

DINÁMICA DE LA FLORACIÓN Y LA ABCISIÓN DE ÓRGANOS REPRODUCTIVOS EN LINO*

D.M. SORLINO¹; PATRICIA I. GIMÉNEZ¹ y M. BABBONI¹

Recibido: 10/11/04

Aceptado: 27/12/04

RESUMEN

La facilidad del conteo de flores en lino permitió caracterizar la dinámica de la floración en condiciones cambiantes de fecha de siembra (5 fechas) y con distintos cultivares (4 cultivares). La floración redujo su duración y su magnitud a medida que se atrasó la fecha de siembra perdiendo su capacidad de compensar situaciones potenciales de estrés y afectando el número de órganos reproductivos producidos. Las tasas de floración máxima variaron entre cultivares. La dinámica de la abscisión de órganos siguió a la de floración en su formato. Los valores máximos de abscisión observados a campo fueron de 43% y 48% en tanto que en condiciones potenciales ese valor varió entre 27% y 32%. El sombreado del canopeo en diferentes períodos a lo largo del ciclo permitió establecer los momentos que favorecieron la máxima abscisión y establecer algunos mecanismos compensatorios que posee la planta ante situaciones de estrés que pudieran generarse en distintos momentos del ciclo.

Palabras clave. *Linum usitatissimum* L.; Fenología; Floración; Abscisión.

DYNAMICS OF FLOWERING AND REPRODUCTIVE ORGANS ABCISSION IN LINSEED

SUMMARY

The easiness of linseed flowers count in linen allowed characterizing flowering dynamics in different sowing date (5 dates) and different cultivars (4 cultivars). Flowering duration and magnitude were reduced with delayed sowing date then crop loss compensation aptitude, especially with potential stress situations. Number of reproductive organs was affected. Highest flowering ratio was different between cultivars. Dynamics of organs abscission had the similar shape that flowering one. Highest abscission values observed at field were 43% and 48% while in potential conditions this value was lower, between 27% and 32%. Canopy shadow in different cycle periods allowed to establish moments of highest abscission and to establish some plant compensatory mechanisms to escape from stress situations in different cycle moments.

Key Words. *Linum usitatissimum* L.; Phenology; Flowering; Abscission.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el interés mundial por el cultivo de lino ha aumentado asociado a la posibilidad de su utilización como fuente de ácidos grasos poliinsaturados (Ácido linolénico). Su aceite "Omega 3" posee propiedades nutritivo-medicinales (Odent, 1991) que le suman valor económico al destinárselo a consumo como suplemento dietario

humano. En animales monogástricos, la suplementación de lino en la ración alimentaria modifica la proporción de los ácidos grasos que componen los productos finales como carne o huevos, constituyéndose entonces en alimentos más saludables (Bauells *et al.*, 2000; Enser *et al.*, 2000). El otro aspecto relevante en el mercado internacional es la aparición de la linola, es decir un lino con muy bajo

*El resumen de este trabajo fue presentado en la X Reunión Argentina y IV Latinoamericana de Agrometeorología (Mar del Plata, Argentina, octubre de 2004).

¹Cátedra de Cultivos Industriales, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, Buenos Aires. Argentina. E-mail: dsorlino@agro.uba.ar

ácido linolénico que vuelve el aceite apto para el consumo humano directo (Green, 1986) con una composición similar a la del aceite de girasol.

Sin embargo, poco se ha estudiado en este cultivo con respecto a la fenología y la generación del rendimiento asociadas a su interacción con el ambiente. La mayor comprensión de estas interacciones posibilitaría la obtención de mayores rendimientos a través de prácticas de manejo más fundamentadas.

El seguimiento de la fenología durante la floración de la mayoría de los cultivos de crecimiento indeterminado es de difícil realización. Parte importante de ello se debe a la dificultad de identificar fácilmente las flores que aparecen día a día y, en segundo término a lo prolongado de su floración (Dean Dybing, 1988). Esto no ocurre en el lino, ya que las flores que aparecen un día pierden sus pétalos al mediodía, facilitando el cómputo. No obstante, la bibliografía sobre la caracterización de este proceso y su asociación con factores que limiten la producción es escasa (Sorlino, 1997).

