

## アマゾン地域におけるベニノキの 花粉媒介と送粉昆虫

Márcia M. Maués and Giorgio C. Venturieri

ベニノキ（アナトー）*Bixa orellana*（ブラジル名ウルクー）は熱帯アメリカ原産の植物で、その種子は天然色素の原料となる。抽出されるカロチノイド系天然色素のアナトー色素（ノルビキシンおよびビキシン）は黄～橙色を呈し、油溶性から水溶性まで各種のタイプが供給されるので食品や薬剤などに広く利用されている。日本での 1994 年における推定需要は 1% 溶液換算で 1100t に及ぶ。

ベニノキはブラジルでは伝統的にインディオが食品の着色や体に塗る染料として利用しており、また今日では家庭での調理用色素として、あるいは工業用の色素、染料などとして広く利用されている。国内消費の方が中心ではあるがペルー、ケニアなどの輸出向け生産国に次いで日本や欧米諸国への原料輸出も行っている。そこで多くの農家の注目を集め、ブラジル各地で盛んに栽培され、アマゾン川河口域のパラー州においても作付面積は 1564 ha に達する（1994 年 6 月現在）。ブラジルは種子生産量では世界第一位であるが、品質は主輸出国に比べて悪いといわれている（Kato and Falesi, 1992）。

このような背景から、ベニノキの栽培法、種子生産、その管理および加工に関してはこれまでに相当の研究の蓄積があり、技術も向上しつつある。しかし花粉媒介については、特にその送粉昆虫についての知見が乏しく研究が立ち遅れていた。

そこでパラー州ベレン市にあるブラジル農牧省農業研究公社湿潤熱帯農業研究センター EMBRAPA-CPATU は、1990 年に始まった日本の国際協力事業団（JICA）との共同事業で

あるアマゾン農業研究協力プロジェクトに一課題として加えられた「経済性作物の受粉昆虫の同定とその増殖に関する研究」の対象植物のひとつとしてベニノキを取り扱い、その調査研究を進めてきた。本稿ではこの中で主に 1991～93 年にパラー州で行われたベニノキの花の生物学的な調査を中心に、有効な花粉媒介昆虫を有効にするための方策を検討した。

### ベニノキの花

ベニノキはベニノキ科に属し、花は萼片 5 枚、花弁 5 枚が輪生する放射相称花で、単散花序を形成する。花弁は淡い桃色か白で、多数の雄ずいがあり、葯は黄色い。花には甘い微香がある。一般に夜明け前に開花が始まり、完全に開花するまでに 1 時間を要する。ここでいう開花の開始とは花弁が開き始めた時点で、雄ずいと雄ずいがいずれも露出した状態をもって完全な開花とした。

花をアンモニア蒸気に曝し、紫外線を照射して観察すると、雄ずいの半分くらいから先が蛍光を発する。また中性赤で染色した場合には雌ずいの上方と花弁の縁に発香部特有の染色が見らる。訪花する昆虫は、芳香に惹きつけるだけでなく、特に至近距離では視覚によってこれらの特異な色素分布パターンを認識しているのであろう。

ベニノキの花には蜜腺がなく花粉媒介者への報酬としては花粉だけを提供するが、花の付け根部分に花外蜜腺があり、これから分泌される蜜は主にアシナガバチ類や *Solenopsis saevissima* などのアリ類が利用する。このアリは花序を行き来するので食植性の害虫を排除

するのに役立っていると考えられる。

雄ずいは開花中の花では平均  $304 \pm 72$  本で、開花前に袋掛けした場合には平均  $419 \pm 17$  本となった。これは開花後に訪花昆虫によってかなりの雄ずいが失われることを示している。葯は孔開し、花粉粒は1花あたり約130万個である。胚珠数は1花当たり平均56で、花粉と胚珠との比はおよそ23000:1で、多花粉花といえる。

### ベニノキの受粉

一般に花粉の多い花は他家受精であるといわれ、またベニノキ自体も他家受精であり、異株の花粉の方が受精率が高いといわれてきた。しかし今回の実験では、自花受粉による受精率が高く、葯除去をしない自花花粉の受精が起こり得る処理区で受粉率が高くなる傾向となった。また自花花粉だけでも振動を加えて花粉の飛散を促進することで最も高い受粉率を示し十分な種子生産が可能になったことがわかった(表1)。これはベニノキが原則他家受粉であるが自花花粉による受粉も受容することを示している。

自然状態のベニノキはアマゾン地域では年中花と果実を見ることが可能であるが、季節消長も見られる。乾季への移行期の7~9月は花が少なく、蕾と果実の数も少なくなる。雨季から雨季明けまでの1~5月には蕾、花と果実が多

表1 交配処理したベニノキの結実状況  
(1993年1~3月)

処理区	結果率	種子数
異株花粉	80	49
異株花粉+葯除去	65	43
同株花粉	62	46
同株花粉+葯除去	60	42
自花花粉+振動	85	50
自花花粉	32	35
無花粉	5	—
自然対照区	55	47

