

## Aspectos biológicos de *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae) alimentadas con pulgones criados en algodón transgénico Bollgard I®

Biological aspects of *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on aphids reared on transgenic cotton Bollgard I®

MARINA FUNICHELLO<sup>1</sup>, LÍLIAN LÚCIA COSTA<sup>2</sup>, ONIEL JEREMÍAS AGUIRRE GIL<sup>2</sup> y ANTONIO CARLOS BUSOLI<sup>3</sup>

**Resumen:** *Cycloneda sanguinea* es un importante agente de control biológico del pulgón del algodón. El objetivo de este trabajo fue evaluar los aspectos biológicos de *C. sanguinea* alimentada con ninfas y adultos de *Aphis gossypii* criado en los cultivares DeltaOPAL y NuOPAL (Bollgard I). El experimento fue realizado en laboratorio bajo condiciones controladas de temperatura ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ), humedad relativa ( $70 \pm 10\%$ ) y fotofase (12 horas). El diseño experimental fue completamente al azar, los tratamientos fueron larvas de *C. sanguinea* alimentadas con pulgones (ninfas y adultos ápteros) criados en dos cultivares, siendo las repeticiones 40 larvas recién eclosionadas, individualizadas y alimentadas hasta el empupamiento y, posterior emergencia de los adultos que también fueron alimentados con pulgones de los cultivares. Para la evaluación de los adultos fueron individualizadas cinco parejas recién emergidas, en jaulas de plásticos de 12 cm de diámetro y 9 cm de altura, con papel toalla para la oviposición. Los parámetros evaluados fueron: duración y viabilidad de la fase larval, duración y viabilidad pupal, longevidad de adultos, periodo reproductivo, posreproductivo, y número total de huevos/hembra. La duración de la fase larval de *C. sanguinea* fue menor cuando se alimentaron con pulgones criados en el cultivar NuOPAL, mientras que la longevidad de los adultos y el periodo reproductivo fueron mayores. La fertilidad de las hembras y la viabilidad de huevos también fueron menores en este cultivar. Se sugiere que los pulgones criados en cultivares transgénicos de algodón (que expresan la proteína Cry1Ac), no son indicados para cría masiva en control biológico aplicado.

**Palabras clave:** Control biológico. Mariquita. Planta transgénica. Depredadores. Cry1Ac.

**Abstract:** *Cycloneda sanguinea* is an important biological control agent of aphid cotton. The objective of this study was to evaluate the biological aspects of *C. sanguinea* fed with nymphs and adults of *Aphis gossypii* reared in DeltaOPAL and NuOPAL cultivars (Bollgard I). The experiment was conducted in the laboratory under controlled temperature ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ), humidity ( $70 \pm 10\%$ ) and photophase (12 hours). The experimental design was completely randomized, and treatments aphids fed on the two cultivars, and replicates 40 individuals. Each larva was individually until adult emergence of the predator in Petri dishes of 9 cm in diameter with moistened filter paper. For evaluation of individual adults were five couples newly emerged in plastic pots 12 cm in diameter and 9 cm tall, with filter paper for oviposition. The parameters evaluated were: duration and viability of the larval stage, pupal stage duration and survival, adult longevity, reproductive period, post-reproductive and total number of eggs per female. The duration of the larval stage of *C. sanguinea* was lower when fed aphids reared on the cultivar NuOPAL, while adult longevity and the reproductive period were higher. The female fertility and egg viability were also lower.

**Key words:** Biological control. Ladybug. Transgenic plant. Predators. Cry1Ac.

### Introducción

Entre los enemigos naturales predominantes y encontrados en el cultivo de algodón, se puede citar a las especies pertenecientes a la familia Coccinellidae (Coleoptera), principalmente *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) y *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, 1842 como depredadores del pulgón en Brasil (Guerreiro *et al.* 2002), y *Delphastus pusilis* (Le Conte, 1852) como depredador de los estadios inmaduros de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) (Hemiptera: Aleyrodidae) en regiones agrícolas de Colombia (López-Ávila *et al.* 2001).

De acuerdo con Hodek (1967, 1973), los coccinélidos depredadores presentan gran actividad de búsqueda, ocupando todos los ambientes de sus presas, siendo por eso agentes eficientes para el control biológico de plagas, especialmente de insectos fitófagos estacionarios, como los pulgones.

La ocurrencia natural de larvas y adultos de coccinélidos depredadores, durante la fase de infestación de pulgones en

plantas cultivadas, es un factor preponderante para el control biológico de esas plagas, con importantes consecuencias en la disminución de sus niveles poblacionales y de daños ocasionados a los cultivos (Olkowski *et al.* 1990; Santos y Bueno 1999).

