

食糧増産に結びつく花粉媒介者としての トウヨウミツバチの可能性

L. R. Verma

21世紀における農業の持続可能な発展は現行の作物生産技術の再編成を必要としている。生産強化のために相当量使用される化学肥料と農薬、あるいは灌漑設備や重機械化に代わって、光合成の促進、生物学的窒素固定、効率的な栄養吸収、および生物学的な交配への転向が食糧生産性の向上のために不可欠であろう。将来はこうした環境によりやさしく、現在あまり利用されていない資源の完全利用に注目すべきである。本稿ではこのうちのひとつであるミツバチが行う花粉交配による種々の栽培作物の生産性向上について述べている。

ミツバチが種々の作物、果実や子実、野菜、豆類、採油植物や飼料作物などの生産性を向上させるのに役に立っていることは、特に世界中の発展途上国で過小評価されがちである。多くの作物の花粉媒介に関する研究は、セイヨウミツバチ *Apis mellifera* が作物の花粉交配に集中的に用いられている先進国で行われてきた。ミツバチによる花粉交配を通じて得られる作物増産の非消費利益は、この昆虫をミツバチやその他の養蜂生産物の生産者としての直接価値をはるかに超え、数字で表すのはなかなか困難である。アメリカでは作物生産におけるミツバチの花粉媒介を年間2000億ドルと査定している(USDA-ARS, 1991)。最近のFAOの報告書では花粉媒介が直接農業生産の向上に及ぼす効果は地中海沿岸諸国20か国では年間52億ドル、うち32億ドルが途上国で、その他の国では20億ドルとされている(Cadoret, 1992)。これらの数字は、政策担当者、事業計画者、および関与援助団体が、持続可能な農業と農村の総合関与事業の今日的な手法のひとつの重要な

要素として養蜂振興を意識しておかねばならないことを示すものである。

インドのトウヨウミツバチの 遺伝的多様性

インドにいる種々のミツバチの中でトウヨウミツバチ *Apis cerana* は平行な複葉巣板を作る点でセイヨウミツバチに相当する種である。セイヨウミツバチの遺伝的多様度は経済的価値の異なる24亜種に区分される。これらの亜種は広い生態的条件に適応しておりその分布範囲は赤道から北緯50°、南緯30°に及ぶ(Verrma, 1991)。

我々 ICIMOD の研究グループはトウヨウミツバチの形態に関する遺伝的な変異を見いだすことに成功し、いままでのところ3亜種を区別することができた。もっとも地理的分布範囲からすればさらに何亜種かがいるにちがいない。これらの亜種は、*Apis cerana cerana*, *Apis cerana himalaya*, および *Apis cerana indica* と呼ばれ、それぞれインド北西部、北東ヒマラヤ地域、およびインド南部に分布している(Verma, 1992a)。

トウヨウミツバチは養蜂種として望ましい生物学的特性や経済的な重要性をもっている。この中には、刺針性の低さ、スズメバチ類の攻撃に対する巣の防御能力、ノゼマ病、セイヨウミツバチでは重大な被害が出る寄生ダニに対する高い抵抗性が含まれる。トウヨウミツバチは他の土着のミツバチとの共存が可能で、また病気の治療のために薬品を使用する必要はほぼないといえる。病気の防除はアジア地域におけるセイヨウミツバチの養蜂では経費のかかる問題と

なっている (Verma, 1992a).

