

Feedbee® – 栄養バランスの取れた花粉代用飼料 –

Abdolreza M. Saffari, Peter G. Kevan, James L. Atkinson,
Ernesto Guzman-Novoa, 滝久智

他のさまざまな動物と同様に、ミツバチにはミツバチ固有の必須栄養素がある。タンパク質や炭水化物、脂肪、ビタミン、ミネラルは必須であり、これらは自然状態でミツバチが餌として利用する花粉やハチミツ、花蜜に含まれている。こうした中でも特に多くのタンパク質源を含む花粉の欠如・不足、また低質な花粉は、蜂児の発育障害、成蜂の短命化、咽頭腺の未成熟化（ローヤルゼリー生成量の低下の原因となる）、さらには女王蜂の産卵能力の低下などを引き起こす（Hays, 1984; Standifer et al., 1987）。これら負の効果は、蜂群全体の成長と生産能力の低下という形で現れる。

野外で花粉がまったくなく、もしくは不足する時期、また質の悪い花粉しかないような時期に、養蜂家は花粉そのものを含む花粉補充物あるいは花粉そのものは含まない代用花粉を不足分の餌としてミツバチに与えている。理想的には、こうした給餌用の花粉補充物や代用花粉は、ミツバチが必要とする栄養素がバランス良く含まれたものでなければならない。

しかしながら、花粉補充物の使用には、いくつかの問題がある。まず、養蜂家自身が前年以前に花粉を収集する手間がかかる。花粉補充物は市場を通して購入することもできるが、一般的に高価なうえ、殺菌処理の不確かさ、さらにはミツバチの病原（Herbert and Shimanuki, 1980）や毒物（Schmidt et al., 1987）を含んでいるなどの危険性が必ず伴う。したがって、これら不安要素がなく、一年中どの時期にでも利用できる栄養バランスの取れた代用花粉が、常に求められている。つまり、そのような理想的な飼料の開発とは、養蜂学における恒久的

な課題の一つといえる（Cohen, 2004; Herbert, 2000; Nabors, 2000; Winston et al., 1987）。

これまで、乾燥した鶏卵の卵黄（Odum, 1984）や脱脂粉乳（Haydak, 1967; Zaytoon et al., 1988; Rana et al., 1996）、肉片、乳漿などの乳製品（Herbert and Shimanuki, 1979）、大豆製品（Haydak, 1967; Standifer et al., 1978; Kulincervic, 1982）などのさまざまな材料が主にタンパク質源として用いられ、代用花粉飼料として報告されている。これらのほとんどは、化学的には花粉を補うための栄養素を含んでいるにもかかわらず、花粉そのものを与えたときに比べて、ミツバチに現れる効果は著しく低い。しかしながら、こうした研究の多くは、飼料がタンパク質を含むことにのみ注意が向けられ、ミツバチ側から見た嗜好性や栄養学的な検討が十分になされていない。

実際にミツバチに対して芳しい効果が得られないにもかかわらず、大豆を元にして作られた飼料を代表としたいいくつかの材料が非常に広く普及している（Kulincervic, 1982; Zaytoon et al., 1988; Chhuneja et al., 1993; Rana et al., 1996）。単に安価な飼料であるということのみが理由で、研究者や養蜂家が大豆由来の代用花粉を利用している傾向があるのも事実である。

花粉補充物や代用花粉は、多くのあいまいな方法で評価されている。しかしウシ・ブタ・ニワトリなど一般的な家畜動物の例で示されるように、栄養価の高い飼料開発とは、候補となるあらゆる材料を採用し、自然状態で摂食する餌の食感や粘性までも類似したものを作り上げ、さらに対象とする動物に摂食させてみなければならないものである（Herbert and

Shimanuki, 1979; Schmidt et al., 1987; Wilson et al., 2005). そして摂食確認後には, その飼料が対象の動物に対して効能があるのか, 毒性や負の栄養学的影響はないか, さまざまな条件での長時間貯蔵は可能か, 容易に入手できるか, さらに安価なのかを検討する必要がある (Schmidt et al., 1987; Herbert, 2000; Wilson et al., 2005). 以上の基準をもとに, ミツバチ固有の栄養バランスや嗜好性, そして生産コストを十分考慮した Feedbee® という花粉代用飼料 (Bee Processing Enterprises Ltd, Scarborough, Ontario, Canada) を私たちは開発した.

