

REDUCCION ARTIFICIAL DEL AREA FOLIAR DEL GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) EN DISTINTAS ETAPAS DEL DESARROLLO ONTOGENICO

L. Cholaky, O. Giayetto y E. M. Fernández

Facultad de Agronomía y Veterinaria-Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta Nacional 36- 5800 Río Cuarto, Argentina.

RESUMEN

En un cultivo de girasol precoz se evaluaron los efectos de distintos niveles de reducción del área foliar (AF) (100, 75,50, 25 y 0 %) efectuados en las etapas del desarrollo del girasol: I.2, V.2, V.5, RE.1, RE.4, RA.1, RA.1,5, RA.2 y RM.2 sobre los componentes del rendimiento, rendimiento biológico (RB) y económico (RE), índice de cosecha (IC), desarrollo del AF remanente, producciones de achenios, aceite y energía y calidad como "semilla" de los achenios cosechados. Se usó un diseño experimental en fajas. La respuesta de los componentes del rendimiento al momento de reducción del AF varió significativamente para cada uno de ellos, registrándose los mayores efectos para diámetro de capítulo entre I.2 y RA. 1,5, para diámetro zona improductiva entre RE.4 y RA.1, para peso de 1.000 achenios en RE.4 y para número y peso de achenios/capítulo en V.2 y RE.4. A su vez, todos los componentes del rendimiento disminuyeron significativamente con el incremento del nivel de reducción del AF. Los RE y RB disminuyeron significativamente con el incremento del nivel de reducción foliar y con el momento en que se efectuaron, siendo menores en V.2 y RE.4 y V.5, respectivamente. El porcentaje de aceite disminuyó con el incremento del nivel de reducción del AF y además hubo efecto de interacción. El índice de cosecha fue menor en RE.4 y con el incremento del nivel de reducción del AF. Las producciones de achenios, aceite y energía/ha. se correlacionaron positivamente con el índice de área foliar a RA.1: 0.66**, 0.65** y 0.65**, respectivamente. El desarrollo del AF remanente a RA.1 varió significativamente con el momento de defoliación y nivel de reducción del AF, observándose un menor desarrollo del AF remanente entre RE.4 y RA.1 y con el aumento del nivel de reducción del AF. La calidad como "semilla" de los achenios cosechados no se afectó por los niveles de reducción del AF.

SUMMARY

This paper deals with the effects of different levels of leaf area (LA) reduction (100, 75, 50, 25 and 0 %) on yield components, biological yield (BY), economic yield (EY), harvest index (HI), development of remaining LA, production of achenes, oil and energy, and "seed" quality of harvested achenes. The research was carried out on an early sunflower crop in sunflower development stages: I.2, V.2, V.5, RE.1, RE.4, RA.1, RA.1,5, RA.2 and RM.2. An experimental design in strips was used. Response of yield components to time of LA reduction varied significantly for each component. The highest effects for head diameter were reported between I.2 and RA.1,5, for diameter of unproductive area between RE.4 and RA.1, for weight of 1.000 achenes at RE.4 and for number and weight of achenes/head at V.2 and RE.4. In turn, every yield component decreased significantly as LA reduction level increased. EY and EY decreased significantly as leaf reduction level increased. Times at which reductions were carried out were also significant, EY and BY being lower at V.2 and RE.4, and V.5, respectively. Oil percentage decreased as LA reduction level increased, and there was also an interactive effect. HI was lower in RE.4 and with increased of LA reduction level. Achenes, oil and energy productions/ha. correlated positively with leaf area index to RA.1: 0.66**, 0.65** and 0.65**, respectively. Development of remaining LA to RA.1 varied significantly with defoliation time, and LA reduction level. There was lower development of remaining LA between RE.4 and RA.1 and with increase of LA reduction level. "Seed" quality of harvested achenes was not affected by LA reductions levels.