トウヨウミツバチ養蜂にはその生物学的に固有な性質のためいくつかの制約がある。問題点として頻繁な分蜂と逃去, 盗蜂性, 頻繁な働き蜂産卵, またはコロニー当たりハチミツ生産量の少なさが挙げられる (Verma, 1992b). こうした行動上の特性は亜種ごとに異なっている。たとえばヒマラヤ北西部に生息する亜種は高い生産性を示し, さらに選抜育種によって遺伝的に改良できると思われる。

導入種セイヨウミツバチ: 問題と将来

インドを含むアジアでは近年, 営利目的セイヨウミツバチを導入する動きが見られる。遺伝的多様性, 選抜育種, および品種改良の分野での長年にわたる研究努力により, セイヨウミツバチはトウヨウミツバチのおよそ3倍のハイミツを生産できる。しかもセイヨウミツバチは多産な女王蜂を得やすく, 分蜂および逃去性が低い点でも優れている。しかしセイヨウミツバチの多くの有用な性質がアジアに導入されてから問題を引き起こしている。もし同所的にセイヨウミツバチとトウヨウミツバチを飼育すれば頻繁に互いに盗蜂し合う。両種間の文尾は不成功となり結果として雄蜂を産卵する女王蜂が増える。新たな重大な問題としてはトウヨウミツバチでは被害が軽微な寄生ダニのセイヨウミツバチへの感染がある。さらにセイヨウミツバチの導入がトウヨウミツバチの個体群をその生息域において遺伝資源として有意な存在とはいえない程度にまで減少させてしまうおそれも出てきた。日本や中国ではセイヨウミツバチが今ではほとんど土着のトウヨウミツバチに置き換わってしまい, パキスタンやインドなどその他のアジア諸国でも現在同じ様な傾向にある (Verma, 1992).

リンゴ園におけるトウヨウミツバチとセイヨウミツバチの訪花行動の比較

セイヨウミツバチのアジアへの導入は養蜂産業におけるひとつのジレンマでもある。これを解決するためにはこの地域における生態地理的

環境下でのトウヨウミツバチとセイヨウミツバチの生物学, 行動と飼育管理に関する比較研究が重要になってくる。そうした種間比較の情報は養蜂家, 研究者双方にとって実際の価値のあるものになるだろう。我々の研究グループはこの視点に立ってヒマチャルプラデッシュにおいて詳細な研究を行い, トウヨウミツバチとセイヨウミツバチのリンゴ園における訪花行動について以下のような結果を得た。

トウヨウミツバチはセイヨウミツバチよりも早くから (有意水準 $p < 0.01$) そして遅くまで ($p < 0.01$) 訪花し続ける。トウヨウミツバチの訪花活動時間の平均 (13.10 時間) はセイヨウミツバチのそれ (12.28 時間) よりも有意に長い。一回当たりの訪花飛行時間はセイヨウミツバチの方がトウヨウミツバチより長い ($p < 0.01$)。トウヨウミツバチでは花粉と花蜜の両方を集めてくる働き蜂は見られなかったが, セイヨウミツバチではこの様な採餌蜂が 6~11% 見られた。両種とも花蜜採餌蜂の方が花粉採餌蜂よりはるかに多かった (Verma and Dulta, 1986).

シムラ丘陵で 3~4 月に出巣する働き蜂の数の経時変化を調べたところトウヨウミツバチは気温 15.5~21.0°C の 9 時~11 時 30 分を中心に活動し, 平均出巣数 (5 分間当たり) は 132 頭であった。一方セイヨウミツバチは気温が 21~25°C となる 11 時~13 時の間に活動し, 平均出巣数は 118 頭であった。この種間差は花粉媒介の視点からは注目に値する。つまり同じリンゴ園で両種を放飼すれば訪花活動時間を延長することになり, 結果としてうまく花粉媒介を行うことができる。

しかし 1 分間に雌しべに接触する回数, 一花当たり滞在時間, 果樹園内の同じ畝, あるいは別の畝の他のリンゴの木の訪花, リンゴの木一本当たりの訪花花数, 一度の採餌飛行で訪花するリンゴの樹数, および一日を通じてリンゴの木の頂部と側部に訪花する蜂の比には両種間での有意な差は見られなかった。

