

Análisis del crecimiento de genotipos de girasol resistentes y susceptibles a herbicidas imidazolinonas

Fernando S. Adegas¹, Marcelo F. Oliveira¹, Alexandre M. Brighenti²

¹Embrapa Soja, Londrina (PR), Casilla Postal 231, CP 86047-660, Brazil,

²Embrapa Gado de Leite, Juíz de Fora (MG), CP 36038-330, Brazil,

E-mail: adegas@cnpso.embrapa.br

RESUMEN

En la región central de los Estados Unidos de América especies autóctonas de *Helianthus* se comportan como malas hierbas en el cultivo de la soja. En 1996 se descubrió que dichos biotipos de girasol común son resistentes a herbicidas imidazolinonas, lo que dificultaba su control como mala hierba. Sin embargo, lo anterior abrió la posibilidad de transferir esa resistencia al girasol cultivado. A partir del cruzamiento de líneas resistentes a herbicidas imidazolinonas con los parentales del híbrido BRS 191, se obtuvo un genotipo resistente. Dicho genotipo se utilizó en el presente trabajo para realizar la comparación fenotípica con el híbrido BRS 191 susceptible, por medio del análisis de crecimiento. Los parámetros evaluados fueron: materia seca total, área foliar, materia seca de las hojas, materia seca de las raíces, materia seca del tallo, materia seca del capítulo, altura de las plantas, diámetro del capítulo, peso de mil aquenios, productividad, contenido de aceite, así como los índices de crecimiento relativo, asimilación líquida y área foliar. No hubo diferencia significativa entre ninguno de los parámetros evaluados, demostrando así que la incorporación del gen de resistencia a herbicidas imidazolinonas en los parentales del híbrido BRS 191, ha resultado en un genotipo con patrón de crecimiento similar al del BRS 191 susceptible. Este resultado abre la posibilidad de obtención de cultivares resistentes, que pueden ser importantes en el control de malas hierbas que afectan al cultivo del girasol.

Palabras-clave: *Helianthus annuus* - índice de crecimiento - resistencia genética.

Growth analysis of sunflower cultivars resistant and susceptible to imidazolinone herbicides

ABSTRACT

In USA Midwest, common sunflower is one of the main weeds of soybean. In 1996, a biotype of the common sunflower resistant to imidazolinone herbicides has caused much concern in the management of this weed. However, it also opened up the possibility of transferring this characteristic of resistance to the susceptible profitable cultivated sunflower. Starting from the crossing of American lines resistant to these imidazolinone herbicides with the parents of the hybrid BRS 191, a resistant genotype was obtained. This genotype was used in this study for phenotypic comparison with a normal BRS hybrid, through a growth analysis. The parameters evaluated were: total dry weight, foliar area, dry weight of leaves, root dry weight, stems dry weight, head dry weight, plant height, head diameter, weight of 1,000 achenes, productivity, and oil content. The relative growth rate, liquid assimilation rate, and the foliar area ratio were also estimated. There was no statistically significant difference between any of the parameters evaluated, demonstrating that the incorporation of the gene for resistance to herbicides of the imidazolinone group to the progenitors of the hybrid BRS 191 resulted in a genotype with a growth pattern similar to the susceptible BRS 191 hybrid. This finding opens up the possibility of obtaining resistant cultivars, becoming a highly important tool in the control of sunflower crop weeds.

Key words: genetic resistance – growth rate – *Helianthus annuus* – sunflower.

INTRODUCCIÓN

El girasol (*Helianthus annuus*) es una especie nativa de los Estados Unidos de América y sus poblaciones espontáneas, denominadas autóctonas o salvajes, se comportan como malas hierbas de cultivos tales como la soja y el maíz. Con el desarrollo de herbicidas inhibidores de la enzima acetolactato sintase (ALS),

selectivos para la soja, el control del girasol salvaje se ha llevado a cabo con éxito, por herbicidas de dicho grupo (Baumgartner et al., 1999). Sin embargo, la presión de selección provocada por el uso continuado de esos herbicidas ha proporcionado el desarrollo de biotipos de girasol resistente a los inhibidores de la ALS. En la mayoría de los casos, la resistencia de malas hierbas provoca mayor dificultad en el manejo de las infestantes y aumento en los costos de control. No obstante, en el caso del girasol salvaje, fue una oportunidad que se abrió para transferir esa característica genética para las variedades e híbridos cultivados, como relatan Miller y Al-Khatib (2001).