Entre ese grupo de depredadores, *C. sanguinea* es comúnmente observada en varios cultivos, como algodón, soja y maíz. Cada larva de este depredador puede consumir hasta 40 pulgones/día y los adultos predan en promedio 20 pulgones/día (Gravena 1983). Sin embargo, según Rice y Wilde (1989), las plantas pueden afectar directa o indirectamente la biología y la eficiencia de los coccinélidos, alterando la calidad de la presa o las chances del depredador para encontrar su presa. La obtención de cultivos resistentes a insectos plaga puede afectar indirectamente sus enemigos naturales ya que los efectos perjudiciales de la resistencia tipo antibiosis pasan del insecto fitófago a su depredador (Farid *et al.* 1997; Santos *et al.* 2003).

<sup>1</sup> Doctoranda del Programa de Posgrado en Entomología Agrícola. Universidade Estadual Paulista, UNESP/Jaboticabal, SP, Brasil. [mariagro2@gmail.com](mailto:mariagro2@gmail.com). Autor para correspondencia. <sup>2</sup> Maestrandos Programa Posgrado, UNESP/Jaboticabal, SP, Brasil. <sup>3</sup> Prof. Titular/FCAV/UNESP/Jaboticabal, SP, Brasil.

Con la liberación y la comercialización en 2006 en Brasil, del algodón genéticamente modificado, denominado Bollgard I<sup>®</sup>, cuyas plantas producen la  $\alpha$ -endotoxina de *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1911 var. *kurstaki*, que es altamente patógena para algunas larvas de lepidópteros (Ramiro y Faria 2006), se hace necesario estudiar el efecto de esa variedad sobre otros insectos no blanco, como por ejemplo los predadores.

Las plantas transgénicas resistentes a plagas son producidas para matar insectos blanco directamente o, influir indirectamente en su biología, por ejemplo, interfiriendo en la capacidad de vuelo, cópula y fecundidad de los adultos. De igual manera, pueden también afectar indirectamente a los insectos no blanco como predadores y parasitoides, principalmente a estos últimos, que en la fase larval, se desarrollan en el interior de sus hospederos, quedando expuestos directamente a las proteínas tóxicas presentes en los tejidos y la hemolinfa, cuando el hospedero consume tejidos vegetales (Wright y Verkerk 1995; Daly y Buntin 2005).

Birch *et al.* (1999) relatan que la fecundidad de *Adalia bipunctata* (Linnaeus, 1758) fue reducida en 38%, cuando estos predadores fueron alimentados con pulgones de *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) criados con papas transgénicas para expresar la lecitina GNA, aunque no se observó reducción en el consumo de presas. Por otro lado, la viabilidad de los huevos o la eclosión de larvas de huevos de adultos que se alimentaron de pulgones en variedades transgénicas, fue significativamente menor. Además, las hembras que se alimentaron con pulgones criados en material transgénico tuvieron longevidad reducida a la mitad en relación a las hembras de las mariquitas que se alimentaron de áfidos criados en papas no transformadas genéticamente.

Asimismo, Zhang *et al.* (2006) observaron que la duración del ciclo de vida de la mariquita *Propylaea japonica* (Thunberg, 1781) fue menor cuando fueron alimentados con pulgones criados en una variedad de algodón transgénico (GK-12) en comparación con aquellas alimentadas con pulgones criados en una variedad de algodón no transgénico (Simian 3).

Debido a la importancia de la especie *C. sanguinea* como agente de control biológico natural de *Aphis gossypii* Glover, 1877, este trabajo tuvo por objetivo comparar los parámetros biológicos como: duración de la fase larval, pupal, duración de la fase larval a fase adulto, el periodo prereproductivo, reproductivo y posreproductivo de las hembras, longevidad de machos y hembras, número total y viabilidad de huevos del predador alimentado con pulgones de *A. gossypii* criados en el cultivar transgénico comercial NuOPAL Bollgard I<sup>®</sup> (Evento 531), comparando estos parámetros biológicos teniendo como presa pulgones criados en el cultivar aislado convencional DeltaOPAL.

### Materiales y Métodos

El experimento fue desarrollado en condiciones de campo y en invernadero, así como en el laboratorio del Departamento de Fitossanidade de la Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de la Universidade Estadual Paulista - Unesp, Campus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil. En laboratorio, los experimentos fueron mantenidos en cámaras climatizadas (B.O.D.) a temperaturas de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  de humedad relativa y 12 horas de fotofase.