INTRODUCCION

La producción de girasol está relacionada con las características morfofisiológicas del genotipo (tamaño y duración del área foliar-AF y con su eficiencia fotosintética) en interacción con los factores ecológicos y tecnológicos del sistema cultivo de girasol. Una reducción en la capacidad de fuentes durante la ontogenia del girasol por deficiencias hídricas o nutritivas, ataques de insectos consumidores de tejidos foliares, enfermedades y factores abióticos, pueden tener efectos negativos en su producción, según intensidad y momento en que ocurren. Hay varios antecedentes sobre reducción artificial del AF en girasol: Sackston (1959), Johnson (1972), Vrebalov (1972), Rodrigues Pereira (1974 y 1978), Schelotto (1974), Beltrano et al. (1977), Cardinali et al. (1982), Butignol (1983), Fleck et al. (1983) y Da Silva et al. (1984), pero la mayoría está referido a remociones de AF durante el desarrollo reproductivo del girasol, basadas en que la

actividad fotosintética durante el período vegetativo contribuiría escasamente al llenado de los frutos. Esto resta importancia a las pérdidas de AF durante el período vegetativo, no solo del punto de vista de cambios en la forma y tamaño de la planta sino también de sus rendimientos biológico (RB) y económico (RE). De ahí, la necesidad de cuantificar los efectos de la reducción del AF en distintas etapas de la ontogenia del girasol sobre los componentes del rendimiento, rendimientos biológico y económico, índice de cosecha (IC), producciones de achenios, aceite y energía/ha, y sobre la calidad "semilla" de los achenios.

MATERIAL Y METODO

El ensayo se ubicó en un suelo hapludol típico de Las Higueras-Argentina, usándose el híbrido "P-78", sembrado el 11 de octubre con un modelo de siembra de 70 cm x 20 cm. El control de malezas se efectuó con 1000 cc i.a./ha de trifluralina de presiembrada incorporada al suelo. Fue conducido bajo un diseño experimental en fajas con 3 repeticiones. Los tratamientos fueron diferentes momentos de reducción artificial del AF, representados por distintas etapas ontogénicas del girasol: I.2 (1er. par de hojas opuestas), V.2 (1er. par de hojas alternas), V.5 (cinco hojas alternas), RE.1 (inflorescencia visible), RE.4 (inflorescencia visible y separada de las últimas hojas), RA.1 (inicio de antesis), RA.1-5 (50% de antesis), RA.2 (100% de antesis) y RM.2 (madurez fisiológica; y los subtratamientos correspondieron a 5 niveles de reducción del AF: 0%, 25%, 50%, 75% y 100%.

La reducción del AF se efectuó mediante cortes mecánicos nítidos sobre todas las hojas presentes y expandidas de una longitud igual o superior a los 3 cm. El nivel del 25% consistió en la remoción del cuarto derecho apical del limbo, a través de dos cortes: uno vertical y paralelo a la nervadura central y otro transversal desde el margen del limbo a la altura de su ancho máximo hasta la intercepción del corte vertical; el nivel de 50% correspondió a la remoción del AF del lado derecho del limbo separado por la nervadura central, desde el ápice hasta la base; el nivel del 75% consistió en la sumatoria de los dos subtratamientos precedentes; y el nivel del 100% comprendió la remoción total del limbo de todas las hojas. Se identificaron 9 plantas/subtratamiento, sobre las cuales se practicó el correspondiente nivel de reducción del AF, previa determinación indirecta del AF.

En base al AF determinada en la etapa RA.1-5 se calculó el índice de AF (IAF), y el desarrollo foliar del AF remanente de cada subtratamiento, se determinó en base al AF registrada previo a la reducción artificial del AF y el AF a la etapa RA.1-5. En RM.2, sobre las plantas identificadas se midieron los diámetros de capítulos y de sus áreas improductivas. A la madurez de cosecha, se recolectaron las plantas enteras, separándose de ellas, los achenios de cada capítulo; los achenios y los órganos vegetativos + receptáculo fueron secados a 35° C y 75° C respectivamente, para determinar sus pesos secos. También, se determinó: rendimiento y número de achenios/capítulo, peso de 1000 achenios, RB, RE, IC, concentración de aceite en los achenios, producciones de achenios, aceite y energía/ha, y calidad de "semilla" de los achenios, expresada a través del poder y energía germinativa.