En Brasil, todavía no existe cultivo comercial de girasol resistente a los inhibidores de la ALS. Sin embargo, ello sería deseable, pues las malas hierbas dicotiledóneas son mayoría en las áreas de explotación de esa oleaginosa (Brighenti et al., 2003). De esa manera, en el año 2001 se inició en Embrapa Soja la introducción del gen de resistencia a los herbicidas del grupo de las imidazolinonas en genotipos de girasol de su banco de germoplasma, obteniendo en la cosecha de primavera/verano del 2003 tres genotipos F₄R₂ del cruzamiento entre líneas estadounidenses resistentes a las imidazolinonas y líneas nacionales susceptibles.

El objetivo de este trabajo ha sido comparar los genotipos de girasol resistente y susceptible a los herbicidas del grupo de las imidazolinonas, desarrollados por la Embrapa Soja, por medio del análisis de crecimiento de las plantas y sus características derivadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en condiciones de campo, en la Embrapa Soja. Se comparó el híbrido de girasol BRS 191 con un genotipo híbrido con las mismas líneas parentales, pero que recibieron la incorporación de la resistencia a las imidazolinonas, a través del cruzamiento con líneas estadounidenses seleccionadas por Al-Khatib y Miller (2000). También se utilizó el diseño enteramente aleatorizado, con cinco repeticiones. La siembra fue realizada el 10/03/04 y las evaluaciones fueron realizadas en intervalos de 14 días después del surgimiento de las plantas (DAE), que ocurrió en el 16/03/04. En cada evaluación se ha medido la altura de diez plantas por tratamiento, seleccionándose tres plantas por parcela al azar, que fueron cosechadas enteras, inclusive con el sistema radicular. Las raíces fueron lavadas en agua corriente para la retirada del suelo e impurezas, siendo, posteriormente, separados los órganos, el tallo, las hojas, las raíces y, después del florecimiento, también los capítulos. Cada órgano de las plantas fue puesto en fundas de papel y llevados para secar en estufa de circulación forzada de aire a $70 \pm 1^\circ\text{C}$, hasta alcanzar el peso constante, y posteriormente, pesado en balanza de precisión. Antes del secado, todas las hojas fueron utilizadas en la determinación del área foliar por medio de medidor fotoeléctrico de mesa, marca LI-COR, modelo 3100.

Los resultados de la altura de las plantas, del área foliar, de la materia seca de los órganos y de la materia seca total fueron sometidos al análisis de variancia, utilizándose el test F, a 5% de probabilidad y al análisis de regresión. En la cosecha del girasol se hizo la medición del diámetro medio de los capítulos, peso de mil aquenios, productividad y contenido en aceite. Los resultados fueron sometidos al análisis de varianza por el test F, siendo las medias comparadas por el test de Tukey, a 5% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las curvas de acumulación de la materia seca total (MSt) de los genotipos fueron similares, prácticamente se solapan hasta los 47 días después de la aparición (DAE), y esa similitud se mantuvo hasta los 98 DAE (Fig. 1). La mayor acumulación de MSt ocurrió a los 86 días para el genotipo resistente y a los 87 días para el genotipo susceptible, con valores de 205, 73 y 196,52 g.planta⁻¹, respectivamente.

Como no hubo diferencia significativa en la MSt, la tasa de crecimiento relativo (Rw) también fue semejante para los dos genotipos, observándose gran ganancia de crecimiento hasta alrededor de los 30 DAE. Eso es normal en el girasol, pues ese periodo coincide con la fase vegetativa de este cultivo, que es aquella donde ocurre la formación y alargamiento de las hojas, iniciando con la germinación y terminando con la formación del pimpollo floral (Schneiter y Miller, 1981), siendo más expresiva en cultivares precoces, como es el caso del BRS 191.

Según Oliveira y Vieira (2000), el girasol BRS 191 inicia el florecimiento aproximadamente a los 53 DAE, cuando prácticamente cesa la formación y alargamiento de las hojas, alcanzando, por lo tanto, la máxima área foliar (Af). En este experimento, ambos los genotipos, resistente y susceptible, alcanzaron ese punto a los 53 DAE, con valores de 60,69 y 60,61 dm² planta⁻¹, respectivamente, mostrando diferencia mínima, no significativa, que se repitió en todas las evaluaciones.

