エルビアブラバチ *Aphidius ervi* の寿命と産仔数に糖類が及ぼす影響

林 佐季・仲島 義貴*

帯広畜産大学畜産学部

Effects of Sugar Supply on Longevity and Progeny Production of an Aphid Parasitoid, *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Aphidiidae). Saki HAYASHI and Yoshitaka NAKASHIMA* Department of Life Science and Agriculture, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine; Obihiro, Hokkaido 080–8555, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 58: 249–253 (2014)

Abstract: We investigated effects of sugar solution on adult longevity, progeny production and progeny sex ratio of *Aphidius ervi* in the presence and absence of host aphids. When female parasitoids were provided with 50% glucose–fructose solution in 1 : 1 ratio, they lived approximately twice longer than those provided with distilled water, irrespective of host aphid provision. The same effect of sugar solution was also observed on progeny production. When the parasitoid was fed sugar solution, its lifetime progeny production approximately doubled in comparison to that provided with water, whereas daily progeny production did not differ. Total number of female progeny did not differ between adult female provided with water and sugar solution, but significantly larger number of lifetime male progeny production was observed in females provided with sugar solution than females fed with water, because only male progeny was produced by females fed with sugar solution late in oviposition period.

Key words: Biological control; sex ratio; sugar; longevity; fecundity

緒 言

寄生蜂成虫は野外で花蜜や花外蜜 (Wäckers, 2005) および甘露 (Elliott et al., 1987; Idoine and Ferro, 1988; Wäckers and Steppuhn, 2003) などの糖類を餌として利用する。糖類の摂取により、寄生蜂雌成虫の蔵卵数 (Olson and Andow, 1998)、産卵数 (England and Evans, 1997)、寿命 (Hogervorst et al., 2003, 2007; Hardin et al., 2008)、および寄主探索行動 (Takasu and Lewis, 1995) に正の影響を及ぼすことが知られている。餌資源として糖類が寄生蜂に及ぼす影響を野外で評価した研究は少ないが、糖類の存在が作物圃場内の寄生蜂の密度や天敵昆虫類の多様性の増加をもたらす可能性があり (Altieri and Letourneau, 1982; Evans and Swallow, 1993; Jacob and Evans, 1998)、アルファルファ草地に糖類を散布することで、アルファルファタコゾウムシ *Hypera postica* (Gyllenhal) の寄生蜂 *Bathypsectes curculionis* (Thompson) の密度や寄生率が増加することが報告されている (Jacob and Evans, 1998)。

エンドウヒゲナガアブラムシ *Acyrtosiphon pisum* Harris は、吸汁害に加えて様々な病害を媒介する重要害虫である

(Bantari and Wilcoxson, 1964)。エルビアブラバチ *Aphidius ervi* Haliday はこのアブラムシの主要な天敵として知られており (妹尾ら, 2002; Nakashima and Akashi, 2005)、これまで本種雌成虫が糖類を摂取することで生存期間が増加することが報告されているものの (Azzouz et al., 2004; Hogervorst et al., 2007)、日本の系統では調査されていない。また、糖類が本種の産仔数や性比に与える影響は調べられていない。そこで、本研究では、日本産の本種を用いた生物防除の効果増強の一助となるべく、餌資源としての糖類の供給がエルビアブラバチの成虫の寿命と産卵に及ぼす影響を評価した。

材料および方法

1. 供試虫

北海道帯広市のアルファルファ草地で、2007 年 6 月に採集したエンドウヒゲナガアブラムシのマミーから羽化したエルビアブラバチを累代飼育し実験に用いた。育苗用ロックウール (Grodan® MU50/50) で栽培したソラマメ実生 3～4 株 (播種後約 7～9 日目のもの) を寄主植物としてプラスチック容器 (20×20×34 cm) 内でエンドウヒゲナガアブラ

* E-mail: nksm@obihiro.ac.jp

2013 年 4 月 22 日受領 (Received 22 April 2013)

2014 年 4 月 18 日登載決定 (Accepted 18 April 2014)