Fueron plantados para la obtención de pulgones, en un área experimental de 1.000 m<sup>2</sup>, tres variedades de algodón,

siendo estas, FMT701 (poco pilosa y producido por la fundación Mato Grosso), el transgénico NuOPAL con hojas pilosas y que expresa la toxina CryIAC en sus tejidos que confiere resistencia a lepidópteros, comercializados en Brasil desde 2006. Como aislado convencional de la variedad NuOPAL, se utilizó la variedad DeltaOPAL, también con hojas pilosas. La preparación del suelo con arado y rastra fueron los recomendados para el cultivo, así como la siembra y las prácticas culturales. Se realizó la fertilización de las plantas con base en 300 Kg/ha de fertilizante fórmula 4-14-8 (N-P-K), realizándose luego la siembra de forma manual, colocando aproximadamente 15 semillas/m lineal. Después de 25 días de la emergencia de las plantas, se podaron de forma manual, dejándose cerca de 12 plantas/m lineal. El espaciamiento entre las líneas fue 0,9 m, y a los 35 días después de la emergencia de las plantas, se realizó la fertilización manual de nitrógeno en base a 250 Kg/ha de sulfato de amonio. La finalidad de las plantas en campo, fue la de coleccionar hojas y obtener poblaciones naturales de pulgones para uso en cada cultivar.

En invernadero, cada cultivar (FMT 701, DeltaOPAL y NuOPAL) fue sembrado en cuatro macetas plásticas de 5 litros, conteniendo tierra, arena y estiércol en proporción 2:1:1. Para aislar las macetas con plantas, estas fueron revestidas con jaulas de alambre forradas con malla antifídica para protegerlas de los insectos. Así, cada planta a los 20 días de edad, fue infestada con pulgones en la fase de ninfa, provenientes de los cultivares sembrados en las respectivas macetas. Cada 15 días, los pulgones fueron transferidos a nuevas plantas, con 20 días de edad, obteniéndose sucesivamente grandes poblaciones del áfido, para la conducción de los experimentos en el laboratorio.

**Colonias de cría de *Cycloneda sanguinea*.** Los primeros ejemplares de adultos de *C. sanguinea*, fueron colectados de los cultivos de algodón en la Estación Experimental de Investigación en el Campus de Jaboticabal de la FCAV (Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias), y posteriormente fueron transferidos para las macetas con plantas de algodón del cultivar FMT 701 de 30 días de edad, y previamente colonizadas con ninfas y adultos de la especie *A. gossypii*, en condiciones de invernadero. En laboratorio ( $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ , HR  $70 \pm 10\%$  y fotofase 12 horas) fueron mantenidas cinco parejas del predador en jaulas cilíndricas de PVC con 20 cm de altura y 19,5 cm de diámetro, la parte inferior sellada con disco de polietileno de 21,5 cm de diámetro y la parte superior cubierta con "tull" fijada con ligas plásticas. Las jaulas fueron revestidas internamente con papel toalla, para la observación de las posturas. Fueron ofrecidas como presas, pulgones oriundos de hojas del cultivar FMT 701, evitando el acondicionamiento "preimaginal" (Lara 1991) para ensayos subsecuentes con los cultivares NuOPAL y DeltaOPAL. También para la alimentación de los adultos del predador fue ofrecida dieta suplementaria con algodón embebido en miel al 10% colocada en la parte superior de las jaulas de tejido "tull". Las hojas de papel toalla con las posturas fueron retiradas de las jaulas y transferidas diariamente en placas de Petri de 9 cm de diámetro, con fondo revestido de papel filtro humedecido diariamente. Las larvas recién eclosionadas fueron alimentadas en la fase larval con la misma presa ofrecida para los pulgones criados en el cultivar FMT 701.

**Parámetros biológicos de *Cycloneda sanguinea* teniendo como presa pulgones criados en los cultivares Nuopal y DeltaOPAL.** Se colectaron los huevos de un día de edad provenientes de la crianza de manutención de *C. sanguinea*, alimentadas con pulgones criados en el cultivar FMT 701 para la obtención de larvas recién eclosionadas que fueron alimentadas durante toda la fase larval, con pulgones criados en plantas del cultivar NuOPAL o del cultivar DeltaOPAL. Para cada cultivar evaluado, fueron individualizados cuarenta larvas de un día de edad y colocadas en placas de Petri de 9 cm de diámetro, con fondo revestido con papel filtro humedecido. Diariamente fueron proporcionados aproximadamente doscientos pulgones (ninfas y adultos ápteros) de *A. gossypii*/larva/cultivar, provenientes de la crianza de pulgones en los dos cultivares evaluados.

Los parámetros biológicos de la fase larval, analizados a través de observaciones diarias fueron: duración de cada estadio, duración de la fase total y viabilidad larval. Para la fase pupal, fueron evaluadas la duración y la viabilidad de la fase pupal, a través de observaciones diarias de cada pupa, individualizadas en placas de Petri de 9 cm de diámetro, conteniendo papel filtro en la parte inferior.