本研究の目的は, Feedbee® のミツバチに対する花粉代用飼料としての効果を野外実験によって明らかにすることにある. 具体的には, 摂食量で示される嗜好性と, 蜂児生産, 蜂量, ハチミツ生産などの蜂群の生物学的効果を, Feedbee® を与えた場合やミツバチが採集した花粉を与えた場合, さらに Mann Lake Ltd 社 (Hack-

ensack, Minnesota, USA) の大豆由来の花粉代用飼料 (Bee-Pro®) を与えた場合とで比較した.

材料および方法

カナダ・オンタリオ州, ゲルフ大学構内の養蜂場に, 28 群 (ラングストロス式巣箱単箱群) のミツバチを用意した. すべての女王蜂は 2 年歳の姉妹を用い, 巣箱はすべて同一の養蜂場内に設置した. 各巣箱には, 有蓋蜂児が一定の範囲 (207.10 cm²) となるように, 貯蜜巣板 3 枠と 3~4 枚分の空き働き蜂巢板 (有蓋蜂児巣板の数による) を加え, ほぼ同量の働き蜂 (1.80 ± 0.05 kg) を入れた. この 28 巣箱の中から, ランダムに 24 巣箱を選び, さらにその 24 巣箱を 4 つの処理群に割り振った (6 巣箱 / 処理). 4 つの処理群のうち, 3 群は 3 タイプ (Feedbee®, Bee-Pro®, 花粉) のペースト状飼料 (図 1) をそれぞれ与え (図 2), 残りの 1 群 (対照群) は給餌せずミツバチ自身に採餌させた.

給餌 (一巣箱あたり 500 g ずつ) と摂食量の確認は, 2004 年の 3 月中旬から 4 月にかけて 10 日間隔で 3 回行った. 有蓋蜂児圏 (蜂児圏面積) と蜂量 (成蜂重量) はその後 1 か月に一度, 3 回 (5, 6, 7 月) 調査した. また, そ



図 1 パラフィン紙に包まれたペースト状の Feedbee® (上) と, 実際に巣箱上部に置かれた状態. パラフィン紙に包まれた状態で給餌した.

表 1 Feedbee® と花粉の主栄養成分構成

| 栄養素 | Feedbee® (%) | 花粉 (%) |
|----------------------|--------------|--------|
| タンパク質 | 36.4 | 21.2 |
| 主要アミノ酸 | | |
| アルギニン | 1.76 | 0.93 |
| ヒスチジン | 0.79 | 0.44 |
| イソロイシン | 1.96 | 0.77 |
| ロイシン | 3.17 | 1.56 |
| リジン | 1.48 | 1.18 |
| メチオニン | 0.61 | 0.41 |
| フェニルアラニン | 2.14 | 1.13 |
| トリプトファン | 0.37 | 0.22 |
| バリン | 1.39 | 0.85 |
| その他 | 22.74 | 13.71 |
| 脂肪 | 3.9 | 9.9 |
| 灰分 | 3.1 | 4.1 |
| 炭水化物 | 51.8 | 55.9 |
| その他 | 4.8 | 8.9 |
| エネルギー (kcal / 100 g) | 388 | 398 |

Industrial Laboratories of Canada 社 (Tillsonburg, Ontario, Canada) による分析値

の年9月までのハチミツ生産量を計測した。なお、使用した Feedbee® および花粉の化学的な成分は Industrial Laboratories of Canada Ltd 社 (Tillsonburg, Ontario, Canada) に委託して分析した (表 1)。

結果

摂食量

Feedbee®, 花粉, Bee-Pro® それぞれの摂食量の平均値 (g / 巣箱) を表 2 に示した。1 回目, 2 回目, 3 回目ともに, 同様の結果が得られた。Feedbee® と花粉の摂食量の平均値は, Bee-Pro® のそれと比較して有意に高く ($p < 0.05$), Feedbee® と花粉の摂食量間には有意な差異は見られなかった。

有蓋蜂児圏

Feedbee®, 花粉, Bee-Pro® を餌として与えた群, および何も餌を与えなかった対照群それ

ぞれにおける有蓋蜂児圏の面積の平均値 (cm^2 / 巣箱) を表 3 に示した。5 月, 6 月, そして 7 月において, Feedbee® 群および花粉群で確認された蜂児圏は, Bee-Pro® 群および対照群に比べ有意に高い ($p < 0.05$) 傾向が見られた。一方, Feedbee® 群と花粉群の間, また Bee-Pro® 群と対照群の間には有意差は確認されなかった。