DOI: 10.1303/jjaez.2014.249

ムシを飼育し、エルビアブラバチはソラマメ上のエンドウヒゲナガアブラムシを寄主として上記と同じプラスチック容器内で飼育した。寄主植物は1週間ごとに交換し、アブラムシ密度は有翅虫が発生しない程度の密度で管理された。ソラマメ上に形成されたマミーを1つずつゼラチンカプセル（リリー社製 No. 00, 直径0.8×長さ2.2cm）に収め24時間ごとに羽化の確認を行った。羽化後24時間以内の雌雄成虫3個体ずつをプラスチックシャーレ（直径9cm, 高さ1.5cm）に収め、交尾の確認できた雌個体を実験に使用した。飼育および実験はすべて $20\pm1^{\circ}\text{C}$, 16L8Dの条件下で行った。

2. 糖溶液がエルビアブラバチの寿命、産仔数および子の性比に及ぼす影響

寄生蜂に供給する糖溶液として、花蜜（Baker and Backer, 1983; Koptur, 1992）や甘露（Lombard et al., 1987; Hendrix et al., 1992）の主成分であるグルコースとフルクトースをAzzouz et al. (2004)にならい重量比1:1の割合で混合し蒸留水を加え50% (w/v)にしたもの（以下、糖溶液）を用いた。育苗用ロックウール（Grodan[®] MU50/50）で栽培したソラマメ実生3~4株（播種後9, 10日目のもの）に糖溶液または蒸留水（1ml）を噴霧した。いずれかの処理をしたソラマメ株をアクリル管（直径8.5cm, 高さ22.5cm）に収め、羽化後24時間以内のエルビアブラバチ既交尾雌成虫を1頭放飼した。寄主の存在が糖類の効果に影響するかを評価するため、糖溶液または蒸留水処理区それぞれについて、アブラムシ接種区と無接種区を設けた。アブラムシ接種区には、エンドウヒゲナガアブラムシの若齢幼虫約50頭を接種した。エルビアブラバチの雌成虫は、24時間おきに新しく同様の処理を加えたソラマメ株を収めたアクリル管に移した。これをエルビアブラバチが死亡するまで行い寿命を記録した。アブラムシ接種区については、エルビアブラバチを取り出した後もマミー形成までソラマメ株を同じアクリル管内に保管し、産卵（交尾雌成虫の放飼）からマミーの形成期間である10から13日目まで毎日、形成されたマミーを採取してゼラチンカプセルに入れマミー

形成数と羽化した成虫の性を記録した。それぞれのソラマメ株から採取されたマミー数をアブラバチの日当たり産仔数の推定値とした。アブラムシの接種の有無別に、蒸留水区と糖溶液区それぞれ12回の反復を行った。

3. 統計分析

寄生蜂の寿命に糖溶液やアブラムシの存在が及ぼす影響は二元配置分散分析により解析し、産仔数と性比についてはMann-WhitneyのU検定を用いて比較した。

結 果

糖溶液がエルビアブラバチの寿命、産仔数および子の性比に及ぼす影響

アブラムシの存在の有無にかかわらず蒸留水のみを与えたエルビアブラバチの生存率はおおむね5日目から減少したが、糖溶液を与えた場合約10日間死亡個体が認められなかった（Fig. 1）。蒸留水を与えたエルビアブラバチよりも糖溶液を与えたエルビアブラバチで寿命は有意に長く約2倍になった（Table 1）。一方、アブラムシの存在は寿命に影響せず、アブラムシの存在と糖溶液の交互作用は有意ではなかった（Table 1）。

マミー形成数から推定されたエルビアブラバチの日当たり産仔数は、蒸留水のみを与えた区で7日目にピークを迎えその後減少したが、糖溶液を与えた区では6日目をピークになだらかに減少した（Fig. 2）。平均日当たり産仔数に両区間で差は認められなかったが（ $U=63$, $p=0.60$ ），総産仔数は蒸留水を与えたエルビアブラバチよりも糖溶液を与えたエルビアブラバチで約2倍多かった（ $U=16$, $p<0.01$ ）。

Table 1. Two-way ANOVA for effects of host aphid provision and glucose-fructose solution on the longevity of *A. ervi*

Factor	d.f.	<i>F</i>	
Host aphid	1	3.36	$p=0.074$
Glucose-fructose solution	1	51.48	$p<0.01$
Interaction	1	0.21	$p=0.65$

Fig. 1. Survivorship curves for adult females of *A. ervi* fed with 50% glucose-fructose solution (solid circle) and water (open circle) in the presence (left) and absence (right) of host aphids.

Fig. 2. Changes in mean number of progeny produced daily per surviving female of *Aphidius ervi* fed with water (open circle) or 50% glucose-fructose solution. Bars indicate standard errors.