Después de la emergencia de los adultos, fueron individualizados cinco parejas recién emergidas de cada tratamiento (cultivares), donde fueron individualizados en jaulas plásticas de 12 cm de diámetro y 9 cm de altura, revestidos con papel filtro en las paredes y en el fondo, para la oviposición. En la fase adulta fueron evaluadas la longevidad (días) de machos y hembras, el periodo de preoviposición (días) y de posoviposición (días) de las hembras, así como el número diario y total de huevos colocados por hembra. Con estos datos se calculó el periodo reproductivo de las hembras alimentadas con pulgones criados en el cultivar transgénico NuOPAL y en el aislado convencional DeltaOPAL. La cantidad de pulgones proporcionados/pareja fue aproximadamente 400 pulgones/día.

Para la evaluación del periodo de incubación (días) y viabilidad de huevos (% de huevos fértiles), diariamente, los huevos provenientes de las hembras alimentadas con pulgones criados sobre cada cultivar fueron retirados de las placas, y colocados en otras siempre revestidas con papel filtro humedecido, para evitar el desecamiento y pérdida de viabilidad.

El diseño experimental para los ensayos fue el diseño completamente al azar. Los datos obtenidos fueron sometidos a Análisis de Varianza (Prueba de F) a 5% de probabilidad, siendo las diferencias entre las medias aritméticas de los tratamientos comparadas mediante la prueba de Tukey, a 5% de probabilidad. Los análisis estadísticos fueron ejecutados me-

dante el programa Stat/Unesp, del Departamento de Ciências Agrárias de la FCAV/Unesp/Campus de Jaboticabal.

## Resultados y Discusión

**Efecto indirecto del cultivar NuOPAL sobre la fase larval de *Cycloneda sanguinea*.** La duración del primer estadio fue significativamente diferente entre los dos cultivares (Tabla 1), donde las larvas alimentadas con pulgones criados en el cultivar DeltaOPAL presentaron mayor duración ( $2,27 \pm 0,07$  días), mientras que las larvas alimentadas con pulgones criados en el cultivar NuOPAL presentaron una duración media menor ( $1,87 \pm 0,14$  días), por lo tanto, los pulgones alimentados en el cultivar transgénico probablemente afectaron la duración del primer estadio de la larva de *C. sanguinea*. Oliveira *et al.* (2004) estudiando la biología de *C. sanguinea* alimentada con el pulgón gigante de los pinos *Cinara atlantica* (Wilson, 1919), observaron una duración del primer estadio de  $2,5 \pm 0,11$  días, un valor aún mayor en la misma especie y estadio alimentado con pulgones criados en el cultivar DeltaOPAL.

No hubo diferencias significativas en la duración del segundo y tercer estadio del predador, cuando fueron alimentados con pulgones criados en los cultivares (Tabla 1). Por otro lado en la duración del cuarto estadio, hubo diferencia significativa en los resultados, donde nuevamente *C. sanguinea* alimentada con pulgones criados en el cultivar DeltaOPAL, presentó mayor duración con  $4,21 \pm 0,30$  días y viabilidad total (100%), mientras que estos resultados en las larvas alimentadas con pulgones criados en el cultivar NuOPAL, presentaron duración media menor ( $3,15 \pm 0,21$  días) y viabilidad de 97,43% (Tabla 1).

Se observa que el estadio de mayor desarrollo y duración fue el cuarto, concordando con investigaciones de Santa-Cecilia *et al.* (2001), quienes evaluaron la biología de *C. sanguinea* alimentada con *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852). Según Machado (1982) trabajando con la biología de *Cycloneda conjugata* (Mulsant, 1850) teniendo como presa al psílido *Psylla* sp., verificó que la duración más larga de este cuarto estadio, ocurre para que los individuos puedan suplir las necesidades de sustancias nutritivas exigidas para la transformación en pupa y posterior emergencia de los adultos más grandes.

Considerando el periodo total de desarrollo de la fase larval del predador (Tabla 2), se verificó que las larvas que consumieron pulgones criados en el cultivar NuOPAL, presentaron duración de la fase significativamente menor que las larvas que se alimentaron de pulgones criados en el cul-

**Tabla 1.** Duración media en días ( $\pm$  SE) del 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup> y 4<sup>o</sup> estadio de *Cycloneda sanguinea* alimentada con ninfas y adultos de *Aphis gossypii* criados en las variedades DeltaOPAL y NuOPAL. Jaboticabal, SP. 2009.

