34			500	----	----	
35			750	6.10 C	18.33 cd	
36			1000	10.21 D	43.33 ab	

\*\* Diferencias altamente significativas entre tratamientos. Nivel significancia del 1%.  
 Los valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.

asperjadas con AG<sub>3</sub> (9%-64%), excepto en las plantas que no recibieron ninguno de los estímulos mencionados (testigos absolutos). Wittwer y Bukovak (1957), también registraron el desarrollo de estructuras reproductivas bajo condiciones experimentales similares a las de este ensayo. Las plantas que únicamente recibieron AG<sub>3</sub> también desarrollaron el mayor número de tallos florales por planta (3.9 - 8.7), así como el mayor número de inflorescencias (971 - 2186) (Tabla 1). Laxander (1987) sostiene que los genotipos de remolacha muestran una amplia variabilidad respecto a los requerimientos de vernalización.

Con relación a la biomasa acumulada en las semillas desarrolladas a partir de las flores inducidas por los diversos tratamientos, se observa un efecto más marcado en las plantas no vernalizadas y tratadas únicamente con giberelina; también, fueron estas plantas que iniciaron más rápidamente el desarrollo del tallo floral. En la Tabla 2 se aprecia el porcentaje de germinación de las semillas cosechadas y se nota cómo en las semillas de la mayoría de los tratamientos sin vernalizar, la germinabilidad fué superior al 60% (2, 3, 4, 11 y 12); a medida que las plantas fueron vernalizadas, el poder germinativo de sus semillas fué menor; así, en la mayoría de los tratamientos de vernalización a los 30 días, se presentó germinabilidad menor del 30%.

Con relación al tiempo gastado por las plantas para iniciar el desarrollo del tallo floral (100-120 días) y alcanzar el estado de botón floral (190-250 días), fué menor en las plantas únicamente tratadas con el hormonal, mientras que en las plantas vernalizadas y tratadas con giberelina, los períodos mencionados fueron más demorados.

La cantidad de biomasa acumulada en las

semillas, revela diferencias en la tasa de crecimiento y desarrollo durante la fase reproductiva de la planta; de manera que los elementos ambientales, especialmente la temperatura registrada durante este período, pudo ser un factor limitante. Así por ejemplo, en los tratamientos en que se indujo el crecimiento y madurez de semillas durante los meses de Diciembre y Enero, la temperatura mínima fué del orden 5°-7.6°C y la máxima, de 18°-20°C; mientras que las semillas que maduraron durante el mes de Abril tuvieron pesos bajos y la temperatura mínima registrada fué inferior a los 5°C.

El análisis de los resultados obtenidos en esta investigación, permite recomendar la aplicación de AG<sub>3</sub>-500 ppm en plantas de 70 días de edad, como tratamiento óptimo para lograr el desarrollo reproductivo de *Beta vulgaris* L. var. *Crosby Egyptian* bajo las condiciones tropicales no inductivas de la Sabana de Bogotá. Así mismo se destaca que en las plantas vernalizadas, y vernalizadas y asperjadas con AG<sub>3</sub> se desarrollaron estructuras reproductivas pero más lentamente y en menor proporción que en los tratamientos únicamente asperjados con giberelina.

También parece ser que mientras los tratamientos se efectuaron sobre plantas más jóvenes, las respuestas fueron cualitativa y cuantitativamente mejores, diferencias que se hacen más evidentes cuando se analiza el número de tallos florales e inflorescencias desarrolladas por planta.

## LITERATURA CITADA

1. Alamu, S.; C. McDavid. Promotion of flowering in edible aroids by giberelic acid. *Trop. Agric.* 55: 81-86. 1978.
2. Bernier, G., J.M. Kinet; R.M. Sachs. The physiology of flowering. I. The initiation of flowers. C.R.C. Press Inc. Boca Raton. 1985.

3. Bernier, G., J. Kinet; R. Sachs. The physiology of flowering. Vols. 1 & 2. CRC Press Inc. Boca Raton. 1985.
4. Chailakhyan, M. Kh.; V.N. Khrianin. Sexuality in plants and its hormonal regulation. Springer-Verlag. New York. 1987.
5. Díaz, L.; B. Medrano. Efectos del ácido giberélico sobre la floración y obtención de semillas zanahoria. Tesis Biólogo. Universidad Nacional de Colombia. 1984.
6. Laxander, K. Characters related to the vernalization requirements of sugar beet. In: J.G. Atherton. Manipulation of flowering. Betterworths. London. 1987.
7. Pharis, R. Precocious flowering in conifers. The role of plant hormones. In: Toward the future forest. T. Ledig. Bull. No. 85. 1974.
8. Pharis, R., R. Wample; A. Kamienska. Growth, development and sexual differentiation in Pinus with emphasis on the role of plant hormone gibberellin. En: Baumgarther, D. Management of lodgepole pine ecosystems. Symposium proceeding. Washington St. Univ. Pullman. 1975.
9. Pharis, R.S. Ross., R. Wample; J. Owens. Promotion of flowering in conifers of the Pinnaceae by gibberellins. Act. Horticulturae. 56: 155-162. 1976.
10. Pharis, R.P.; R.W. King. Gibberellins and reproductive development in seed plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 36: 427-568. 1985.
11. Reyes, L.; M. Rincón. Efectos del ácido giberélico y la vernalización en la floración y obtención de semilla de repollo. Tesis Biólogo. Universidad Nacional de Colombia. 1987.
12. Sirikul, W.; O. Luukkanen. Promotion of flowering using exogenous plant hormones in tropical pines. Forest Ecology and management. 19: 155-161. 1986.
13. Tanimoto, S.; H. Harada. Hormonal regulation of flowering. In: S.S. Purohit 1984. Hormonal regulation of plant growth and development. ABP. London. 1984.
14. Thomas, T. Growth regulation in vegetable crops. Outlook on Agric. 9: 62-67. 1976.
15. Zimmerman, R.; W. Hackett; R. Pharis. Hormonal aspects of phase changes and precocious flowering. In: R. Pharis; D. Reid. Encyclopedia of plant physiology. Vol. 11: 89-115. 1985.