Fig. 3. Average daily (upper) and lifetime (lower) progeny production of *A. ervi* fed with water or 50% glucose-fructose solution. The asterisk means significant difference between progeny production of *A. ervi* fed with water or sugar solution. Bars indicate standard errors.

Fig. 4. Changes in sex ratio (female ratio) of progeny produced daily per surviving female of *A. ervi* fed with water (open circle) or 50% glucose-fructose solution (solid circle). Bars indicate standard errors.

(Fig. 3). 雌成虫の日齢ごとに生産した子の性比(雌比)は、両区間ともに1日目の約0.7から2日目に微増し、4日目まで0.8~0.9推移したが5日目から減少し、蒸留水区では9日目に、糖溶液区では12日目に0となった(Fig. 4).

Table 2. Number of female and male progeny, and sex ratio in lifetime fecundity of *A. ervi* fed with water or glucose-fructose solution

Diet	Total number of		Sex ratio (female ratio)
	female progeny	male progeny	
Water	82.2±10.9 ^a	37.3±9.6 ^a	0.73±0.05 ^a
Glucose-fructose solution	106.3±10.3 ^a	117.0±16.0 ^b	0.49±0.04 ^b

Means±SE followed by the same letter in the same column are not significantly by Mann-Whitney *U* test.

また、生涯産仔数に占める雌個体数も蒸留水区と糖溶液区でそれぞれ、82.2と106.3で有意な差は認められなかった($U=43.5$, $p=0.10$) (Table 2). 一方、生涯産仔数に占める雄個体数は糖溶液を与えた区で約3倍となり($U=13$, $p<0.01$), このため生涯産卵数に占める雌比は糖溶液区で有意に低くなった($U=24$, $p<0.01$) (Table 2).

考 察

糖溶液の供給によりエルビアブラバチの寿命は長くなった. この傾向はエンドウヒゲナガアブラムシを接種した処理区でも認められた. この結果は、アブラムシの存在下でも、すなわちエルビアブラバチがアブラムシの甘露を利用できそうな場合でも、糖溶液の人為的な供給はエルビアブラバチに対して延命効果を発揮する場合がありますことを示唆する. しかし、本実験では、エルビアブラバチがアブラムシの甘露をどの程度利用したのか不明である上に、アブラムシのコロニーサイズや排出された甘露の量についても評価しない設定していない. したがって、アブラムシのコロニー存在下で糖溶液の人為供給がエルビアブラバチを延命させられるか、という点については本研究で明確に結論することができず、さらなる研究を行う必要がある. また、糖溶液を人為供給した場合にエルビアブラバチの寄主探索行動が受けるかどうかについても、今後評価すべきである.

糖溶液の供給は日当たり産仔数には影響を及ぼさなかったが、総産仔数は有意に増加した. エルビアブラバチの日当たり産仔数は羽化後すぐに高いレベルで推移し、約1週間後に糖溶液区ではゆるやかに、対照区では急激に減少した. エルビアブラバチは羽化直後に約60個の成熟卵を保有し(He and Wang, 2006), 生涯に300以上の寄主に産卵できる(He et al., 2006). 羽化直後から高い産卵能力を持つことは近縁種であるギフアブラバチ *A. gifuensis* Ashmeadでも確認されており(Ohta and Ohtaishi, 2004). 羽化時に多くの成熟卵を保有し、糖の供給による延命は寄主との遭遇および産卵機会の増加につながり産仔数が増加したと考えられる.

エルビアブラバチの1雌当たりの総産仔数に占める雌比は、糖溶液区で対照区よりも約25%低かった。両区のエルビアブラバチによるメス個体の産出は、いずれも羽化後10日前後で終わり、その後オス個体しか産出しなかった。この結果、糖溶液を与えた個体の産出する雌比が減少した。羽化後約10日でメスを産出しなくなった理由は不明である。産卵後期に性比が雄に偏る事例は、タマゴコバチ科の *Trichogramma minutum* Riley (Leatemia et al., 1995) や *T. exiguum* Pinto and Platner (Witting-Bissinger et al., 2008) でも報告されており、珍しい現象ではない (King, 1987)。エルビアブラバチ雌成虫は一回交尾と考えられており (He and Wang, 2008)、複数回交尾による雌比の増加の可能性は低い。しかし、本研究で糖溶液の供給により、エルビアブラバチの総産仔数に占める雌比は減少したものの、産出された雌の総数は蒸留水区と変わらず、総産卵数は増加したので防除効果において糖溶液の供給は正の影響を持つと期待される。糖溶液の供給による子の性比に関しては限られた情報しかなく、寄生蜂の大量増殖や寄主個体数の抑制における効果増強に果たす人工的な糖の供給の役割を考えるうえでさらなる研究が必要と考えられる。