Cultivar	Primer estadio		Segundo estadio		Tercer estadio		Cuarto estadio	
	Duración	Viab. (%)	Duración	Viab. (%)	Duración	Viab. (%)	Duración	Viab. (%)
DeltaOPAL	$2,27 \pm 0,07$ a (n = 40)	100,00	$1,65 \pm 0,17$ a (n = 40)	100,00	$1,89 \pm 0,09$ a (n = 38)	95,00	$4,21 \pm 0,30$ a (n = 38)	100,00
NuOPAL	$1,87 \pm 0,14$ b (n = 40)	100,00	$1,62 \pm 0,13$ a (n = 39)	97,50	$1,74 \pm 0,10$ a (n = 39)	100,00	$3,15 \pm 0,21$ b (n = 38)	97,43
Test F	6,19*		0,01 <sup>NS</sup>		1,30 <sup>NS</sup>		8,50**	
CV (%)	34,66		58,87		32,76		42,73	

Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas al nivel de 5% de probabilidad. SE = error estándar de la media. n = número de individuos evaluados.

**Tabla 2.** Duración media en días ( $\pm$  SE) de la fase larval, prepupa, pupa y larva a adulto de *Cycloneda sanguinea* alimentada con ninfas y adultos de *Aphis gossypii* criados en las variedades DeltaOPAL y NuOPAL. Jaboticabal, SP. 2009.

Cultivar	Fase larval		Prepupa		Pupa		Larva a adulto	
	Duración	Viab. (%)	Duración	Viab. (%)	Duración	Viab. (%)	Duración	Viab. (%)
DeltaOPAL	10,0 $\pm$ 0,29 a (n = 38)	95,00	1,26 $\pm$ 0,08 a (n = 38)	100,00	3,13 $\pm$ 0,12 b (n = 37)	97,36	14,22 $\pm$ 0,27 a (n = 37)	92,50
NuOPAL	8,36 $\pm$ 0,31 b (n = 38)	95,00	1,13 $\pm$ 0,08 a (n = 38)	100,00	3,54 $\pm$ 0,11 a (n = 36)	94,73	13,08 $\pm$ 0,30 b (n = 36)	90,00
Test F	14,24**		1,55 <sup>NS</sup>		6,16*		7,97**	
CV (%)	20,52		38,48		21,04		12,53	

Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas al nivel de 5% de probabilidad. SE = error estándar de la media. n = número de individuos evaluados.

cultivar DeltaOPAL, con  $10,00 \pm 0,29$  días, mientras que en el cultivar NuOPAL, este resultado de duración fue de  $8,36 \pm 0,31$  días (Tabla 2). Boiça Junior *et al.* (2004) en estudios de efecto de cultivares convencionales sobre *C. sanguinea*, encontraron resultados inferiores para la duración del desarrollo larval ( $7,9 \pm 0,13$  días) para larvas que se alimentaron con pulgones criados en el cultivar DeltaOPAL en invernadero. En China, Zhang *et al.* (2006) observaron que la duración del desarrollo larval de la mariquita *P. japonica* fue de  $6,6 \pm 0,2$  días con pulgones alimentados en el cultivar de algodónero sin Bt (Simian 3), mientras que para el cultivar transgénico (GK-12), el resultado fue mayor, con duración de  $7,1 \pm 0,1$  días, esto puede haber ocurrido debido a que el transgénico GK-12 expresa la fusión de las proteínas Cry1Ac/Ab diferente al NuOPAL que solo expresa la proteína Cry1Ac, en este estudio.

**Efecto indirecto del cultivar NuOPAL sobre la fase pupal de *Cycloneda sanguinea*.** En la duración media de la fase pupal de *C. sanguinea* se observó también diferencia significativa entre las pupas, cuyas larvas se alimentaron de pulgones criados en los dos cultivares (Tabla 2), con la fase pupal presentando mayor duración con  $3,54 \pm 0,11$  días. Por lo tanto, toxinas Cry1Ac presentes en el cultivar NuOPAL, probablemente interfieren en la duración de la fase larval y en la duración de la metamorfosis larval/pupal, esto es porque el control de la metamorfosis y de la ecdisis, es de naturaleza hormonal, principalmente de la hormona de la eclosión y de la hormona juvenil (Blum 1995).

En ensayos semejantes, Bai *et al.* (2005) no encontraron diferencias estadísticas en la duración de la fase pupal del coccinélido *P. japonica* alimentado con polen y pulgones de la especie *M. persicae* criados en arroz transgénico, presen-

tando duración de 2,4 días, mientras que en las mariquitas alimentadas con polen y pulgones criados en arroz sin Bt, la fase pupal duró 2,5 días.

