

ミツバチ多様性の中心地における研究の展開

S. Tingek and N. Koeniger

アフリカやヨーロッパを始め世界の多くの地域では、ミツバチ属の一種であるセイヨウミツバチ, *Apis mellifera* のみが野生で見ることができる。ヨーロッパからの移住者がアメリカ大陸やオーストラリアへ持ち込んだ種である。しかし、インドやスリランカ、その他東南アジアのいくつかの国々では、2種類あるいは3種類のミツバチが見られ、それらは一緒に共存し同じ生息地域を共有している。ボルネオでは5種類ものミツバチが自然に生息している。その中には、新たに発見されたサバ州の山岳地域のハチであるキナバルヤマミツバチ, *Apis nuluensis* も含まれる。一般的に考えられているミツバチの種類が8~9種類であることを考えると、ボルネオは「多様なミツバチの中心地」と呼ぶにふさわしく、またサバ州では世界のミツバチの半数以上を見ることができる。

ボルネオでの最も大規模で、かつ最新の応用農業研究のセンターとして農業研究ステーション (Agricultural Research Station; A. R. S.) がサバ州テノムにある (図1)。その場所はペガラシ川とクロッカー山脈のすそ野に広がる

肥沃な谷間にあり、様々な豊富な蜜源となる花々や農作物が存在する。これらの花々や植物からの花蜜や花粉が、「花の訪問者」と言われるコウモリや鳥、また様々な種類の昆虫を誘引し命を支えている (図2)。そして昆虫の中で、多くのミツバチの自然群が支配的な役割を果たし、ミツバチ研究と養蜂発展のためにすばらしい機会を提供している (図3)。

一般的に言われている多くの家畜とは違って、ミツバチは植物の花粉交配をしながら花蜜を取る以外は、植物を消費することはない。花粉媒介者としては、植物の保存に関わる種子形成において重要な役割を果たしている。在来のミツバチを飼育して、収入を得るためにハチミツを生産していることは、環境保護に関して害を及ぼさない。その事は保護区域とか国立公園などに採用されている多種多様な農業活動の中で、十分に経済的にも成功する要因となりうるはずである。それ以上に、その他の農業活動と比べてみても養蜂は最低規模の投資でできる。野生の分蜂群を空の丸太巣箱などに飛来するのを捕獲すればよい。巣箱やその他の道具もその



図1
農業研究ステーション
(Agricultural Research
Station; A. R. S.) はマレー
シア、サバ州テノムにある



図2 テノムでの花粉交配者の代表格であるクマバチ (*Platynopoda latipes*) の一種

地域で調達できる材料を使って作ることができる。

しかし、アジアの亜熱帯地域では適切な養蜂技術と管理、さらに有効なハチミツ生産技術がまだ確立されていない。現在用いられているセイヨウミツバチのために開発改良された近代技術は、アジアのミツバチ種に使われている技術と異なっている（後でもう一度説明する）。その上、温暖な気候の地域（ヨーロッパやアメリカ合衆国、オーストラリアなど）で採用されている西洋式のハチミツ生産技術が試みられたが、いくつかの熱帯アジアの国々では失敗に終わっている。そこでミツバチ種の蜂群管理の新しい開発と、さらに実情に則した研究が必要であるという方向付けがなされている。そのために在来種のミツバチとその生物的多種性を探索するこ



図4 トウヨウミツバチの女王蜂（中央）と働き蜂



図3 バナナの葉上のキャンディーに3種のミツバチが集る（左から：トウヨウミツバチ、サバミツバチ、オオミツバチ）

とは、単に科学的に大きな興味を引く事例であるだけでなく、その地域に住む人々にとっても極めて有益なことになることを証明しなければならない。ミツバチ属は非常に卓越した組織をもつ個体で、分類的に近い仲間にあたるハリナシバチ、クマバチ、マルハナバチと明白に異なっている。ミツバチ属に共通するいくつかの特徴は次のようである：数千匹もの働き蜂は、すべて一匹の女王蜂から生まれた娘達で、群を形成する社会性昆虫である。数百匹の雄蜂は必要に応じて季節的に生まれてくる。働き蜂は、六角形の巣房を組み合わせた垂直の巣板を作る。その巣板は、腹板の器官から分泌される純粋なろうで作られたものである。そしていくつかの共通のフェロモンを作る。その中には、交尾をする時や社会的な伝達手段として重要な役割をはたす女王物質の主成分である9-オキソデセン酸を含む。