本研究により、エルビアブラバチの寿命と産卵に糖類が正の影響を及ぼすことがわかった。また、野外や施設栽培条件下での糖類の供給がエルビアブラバチの寿命や産卵数の増加や寄主探索範囲の拡大など、天敵としての働きを増強し、アブラムシの生物的防除の効果を高めることが期待できる。天敵に対する糖類の供給方法として、植物への噴霧 (Hagen, 1986; Jacob and Evans, 1998) と蜜源となる植物の提供 (Powell, 1986) がある。糖溶液を作物上に噴霧する場合についてはカビの発生により作物に損害を与える可能性も考えられ、糖溶液の供給法の開発は今後の課題である。今後、寄生蜂の餌資源としての糖分の供給による生物的防除効果の増強技術の発展のために、エルビアブラバチのアブラムシに対する寄生率や生物的防除効果の増強とともに他のアブラムシの捕食者ギルドへ及ぼす影響も調査することが必要と考える。

摘 要

エルビアブラバチの寿命と産卵数、および子の性比に餌としてのグルコースとフルクトースの50% (w/w) 混合溶液が及ぼす影響を評価した。寄主のエンドウヒゲナガアブラムシの存在の有無にかかわらず、蒸留水を与えた区よりも糖溶液を与えた区で、エルビアブラバチの寿命はおおよそ2倍増加した。また生涯産仔数においても糖溶液を与えたエルビアブラバチで約2倍多くなった。一方、糖溶液区と蒸留水区間で、産出された雌の総数に有意な差は認められなかったため、エルビアブラバチの総産仔数に占める雌比は糖溶液区で有意に低くなった。

引用文献

- Altieri, M. A. and D. K. Letourneau (1982) Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Prot.* 1: 405–430.
- Azzouz, H., P. Giordanengo, F. L. Wäckers and L. Kaiser (2004) Effects of feeding frequency and sugar concentration on behavior and longevity of the aphid parasitoid: *Aphidius ervi* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae). *Biol. Control* 31: 445–452.
- Baker, H. G. and I. Backer (1983) A brief historical review of the chemistry of floral nectar. In *The Biology of Nectaries* (B. Bentley and T. Elias, eds.). Columbia University Press, New York, pp. 152–162.
- Bantari, E. E. and R. D. Wilcoxson (1964) Effect of pea aphids on spring black. *Phytopathology* 54: 1415–1417.
- Elliott, N. C., G. A. Simmons and F. J. Sapio (1987) Honeydew and wildflowers as food for the parasites *Glypta fumiferanae* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and *Apanteles fumiferanae* (Hymenoptera: Braconidae). *J. Kans. Entomol. Soc.* 60: 25–29.
- England, S. and E. W. Evans (1997) Effects of pea aphid (Homoptera: Aphididae) honeydew on longevity and fecundity of the alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae) parasitoid *Bathypsectes curculionis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environ. Entomol.* 26: 1437–1441.
- Evans, E. W. and J. G. Swallow (1993) Numerical responses of natural enemies to artificial honeydew in Utah alfalfa. *Environ. Entomol.* 22: 1392–1401.
- Hagen, K. S. (1986) Ecosystem analysis: Plant cultivars (HPR), entomophagous species and food supplements. In *Interactions of Plant Resistance and Parasitoids and Predators of Insects* (D. J. Boethel and R. D. Eikenbary, eds.). John Wiley and Sons, New York, pp. 151–197.
- Hardin, J. A., M. K. Asplen and D. N. Byrne (2008) The longevity effects of trehalulose feeding by parasitoids. *Physiol. Entomol.* 33: 95–100.
- He, X. Z. and Q. Wang (2006) Host age preference in *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Aphidiidae). *N. Z. Plant Protect.* 59: 195–201.
- He, X. Z. and Q. Wang (2008) Reproductive strategies of *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Aphidiidae). *Biol. Control* 45: 281–287.
- He, X. Z., D. A. J. Teulon and Q. Wang (2006) Oviposition strategy of *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Aphidiidae) in response to host density. *N. Z. Plant Protect.* 59: 190–194.
- Hendrix, D., Y. Wei and J. E. Leggett (1992) Homopteran honeydew sugar composition is determined by both the insect and plant species. *Comp. Biochem. Physiol.* 101B: 23–27.
- Hogervorst, P. A. M., J. Romeis and F. L. Wäckers (2003) Suitability of honeydew from potato infesting aphids as food source for *Aphidius ervi*. *Proc. Exp. Appl. Entomol.* 14: 87–90.
- Hogervorst, P. A. M., F. L. Wäckers and J. Romeis (2007) Effects of honeydew sugar composition on the longevity of *Aphidius ervi*. *Entomol. Exp. Appl.* 122: 223–232.
- Idoine, K. and D. N. Ferro (1988) Aphid honeydew as a carbohydrate source for *Edovum puttleri* (Hymenoptera: Eulophidae).