Sin embargo, observando la duración media de la fase de larva a adulto (Tabla 2) se puede percibir que en el cultivar NuOPAL este periodo de desarrollo fue significativamente menor, con  $13,08 \pm 0,30$  días y 90% de viabilidad total, mientras que en su isolínea DeltaOPAL, la duración fue un día a más ( $14,22 \pm 0,27$  días) y con 92,50% de viabilidad. De modo similar, con otra especie de mariquita, Zhang *et al.* (2006) también encontraron en China, una duración media de la fase de larva a adulto menor para *P. japonica* alimentada con pulgones criados en el cultivar de algodónero transgénico (NuCOTN 33B) con duración de 5,9 días, mientras que la duración de larva a adulto en el cultivar sin Bt (Simian 3), fue significativamente mayor con 10,0 días.

Por lo tanto, considerando las diferencias significativas encontradas entre los datos de las tablas 1 y 2, se puede especular que la proteína Cry1Ac presente en el cultivar NuOPAL, influencia negativamente algunos parámetros biológicos disminuyendo la duración de la fase larval y aumentando la duración de la fase pupal de *C. sanguinea*.

**Efecto indirecto del cultivar NuOPAL sobre los adultos de *Cycloneda sanguinea*.** Considerando la longevidad de los adultos, se verificó que el cultivar transgénico no influyó indirectamente en la vida de los adultos de *C. sanguinea* (Tabla 3), cuyas larvas y adultos se alimentaron con pulgones criados en aquel cultivar. Se observó que la duración del periodo prereproductivo medio de las hembras de *C. sanguinea* fue de  $14,20 \pm 1,90$  días en el cultivar DeltaOPAL y  $12,00 \pm 0,83$  días en el cultivar NuOPAL, sin diferencia significativa entre sí. En estudios semejantes en

**Tabla 3.** Duración media en días ( $\pm$  SE) del período prereproductivo, reproductivo, posreproductivo y longevidad de las hembras y los machos de *Cycloneda sanguinea* alimentados con ninfas y adultos de *Aphis gossypii* criados en las variedades DeltaOPAL y NuOPAL. Jaboticabal, SP. 2009.

Cultivar	Períodos			Longevidad	
	Prereproductivo	Reproductivo	Posreproductivo	Hembra	Macho
DeltaOPAL	14,20 $\pm$ 1,90 a (n = 5)	96,20 $\pm$ 9,88 a (n = 5)	33,00 $\pm$ 4,65 a (n = 5)	129,80 $\pm$ 15,20 a (n = 5)	84,00 $\pm$ 8,38 a (n = 5)
NuOPAL	12,00 $\pm$ 0,83 a (n = 5)	112,8 $\pm$ 19,81a (n = 5)	21,40 $\pm$ 0,67 b (n = 5)	141,20 $\pm$ 21,67a (n = 5)	117,00 $\pm$ 23,21a (n = 5)
Test F	1,12 <sup>NS</sup>	0,59 <sup>NS</sup>	6,07*	0,19 <sup>NS</sup>	1,79 <sup>NS</sup>
CV(%)	25,14	32,69	27,36	30,89	38,83

Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas al nivel de 5% de probabilidad. SE = error estándar de la media. n = número de individuos evaluados.

**Tabla 4.** Número total y viabilidad de huevos de *Cycloneda sanguinea* alimentada con ninfas y adultos de *Aphis gossypii* criados en las variedades DeltaOPAL y NuOPAL. Jaboticabal, SP. 2009.

Cultivar	Oviposición		
	Total/hembra	Huevos/día/hembra	Viabilidad (%)
DeltaOPAL	362 ± 69,90 a	3,79 ± 0,69 a	79,58 a
NuOPAL	244 ± 48,18 a	2,21 ± 0,33 a	76,51 a
Test F	1,92 <sup>NS</sup>	4,19 <sup>NS</sup>	0,73 <sup>NS</sup>
CV (%)	44,27	40,76	7,02

Letras distintas indican diferencias estadísticas significativa al nivel de 5% de probabilidad. SE= error estándar de la media. n = número de sujetos evaluados.

China, Bai *et al.* (2005) tampoco observaron diferencia estadística significativa para el periodo prereproductivo de *P. japonica* alimentada con polen y pulgones criados con arroz transgénico y convencional (13,1 y 13,3 días, respectivamente) (Tabla 3).

El periodo reproductivo medio presentado por las hembras de *C. sanguinea* alimentadas con pulgones criados en los dos cultivares, fue semejante; un poco mayor en el cultivar transgénico con aproximadamente 112,8 ± 19,81 días, sin diferir significativamente de los resultados obtenidos en el cultivar DeltaOPAL, que presentó 96,20 ± 9,88 días (Tabla 3). Para el periodo posreproductivo, se encontró que fue mayor en el cultivar convencional DeltaOPAL (33,00 ± 4,65 días), difiriendo significativamente de los adultos alimentados con pulgones criados en el cultivar NuOPAL, con 21,40 ± 0,67 días (Tabla 3).