蜂量

Feedbee®, 花粉, Bee-Pro® を餌として与えた群, および対照群それぞれの蜂量を重さ (kg / 巣箱) で示した (表 4)。5 月, 6 月, そして 7 月において同様の結果が得られた。Feedbee® 群および花粉群の蜂量の平均値は, Bee-Pro® 群および対照群のそれらに比べ有意に高く ($p < 0.05$), Feedbee® 群と花粉群の間, それから Bee-Pro® 群と対照群の間には有意差は見られなかった。

表 2 各試料の平均摂食量の比較 (平均値 \pm 標準誤差, g, $n=6$)

| 餌 | 1 回目 (10 日後) | 2 回目 (20 日後) | 3 回目 (30 日後) |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Feedbee® | 227 \pm 14 ^a | 479 \pm 27 ^c | 347 \pm 25 ^e |
| 花粉 | 359 \pm 18 ^a | 421 \pm 20 ^c | 414 \pm 19 ^e |
| Bee-Pro® | 88 \pm 23 ^b | 119 \pm 33 ^d | 88 \pm 30 ^f |

表中の各列の異なるアルファベット (ab 間, cd 間, ef 間) は有意な差異があることを示す ($p < 0.05$, Tukey's test)

表 3 各処理による有蓋蜂児圏の比較 (平均値 \pm 標準誤差, cm^2 / 巣箱, $n=6$)

| 餌 | 5 月 | 6 月 | 7 月 |
|----------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Feedbee® | 725 \pm 83 ^a | 1595 \pm 188 ^c | 1695 \pm 116 ^e |
| 花粉 | 729 \pm 57 ^a | 1602 \pm 221 ^c | 1703 \pm 175 ^e |
| Bee-Pro® | 387 \pm 35 ^b | 676 \pm 97 ^d | 671 \pm 159 ^f |
| 対照群 | 404 \pm 51 ^b | 759 \pm 68 ^d | 719 \pm 161 ^f |

有蓋蜂児圏面積はグリッド法 (Amir and Peveling, 2004; Seeley and Mikheyev, 2003) によって推定した。開始時における蜂児圏は巣箱あたり 207.10 cm^2 に調整した。また, 表中の各列の異なるアルファベット (ab 間, cd 間, ef 間) は有意な差異があることを示す ($p < 0.05$, Tukey's test)。

表 4 各処理による蜂量の比較 (平均値 \pm 標準誤差, kg / 巣箱, $n=6$)

| 餌 | 5 月 | 6 月 | 7 月 |
|----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Feedbee® | 3.12 \pm 0.09 ^a | 3.55 \pm 0.08 ^c | 3.82 \pm 0.07 ^e |
| 花粉 | 3.25 \pm 0.16 ^a | 3.73 \pm 0.07 ^c | 3.98 \pm 0.05 ^e |
| Bee-Pro® | 2.52 \pm 0.20 ^b | 2.85 \pm 0.13 ^d | 2.83 \pm 0.09 ^f |
| 対照群 | 2.36 \pm 0.19 ^b | 2.74 \pm 0.24 ^d | 2.72 \pm 0.17 ^f |

開始時における成虫ミツバチの重さは巣箱あたり 1.80 kg に調整した。また, 表中の各列の異なるアルファベット (ab 間, cd 間, ef 間) は有意な差異があることを示す ($p < 0.05$, Tukey's test)。

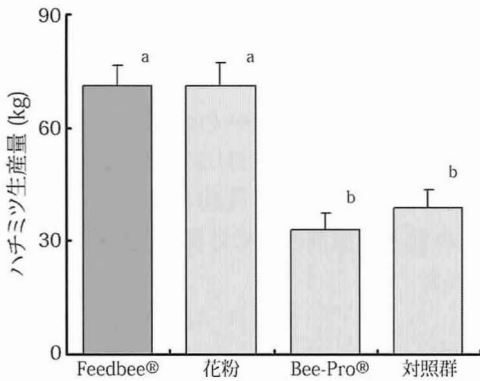


図2 各処理によるハチミツ生産量の比較 (平均値, kg / 巣箱, n = 6). エラーバーは標準誤差を示す. 図中の異なるアルファベットは有意な差異があることを示す ($p < 0.05$, Tukey's test)

ハチミツ生産量

ハチミツ総生産量 (kg / 巣箱) の平均値を図2に示した. Feedbee® および花粉を餌として与えられた群のハチミツ生産量の平均値はともに 71 kg で, Bee-Pro® を与えられた群 (33 kg) および何も餌を与えなかった対照群 (39 kg) よりも有意に多かった ($p < 0.05$).