La ubicación del ciclo del cultivo en condiciones ambientales adversas impide la obtención de altos rendimientos (Remussi *et al.*, 1966). El acortamiento del ciclo total del cultivo es producto de la acción combinada de la temperatura, el fotoperíodo y la vernalización (Pascale *et al.*, 1967/68; Sorlino, 2001). Los procesos de desarrollo asociados a etapas reproductivas en lino, como la duración de las etapas de floración y fructificación, están regulados solamente por la temperatura (Sorlino, 2001). Así ocurre que un atraso en la fecha de siembra expone al cultivo a más altas temperaturas en fructificación, acortando la duración de la etapa de floración y de fructificación en particular (Sorlino, 2001). Esta floración más concentrada hace más sensible al cultivo a riesgos ambientales que pudieran ocurrir en fructificación, durante la formación de los frutos.

Aunque la pérdida de una camada de flores y frutos recién cuajados no resulta demasiado importante por la capacidad del lino de compensar esta pérdida, las siembras tempranas en el norte de la provincia de Buenos Aires exponen al cultivo al peligro de las últimas heladas ya que su floración se centra en septiembre con una duración mayor a 30 días. Con la fecha media de última helada cercana al 1/9 (día juliano 244) (Damario y Pascale, 1984) el riesgo de adelantar la fecha de siembra parece ser más marcado.

Los procesos de crecimiento involucrados en estas etapas dependen de otros factores adicionales como la disponibilidad de recursos. En otros cultivos se ha demostrado que reducciones en la radiación incidente en diferentes momentos del ciclo, fundamentalmente en la fructificación, disminuyen la generación y supervivencia de los órganos reproductivos por una menor disponibilidad de fotoasimilados (Villalobos *et al.*, 1992; Cantagallo *et al.*, 2004). El número de semillas producidas está relacionado con la fotosíntesis del cultivo durante la floración y fructificación y por los factores ambientales que afectan a dicha fotosíntesis como la cantidad de radiación incidente (Egli, 1999). Estas afirmaciones no han sido corroboradas en lino.

Por ello, el objetivo de este trabajo es caracterizar la dinámica de la floración en diferentes condiciones ambientales y evaluar los mecanismos compensatorios de que dispone el cultivo ante la ocurrencia de factores meteorológicos adversos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de caracterizar la floración y evaluar la abscisión de órganos reproductivos se realizaron tres experimentos diferentes en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de Buenos Aires (Lat. 34°35' S., Long. 58°29' W. y 25 m s. n. m.). En todos ellos se sembraron manualmente, parcelas de 1 m de ancho por 3 m de largo. Las mismas fueron regadas, fertilizadas y mantenidas libres de malezas y plagas.

La caracterización fenológica de la floración se realizó utilizando cuatro siembras realizadas a lo largo del primer año y una realizada en el segundo. Las fechas de siembra del primer año fueron: 1/6, 19/7, 29/8 y 23/10, los cultivares utilizados fueron Tape Paraná, Rojas (los 2 de INTA) y Linott de origen canadiense. En tanto que en el segundo se sembró el 15/6 el cultivar Omega.

Para evaluar la abscisión de órganos reproductivos el segundo año se realizaron dos experimentos con el cultivar Omega, uno en el que se evaluó la dinámica de las pérdidas de órganos reproductivos y otro de sombreo en diferentes momentos del ciclo del cultivo. Paralelamente se compararon los resultados con los obtenidos en condiciones de campo provenientes de cultivos realizados en la EEA de INTA Paraná y en localidad de Lucas Gonzales, ambas situadas en la Pcia. de Entre Ríos. El muestreo a campo se realizó estableciendo tres estaciones dentro de los lotes de producción.

Para la caracterización de la dinámica de la floración se realizó un conteo diario de las flores aparecidas. El

primer año se utilizaron las plantas incluidas en 30 cm continuos de surco ubicados en el sector central de la parcela; en el segundo se siguió la floración de 25 plantas seleccionadas al azar, fuera de los bordes y no contiguas, en las que también se observó la evolución de la abscisión de flores y frutos.