\*対照区を除く処理区は袋掛けで花粉媒介者による受粉を排除した。

異株花粉と同株花粉は開葯して得た花粉を人為的に処理した。

自花花粉は袋をかけた上で振動を加えたものと加えないものを比較した。

い。気象記録を参照すると開花の盛んな時期は最も気温が低く日照時間が短いときで、逆に湿度が高く降水量が多いときにあたる。果実の成熟日数は40~45日で、完熟した果実の大きさは長さ  $40.9 \pm 3.0$ mm、幅  $25.7 \pm 2.7$ mmであった。なお成熟日数に関して、中米のコスタリカでは60~80日であると報告されている(Enriquez and Acre, 1991)。結果率は雨季明けに高く(61%, 1991年5月~6月)、雨季には42.5%(1992年2~3月)となった。これは雨季には訪花昆虫が少なくなるか、訪花の頻度が下がるためと考えられる。

アナトー色素生産の観点からは、雨季に収穫される種子では、水分含量が高く色素の歩留まりが悪いこと、また移動・保存中にカビが生えやすいため乾季に結実する方が望ましい。そこで一般にパラ州では剪定によって乾季始めの8月がベニノキの種子収穫のピークとなるような栽培を行っている。したがって花粉媒介の効率は相対的には高いものと思われる。

### 送粉昆虫

ベニノキを訪花する代表的なハナバチ類としてはコシブトハナバチ科ではクマバチ族の *Xylocopa frontalis* と *X. aurulenta*, Centridini 族の *Epicharis rustica* と *Centris similis* (および未同定の同属一種) が、ミツバチ科ではマルハナバチ族の *Bombus transversalis*, シタバチ族の *Euleaema cingulata*, *E. meriana*, および *Euglossa* sp., ハリナシバチ族の *Melipona melanoventer* があげられる(図2)。これらのハチ類は日の出後、およそ開花の15分後に訪花を開始し、午前8時半までは盛んに活動しているがその後徐々に減少していく。

上記のハチ類はいずれも大型~中型のもので(体長12~28mm)、花に飛来すると大顎と肢で雄ずいを抱え込むようにつかみ、飛翔筋を振るわせてその振動を花に伝える。この振動によって花粉は煙のように飛散し、花卉の上やハチの体毛上に落ちる。このときの振動音は5m離れたところでも聞こえるほど大きい。花粉は後肢に花粉収集器(コシブトハナバチ科では剛毛が

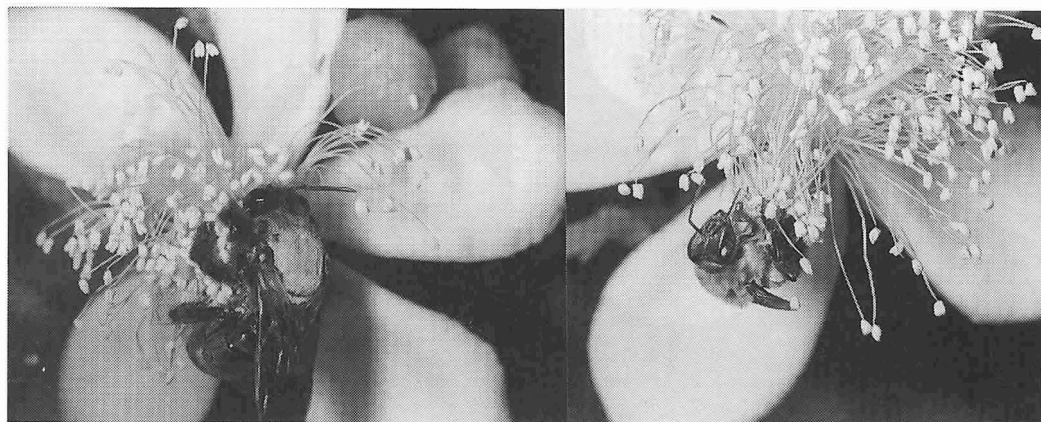


図1 ベニノキの花で振動受粉する *Epicharis rustica* (左) と *Melipona melanoventer* (右)

密生する scopa, ミツバチ科ではかご状の corbicula と呼ばれる部分) に集められ, 巣に持ち帰られる。

このほかに訪花が確認されたハナバチのうちハリナシバチの一種 *Trigona fulviventris* は葯の孔から直接花粉を集める。この花粉採集行動は口器を使って絞り出すように見えるので “milking (乳搾り)” (または biting) と呼ばれるが, 花粉の飛散は起こらず, またハチの体が小さいので雄ずいには触れても同時に雌ずいにも接触することはない (図2)。またセイヨウミツバチや別の *Trigona* 属のハリナシバチが他のハナバナ類が振動で花弁に落とした花粉を集めるのも観察された (図3)。この行動は “gleaning (落ち穂拾い)” と呼ばれ, この場合は雄ずいにも雌ずいにも接触しない。

ハナバチによるベニノキのように孔開する葯をもつ花の花粉採集方式には以上の3方式が知られているが (Roubik, 1989), 振動によるもの以外は通常花粉媒介を伴わないため植物側には利益がない。なおヨーロッパや日本ではトマト栽培ハウスにマルハナバチを導入しているが, これは振動による花粉採集を行うハナバチによる花粉媒介 (振動受粉) を実用的に利用している好例である。

