
El presente estudio se realizó por un contrato suscripto entre el Servicio Meteorológico Nacional y la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata. Los trabajos se llevaron a cabo en la Cátedra de Fisiología Vegetal y Fitogeografía, bajo la dirección del profesor de la misma, ingeniero agrónomo Enrique M. Siveri.

Si se logra esclarecer en cierta medida la intervención de las hormonas de crecimiento en estos dos procesos, sería factible influir sobre la longitud del período vegetativo, adelantando o retrasando la floración. Como es conocido, este control se aplica hasta ahora sólo en los cultivos de ananá, resultando de valor económico.

* Trabajo recibido para su publicación el 10 de marzo de 1959.

1

REVISION BIBLIOGRAFICA

El primer autor que estudió el problema desde este punto de vista fué Cholodnj (1936). Suministró ácido Indol-Acético (AIA) y extracto de granos de maíz a semillas de varias especies que luego sembró en el campo. Sólo obtuvo resultados significativos en avena, con un acortamiento del período vegetativo de doce días.

K. V. Thimann y R. H. Lane (1938) realizaron un trabajo semejante. Además de diferencias morfológicas encuentran una aceleración de la floración. Lo atribuyen al mayor crecimiento vegetativo, que sería a su vez provocado por el rápido crecimiento radicular. Hacen resaltar la similitud entre el aspecto morfológico del efecto de las auxinas y el de la vernalización.

A. C. Leopold (1952) sugiere una interacción de los tratamientos con auxinas y con temperaturas. Encuentra que se puede inducir la floración por medio de frío seguido por un tratamiento hormonal. Postula que las auxinas contrarrestan el efecto de ciertos metabolitos producidos por las bajas temperaturas, que serían inhibidores de la floración.

A. C. Leopold y F. Guernsey (1953), trabajando con arveja de la variedad Alaska, determinaron que las concentraciones de hormonas que inhiben la floración a temperaturas relativamente altas, la inducen si el tratamiento es seguido por una exposición a 10°C. Diversos metabolitos, como sacarosa, ácido málico y arginina, pierden el efecto inhibitor por el agregado de auxinas. Posteriormente los mismos autores (1953), determinaron que las bajas temperaturas y el AIA aumentan el número de flores en cebada Wintex y en soja Biloxi. Continúan trabajando (1954) en el problema —la inducción floral por el tratamiento auxínico seguido por las bajas temperaturas— que denominan “vernalización química”. La “vernalización química” es anulada por altas temperaturas (39°C durante 48-96 horas) o por aire libre de anhídrido carbónico durante doce horas, aplicadas después del tratamiento de frío. Sugieren que el proceso se produce en dos pasos: el 1º requiere auxinas y bajas temperaturas, y el 2º anhídrido carbónico.

METODOS DE TRABAJO

Los objetivos inmediatos de este ensayo son: extender estos estudios al trigo, determinando si el suministro de auxinas, previo al

tratamiento de frío, reduce la longitud de la termofase, o si la interacción de los dos factores produce un post-efecto acortando el período transcurrido entre la terminación de la vernalización y la floración, que incluye la fotofase sensible a la longitud del día.

Se utilizó trigo Buck Necochea, cuyas necesidades de frío son relativamente breves, comportándose como primaveral o semiprimaveral. Se aplicaron tres tratamientos de frío más el control y cinco concentraciones de hormonas más el control. Resultaron en total 24 tratamientos. Los tratamientos de frío (2,5-3°C) fueron de 0, 10, 20 y 30 días. Las concentraciones de AIA fueron de 5, 10, 50, 100 y 200 mg/l; sólo se tuvieron en cuenta las tres últimas, por resultar las anteriores demasiado bajas.

Los tratamientos se iniciaron en distintas fechas, distribuyendo los lapsos de tal manera que todos ellos terminaron el mismo día. En esta forma las condiciones ambientales posteriores al período de vernalización fueron similares para todos los casos.

Se procedió de la siguiente forma: se tomaron 7 gramos de trigo por tratamiento, que correspondían aproximadamente a 180 granos. Ensayos previos habían demostrado que esta cantidad de granos absorbían 3,5 cc de agua; en consecuencia las concentraciones de 50, 100 y 200 mg/l corresponden a un suministro de 0,1-0,05 y 0,025 miligramos de AIA por cada gramo de semilla. En este volumen se disolvieron las diversas dosis de auxinas correspondientes a cada tratamiento, considerando que de esta forma, al absorberse toda la solución, prácticamente toda la hormona penetraba al grano. Los testigos recibieron el mismo tratamiento con agua destilada.