Todos los datos registrados fueron sometidos a análisis de varianza y las comparaciones entre promedios de cada variable y de las interacciones se realizó por test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro N° 1 muestra que todos los componentes del rendimiento del girasol disminuyeron significativamente en función al momento de reducción o pérdida del AF y con la intensidad de ésta.

El diámetro del capítulo, peso y número de achenios/capítulo y peso de 1000 achenios fueron afectados por pérdidas ocurridas entre I.2 y RA.1-5, debido a sus efectos negativos sobre el potencial de flores/capítulo y a la baja capacidad de fuentes del girasol en las primeras etapas de su crecimiento vegetativo, y al escaso crecimiento compensatorio de las hojas remanentes durante las últimas y primeras etapas vegetativas y reproductivas del girasol respectivamente. El diámetro de la zona improductiva se incrementó con pérdidas foliares ocurridas en el período reproductivo, debido a la menor disponibilidad de fotosintatos para el llenado de los achenios, tanto por efecto de la reducción artificial del AF junto a la senescencia natural de las hojas inferiores. La reducción de la concentración de aceite por pérdida de AF entre RE.1 y RA.1, está determinada por la carencia de producción de achenios cuando la reducción artificial del AF fue del 100% en dichas etapas.

De todos los componentes del rendimiento, el peso de achenios/capítulo y peso de 1000 achenios fueron los más sensibles a las reducciones artificiales de AF, disminuyendo significativamente con niveles de reducción del AF superior al 25%, debido posiblemente a la menor disponibilidad

de fotosintatos y a que el número de achenios/capítulo fue afectado solo con pérdidas de AF igual o superior al 75%. Por su parte, el diámetro de capítulo y de la zona improductiva como el número de achenios/capítulo permitieron reducciones de AF igual o superior al 75%, posiblemente porque ellos estarían determinados principalmente por el porcentaje de fecundación de flores y transformación en frutos.

CUADRO N°1: Efecto de diferentes niveles de reducción del AF en distintas etapas del desarrollo del girasol sobre los componentes del rendimiento.

| | Diámetro capítulo (cm) | Peso de achenios por capítulo (g) | Peso 1000 achenios (g) | N° achenios por capítulo | Diámetro improductivo (cm) | Aceite en achenios (%) |
|--------------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|
| Etapas de Desarrollo | | | | | | |
| I.2 | 9.7b | 15.9ab | 33.0ab | 442ab | 3.6a | 49.5a |
| V.2 | 9.4b | 12.8b | 32.3ab | 381b | 3.3a | 46.6a |
| V.5 | 9.4b | 15.0ab | 30.7ab | 434ab | 3.3a | 48.6a |
| RE.1 | 9.4b | 16.2ab | 30.7ab | 477ab | 3.6ab | 38.9b |
| RE.4 | 10.2b | 13.7b | 29.1b | 416b | 4.7b | 38.0b |
| RA.1 | 11.0b | 16.9ab | 29.8ab | 517ab | 4.7b | 38.9b |
| RA.1-5 | 10.3b | 15.5ab | 31.2ab | 481ab | 4.3ab | 45.8a |
| RA.2 | 13.2a | 20.6a | 34.9a | 586ab | 4.4ab | 44.9a |
| RM.2 | 13.0a | 21.9a | 34.5a | 626a | 4.1ab | 43.6a |
| Niveles de reducción AF | | | | | | |
| 0% | 12.0a | 22.8a | 36.7a | 620a | 3.7a | 48.7a |
| 25% | 11.8a | 21.7a | 35.4a | 613a | 4.1ab | 48.4a |
| 50% | 11.2a | 18.8b | 32.3b | 567a | 3.9ab | 47.5a |
| 75% | 9.7b | 13.8c | 30.3c | 436b | 4.2b | 46.1a |
| 100% | 8.3c | 5.4d | 24.3b | 206c | 4.2b | 33.7b |