ミツバチの種類は巣板の構造で大きく2つのグループに分けられる。1つは木の空洞やその他の閉鎖空間に、複葉の巣板を作る種で、セイヨウミツバチはこのグループに属する。サバ州では3種類のミツバチが野生で木の空洞を住み家にして生息している。その種類は、トウヨウミツバチ、*Apis cerana*、サバミツバチ、*Apis koschevnikovi*、キナバルヤマミツバチ、*Apis nuluensis* である。

トウヨウミツバチは、一般的に黒蜂「black bee」といわれ、サバ州の広い範囲に分布して



図5 サバミツバチの訪花

いる(図4)。いくつかの地域では、ベランダの下に吊るしたり、家の塀の上に置かれている丸太の巣箱や箱型の巣箱で飼われている。トウヨウミツバチはハチミツ生産によく適している。蜂群管理技術の格段の進歩によって、A. R. S. ではハチミツの年間生産量が倍増した。1995年にテノムでは、一群当たり年間生産量は10 kg~29kg になっている。育種プログラムに基づいて、女王蜂の生産と群の倍増計画の研究が行われた。最近、A. R. S. の研究所でそのすばらしい結果を発表するに至った。トウヨウミツバチ女王蜂への人工授精の画期的な技術が、その結果をもたらしたのである。

サバミツバチは地域の村人達に良く知られており、一般的には赤蜂「red bee」と呼ばれている(図5)。この種が初めて科学的に記述されたのは1906年であるが、その後、忘れ去られていた。1988年にA. R. S. のSalim Tingek氏の指揮のもとに、国際的に集まったチームによりサバミツバチの発見が報告された。それ以後、その種に関する研究は著しく、交尾行動や精子数、さらにより実際的な研究をもとにした女王蜂の育種などの科学的な論文がいくつか報告されている。A. R. S. は、この種がハチミツ生産のために近代的な巣箱で飼われている世界で唯一の場所として知られている(図6)。

大昔よりサバ州Kadazandusun高地の村人の間では、トウヨウミツバチよりやや大きく、濃い色のミツバチで、山間部に限定して生息しているハチがいることが知られていた。このミツバチは科学的にはごく最近まで知られてい

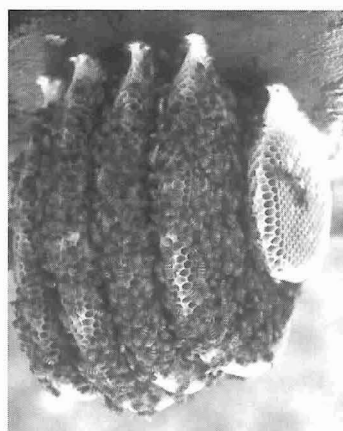


図6 伝統的な丸太巣箱の蓋の下に造られたサバミツバチの自然巣

かった。1996年に、Tingek, Koeniger and Koenigerの3人によって、このミツバチの科学的な論文が発表されているだけである(図7)。これがキナバルヤマミツバチ、*Apis nuluensis* である(図8)。

nuluensis の名前は、Kadazandusun 地方で山を意味する言葉‘nulu’と、所属する(属する)と言う意味のラテン語の‘ensis’をつなぎ合わせた新造語である。キナバルヤマミツバチの代表的な外敵は、スズメバチの *Vespa multi-maculata* である。採餌活動から帰巣する働き蜂を捕まえるために、巣の入口でホバリングしながら待ちかまえている。