Los trigos así tratados se dejaron en condiciones de laboratorio hasta su germinación y luego se colocaron en una refrigeradora a 2-3°C de temperatura durante el período correspondiente a cada tratamiento, excepto el testigo general, que se sembró directamente en el campo después de su germinación. Cuando se consideró necesario se agregó agua destilada para evitar el excesivo desecamiento de los granos. El primer tratamiento comenzó el día 20-X-57 y todos terminaron el 20-XI-57.

Concluidos estos procesos el mismo día, se sembraron en líneas adyacentes con las correspondientes borduras en ambos extremos. Se siguió la marcha del crecimiento hasta la espigazón, registrándose como "espigazón generalizada", cuando habían emergido las espigas del 50 % o más de las plantas en cada línea.

PRIMER ENSAYO

De las combinaciones que resultan de las diversas aplicaciones de hormonas y diversos períodos de frío, sobre la variedad Buck Necochea, se obtuvieron los tratamientos que se enumeran en la tabla I, donde se exponen los correspondientes resultados.

TABLA I

Aplicaciones de AIA y vernalización de semillas de trigo de la variedad Buck Necochea y período vegetativo correspondientes a cada tratamiento

Tratamientos	Días de frío	Concentración de AIA ppm	Fecha de espigazón generalizada 50 %	Período vegetativo. Siembra-espigazón. Días
1.....	0	0	8-11-58	80
2.....	0	5	5-11-58	77
3.....	0	10	6-11-58	78
4.....	0	50	6-11-58	78
5.....	0	100	3-11-58	75
6.....	0	200	5-11-58	77
7.....	10	0	3-11-58	75
8.....	10	5	3-11-58	75
9.....	10	10	4-11-58	76
10.....	10	50	4-11-58	76
11.....	10	100	5-11-58	77
12.....	10	200	5-11-58	77
13.....	20	0	31-1-58	72
14.....	20	5	31-1-58	72
15.....	20	10	29-1-58	70
16.....	20	50	29-1-58	70
17.....	20	100	29-1-58	70
18.....	20	200	27-1-58	68
19.....	30	0	27-1-58	68
20.....	30	5	28-1-58	69
21.....	30	10	25-1-58	66
22.....	30	50	27-1-58	68
23.....	30	100	21-1-58	62
24.....	30	200	25-1-58	66

SEGUNDO ENSAYO

El ensayo anterior se volvió a repetir utilizando dosis de AIA y períodos de frío mayores, considerando especialmente que el trigo Buck Necochea había acortado el período vegetativo hasta el tratamiento de frío más prolongado (30 días) y que con las aplicaciones de auxinas se había observado un ligero acortamiento del período vegetativo.

TABLA II

Aplicaciones de AIA y vernalización de semillas de trigo de la variedad Sinvalocho y período vegetativo correspondiente a cada tratamiento

Tratamientos	Días de frío	Concentración de AIA ppm	Fecha de espigazón generalizada 50 %	Período vegetativo. Siembra-espigazón. Días
1.....	0	0	29-XII-58	54
2.....	0	400	30-XII-58	55
3.....	0	800	29-XII-58	54
4.....	0	1200	28-XII-58	53
5.....	15	0	24-XII-58	49
6.....	15	400	26-XII-58	51
7.....	15	800	27-XII-58	52
8.....	15	1200	25-XII-58	50
9.....	30	0	22-XII-58	47
10.....	30	400	22-XII-58	47
11.....	30	800	22-XII-58	47
12.....	30	1200	24-XII-58	49
13.....	45	0	19-XII-58	44
14.....	45	400	20-XII-58	45
15.....	45	800	18-XII-58	43
16.....	45	1200	18-XII-58	43
17.....	60	0	18-XII-58	43
18.....	60	400	18-XII-58	43
19.....	60	800	20-XII-58	45
20.....	60	1200	21-XII-58	46

Se utilizó el trigo primaveral Sinvalocho (Pascual, A. J. 1953). Las concentraciones de hormonas fueron de 400, 800 y 1.200 ppm. y los tratamientos de frío de 15, 30, 45 y 60 días. Tanto el procedimiento para la vernalización como el suministro de las auxinas

y la posterior siembra en el campo se realizó en forma similar a la descrita en el Ensayo I.

El primer tratamiento comenzó el día 29-VIII-58, y todos terminaron el 5-XI-58, fecha en que se sembraron en conjunto con los testigos ya germinados. De las combinaciones de las diversas concentraciones de hormonas y diferentes períodos de frío sobre la variedad Sinvalocho, resultaron los tratamientos que se enumeran en la tabla II, donde se exponen los correspondientes resultados.