異なる標高の 3 地点 (1350, 1857, 2400m) におけるトウヨウミツバチとセイヨウミツバチ

の訪動を調べたところ標高が上がるにしたがい、訪花開始時刻が遅れ、終了時刻が早まった。両種の働き蜂の一回当たりの訪花時間は標高に比例して長くなった。標高は採餌飛行中の花粉と花蜜、あるいは両方への嗜好、中心活動時間帯、花粉だんご、訪花時の雌しべへの接触回数、一花当たり滞在時間などには有意な影響を及ぼさなかった ($p < 0.01$)。

採餌行動については両種間で大きな違いが見られた。これは採餌効率と飛行範囲によるもので飛翔筋の数と太さ、また飛翔のためのエネルギーの蓄積の差に依存している。Dulta and Verma (1987) はセイヨウミツバチの後背筋、背側筋、背腹筋、側走筋、節間筋がトウヨウミツバチよりも有意に大きい ($p < 0.01$) ことを明らかにした。同じようにセイヨウミツバチの飛翔筋はトウヨウミツバチよりも太い ($p < 0.01$)。

グリコーゲンや総脂肪量および関連酵素系についてもセイヨウミツバチの方が量が多い (Dulta and Verma, 1989)。形態学的にもセイヨウミツバチが大きく、飛行範囲はトウヨウミツバチの2倍近くとなる。したがって飛翔筋とエネルギーの蓄積は体の大きさに比例し、これがさらに飛行範囲や採餌効率に関係してくる。

インドのヒマチャルプラデッシュの州立園芸試験場と数戸の養蜂農家はリンゴの開花期に果樹園主に花粉媒介のためのトウヨウミツバチとセイヨウミツバチを貸し出している。一般に冬に入る前の11月から12月に両種の蜂群は温帯の丘陵地から引き上げられ亜熱帯の平野部に移される。そこで通常は蜂児生産が2月の第1~2週に始まり、3月中旬には建勢は最高となる。これはリンゴの開花が始まる時期でもある。蜂群は直接リンゴ生産地帯にトラックで運ばれ果樹園主に配布される。花粉媒介に用いられている蜂群数は少なく、また果樹の栽培面積は広大すぎる現状だが、リンゴ生産家はリンゴの花粉媒介におけるミツバチの役割の重要さに気づいている。州立園芸試験場のこの活動により今では多くの果樹園主が自前で蜂群を管理し

花粉媒介とハチミツ生産を行っている (Verma, 1991)。

花粉媒介者としてのトウヨウミツバチの有用性

前述した採餌行動の観察やその他の研究から得られたデータをもとにすると、農作物の花粉媒介にトウヨウミツバチ (Ac) を利用する際、セイヨウミツバチ (Am) とは異なり次のような利点が明らかである。

1. AcはAmよりも早朝、低温のうちから採餌行動を行う。訪花行動を開始する気温もAmに比べ3~5°C低いと報告され、活動ピークも5~6°C低いうちに現れる。したがって早春に花を咲かせる作物や、Amが利用可能な地域よりも高緯度で利用できる。

2. Acの飛行範囲はAmの半分である。花粉媒介について考えればこれは非常に重要な特性である。特定作物の小規模な栽培地での花粉媒介には集中的な訪花行動を示すAcの方が適当である。Acの巣箱を作物の近くにおけばミツバチは他に迷い込んだり避けたりせずにその作物の花粉媒介を行う。短い飛行距離のおかげでAmよりも近い範囲で採餌をするからである。

3. 一日当たりのAcの採餌活動時間はAmよりも1時間は長い。これは採餌活動が早く始まり遅く終わるからである。したがって天候不順な雨季や霜の降りやすい早春でミツバチの活動がかなり制限されるようなときでも、特定の短い時間帯に花を付けるような作物の花粉媒介にも効果を示す。

4. Amは花蜜や花粉といった餌資源に関してAcや他の花粉媒介昆虫と競合する。またAcの営巣空間や鳥を含む花粉媒介者の休憩場所をも占有してしまう。急速な森林破壊と農地転換による生息場所の損失により餌資源と営巣空間双方がAcの分布を制限する要因となっている。Amは土着の花粉媒介者の個体群を減少させ、あるいはこの外来種の導入がなければ存在し得た生息レベルをさらに低く制限する。この競争の悪影響は特に2種のミツバチ間で見