第2のグループは、野外の開放空間に単葉の巢板を作る種類である。このグループにはサバ

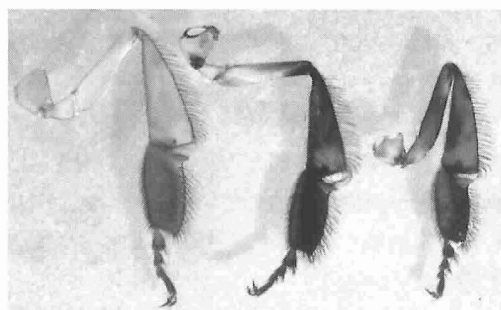


図7 サバミツバチ(左)、キナバルヤマミツバチ(中)、トウヨウミツバチ(右)の働き蜂の後肢閉鎖空間に生息する3種ミツバチの簡単な同定方法。



図8 キナバルヤママツバチの訪花（キク科の一種）



図9 オオミツバチの訪花

州で最も感動的な種であるオオミツバチ, *Apis dorsata* や, クロコミツバチ, *Apis andreniformis* が含まれる。

オオミツバチの巣は、樹皮の表面が滑らかな大木の大きい枝の下側に、吊り下がった形に作られる（図9, 10）。それはハチミツを狙うクマや、その他の敵から巣を守るためである。「ミツバチの木」と呼ばれる大木には、オオミツバチの巨大な巣の集合が見られる。1枚の巣板を働き蜂がカーテンのように覆っている。その他に岩場の下に吊るされた巣や、岩の崖の上部とか、都市部では建物の土台の下、排水管の下などでも見られる。いくつもの群が同じ木や崖にたくさん作られている。

オオミツバチはアジアの熱帯雨林地域で最も自己防衛の強い動物の一つである。攻撃をうけると、多くのハチが群を守るために防衛する。何千もの攻撃蜂がどんな侵入者に対しても攻撃を加える。敵の皮膚に食い込んだ刺針から出る臭いを追って、何マイルもその敵を追いかける。それにもかかわらず、ボルネオでは大昔から、人々の食べ物の中で賞賛され続けている物の一つとして、オオミツバチのハチミツがある。新月の夜に伝統的な方法でハチミツを採取することが何世代も続いている。そして、現在もサバ州の多くの森や、人里離れた地方で実際に行われている。

クロコミツバチは、小さい木やブッシュの枝の開放系に小さな巣を作るミツバチである（図11）。通常、同じ木には1～2個の群が見られる。巣の上部のちょうどプラットフォーム状の



図10 樹上のオオミツバチの巣

場所に少量のハチミツを貯蔵している。そのプラットフォームは、働き蜂たちが採餌に飛び立ち、また着陸する場所である。クロコミツバチのハチミツや蜂ろうは、東南アジアの国々では貴重な薬として用いられており、伝統的な漢方薬の材料として使われている。

ミツバチの雄蜂は、群の中では交尾を行わないが、空中で未交尾女王に遭ったときに交尾行動を起こす（図12, 13）。巣から離れることで、雄蜂は近親交配を防いでいる。空高い集合場所で交尾するために雄蜂が集っており、そして未交尾の女王蜂が近づいてくるのを待っている。空中で行われる交尾は、交尾行動が夫の死をもたらす結果となるという最も刺激的な人間ドラマと比較できるほどの一つのイベントである。交尾後、雄蜂は動かなくなり地上に落下する。その直後に女王蜂はすぐ次の雄蜂と交尾を始める。女王蜂の交尾回数は種の間で違いがある



図 11 クロコミツバチの巣

が、4回からオオミツバチの30回以上と異なっている。これはテノムにあるA. R. S.で、オオミツバチのDNA解析で最近分かった事である。

交尾が行われる雄蜂の集合場所の地形に関しては、興味深いものがある。女王蜂として選ばれ、生まれた未交尾の女王蜂は、交尾のために雄蜂の集合場所へと飛んで行くが、その際に雄蜂はある程度の数が必要で、最初にこれらの場所を見つけることが重要である。養蜂場の周辺に飛び交っている多くの雄蜂が、さらに雄蜂の羽音がはっきり聞こえる集合場所へと導くのである。1匹の女王蜂のダミーに女王物質である9-オキソデセン酸を塗布し、竹ざおにくくりつけることで雄蜂の集合場所を確認することができる。雄蜂たちは誘引されて、ダミーの背後に飛来してくるので、それを捕虫網で捕まえる。

捕まえた雄蜂にペイントでマークを付け、その雄蜂が巣から飛び立つのを観察すると、交尾飛行距離を知ることができる。その結果、女王蜂の生産者たちは、この飛行距離内で良い遺伝子を受け継ぐ群と雄蜂を集結させることができる。ハチミツ生産性の低い群や好ましくない性質を持つ群を取り除いたり、変えたりすることもできる。