DISCUSION

Comparando los resultados generales correspondientes al trigo Buck Necochea y Sinvalocho puede observarse que este último presenta un período de post-vernalización mucho más breve (32 %). Este trigo se sembró 15 días antes de la fecha correspondiente al Buck Necochea, el año anterior. Si bien ello implica que los fotoperíodos han sido algo más cortos y posiblemente las temperaturas no tan elevadas, estas variaciones no pueden explicar tal acortamiento, que se debe indudablemente a las menores exigencias fotoperiódicas del Sinvalocho.

En el Buck Necochea los tratamientos de frío sin hormonas han acortado progresivamente el período vegetativo de 80 a 68 días (15 %), relación que se mantiene aproximadamente, cuando los mismos períodos de bajas temperaturas actúan sobre trigo tratado con 50, 100 y 200 ppm. de AIA, si se los compara con los respectivos testigos también tratados con la misma concentración. Si se observa el efecto del AIA solo, se nota una ligera reducción del período vegetativo. Un acortamiento similar provocado por el AIA se observa en los trigos que han recibido 20 y 30 días de frío, pero no en los de 10 días, donde parece observarse una ligera prolongación.

Si los valores se comparan con el testigo general (sin frío y sin hormona) se nota que el acortamiento es mayor con 30 días de frío y 100 ppm. de hormonas y en general un mayor efecto de las bajas temperaturas a medida que aumenta la concentración de AIA.

En el trigo Sinvalocho, 30 días de frío solo, produjo un 13 % de acortamiento del período vegetativo. Este acortamiento disminuye ligeramente con la interacción de las hormonas a diferencia del caso anterior, pero debemos recordar que las concentraciones fueron mucho más elevadas. El AIA solo, no mostró ninguna tenden-

cia en su efecto y en combinación con el frío hace disminuir la acción de este último para los tratamientos de 30 y 60 días de bajas temperaturas, lo que indica una tendencia contraria a los resultados obtenidos en el ensayo anterior. Si se calculan los valores en porcentaje de los respectivos testigos generales (sin auxina y sin frío), se obtienen los resultados que se exponen en la tabla III.

En la tabla III puede observarse que en ambos ensayos, si bien las hormonas solas han acortado el período vegetativo, los valores bajos restan significancia a dicho efecto. Si se comparan los resultados del aumento progresivo de la concentración de hormonas desde 0 hasta 200 ppm. para el trigo Buck Necochea y a continuación desde 400 hasta 1.200 para Sinvalochó, en los tratamientos correspondientes a 20, 30 y 60 días de frío puede observarse que los valores aumentan hasta las concentraciones de 100 a 200 ppm., para luego sufrir un decaimiento. Estas variaciones pueden observarse en el gráfico I.

TABLA III

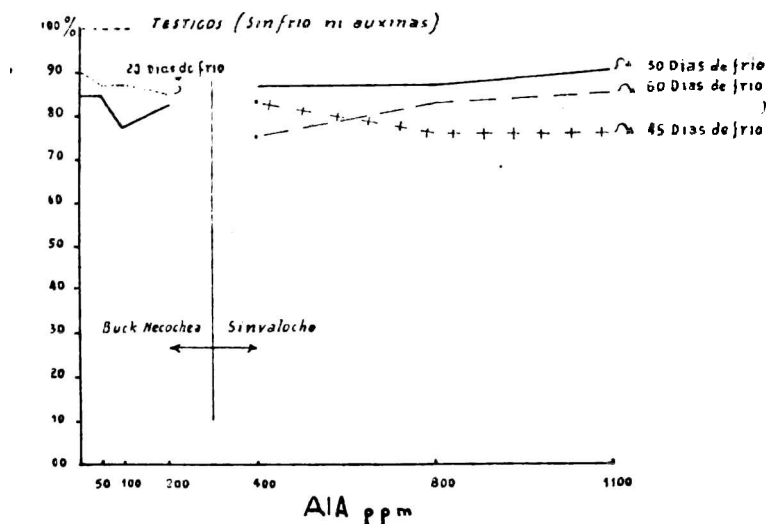
Acortamiento del período vegetativo expresado en % de los testigos generales de los trigos Buck Necochea y Sinvalochó, provocados por tratamientos combinados de vernalización y AIA.

Días de frío	Concentración de AIA (ppm)						
	Buck Necochea				Sinvalochó		
	0	50	100	200	400	800	1.200
0.....	—	2,5	6,3	3,7	1,8	0,0	1,8
10.....	6,3	5,0	3,7	3,7	—	—	—
15.....	—	—	—	—	5,6	3,7	7,4
20.....	10,0	12,5	12,5	15,0	—	—	—
30.....	15,0	15,0	22,5	17,2	12,9	12,9	9,2
45.....	—	—	—	—	16,7	20,4	20,4
60.....	—	—	—	—	20,4	16,7	14,8

El efecto distinto de las hormonas a diversas concentraciones es una característica que presentan estas sustancias en casi todos los fenómenos en que intervienen. Considerando los resultados en general puede inferirse que el AIA no interviene en la acción del frío, favoreciendo u obstaculizando el proceso de vernalización. Los efectos de ambos factores más bien parecen sumarse.