Considerando la longevidad, no hubo diferencias significativas para hembras y machos alimentados con pulgones criados en los dos cultivares, aunque en el cultivar NuOPAL, la longevidad fue siempre mayor, y lo que más contribuyó para un periodo reproductivo mayor (Tabla 3), es decir, las hembras demoraron más para ovipositar menor cantidad de huevos en un tiempo mayor (Tabla 4). Las hembras alimentadas con pulgones criados en el cultivar DeltaOPAL, presentaron 12 días a menos de longevidad (129,80 ± 15,20 días), sin diferir significativamente de los resultados encontrados en el cultivar NuOPAL, cuyas hembras presentaron longevidad mayor con 141,20 ± 2,67 días. Para los machos la longevidad fue de 84,00 ± 8,38 días cuando alimentados con pulgones criados en el cultivar DeltaOPAL y, 117,00 ± 23,21 días en el cultivar NuOPAL. Oliveira *et al.* (2005) estudiando la biología de *C. sanguinea* encontraron longevidad de 75 días para machos y 100 días para hembras, alimentadas con pulgones de la especie *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas, 1878) criados en tomate.

En la fertilidad de las hembras alimentadas con pulgones criados en los cultivares, se encontró que el número total de huevos/hembra no difirió significativamente entre los cultivares (Tabla 4). Las hembras del predador alimentadas con pulgones del cultivar DeltaOPAL, presentaron 362 ± 69,90 huevos/hembra, con 79,58% de huevos viables, para un periodo reproductivo de 96,20 días, mientras que hembras del predador alimentadas con pulgones en el cultivar NuOPAL, presentaron 244 ± 48,18 huevos/hembra, con 76,51% de huevos viables, en un periodo reproductivo mayor de 112,8 días. Santos *et al.* (2003) evaluaron el efecto de *S. graminum* criados en genotipos de sorgo sobre el desarrollo de *C. sanguinea*, y observaron que la oviposición total varió de 187,2

a 257,8 huevos/hembra. Oliveira *et al.* (2004) observaron que la viabilidad de los huevos de *C. sanguinea* fue de 83,13% cuando fueron alimentados con ninfas del pulgón del pino. En los resultados del trabajo, se encontró que la fertilidad de las hembras y la viabilidad de los huevos fueron menores al alimentarlos con pulgones criados en algodón transgénico Bollgard I® (NuOPAL) que contiene la proteína tóxica Cry1Ac.

### Conclusiones

*Cycloneda sanguinea* alimentada con pulgones de *Aphis gossypii* criados en el cultivar transgénico NuOPAL (Bollgard I®) que expresa la proteína tóxica Cry1Ac, en comparación con *C. sanguinea* alimentada con pulgones criados en el cultivar isólinea DeltaOPAL de algodón, presenta variaciones en algunos parámetros biológicos; la duración de la fase larval es significativamente menor cuando es alimentada con pulgones del cultivar transgénico; la fase adulta de *C. sanguinea* presenta longevidad y periodo reproductivo mayor, pero no significativo estadísticamente; la fertilidad de las hembras y la viabilidad de los huevos son menores cuando es alimentada con pulgones criados en el cultivar transgénico. En general parece que pulgones criados en cultivares transgénicos de algodón que expresan la proteína Cry1Ac, no son indicados para cría masiva en control biológico aplicado.

### Agradecimientos

Al Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq por la concesión de las becas a los autores.

### Literatura citada

- BAI, Y. Y.; JIANG, M. X.; CHENG, J. A. 2005. Effects of transgenic Cry1Ab rice pollen on fitness of *Propylaea japonica* (Thunberg). *Journal of Pest Science* 78: 123-128.
- BIRCH, A. N. E.; GEOGHEGAN, I. E.; MAJERUS, M. E. N.; MICNICOL, J. W.; HACKET, C. A.; GATEHOUSE, A. M. R.; GATEHOUSE, J. A. 1999. Tri-trophic interactions involving pest aphids, predatory 2-spot ladybirds and transgenic potatoes. *Journal Molecular Breeding* 5: 75-83.
- BOIÇA JÚNIOR, A. L.; SANTOS, T. M.; KURANISHI, A. K. 2004. Desenvolvimento larval e capacidade predatória de *Cycloneda sanguinea* (L.) e *Hippodamia convergens* Guérin-Mén. alimentadas com *Aphis gossypii* Glover sobre cultivares de algodoeiro. *Acta Scientiarum Agronomy* 26 (2): 239-244.
- BLUM, M. S. 1995. *Fundamentals of insect physiology*. Wiley-Interscience, Londres. 598 p.