- Environ. Entomol.* 17: 941–944.
- Jacob, H. S. and E. W. Evans (1998) Effects of sugar spray and aphid honeydew on field populations of the parasitoid *Bathyplectes curculionis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environ. Entomol.* 27: 1563–1568.
- King, B. H. (1987) Offspring sex ratios in parasitoid wasps. *Q. Rev. Biol.* 62: 367–396.
- Koptur, S. (1992) Extrafloral nectary-mediated interactions between insects and plants. In *Insect-Plant Interactions* (E. Bernays, ed.). CRC Press, Boca Raton, pp. 81–129.
- Leatemia, J. A., J. E. Laing and J. E. Corrigan (1995) Effects of adult nutrition on longevity, fecundity, and offspring sex ratio of *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Can. Entomol.* 127: 245–254.
- Lombard, A., M. Buffa, A. Patetta, A. Manino and F. Marletto (1987) Some aspects of the carbohydrate composition of callaphidid honeydew. *J. Apic. Res.* 26: 233–237.
- Nakashima, Y. and M. Akashi (2005) Temporal and within-plant distribution of the parasitoid and predator complexes associated with *Acyrtosiphon pisum* and *A. kondoi* (Homoptera: Aphididae) on alfalfa in Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 40: 137–144.
- Ohta, I. and M. Ohtaishi (2004) Fertility, longevity and intrinsic rate of increase of *Aphidius gifuensis* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) on the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 39: 113–117.
- Olson, D. M. and D. A. Andow (1998) Larval crowding and adult nutrition effects on longevity and fecundity of female *Trichogramma nubilale* (Ertle and Davis) (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Environ. Entomol.* 27: 507–514.
- Powell, W. (1986) Enhancing parasitoid activity in crops. In *Insect Parasitoids* (J. K. Waage and D. Greathead, eds.). Academic Press, London, UK, pp. 319–340.
- 妹尾 望・落合陽子・仲島義貴 (2002) アルファルファ草地におけるアブラムシ類の一次寄生蜂および高次寄生蜂の季節的消長. 応動昆 46: 96–98. [Seasonal abundance of primary parasitoids and hyperparasitoids associated with *Acyrtosiphon pisum* (Harris) and *Acyrtosiphon kondoi* Shinji (Homoptera: Aphididae) on alfalfa. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 46: 96–98.]
- Takasu, K. and W. J. Lewis (1995) Importance of adult food sources to host searching of the larval parasitoid *Microplitis croceipes*. *Biol. Control* 5: 25–30.
- Wäckers, F. L. (2005) Suitability of (extra-)floral nectar, pollen and honeydew as insect food sources. In *Plant-Provided Food for Carnivorous Insects: A Protective Mutualism and Its Applications* (F. L. Wäckers, P. C. J. van Rijn and J. Bruin, eds.). Cambridge University Press, Cambridge. pp. 17–74.
- Wäckers, F. L. and A. Steppuhn (2003) Characterizing nutritional state and food source use of parasitoids collected in fields with high and low nectar availability. *IOBC WPRS Bull.* 26: 203–208.
- Witting-Bissinger, B. E., D. B. Orr and H. M. Linker (2008) Effects of floral resources on fitness of the parasitoids *Trichogramma exiguum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Cotesia congregata* (Hymenoptera: Braconidae). *Biol. Control* 47: 180–186.
-