トウヨウミツバチ、サバミツバチ、オオミツバチの雄蜂の集合場所は、テノムのA. R. S.で見つけられた。林冠部で目立つように高い木の場所が、集合場所であることが特徴付けられる。しかし、雄蜂の交尾飛行の高度は同じではない。特にサバミツバチの雄蜂は、最も変化に富んでいる。彼らは林冠の下にとどまり、ダミーを追って地上15mの高さまで降りてくる。トウヨウミツバチの雄蜂は何もない広い空間を飛行する。そして林冠の近くを旋回飛行し、何か障害が発生すると直ぐ引き返す。トウヨウミツバチの最適な飛行高度は、約6~20mである。一方、オオミツバチの雄蜂は一番高い枝の下に集合する。私たちの研究チームがオオミツバチの雄蜂を捕獲した高さは、20~35mの間であった(図14)。このような交尾行動の複雑な違いは、同一場所で何種類かのミツバチが交尾するということから起った結果である。雄蜂は同種の女王蜂のほかに、異種の女王蜂にも誘引される。女王蜂が雄蜂を誘引するのに主な役割を果たしている化学物質は、9-オキソデセン酸という物質で、サバ州にいる全てのミツバチ種で見つけられている。しかし、異種間での交



図 12 サバミツバチの雄蜂と働き蜂



図 13 オオミツバチの雄蜂と働き蜂

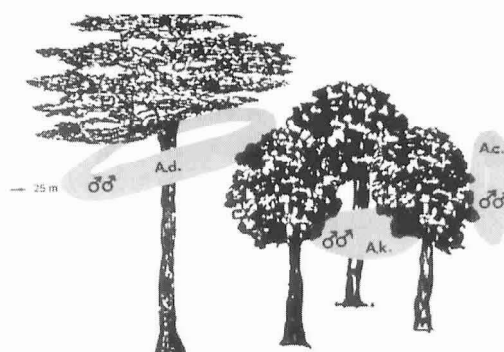


図 14 オオミツバチ (*A.d.*), サバミツバチ (*A.k.*), トウヨウミツバチ (*A.c.*) の雄蜂の集合場所の相違
ミツバチの種間で、雄蜂の飛行範囲を変えた高度が選ばれている。

尾は成功しない。雄蜂の複雑な交尾器は、同種の女王蜂の生殖器官に完全に結合するようになっている。そのことが異種女王蜂との交尾が、しばしば両方の死という複雑な結果をもたらすことにもなる。

テノムでの 1 日の雄蜂の飛行時刻は次のようである。クロコミツバチの雄蜂は 12:00～13:45, トウヨウミツバチの雄蜂の飛行は、14:00 に飛行を開始して 15:30 に終了する。サバミツバチの雄蜂は 16:45～18:15 の間で飛行する。一方、オオミツバチの雄蜂は、夕暮れ時の 18:35～19:05 の間飛行する。グヌングイマス（標高 2,040m）に生息しているキナバルヤマミツバチの雄蜂は、10:45 に飛行を開始して 13:15 まで飛んでいた。キナバルヤマミツバチの飛行時刻をサバ州にいる他のミツバチと比較すると、クロコミツバチの飛行時刻と少しオーバーラップしていることが分かる（図 15）。しかし山岳に生息するキナバルヤマミツバチと、野外に小さな単葉の巣を作るクロコミツバチはうまく生息域が分かれている。私たちのデータによると、サバ州におけるクロコミツバチは低地のハチで、1,000m 以上の高さの場所ではほとんど見られない。自然に生息しているキナバルヤマミツバチは、標高 1,500m の場所で見られ、その場所が最低境界線で、低い山あいの森でフタバガキの森に隣接している。このようにして異種間交尾を防いでいる。

セイヨウミツバチに関しては、ヨーロッパや北アメリカで過去 100 年の間に、科学的かつ産業的な進歩に伴って研究対象としても重要となった。そして最も研究された昆虫の 1 つとなった。そのため、養蜂やハチミツ生産方法が急速に進歩を遂げ、セイヨウミツバチは世界中のハチミツ生産供給源として、不動の地位を獲得した。

雄蜂はしばしば異種の女王蜂に誘引されるが、それは彼らの交尾器官が合うようにできていないため、不運な結果になることが認められている。サバ州ではミツバチのそれぞれの種間で、交尾飛行の時間を上手に分けている。それぞれの種は、雄蜂の交尾飛行の時間を種によって好む時間に変化させて、同一種が集まる時間帯が過ぎると別の種と交代するようにしている。キナバルヤマミツバチとクロコミツバチの交尾飛行時間帯が重なっているが、生物学的には重要な意味を持っていない。それは自然に生息しているクロコミツバチは低地に限られ、キナバルヤマミツバチは山岳部に限られているからである。