- DALY, T.; BUNTIN, D. 2005. Effect of *Bacillus thuringiensis* transgenic corn for lepidopteran control on nontarget arthropods. *Environmental Entomology* 34 (5): 1292-1301.
- FARID, A.; JOHNSON, J. B.; QUISENBERRY, S. S. 1997. Compatibility of a coccinellid predator with a Russian wheat aphid resistant wheat. *Journal of the Kansas Entomological Society* 70 (2): 114-119.
- GUERREIRO, J. C.; SILVA, R. A.; BUSOLI, A. C.; BERTI FILHO, E. 2002. Coccinélideos predadores que ocorrem no estágio inicial da cultura do algodoeiro em Jaboticabal, SP, Brasil. *Revista de Agricultura* 77 (1): 161-168.
- GRAVENA, S. 1983. O controle biológico na cultura algodoeira. *Informe Agropecuário* 9 (104): 3-15.
- HODEK, I. 1967. Bionomics and ecology of predaceous coccinellidae. *Annual Review of Entomology* 12: 76-104.
- HODEK, I. 1973. *Biology of coccinellidae*. Academic of Sciences, Prague. 260 p.
- LARA, F. M. 1991. *Princípios de resistência de plantas a insetos*. Ícone, São Paulo. 336 p.
- LÓPEZ-ÁVILA, A.; CARDONA, C.; GÁRCIA, J.; RENDÓN, F.; HERNÁNDEZ, P. 2001. Reconocimiento y identificación de enemigos naturales de moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) em Colômbia y Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología* 27 (3-4): 137-141.
- MACHADO, V. L. R. 1982. Morfologia e aspectos biológicos de *Olla v-nigrum* (Mulsant, 1866) e *Cycloneda conjugata* Mulsant, 1850 (Col., Coccinellidae) predadores de *Psylla* sp. (Homoptera: Psyllidae) em sibipiruna (*Caesalpinia pelthophoroides* Benth). 61f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- OLIVEIRA, N. C.; WILCKEN, C. F.; MATOS, C. A. O. 2004. Ciclo biológico e predação de três espécies de coccinélideos (Coleoptera: Coccinellidae) sobre pulgão-gigante-do-pinus *Cinara atlantica* (Wilson) (Homoptera: Aphididae). *Revista Brasileira de Entomologia* 48 (4): 529-533.
- OLIVEIRA, E. E.; OLIVEIRA, C. L.; SARMENTO, R. A.; FADINI, M. A. M.; MOREIRA, L. R. 2005. Aspectos biológicos do predador *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) alimentado com *Tetranychus evansi* (Baker e Pritchard, 1960) (Acari: Tetranychidae) e *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas, 1878) (Homoptera: Aphididae). *Bioscience journal* 21 (2): 33-39.
- OLKOWSKI, W.; ZHANG, A.; SIERS, P. 1990. Improved biocontrol techniques with lady beetles. *The IPM. Practitioner Monitoring the Field of Pest Management* 12 (10): 1-12.
- RAMIRO, Z. A.; FARIA, A. M. 2006. Levantamento de insetos predadores nos cultivares de algodão Bollgard DP 90 e convencional DeltaPine Acala 90. *Arquivos do Instituto Biológico* 73 (1): 119-121.
- RICE, M. E.; WILDE, G. E. 1989. Antibiosis effect of sorghum on the convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) a third-trophic level predator of greenbug (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 82 (2): 570-573.
- SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; GONÇALVES-GERVÁSIO, R. C. R.; TÔRRES, R. M. S.; NASCIMENTO, F. R. 2001. Aspectos biológicos e consumo alimentar de larvas de *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) alimentadas com *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Homoptera: Aphididae). *Ciência e Agrotecnologia* 25 (6): 1273-1278.
- SANTOS, T. M.; BUENO, V. H. P. 1999. Efeito da temperatura sobre o desenvolvimento de *Scymnus* (Pullus) *argentinicus* (Coleoptera: Coccinellidae). *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34 (6): 1093-1099.
- SANTOS, T. M.; FIGUEIRA, L. K.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; LARA, F. M.; CRUZ, I. 2003. Efeito da alimentação de *Schizaphis graminum* com genótipos de sorgo no desenvolvimento do predador *Cycloneda sanguinea*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38 (5): 555-560.
- WRIGHT, D. J.; VERKERK, R. H. J. 1995. Integration of chemical and biological control systems for arthropods: evaluation in a multitrophic context. *Pesticide Science* 44: 207-218.
- ZHANG, G. F.; WAN, F. H.; LOVEI, G. L.; LIU, W. X.; GUO, J. Y. 2006. Transmission of Bt toxin to the predator *Propylaea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae) through its aphid prey feeding on transgenic Bt cotton. *Environmental Entomology* 35 (1): 143-150.

Recibido: 13-sep-2011 • Aceptado: 11-may-2012