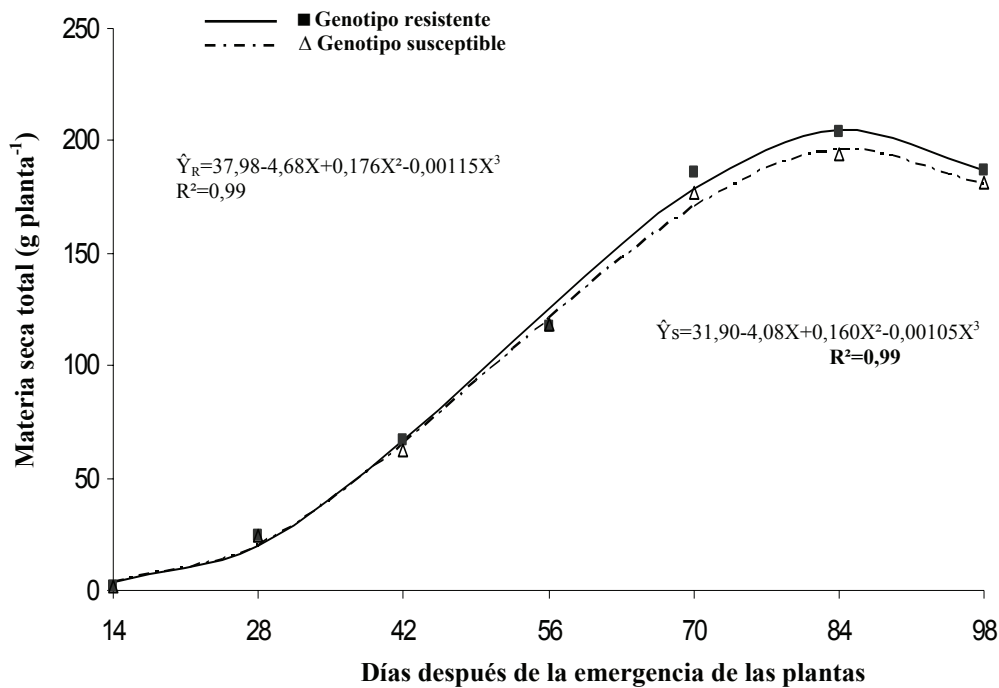


Fig. 1. Materia seca total de plantas de girasol de genotipos resistentes y susceptibles a las imidazolinonas.

La tasa asimilatoria líquida (TAL) es el parámetro que mide la producción de materia seca por unidad de área foliar, y tiene por objetivo analizar la eficiencia fotosintética de la planta. Ha habido una pequeña diferencia, no significativa, en esa tasa al inicio del desarrollo de las plantas, con mayor TAL de genotipo resistente con relación al susceptible, lo que no sucedió más a partir de los 28 DAE. Lo mismo observaron Brighenti et al. (2001), comparando biotipos resistentes y susceptibles de *Euphorbia heterophylla* a inhibidores de la ALS. Resultado inverso se obtuvo por Christoffoleti (2001) estudiando biotipos de *Bidens pilosa*, donde el susceptible obtuvo una TAL inicial superior al resistente. Sin embargo, en los dos trabajos los valores se aproximaron en las evaluaciones posteriores en las que el desarrollo de las plantas era mayor, asemejándose a lo observado en los genotipos de girasol.

Debido a los similares resultados del área foliar y de la MSt, la relación entre estos parámetros, representada por la razón del área foliar (Fa), tampoco ha resultado significativa la comparación de los genotipos. Los valores máximos de 1.82 y 1.80 dm² g⁻¹ para el resistente y susceptible, respectivamente, se obtuvieron a los 29 DAE, disminuyendo en las evaluaciones posteriores con las curvas comportándose semejantemente a las de la TAL, pues a partir de la diferenciación floral ocurre la disminución progresiva de los fotoasimilados en dirección de las hojas (Vrânceanu, 1977). Después de la floración la senescencia y la caída de las hojas, contribuyendo para la reducción todavía mayor de la Fa. De esa forma no ha sido posible realizar la evaluación del área foliar y por consecuencia de la Fa en el proceso de la cosecha del experimento a los 98 DAE.

La materia seca de cada órgano del girasol, de las hojas (MSf), de las raíces (MSr), del tallo (MSc) y del capítulo (MScp), ha mostrado que no hubo diferencia significativa para ninguno de ellos. La acumulación de la materia seca de las hojas aumentó hasta los 66 DAE para los dos genotipos de girasol, resistente y susceptible, alcanzando valores máximos de 29.03 y 28.96 g planta⁻¹ respectivamente. El resultado demostró que el punto de máxima MSf ocurrió 14 días después de la máxima Af. Eso sucedió porque aún pasado el florecimiento pleno el girasol continúa manteniendo balance positivo de acúmulo de fotoasimilados en la hoja, por lo tanto, acumulando materia seca (Vrânceanu, 1977).