考察

今回の摂食量の調査から, 粘土状にして与えられた Feedbee® と花粉とではミツバチコロニーに対して同様の効果が得られ, 同時にこれら2つは有意に Bee-Pro® よりも優れているという結果が得られた. こうした傾向は粉末状や, 他の時期にペースト状で与えて得られた過去の実験結果とも共通している (Saffari et al., 2004; 2006). 以上をまとめて考察すると, 明らかに Feedbee® はミツバチの嗜好性に十分合致しており, 餌として受け入れられやすい飼料だといえる.

さらに有蓋蜂児圏と蜂量の調査結果から, Feedbee® は蜂児と成虫両方に対して, 高い正の効果があったことが示された. これは Feedbee® が花粉と同等の質の高い栄養素を持つことに起因していると推察される. 的確な栄養素が, より多くの蜂児を作り, それが十分な成蜂生産につながり, 外勤蜂となって活動するまで

維持できたと思われる.

こうした蜂児や成蜂の増加や外勤蜂の増加は, ハチミツ生産量にも当然影響を与えたと考えられた. 今回の調査では, Feedbee® を与えた群からの得られたハチミツ量は花粉を与えた群から得られた量と統計的な差異は認められず, それらは Bee-Pro® を与えた群および何も餌を与えなかった対照群より明らかに多かった.

本試験では, ミツバチ生産物のうちハチミツのみに注目したが, 得られた蜂児や成蜂の増加や外勤蜂の増加という結果は, Feedbee® は花粉同様に他の生産物への好影響を及ぼす可能性を示唆しているかもしれない. 例えば, 蜂児の成育そして健全な成蜂の確保が欠かせないローヤルゼリー生産は, その代表といえる. しかしながら, これらを明らかにするには今後詳細な比較調査が必要であろう.

以上の結果, 摂食量・蜂児と成虫・ハチミツのすべて調査結果から, Feedbee® は補充花粉と同様にミツバチコロニーに好影響を与えることが示された. しかしながら, 補充花粉の使用には, 病気の蔓延を助長するという危険性が存在し, 採集方法や保存方法に起因する経済的負担も大きい. ゆえに, 安全かつ安価で補充花粉と同等に機能する花粉代用飼料の使用の方が望ましいと考えられる. 価格の面では実際に Feedbee® は, Bee Processing Enterprises Ltd. 社 (Scarborough, Ontario, Canada) によって, 2006年3月現在 1 kg あたり 3 カナダドル (1000 kg 以上の注文) または 3.9 カナダドル (1000 kg より少ない注文) で販売されつつある (2006年3月現在, 1 カナダドル = 約 100 円).

私たちの行ったコロニーまたは巣箱単位での試験のみならず, Feedbee® のミツバチ個体への影響を新しい花粉・古い花粉・Bee-Pro® を与えた場合とで比べる試験が, アメリカ合衆国農務省のテキサス州・ウェスラコの試験場にて行われている (Gregory, 未発表). その試験においても Feedbee® の有効性が示されており, 古い花粉や Bee-Pro® を与えた場合に比べて,

Feedbee® と新しい花粉を餌として与えた場合ミツバチ個体あたりの血中タンパク質量の上昇, 体重の増加, 寿命の長期化などの現象が見られている。

謝辞

以下の個人および団体の技術的または経済的な協力なしに, 本研究を遂行することはできなかった。Ken Tabuchi, Zahra Tayarani, Jalal Fatehi, Mahyar Heydarpour, Victoria MacPhail, Grain Process Enterprises Ltd, Ontario Beekeeping Association, National Research Council of Canada-IRAP (敬称略)。著者一同ここに感謝の意を表する。