Valores dentro de cada columna de tratamientos y subtratamientos con letras iguales no difieren significativamente al nivel del 5% según test de Tukey

la pérdida foliar y con intensidad de ésta. Los menores valores para estos tres parámetros se registraron en distintas etapas, en V.5 para RB, en V.2 y REA para RE y en REA para IC; como consecuencia de

CUADRO N°2: EFECTOS DE DIFERENTES NIVELES DE REDUCCION DEL AF EN DISTINTAS ETAPAS ONTOGENICAS DEL GIRASOL SOBRE LOS RENDIMIENTOS BIOLOGICO Y ECONOMICO E INDICE DE COSECHA.

| Etapas de desarrollo: | | Rendimientos | | Indice de cosecha |
|-------------------------------------|--|--------------|-----------|-------------------|
| | | Biológico | Económico | |
| g/planta | | | | |
| I.2 | | 71.5ab | 15.9ab | 0.21ab |
| V.2 | | 62.1ab | 12.0b | 0.21ab |
| V.5 | | 58.3b | 15.0ab | 0.24a |
| RE.1 | | 60.5ab | 16.2ab | 0.23a |
| RE.4 | | 73.1ab | 13.7b | 0.17c |
| RA.1 | | 78.2ab | 16.9ab | 0.19b |
| RA.1-5 | | 75.3ab | 15.5ab | 0.20b |
| RA.2 | | 90.3a | 20.6a | 0.23a |
| RM.2 | | 92.8a | 21.9a | 0.24a |
| Niveles de Reducción del AF: | | | | |
| 0% | | 87.9a | 22.8a | 0.26a |
| 25% | | 87.9a | 21.7a | 0.25a |
| 50% | | 86.1a | 18.8b | 0.22a |
| 75% | | 63.0ab | 13.8c | 0.23a |
| 100% | | 42.8b | 5.4d | 0.12b |

Valores dentro de cada columna de tratamientos y subtratamientos con letras iguales no difieren significativamente al nivel del 5% según test de Tukey.

ERAF RE.4 por NRAF100 y ERAF RA.1 por NRAF 100).

Las producciones de achenios, aceite y energía/ha. presentadas en el Cuadro N° 3, muestran que las mismas disminuyeron con el momento y el nivel de reducción foliar.

de la zona improductiva como el número de achenios/capítulo permitieron reducciones de AF igual o superior al 75%, posiblemente porque ellos estarían determinados principalmente por el porcentaje de fecundación de flores y transformación en frutos.

La concentración de aceite en los achenios fue el componente menos afectado por el nivel de reducción del AF. Para concentración de aceite se registraron interacciones significativas entre etapa de reducción del AF (ERAF) y nivel de reducción del AF (NRAF): ERAFRA.1-5. x NRAF 100; ERAFRA.2. x NRAF 100. y ERAFRA.2 x NRAF 100.

Los valores de RB, RE e IC presentados en el Cuadro N° 2 indican que disminuyeron en función del momento en que ocurrió de los efectos de la pérdida foliar sobre la acumulación de materia seca total y rendimiento de achenios//planta.

De los tres, el RE fue el que presentó la mayor sensibilidad al nivel de reducción del AF, es así como éste fue afectado con reducciones del AF igual o superior al 50 %, mientras que el RB e IC disminuyeron con pérdidas de AF igual o superior al 75 % y con el 100 % respectivamente. No se registraron interacciones significativas entre momentos de reducción del AF por nivel de reducción del AF para RB y RE, pero sí para IC, (ERAFRE.1 por NRAF 100;

CUADRO N°3: Efectos de diferentes niveles de reducción del AF en distintas etapas del desarrollo del girasol sobre las producciones de achenios, aceite y energía.