Para el experimento de sombreado se cubrieron las parcelas con redes media sombra durante tres momentos del ciclo: desde cambio de ápice hasta primeros pimpollos visibles (S1); desde primeros pimpollos visibles hasta tamaño máximo de la primera bolilla (S2) y desde tamaño máximo hasta madurez de la primera bolilla (S3). A la cosecha se contaron las bolillas de las plantas de 30 cm de surco y se registró el número de pedúnculos totales, con y sin frutos, como medida indirecta del número de órganos reproductivos generados. Los resultados se expresaron por unidad de superficie.

El diseño de los experimentos, en todos los casos, fue en bloques al azar con tres repeticiones y, cuando correspondió, los resultados fueron analizados estadísticamente con análisis de varianza y test de separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La dinámica de la aparición diaria de flores varió con la fecha de siembra y el cultivar. En la primera fecha de siembra todos los cultivares presentaron dos flujos de floración; el primero de ellos fue siempre de mayor magnitud. (Figura 1 A, C, E). En el cultivar Linott se observó una floración más concentrada que en Rojas; en tanto que Tape presentó una situación intermedia. A pesar de que las diferencias fenológicas entre cultivares en lino son de magnitud reducida, en el presente experimento se observaron diferencias de hasta una semana en la aparición de las primeras flores. Esta precocidad coincidió con la menor duración del primer flujo de floración. Linott tuvo una duración 10 y 6 días más corta que Rojas y Tape, respectivamente. Las cohortes secundarias de floración coincidieron temporalmente entre cultivares (Figura 1 A, C, E).

A medida que se produjo un atraso en la fecha de siembra el segundo flujo de floración prácticamente desapareció (Figura 1 B, D, y F). Dicho atraso implicó una reducción de la duración total de la floración coincidente con la reducción del ciclo total (datos no mostrados) y una reducción, principalmente en el cultivar Linott de la tasa máxima de aparición de flores (Figura 1). El cultivar Omega, utilizado el segundo año, mostró un comporta-

miento similar en los parámetros evaluados, al resto de las variedades (Figura 2 A). Sin embargo, la medición de la aparición de flores por unidad de superficie, utilizada el primer año, resulta un modo más apropiado de expresar la fenología de la floración. Esto se debe a que refleja una situación real de cultivo y es una aproximación más exacta para la estimación del rendimiento a partir de sus componentes.

La ubicación temporal de las floraciones en las diferentes fechas de siembra somete a los órganos reproductivos a condiciones progresivamente menos favorables para el logro de buenos rendimientos y alta calidad. El atraso señalado expone a la floración del cultivo a temperaturas supraóptimas, relaciones menos favorables entre la radiación y la temperatura, y demandas hídricas mayores, que no siempre pueden ser satisfechas. La menor duración de la floración generada por fechas de siembra progresivamente más tardías o cultivares de ciclo más corto restan al cultivo capacidad de compensar situaciones puntuales desfavorables al igual que ocurre en otros cultivos (Egli, 1993; Egli y Bruening, 2000).

La descripción realizada de la dinámica de la floración con dos metodologías diferentes permitió caracterizar en detalle el proceso de floración en lino con más sencillez que en otros cultivos de hábito de crecimiento indeterminado. Esta característica otorga valor didáctico al uso de la floración en lino como ejemplo descriptivo de la fenología de cultivos extensivos en general.

La abscisión de órganos reproductivos que correspondió al primer flujo de floración, comenzó aproximadamente en el momento de máxima aparición de flores con una distribución similar a la de la floración (Figura 2 B). En el segundo flujo ambas dinámicas se superponen determinando una contribución más pequeña aún de esta cohorte. Los datos de abscisión siguen una distribución normal; sin embargo eventos meteorológicos de importancia pueden apartarlos de esta distribución. A modo de ejemplo nótese el dato remarcado en la Figura 2 B que es el resultado de un día de tormenta con fuertes vientos

La pérdida natural de órganos en condiciones potenciales en la siembra normal invernal del segundo año resultó del orden del 32% (Babboni, 2003). La abscisión en condiciones de campo alcanzó valores promedio de 43% en Lucas Gonzales y 48%