引用文献

- Amir, O. G. and R. Peveling. 2004. *J. Appl. Entomol.* 128: 242-249.
- Chhuneja, P. K., H. S. Brar and N. P. Gopal. 1993. *Ind. Bee J.* 55: 17-25.
- Cohen, A. C. 2004. *Insect diets science and technology*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Haydak, M. H. 1967. *Apiacata* 1: 3-8.
- Hays, G. W. J. 1984. *Am. Bee J.* 124: 35-37, 108-109.
- Herbert, E. W. J. and H. Shimanuki. 1979. *Am. Bee J.* 104: 29-43.
- Herbert, E. W. J. and H. Shimanuki. 1980. *Am. Bee J.* 120: 349-350.
- Herbert, E. W. J. 2000. Honey bee nutrition. *IN Graham J. M. (ed.) The hive and the honey Bee*. Dadant and Sons. Hamilton, Illinois. pp. 197-233.
- Kulincervic, J. M., W. C. Rothenbuhler and T. E. Rinder. 1982. *Am. Bee J.* 122: 181-189.
- Nabors, R. 2000. *Am. Bee J.* 140: 322-323.
- Odlum, M. 1984. *Beekeeping in Maryland*. University of Maryland.
- Rana, V. K., N. P. Gopal and J. K. Gupta. 1996. *Ind. Bee J.* 58: 203-205.
- Saffari, A. M., P. G. Kevan and J. L. Atkinson. 2004. *Am. Bee J.* 144: 230-231.
- Saffari, A.M., P. G. Kevan, J. L. Atkinson and E. Guzman-Novoa. 2006. *Bee Cult.* 134: 47-78.
- Schmidt, J. O., S. C. Thoenes and M. D. Levin. 1987. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 80: 176-183.
- Seeley, T. D., M. Kleinhenz, B. Bujok and J. Tautz. 2003. *Naturwissenschaften* 90: 256-260.
- Standifer, L. N., F. E. Moeller, N. M. Kauffeld, E. W. J. Herbert and H. Shimanuki. 1978. *Agric. Inform. Bull. USDA.* 413: 1-8.
- Wilson, G. P., D. C. Church, K. R. Pound and P. A. Schoknecht. 2005. *Basic animal nutrition and feeding* (5th Edition). John Wiley and Sons, Hoboken, NJ USA.
- Winston, H. F. 1987. *The biology of the honey bee*. Harvard University Press, Cambridge, MA, UK.
- Zaytoon, A. A., M. Matsuka and M. Sasaki 1988. *Appl. Entomol. Zool.* 23: 481-487.
- SAFFARI, A M.1,2), P. G. KEVAN(1), J. L. ATKINSON(3), E. GUZMAN-NOVOA(1) and H. TAKI(1). Feedbee® -A nutritionally balanced diet-. *Honeybee Science* (2005) 26(3): 93-97. 1) Department of Environmental Biology, University of Guelph, Guelph, Ontario N1G 2W1, Canada, 2) Bee Processing Enterprises Ltd., 115 Commander Blvd., Scarborough, Ontario M1S 3M7, Canada, 3) Department of Animal and Poultry Sciences, University of Guelph, Guelph, Ontario N1G 2W1, Canada.

To estimate the palatability and efficiency of Feedbee® on honeybees, a feeding experiment was carried out in early spring 2004 with experimental honeybee colonies received Feedbee®, pollen, Bee-Pro® or no supplementary feeding. Those of the feed intake for Feedbee® and pollen were significantly ($p < 0.05$) higher than that for Bee-Pro®. Other variables measured in this trial were capped brood area in cm² and population of bees by live weight, and honey production. The results indicated the superiority of Feedbee® and pollen, as the capped brood area, population of bees and honey yield for Feedbee® and pollen were significantly ($p < 0.05$) higher than for Bee-Pro® and control non-fed groups. These are evidence that feeding extra pollen to honeybee colonies improves their performance, as predicted and in turn, indicate the high potential of Feedbee® for improving colony maintenance, build up and production during a shortage or absence of natural pollen.

Feedbee® に関するお問い合わせは下記へ

Bee Processing Enterprises Ltd.
115 Commander Blvd., Scarborough
Ontario M1S 3M7, Canada
Tel: +1 800 387 5292 または +1 416 291 3226
内線 203 または 226
Fax: +1 416 291 2159
Email: amsaffari@yahoo.com
または gbsr@grainprocess.com