GRAFICO I

Períodos vegetativos de trigo Buck Necochea y Sinvalocho
determinados por tratamientos de frío y AIA



Referencias: Acortamiento del período vegetativo determinado por AIA, para trigos vernalizados con 20, 30, 45 y 60 días de frío. Los valores se expresan en % de los testigos generales (sin frío y sin hormonas) de cada variedad.

Sumario.—I. En trigos germinados, Buck Necochea (primaveral o semiprimaveral) y Sinvalocho (primaveral), se realizaron tratamientos combinados de frío y AIA previos a la siembra.

II. El frío determinó un acortamiento del período vegetativo que en el Sinvalocho llegó al 20 % con un tratamiento de 60 días y en el Buck Necochea hasta el 15 % con 30 días.

III. Los tratamientos con auxinas provocaron un ligero acortamiento del período vegetativo en Buck Necochea que llegó a 6,3 % a la concentración de 100 ppm., correspondiente a 0,05 mgr de ácido absorbido por cada gramo de semilla. En el Sinvalocho no se ha manifestado prácticamente ningún acortamiento con concentraciones más elevadas.

IV. Los efectos de los dos factores estudiados (vernalización y AIA) mostraron una tendencia a sumarse, lo cual tuvo su máximo valor con 30 días de frío y 100 ppm. de ácido, produciendo una reducción del período vegetativo del 22 % en comparación con el 15 % del tratamiento de frío sin AIA y 6,3 % de AIA solo.

V. En general, no puede decirse que la acción del AIA "acelere" o "reemplace" el efecto del frío, sino más bien parecen dos procesos separados por lo cual estos resultados no sustentan el concepto de "vernalización química".

Summary.—I. Combined treatments with cold temperature and IAA were performed on germinated grain of the wheats Buck Necochea (a spring or semi-spring variety) and Sinvalocho (a spring variety).

II. The cold treatment reduced the vegetative period as follows: 20 % for Sinvalocho treated for 60 days and 15 % for Buck Necochea treated for 30 days.

III. The auxin treatment slightly shortened the vegetative period for Buck Necochea (6.3 % reduction at 100 ppm, corresponding to 0.5 mg of IAA absorbed per gram of grain). Sinvalocho was not affected even by higher concentrations.

IV. The effects of vernalization and IAA appeared to be additive; the maximum value obtained with 30 days cold treatment and 100 ppm IAA was a 22 % shortening of the vegetative period; the reduction obtained with cold alone was 15 % and with IAA alone 6.3 %.

V. It cannot be concluded, therefore, that IAA "accelerates" or "replaces" the cold treatment. They appeared to act by means of two separate processes, a conclusion which does not support the concept of "chemical vernalization".

BIBLIOGRAFIA

1. CHOLODNJ, N. G. *Hormonization of grains.*— Compt. Rend. Acad. Sci. URSS. 3:9 : 439-442. 1936.
2. CLAVER, F. K. Y SÍVORI, E. M. *Estudio de la reacción al fotoperíodo y temperaturas de tres variedades de trigo.*— Rev. Fac. Agr. (Tercera época), t. XXVII (2) : 129-140. La Plata. 1950.
3. LEOPOLD, A. C. *Auxins in floral initiation.* (Abstract.) — VI International Grassland Congress, Doc. 5, p. 9. 1952.
4. LEOPOLD, A. C. AND GUERNSEY, F. *Interaction of auxin and temperature initiation.*— Science. 118 : 215-217. 1953.
5. — *Flower initiation in Alaska pea I. Evidence as to the role of auxin.*— Amer. Jour. Bot. 40 : 46-50. 1953.
6. — *Flower initiation in Alaska pea II. Chemical vernalization.*— Amer. Jour. Bot. 41 : 181-185. 1954.
7. MURNEEK A. E. AND WHYTE R. O. *Vernalization and photoperiodism.*— Chronica Botanica Company. 1948.
8. PASCALE, A. J. *Comportamiento fotoperiódico de algunos trigos argentinos.*— Meteoros. Año 3 : 97-112. 1953.
9. SÍVORI, E. M. *Epoca de siembra y período vegetativo del trigo. Interpretación según la teoría del desarrollo.*— Rev. Arg. de Agr., t. 24 : 144-156. 1957.
10. THIMANN, K. V. AND LANE, R. H. *After effects of treatment of seed with auxin.*— Amer. Jour. Bot. 25 : 535-543. 1938.
11. WHYTE, R. O. *Crop production and environment.*— Faber and Faber. Limited. 1946.