| Etapas de desarrollo | | Producciones | | |
|-----------------------------|--------|---------------|--------------|-------------------|
| | | Achenios q/ha | Aceite kg/ha | Energía 000 kg/ha |
| Etapas de desarrollo | I.2 | 11.4 a | 561 | 19.9ab |
| | V.2 | 9.2 b | 430 | 15.3b |
| | V.5 | 10.7 ab | 528 | 18.7ab |
| | RE.1 | 11.0 ab | 530 | 18.7ab |
| | RE.4 | 9.7 ab | 465 | 16.5b |
| | RA.1 | 11.9 ab | 577 | 20.1ab |
| | RA.1-5 | 11.1 ab | 514 | 18.2ab |
| | RA.2 | 14.7 a | 683 | 24.2a |
| Niveles de reducción del AF | 0% | 15.4 a | 783a | 27.8a |
| | 25% | 14.7 a | 754ab | 26.7a |
| | 50% | 13.4 ab | 639b | 22.6a |
| | 75% | 9.9 b | 490c | 16.1b |
| | 100% | 3.3 c | 134d | 4.8c |

Valores dentro de cada columna de tratamientos y subtratamientos con letras iguales no difieren significativamente al nivel del 5% según test de Tuket; y valores sin letras, el test de F no fue significativo.

ciones de achenios y aceite/ha. y con niveles de reducción de AF igual o superior al 75 %. Estas disminuciones en las producciones son concordantes con los efectos de momentos y nivel de reducción sobre los componentes de rendimiento.

Las producciones de achenios, aceite y energía/ha. se correlacionaron positivamente con el índice de AF del girasol a la etapa de desarrollo RAI: 0.66**, 0.65** y 0.65** respectivamente.

En el Cuadro N° 4 se muestra el crecimiento compensatorio o desarrollo del AF remanente del girasol a la etapa RA.1.

CUADRO N° 4: EFECTOS DE DIFERENTES NIVELES DE REDUCCIÓN DEL AF EN DISTINTAS ETAPAS DEL GIRAOL SOBRE EL AF REMANENTE A RA. 1-5.-

| Niveles de Reducción AF | ETAPAS ONTOGENICAS | | | | | | |
|-------------------------|--------------------|-------|--------|---------|-------|--------|--------|
| | I.2 | V.2 | V.5 | RE.1 | RE.4 | RA.1 | X |
| | cm | | | | | | |
| 0% | 3207 | 2744 | 2934 | 2521 | 2527 | 2946 | 2826a |
| 25% | 3173 | 2574 | 2325 | 2179 | 2123 | 2603 | 2509ab |
| 50% | 2572 | 2103 | 2013 | 2111 | 1923 | 1789 | 2146b |
| 75% | 2228 | 1801 | 1793 | 939 | 757 | 894 | 1409 c |
| 100% | 1563 | 1322 | 1324 | 767 | 96 | 0 | 845 d |
| X | 2633a | 2122b | 2078bc | 1703bcd | 1485d | 1662cd | |

Valores promedios con letras iguales no difieren significativamente al nivel del 5% según Test de Tukey.

de las hojas inferiores.

Por último, el Cuadro N° 5 muestra que el momento y nivel de reducción del AF no afectan la calidad "semilla" de los achenios canchados, expresada ésta a través del poder y energía germinativas.

La producción de achenios/ha no se vió afectada por reducciones de AF provocadas al inicio de su crecimiento vegetativo y a partir de fin de antesis; y tampoco con reducciones foliacas igual o superior al 50 %. La producción de aceite/ha. sólo fue afectada por el nivel de reducción del AF, disminuyendo con pérdida foliares igual o superior al 25 %, mientras que la producción de energía/ha. (producción de aceite/ha. por 35.5 MJ) fue menor reducciones de AF realizadas en las mismas etapas que afectaron a las produc-

Se aprecia que dicho crecimiento varió con el momento y el nivel de reducción del AF, siendo mayor el desarrollo del AF remanente cuando la pérdida foliar se produce en las primeras etapas del desarrollo ontogénico del girasol y cuando la intensidad de reducción del AF no es superior al 25 %. Esto demuestra la capacidad del girasol para formar producciones satisfactorias a pesar de pérdidas foliares extras a las producidas por senescencia natural

CUADRO N°5: EFECTOS DE DIFERENTES NIVELES DE REDUCCION DEL AF EN DISTINTAS ETAPAS ONTOGENICAS DEL GIRASOL SOBRE LA CALIDAD "SEMILLA" DE LOS AQUENIOS COSECHADOS.