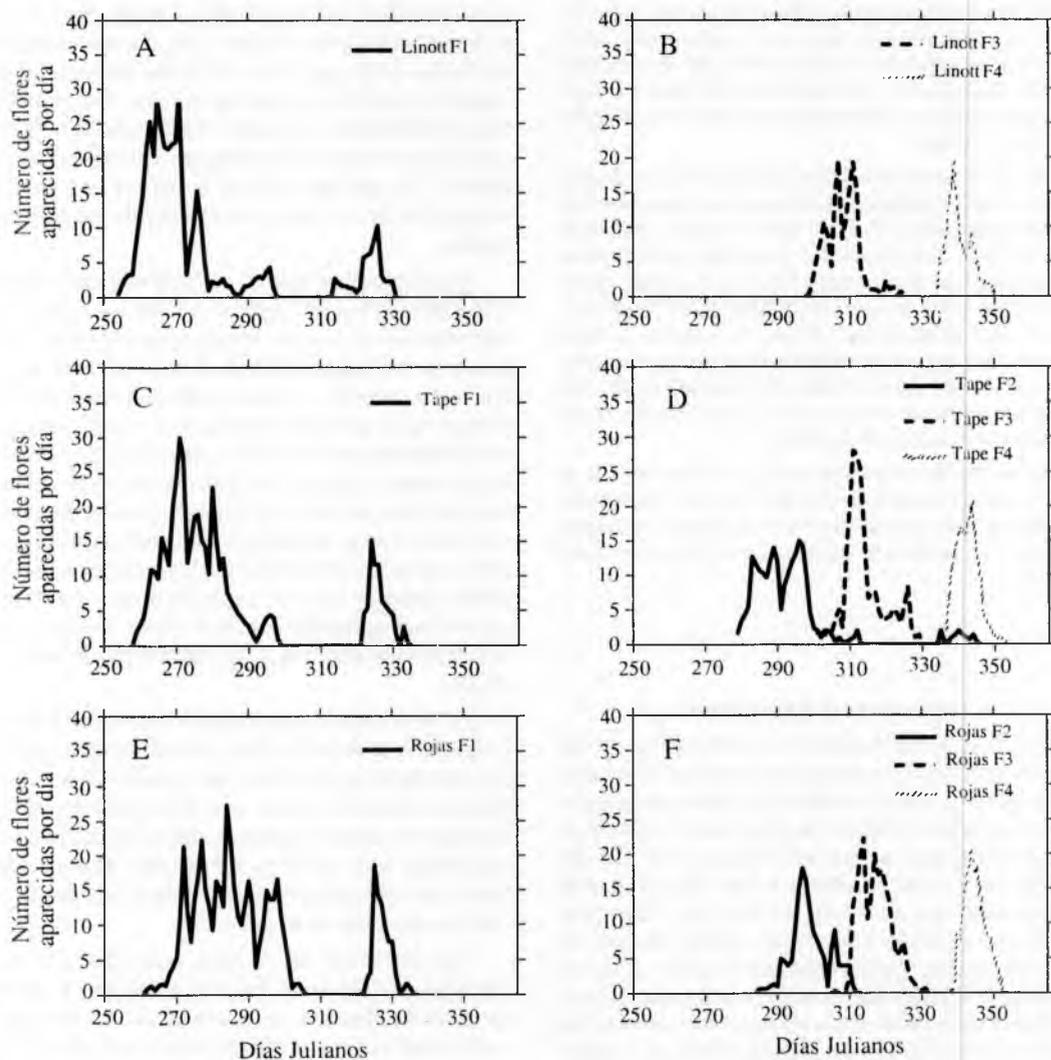


FIGURA 1. Evolución temporal del número de flores aparecidas por día en 30 cm de surco en tres cultivares de lino sembrado en 4 fechas de siembra realizadas a lo largo de un año. A, C y E corresponden a la primera fecha de siembra (1/6) de Linott (USA), Tape y Rojas (INTA, Argentina), respectivamente. B, D y F corresponden a las restantes fechas de siembra (19/7, línea llena; 29/8, línea cortada y 23/10, Línea Gris) de iguales cultivares, respectivamente..

en Paraná. El incremento en el aborto de órganos en condiciones de campo no puede ser explicado en forma certera debido a la variabilidad meteorológica entre localidades, no obstante ese año en Entre Ríos se registraron mucho menores precipitaciones que las medias históricas (datos no mostrados) en

los meses de noviembre y diciembre, coincidentes con los momentos de fructificación y llenado de granos.