La materia seca acumulada de las raíces aumentó con la edad de las plantas y alcanzó los valores máximos de 21.68 y 20.86 g planta⁻¹, a los 81 DAE, para los genotipos resistente y susceptible respectivamente. Con relación a la materia seca del tallo, no hubo diferencia estadísticamente significativa. Los mayores acúmulos de materia seca fueron de 74.21 g planta⁻¹ para el genotipo resistente y de 69.29 g planta⁻¹ para el genotipo susceptible, ambos a los 79 DAE. Analizando la translocación de

imazetapir en biotipos de girasol resistente y susceptible a las imidazolinonas, Al-Khatib et al. (1998) concluyeron que no existía diferencia entre los biotipos en la translocación del herbicida en el tallo hasta siete días después de su aplicación.

El peso de la materia seca de los capítulos, recolectado a partir de los 56 DAE, mostró la misma tendencia de acúmulo, con alto crecimiento de los 60 a los 84 DAE, pues es la fase en la que ocurre gran translocación de fotoasimilados para la formación y llenado de los achenios. Esa fase ocurre, según Castiglioni et al. (1997), entre el final de florecimiento hasta la maduración fisiológica. La máxima MScp fue de 96.16 g planta⁻¹ para el genotipo resistente y de 92.43 g planta⁻¹ para el genotipo susceptible.

El crecimiento de las plantas de girasol tuvo mayor incremento en altura hasta los 28 DAE, resultado semejante al obtenido por Amabile et al. (2003) con la variedad Embrapa 122 también de ciclo precoz. El punto estimado de máximo crecimiento de los genotipos ocurrió a los 85 DAE, con altura de 175 cm del genotipo resistente y 179 cm del susceptible. No hubo diferencia significativa en ninguna época de evaluación.

Los similares resultados de los parámetros de crecimiento fueron además observados en los parámetros de rendimiento evaluados. No hubo diferencia significativa en el diámetro del capítulo, peso de mil achenios, productividad y contenido de aceite entre los genotipos resistente e susceptible.

Por los resultados de este trabajo se concluye que la incorporación del gen de resistencia a los herbicidas de grupo químico de las imidazolinonas en los progenitores del híbrido BRS 191 resultó en un genotipo con semejante patrón de crecimiento al híbrido BRS 191 normal y susceptible, sin diferencias fenotípicas significativas. De esta forma se abre la posibilidad de obtención de cultivares, variedades o híbridos con la característica de resistencia a los herbicidas pertenecientes al grupo químico de las imidazolinonas, que puede transformarse en tecnología viable en el control de las plantas dañinas en el cultivo del girasol en Brasil.

REFERENCIAS

- Amabile, R.F., D.P. Guimaraes, and A.L. Farias Neto. 2003. Análise de crescimento de girassol em Latossolo com diferentes níveis de saturação de bases no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38(2):219-224.
- Al-Khatib, K., and J.F. Miller. 2000. Registration of four genetic stocks of sunflower resistant to imidazolinone herbicides. *Crop Sci.* 40:869-870.
- Baumgartner, J.R., K. Al-Khatib, and R.S. Currie. 1999. Survey of common sunflower (*Helianthus annuus*) resistance to Imazethapyr and Chlorimuron in northeast Kansas. *Weed Technol.* 13:510-514.
- Brighenti, A.M., D.L.P. Gazziero, E. Voll, F.S. Adegas, W.M.C. Val. 2001. Análise de crescimento de biótipos de amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) resistente e susceptível aos herbicidas inibidores da ALS. *Planta Daninha* 19(1):51-59.
- Brighenti, A.M., C. Castro, D.L.P. Gazziero, F.S. Adegas, and E. Voll. 2003. Cadastramento fitossociológico de plantas daninhas na cultura do girassol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38(5):651-657.
- Castiglioni, V.B.R., A. Balla, C. Castro, and J.M. Silveira. 1997. Fases de desenvolvimento da planta de girassol. Embrapa-CNPSo, 24 p. (Embrapa-CNPSo. Documentos, 58), Londrina, Brazil.
- Christoffoleti, P.J. 2001. Análise comparativa do crescimento de biótipos de picão-preto (*Bidens pilosa*) resistente e susceptível aos inibidores da ALS. *Planta Daninha* 19(1):75-83.
- Miller, J.F., and K. Al-khatib. 2001. Development of herbicide resistant germplasm in sunflower. Fargo-ND: USDA-ARS, 7 p.
- Newhouse, K., T. Wang, and P. Anderson. 1991. Imidazolinone-tolerant crops. p. 137-150. In: Shaner, D. L.; O'Connor, S. L. *The Imidazolinone Herbicides*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Oliveira, M.F., O. Vieira, and V. Brs 191. O azeiteiro. Embrapa Soja, 2000, 4 p. (Folder 03/2000), Londrina, Brazil.
- VRÂNCEANU, A. V. 1977. El girasol. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, Spain, 375 p.