Esto debido a que ambos análisis se realizaron con aquenios normales.

| | | Calidad | |
|------------------------------|--------|-------------------|---------------------|
| | | Poder germinativo | Energía germinativa |
| | | % | |
| Etapas de desarrollo: | I.2 | 86. | 83 |
| | V.2 | 92. | 88 |
| | V.5 | 91. | 85 |
| | RE.1 | 85 | 79 |
| | RE.4 | 80. | 75 |
| | RA.1 | 89. | 86 |
| | RA.1-5 | 88 | 82 |
| | RA.2 | 87 | 85 |
| | RM.2 | 86 | 88 |
| Niveles de reducción del AF: | 0% | 89 | 81 |
| | 25% | 88 | 84 |
| | 50% | 87 | 81 |
| | 75% | 86 | 81 |
| | 100% | 85 | 78 |

Test de Fisher (F) no fue significativo para tratamientos, subtratamientos e interacción.

CONCLUSIONES

- El efecto de la reducción del AF sobre los componentes del rendimiento, rendimiento biológico y económico, índice de cosecha, producciones de aquenios, aceite y energía/ha. varían en función de las etapas del desarrollo ontogénico en que ocurre y de su intensidad.
- El girasol presenta buena capacidad de desarrollo compensatorio de las hojas remanentes, cuando las pérdidas foliares se producen en las primeras etapas del crecimiento-desarrollo vegetativo.
- El girasol no se vería afectado en sus componentes de rendimiento y producción, cuando sufre pérdidas foliares iguales o inferiores al 25 %, nivel que estaría condicionando la oportunidad de realizar controles químicos contra insectos masticadores y ciertas enfermedades foliares.
- El índice de AF a RA.1 se correlaciona positivamente con las producciones de aquenios, aceite y energía/ha., siendo un parámetro adecuado para su estimación.

REFERENCIAS

- Beltrano, J., Orioli, G. A. y Pereyra, V. R. 1977. Contribución de las diferentes hojas de la planta de girasol al llenado del grano. 3° Reunión Nacional de Girasol, Bs. As. Argentina: 42-48.
- Butignol, C. A. 1983. Rendimiento de girasol en tres diferentes estadios de desfolhamento artificial. *Pesq. agropec. bras.*, Brasilia 18 (6): 631-634.
- Cardinali, F., Pereyra, V. R., Farizo, C. y Orioli, G. A. 1982. Effects of defoliation during seed filling of sunflower. *Proc. 10th Int. Sunflower Conf.*, Surfers-Paradise, Australia: 26-28.
- Da Silva, P.R.F., Fleck, N.G. y Heckler, J.C. 1984. Desfolhamento artificial durante a formação do botão floral do girasol. *Pesq. agropec. bras.*, Brasilia 19 (2): 149-156.
- Fleck, N.G., Da Silva, P.R.F., Machado, C.M.N. y Schiacciet, M. A. 1983. Desfolhamento artificial durante o estadio de antese do girasol. *Pesq. agropec. bras.*, Brasilia 18 (4): 371-379.
- Johnson, B.J. 1972. Effect of artificial defoliation on sunflower yield and other characteristic. *Agronomy Journal* 64:688-689.
- Rodrigues Pereira, A. S. 1974. Effects of artificial defoliation on components of yield in sunflower. *Proc. 6th Sunflower Conf.* Bucharest, Romania: 181-188.
- Rodrigues Pereira, A.S. 1978. Effects of leaf removal on yield components in sunflower. *Neth. J. Agric. Sci.* 26:133-144.
- Sackston, W.E. 1959. Effects of artificial defoliation on sunflowers. *Can. J. Plant Sci.* 39:108-118.
- Schelotto, A.L. 1974. Efectos de la defoliación no natural sobre el rendimiento del girasol.

2° Reunión Nacional de Girasol. Bs. As. Argentina: 70-77.
Vrebalov, T. 1972. The role of leaves in the process of kernel yield and oil content formation
in sunflower. 5° Conf. Int. Tournesol. Clermont-Ferrand, Francia: 57-62.