Los experimentos a campo permitieron establecer la magnitud de la abscisión de órganos reproductivos pero no el momento en que esto ocurre debido

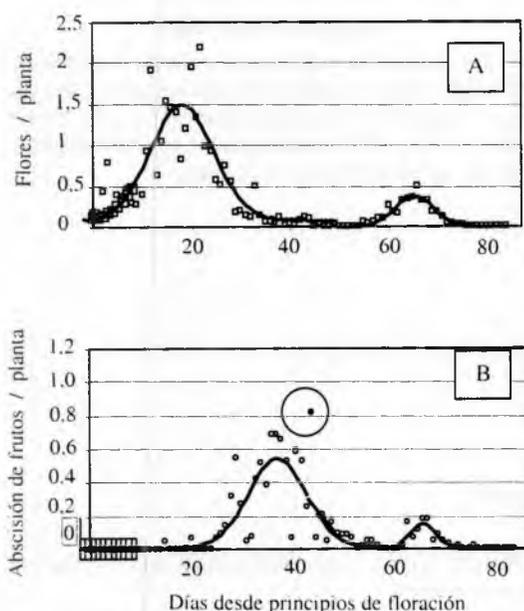


FIGURA 2. Dinámica promedio de la aparición de flores por planta (A) y de la abscisión de órganos reproductivos (B) para el cultivar Omega. El dato remarcado corresponde a un día con una tormenta intensa y no fue incluido en el ajuste.

a que las evaluaciones se realizaron a la cosecha. El experimento con sombreo, como fuente de estrés, en diferentes momentos permitió comprobar que el número final de frutos resulta de un balance entre los

órganos generados y su abscisión. El estrés durante la diferenciación de órganos reproductivos (S1) produjo una disminución en el número total generado, pero las condiciones favorables posteriores permitieron obtener un número de frutos similar al testigo por un aborto significativamente mucho menor ($p < 0,01$) (Figura 3 A y B). Las condiciones de estrés durante la floración y el inicio de la fructificación (S2) redujeron la generación de órganos y aumentaron la abscisión. Con diferencias marcadas en ambos procesos, el número final de frutos resultó significativamente menor ($p < 0,05$) al obtenido en las parcelas sin estrés. El estrés durante el crecimiento de los granos (S3) no mostró diferencias significativas con el testigo. Ambos experimentos (Figuras 2 B y 3 A) avalaron la hipótesis de que el momento de máxima sensibilidad a condiciones ambientales desfavorables para la obtención de rendimientos elevados es el inicio de la fructificación.

CONCLUSIONES

La caracterización de la floración en lino fue de fácil realización y este aspecto le otorga valor como ejemplo didáctico de la evolución de un proceso tan importante como es la floración. La comprensión de la evolución y su variación con la fecha de siembra, permite realizar vinculaciones con aspectos relacionados a la generación del rendimiento. La abscisión en lino puede ser un mecanismo de compensación ante situaciones de estrés en períodos tempranos del

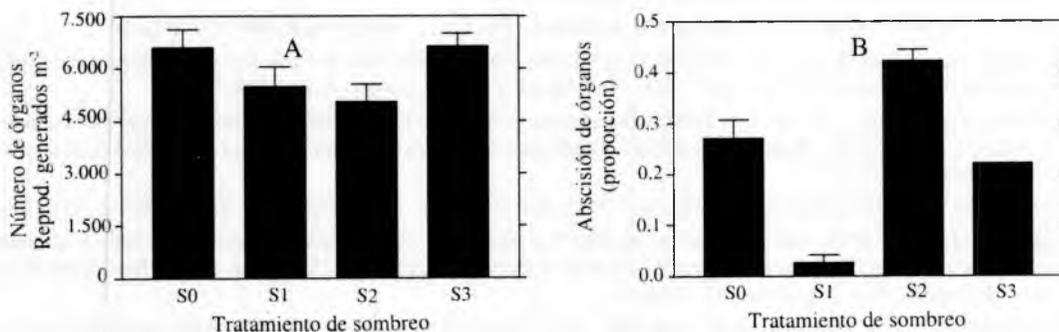


FIGURA 3. A) Número de órganos reproductivos por superficie generados en cada uno de los 3 momentos de sombreo realizados a lo largo del ciclo del cultivo de lino (S1, S2 y S3, descritos en el cuerpo del texto) y Testigo sin sombreo durante todo el ciclo (S0). B) Proporción de abscisión de órganos reproductivos ante los mismos tratamientos de sombreo.