アジア諸国に存在する伝統養蜂が、在来種ミツバチの生物学的多様性を維持するのに大いに役立っている。アジアの熱帯雨林の高木で作られる林冠がオオミツバチの巣の防衛となり、その森で取れる大量のハチミツや蜂ろうの収穫量を現在に至るまで維持している。小型のミツバチであるコミツバチとクロコミツバチのハチミツは定期的に収穫され、主な使用法は伝統的な医薬品の調合剤である。アジアの飼育ミツバチであるトウヨウミツバチはハニーハンターの的になり、貯蜜時期には巣ごと採られてしまう。トウヨウミツバチは地域によって特別な役目を果たしている。昔から人々はトウヨウミツバチを飼育するために、壊れたポットを軒下に吊るしたり、自分たちの畑や庭に空洞のある木を切って置いたり、家の壁をくりぬいて巣箱にするなどしている。このようにアジアの諸国では、ハチミツ狩りから初歩的な飼育まで、様々な伝統技術が実際に存在する。しかし、効率的、かつ経済的にハチミツを生産するためには、い

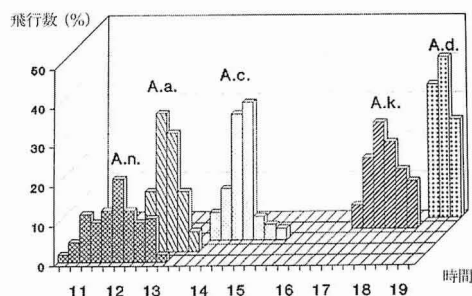


図 15 サバにおける雄蜂の飛行時間

左より：キナバルヤマミツバチ (*A.n.*)、クロコミツバチ (*A.a.*)、トウヨウミツバチ (*A.c.*)、サバミツバチ (*A.k.*)、オオミツバチ (*A.d.*)

種間で飛行時刻が分かれている。ただ、キナバルヤマミツバチ (*A.n.*) とクロコミツバチ (*A.a.*) の飛行時間が重なり合っているが、クロコミツバチは低地にキナバルヤマミツバチは山岳地域に生息している時間の重なりの問題はない。

くつかの大きな困難に直面している。

第 1 にトウヨウミツバチは、一般的にセイヨウミツバチの小型化されたもので、原始的な種と考えられていた。そのためセイヨウミツバチに用いられていた養蜂技術が採用されてきたが、セイヨウミツバチと同じ方法の導入はあまり成功していない。トウヨウミツバチは、適切な管理をしないと分蜂や逃去をしてしまい、またハチミツの生産性も低いのである。熱帯地域の多くの国々では、トウヨウミツバチで同じような経験しているため、ハチミツ生産性が劣り、経済的価値も低いミツバチという誤った評価がついてしまった。そこで、アジア諸国ではハチミツ生産のためにセイヨウミツバチが導入された。セイヨウミツバチの導入は、一部の地域を除いて、ほとんどは失敗に終わっている。導入されたセイヨウミツバチは、鳥、スズメバチ、寄生虫、特にダニなどの外敵の被害をうけた。しかし、北部インドや中国、それにいくつかのアジア諸国では、セイヨウミツバチの導入が確立し、養蜂家はこの外来のミツバチを飼って大量のハチミツ生産に成功している。

これらのいくつかの成功例はあるが、2、3の弊害が見られる。導入されたミツバチは、在来種、特にトウヨウミツバチの自然バランスを壊

し、セイヨウミツバチを大々的に飼っている地域では絶滅の状況にある。また、導入種と在来種のミツバチ間で、寄生虫や病気をうつし合うことは避けられないために、両方の種に致命的な打撃を与える結果となっている。例えば、セイヨウミツバチはアジア種の寄生ダニに対して有効な防御方法を持っていない。ミツバチトゲダニ、*Tropilaelaps clareae* とミツバチヘギイタダニ、*Varroa jacobsoni* は、在来種のミツバチ（オオミツバチとトウヨウミツバチ）の寄生主となっているが、ハチ自身によって効果的に駆除することができている。しかしこのダニは、セイヨウミツバチの群で急速に蔓延するため、ハチの数が激減し群の消滅の原因となっている。そのため養蜂家は、常に自分の群を点検して処置をする必要がある。アジアでのセイヨウミツバチ養蜂では、殺ダニ剤を投与するのが一般的になっているが、この事がハチミツやその他の養蜂生産物への化学的な汚染を引き起こす原因にもなりかねない。