られる。この2種は生態学的地位が等しく、営巣空間、性質、個体群構造でより近い関係にあるからである。AmはAcよりも性質が荒くまた多産であり、Hardin (1960) の競争的排除則によれば、外来のこの種がAcを完全に駆逐してしまうことになる。

5. 多くのアジア原産の植物がAcや他の土着の花粉媒介者とともに進化してきた。この中には多くの果樹、野菜、および採油植物が含まれる。またミツバチもこうした植物から花蜜と花粉を集めてきたのである。したがって花粉の媒介者としてのAcと共に進化してきた植物は共存関係にあり、互いに必要としている。導入種Amはこのような植物にとっては効果的な花粉媒介者ではなく、結果的に植物側の繁殖成功率は低下する。

6. Am養蜂はAc養蜂に較べて多大な資本を必要とし、アジアの発展途上国の小農や辺地の農民たちはそれだけの資力がない。Amは病気の防除に化学薬品の施用を必要とし、これは経済的にも環境衛生上の視点からも望ましくない。

7. Acによる養蜂は数世紀にわたる伝統を持つ業態であり、アジアの村落社会にとっての文化的かつ自然の財産である。この様に環境にやさしい伝統技術はAmの導入によってすぐに廃れてしまう。

トウヨウミツバチ：商業的發展のための 花粉媒介者として

トウヨウミツバチはその生息地域以外でも養蜂と花粉媒介のために非常に重要である。分子生物学における最新の技術はトウヨウミツバチがもつ有用な遺伝子をセイヨウミツバチに導入すると、またその逆をセイヨウミツバチに導入すること、またその逆を可能とするだろう。トウヨウミツバチをその生息地域以外に営利目的で導入する場合、次の点を確認する必要がある。

1. 原産地において経済的価値がある亜種、生態種を識別しておくこと。
2. 離島などで選抜や系統試験を行うこと。

3. トウヨウミツバチとセイヨウミツバチの養蜂の地域区分を行うこと。これによって種間競争による問題を解決することができる。

(著者の住所は下記参照) (翻訳 中村 純)

謝 辞

本研究の一部は USAID #367-5600-SS-1147-00 研究費の援助によるものである。

主な引用文献

- Cadoret, J. P. 1992. The FAO Review 24: 8-9.
- Dulta, P. C. and L. R. Verma. 1987. J. Apic. Res. 26: 205-209.
- Dulta, P. C. and L. R. Verma. 1989. J. Apic. Res. 28: 136-147.
- Hardin, G. 1960. Science 131: 1297-1299.
- Verma, L. R. 1991. Beekeeping in Integrated Mountain Development. Oxford and IBH Publ. New Delhi. pp. 367.
- Verma, L. R. 1992a. Honeybees in Mountain Agriculture. Oxford and IBH Publ. New Delhi. pp. 274.
- Verma, L. R. 1992b. Proc. Int. Congr. Asian Bees and Bee Mites. Bangkok. p. 81-88.
- Verma, L. R. and P. C. Dulta. 1986. J. Apic. Res. 25: 197-210.
- VERMA, L. R. Potentials of *Apis cerana* as pollinator for increasing global food production. *Honeybee Science* (1994) 15(4): 163-166. International Center for Integrated Mountain Development (ICIMOD). P.O. Box 3226. Kathmandu, Nepal.

Against an attempt to introduce exotic *Apis mellifera* into Asia, the importance of native *Apis cerana* as pollinator to increase food production in Asian countries is emphasized. Comparative studies on apple pollination by both species offered important information for beekeepers and scientists. Those results show the pollination by *Apis cerana* is more environmentally friendly because of the characters of the native species which has evolved with native plants as their pollinators.