### 花粉媒介効率を上げるために

振動受粉を行うハチ類はミツバチ上科11科中, ハキリバチ科など5科を除く6科にわたる

(Buchmann, 1983)。ベニノキで訪花が最もよく観察された *X. frontalis* と *E. rustica* もコシブトハナバチ科に属する単独営巣性のハナバチである。本プロジェクトでは訪花昆虫の増殖をテーマに含めているが, 社会性のミツバチとは異なり, これらのハナバチ類を人為的に増殖させ花粉媒介に利用するのは容易ではない。マレーシアではパッションフルーツの花粉媒介のためにクマバチ類が好む木のブロックを営巣場所として提供し, 農園内での個体群密度の上昇をねらっており (Mardan, 私信), コスタリカでも木製のブロックを森林内に設置して *Centris* 属のハナバチを営巣させて個体群調査を行った例もあり (Frankie and Newstrom, 1993), 同じような木製ブロック設置による営巣場所の提供と, それを農園に移動して花粉媒介者の密度を上げる方策も検討中である。さらに振動受粉を行うマルハナバチやハリナシバチの飼育も現在試行錯誤の段階に入っている。

一方でアマゾン地域はこれらのハナバチ類が営巣している広大な森林を有している。したがって, 花粉媒介を効率よく行うためにはベニノキ栽培地を天然林なり再生林なりの近くに設定するか, あるいは周囲に森林を維持して, 自然の花粉媒介者の個体群密度をある程度のレベルに保つことも花粉媒介効率を向上させるひとつの方法である。昨今この地域での森林破壊が問題となっており, 生態系の保全という観点からも森林の維持による花粉媒介者の保護を提唱し



図2 “milking”を行うハリナシバチ *Trigona* sp.

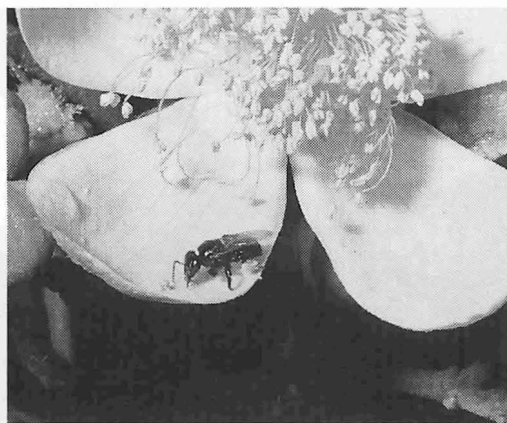


図3 花卉に落ちた花粉を集めるハリナシバチ *Trigona* sp.

たい。

さらにベニノキの花粉媒介者であるクマバチ類はベニノキ以外にも種々の経済性の高い熱帯産植物、例えばマメ類、パパイヤ、パッションフルーツなどの重要な花粉媒介者でもある。したがってこれらの作物を栽培する場合に、訪花昆虫を栽培地内へと誘引するための手段として、年中花をつけるベニノキの混植を行うことは有効と考えられる。

(著者の連絡先は下記参照) (翻訳 中村 純)

#### 引用文献

- Kato, O.R. and I.C. Falese. 1992. Rev. Brasil. Cor. Nat. 1 (1): 201-219.
- Buchmann, S.L. 1983. Handbook of Experimental Pollination Biology (Jones, C.E. and R.J. Little eds.). p. 73-113.
- Frankie, G.W. and L. Newstrom 1993. Biotropica 25 (3): 322-333.
- Roubik, D. W. 1989. Ecology and Natural History of Tropical Bees. Cambridge Univ. Press. Cambridge. pp. 514.
- MAUÉS, M. M. and G. C. VENTURIERI. Pollination biology of anatto and its pollinators in Amazon area. *Honeybee Science* (1995) 16(1): 27-30.
- EMBRAPA-CPATU, C.P. No.48, Belém, Pará, Brasil.

Anatto, *Bixa orellana*, is a plant native to Neotropics and its seed is an economically important crop in Brazil as a source of natural dyes, norbixine and bixine, for foods and medicines.

Generally, the flower of anatto is known as allogamous and it has been thought to need cross pollination. However, when a flower was vibrated manually instead of by pollinators, the ratios of fruit setting and seed production reached at the level of those with hand and insect pollinations. Further, flowers without emasculation in both allogamous and geitonogamous conditions were resulted in higher fruit setting than those with emasculation. It showed that the flower of anatto, at least of this variety, is principally allogamous and can accept self-pollens.

This flower needs particular pollinators which can vibrate the poricidal anthers to eject pollens. As the efficient buzz-pollinators, *Xylocopa frontalis*, *Epicharis rustica*, and *Melipona melanoventer* were observed frequently on the flowers. While honeybees, *Apis mellifera*, and some Trigonini stinglessbees were observed collecting pollens in the manner as known as milking or gleanig which is inefficient on pollination.