近年、熱帯地域の広大で、感動的な生物多様性の重要性が認識されつつあり、より広く地球規模での環境研究が始まったところである。アジアのミツバチの多様性に国際的な注目が集まるようになり、比較行動、生理学的な研究データがたくさん手に入れることができるようになった。今では、トウヨウミツバチがセイヨウミツバチより原始的で、小型化したハチでないということが知られている。アジアのミツバチは、いくつかの特質が複合した種で、群の防衛や寄生虫に対して高い抵抗を持っているなど、行動学的に進化しているという性質はセイヨウミツバチよりはるかに優れている。

テノムのミツバチ研究チームは、アジアのミツバチの研究をする上で重要な役割を果たしている。その結果として、トウヨウミツバチや最近ではサバミツバチの生態や生理が解明されてきた。アジアのミツバチの養蜂概念は、セイヨウミツバチの考えから脱却し、より独立した物になり理解も進んでいる。このような画期的な取り組みが、実際の養蜂手段に取り入れられている。同時にミツバチの群が、地域の動物相の

中で固有の環境を残している。養蜂家は危害を加える鳥や、スズメバチ、ダニなどに対して、破壊的な処理を行わず、自然環境に配慮した方法をとっている。このような活動で得たハチミツは、純粋な自然の産物であり、ミツバチが行う受粉行動がその地域の植物の維持に重要な役割を果たしている。

養蜂の発展のためにこのような概念がより深い研究と試験を必要とする。一步一步テノムで始まった研究は、サバ州やその他のマレーシア地域で有効である事が証明された。しかし私たちの多くは、この仕事の重要性を遠い将来に目標を広げている。環境維持に有効で収入を生む農業活動として素晴らしい例として証明したい。このような概念が大陸のより深い地域にまで、そして多くのアジアのミツバチに行き渡るように希望している。最後に「ハチミツ生産のために在来のミツバチを飼うことが、より多くの活力を得ることになるに違いない」という言葉を残す。

(著者の住所は下記参照)

翻訳 吉田忠晴)

SALIM TINGEK¹⁾ and NIKOLAUS KOENIGE²⁾. Exploring the centre of honeybee diversity. *Honeybee Science* (2002) 23 (4): 145-152. 1) Agriculture Research Station, P. O. Box 197, 89908 Tenom, Department of Agriculture Sabah, Malaysia, 2) Institut fuer Bienenkunde, Fachbereich Biologie und Informatik, University Frankfurt, Karl-von-Frisch-Weg 2, 61440 Oberursel, Germany.

In Borneo, as many as five *Apis* species occur

naturally, including the newly discovered mountain bee of Sabah, *Apis nuluensis*. Considering that the number of honeybee species generally recognised is not more than eight or nine, Borneo can be called the "centre of honeybee biodiversity".

Existing modern technique developed for the well researched Western honeybee, *Apis mellifera*, have been tested and failed in several tropical Asian countries. So, the route towards the development of new methods of honeybee management appropriate to the local conditions and Asian honeybees must be paved by sound research. Exploring the native honeybees and their biodiversity, therefore, is not only of great scientific interest but should prove extremely beneficial to the rural people.

Major progress in management methods has doubled the annual yield of *Apis cerana* colonies at the A. R. S., Tenom (Sabah), which ranged from 10 kg to 29 kg per colony per year. Further, A. R. S Tenom is the only place known worldwide where *Apis koschevnikovi* is kept and used for honey production in modern hives. Mating behaviour, queen production, pollination and breeding methods were among the many research topics.

Step by step, the research begun in Tenom has proven valid in Sabah and other regions of Malaysia. But to many of us, the importance of this work stretches far beyond. It demonstrates a fine example for an income generating agricultural activity which is beneficial to environmental conservation. We hope that this concept will be expanded to further parts of the continent and other Asian honeybee species. "Keeping local bees for honey production and conservation must gain more momentum"!