ciclo, no obstante factores adversos en floración y principio de fructificación incrementan el valor de la abscisión sin compensación posible. A pesar de lo señalado las magnitudes de la abscisión no resultaron grandes en relación a las que presentan otros cultivos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del subsidio UBACyT G 031 otorgado por la Universidad de Buenos Aires. Agradecemos la colaboración del Ing. Agr. Héctor Milisich (EEA INTA Paraná) quien permitió la evaluación de valores de abscisión a campo.

BIBLIOGRAFÍA

- BABBONI, M. 2003. Trabajo de intensificación. FAUBA.
- BAUELLS, M.D.; N. CRESPO; A.C. BARROETA; S.C. LÓPEZ-FERRER and M.A. GRASHORN. 2000. Incorporation of different polyunsaturated fatty acid into eggs. *Poultry Science* 79:51-59
- CANTAGALLO, J.; D. MIDAN and A.J. HALL. 2004. Grain number in sunflower is affected by shading during floret growth, anthesis and grain setting. *Field Crop Research* 85: 191-202.
- DEAN DYBING, C.; P.D. EVENSON and C. LAY. 1988. Relationships among daily flower production, length of flowering period, and seed yield of flax. *Crop Sci.* 28: 287-292.
- DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 1984. Fechas medias estimadas de primeras y últimas temperaturas mínimas perjudiciales para los cultivos en la Argentina. *Rev. de la Fac. de Agronomía de Buenos Aires.* 5(3):193-211.
- EGLI, D.B. 1993. Cultivar maturity and potential yield of soybean. *Field Crops Res.* 32:147-158.
- EGLI, D.B. 1999. Variation in Leaf Starch and Sink Limitations during Seed Filling in Soybean. *Crop Science* 39:1361-1368.
- EGLI, D.B. and W.P. BRUENING. 2000. Potential of Early-Maturing Soybean Cultivars in Late Plantings. *Agronomy Journal* 92:532-537
- ENSER, M.; R. RICHARDSON; J.D. WORD; B.P. GILL and P.R. SHEARD. 2000. Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: Fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sauges. *Meat Science* 55:201-212.
- GREEN, A. 1986.- A mutant genotype of flax (*Linum usitatissimum* L.) containing very low levels of linolenic acid in its seed oil. *Canadian Journal Plant Science* 66:499-503
- ODENT, M. 1991. La salud y los ácidos grasos esenciales. Ed. Urano, Barcelona, España. 155 páginas.
- PASCALE, A.; C. REMUSSI y A. DE ROSBACO. (1967/68). "Exigencias bioclimáticas del lino y su relación con la evolución del cultivo en la Argentina". *Rev. Fac. Agron. y Vet. de Buenos Aires.* 17(1):5-28.
- REMUSSI, C.; E. ORIBE y P. IVIGLIA. 1966. Influencia de la época de siembra sobre el peso de mil semillas, índice de iodo y tenor de aceite en cultivares de lino oleaginoso. *Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires.* 16(3):67-92.
- SORLINO, D. 1997. Fenología de la floración en lino. *Rev. de la Fac. de Agronomía de Buenos Aires.* 17(1):7-12
- SORLINO, D. 2001. "Preliminary model to predict flax phenology (Flaxphen)". 2° Global Workshop (General Consultation) of FAO European Cooperative Research Network on Flax and Other Bast Plants "Bast Plants in the New Millennium" June 3-6, Borovets, Bulgaria.
- VILLALOBOS, F.L.; A. SORIANO and E. FERERES. 1992. Effects of shading on dry matter partitioning and yield of field-growth sunflower. *Eur. J. Agron.* 1: 109-115.