

## シデコブシとタムシバの交雑および自家和合性

小枝 剛・中島美幸・坂井至通

Crossing and self-compatibility between *Magnolia stellata* and *M. salicifolia*.

Tsuyoshi SAEDA, Miyuki NAKASHIMA, Yoshimichi SAKAI

モクレン科 (*Magnoliaceae*) 植物のシデコブシ (*M. stellata*) とタムシバ (*M. salicifolia*) 間で、異種交雑が起るかどうかが検討するため人工交雑を実施した。正逆どちらの交雑でも結実種子が得られた事から、シデコブシとタムシバ間で交雑可能である事が明らかになった。

また、シデコブシとタムシバそれぞれの自家和合性の有無について検討するため、人工自家授粉・他家受粉処理を行った。シデコブシとタムシバともに自家受粉で結実種子が得られた事から、ともに自家和合性である事が明らかになった。

キーワード：モクレン科, シデコブシ, タムシバ, 交雑, 自家和合性

### I はじめに

日本には1属3節5種のモクレン科 (*Magnoliaceae*) 植物が分布し、このうちシデコブシ (*M. stellata*)、タムシバ (*M. salicifolia*)、コブシ (*M. kobus*) の3種はモクレン属 (*Magnolia*) コブシ節 (*Buergeria*) に属している (Nooteboom, 1985)。タムシバは本州、四国および九州、コブシは四国を除くほぼ日本全土にそれぞれ分布するのに対し、シデコブシは愛知県の渥美半島から岐阜県の東濃地域、中濃地域の一部、三重県四日市市にかけて周伊勢湾の丘陵地の限られた地域に分布する希少固有種である。3種の岐阜県内分布をみると、タムシバは暖温帯から冷温帯地域に広く分布し、シデコブシは東濃地域の砂礫層を中心に中濃地域まで分布している。また、コブシは岐阜県北部の冷温帯地域の一部に分布している (成瀬, 1982, 1983, 1984)。

東濃地域、中濃地域はシデコブシとタムシバの分布域が比較的近接している地域で、このような地域ではシデコブシとタムシバ間で異種交雑が起る可能性が考えられる。希少固有種のシデコブシ集団にタムシバの遺伝的形質が混入すると、純粋なシデコブシの維持・保全にも大きな影響を与える事になる。しかし実際にシデコブシとタムシバ間で異種交雑が起るかどうかが、まだ明らかにされていないため、交雑の可能性について検討した。

また、モクレン科植物は同一花内では雌ずいと雄ず

いの熟期が異なる雌性先熟型の開花特性を持ち、個花の開花では同調しない (Kikuzawa, 1990)。この機構によりホオノキ節 (*Rytidospermum*) のホオノキ (*M. obovata*) は同花受粉を行わないが、自家和合性である事が明らかにされている (石田, 1994)。そこでシデコブシとタムシバの自家和合性についても調査を行った。

### II 材料及び方法

#### 1. 材料

シデコブシとタムシバ間の交雑は、シデコブシは当森林科学研究所 (北緯35° 33', 東経136° 55' : 研究所内) 植木計2個体および恵那市飯地町 (北緯35° 25', 東経137° 23' : 飯地町) の自生木計2個体、タムシバは清見村西ウレ (北緯36° 01', 東経137° 04' : 西ウレ) の自生木計3個体を用いて行った。

自家和合性調査は、シデコブシは多治見市南姫 (北緯35° 20', 東経137° 03' 南姫) の自生木計22個体、タムシバは交雑に用いたのと同じ清見村西ウレの自生木計3個体を用いて行った。

交雑に用いた花粉は、研究所内シデコブシおよび飯地町シデコブシには兵庫県宝塚市にて採取したタムシバから、清見村タムシバには研究所内シデコブシから交雑時期にあわせて開花調整した花粉を用いた。

## 2. 方法

交雑は、研究所内シデコブシの計13花、飯地町シデコブシの計28花、そして清見村タムシバの計33花について実施した。交雑時に用いた花粉は、蕾が枝に付いたままの状態では枝切り口を保湿して冷蔵保存し、交雑実施日前に室温に置いて開花させる事により葯を開葯して花粉を調整した。

自家和合性では、自家受粉 (Self-pollination:SP)、他家受粉 (Cross-pollination:CP) の実施と同時に、雌ずいに同一花内の花粉が受粉する同花受粉 (Same flower-pollination:SFP) が起きるかどうか検討するため、SFPの試験区は他の花の花粉を受粉しないよう開花期間中袋がけ処理を行った。南姫シデコブシではSFPは20個体計31花、SPは13個体計37花そしてCPは10個体計37花に、清見村タムシバではSFPは3個体計18花、SPは2個体計12花そしてCPは2個体計17花について実施した。受粉に用いた花粉は、受粉当日に現地で開花していた花から調整した。

交雑および自家和合性の検討のいずれも、4月に開花直前の蕾について除雄処理後、他花粉が受粉するのを防ぐために袋がけを行った。その1日または2日後の、交雑または受粉処理実施後にも袋がけを行い、開花期間終了後に袋を取り外した。9月に結実した集合果について種子落下及び鳥害を防ぐため再び袋がけを実施し、10月に成熟した集合果を袋ごと回収した。

## 3. 調査

集合果形態および種子形質について調査し、カビ・虫食いが激しい集合果は調査から除いた。

### 3-1 集合果形態

集合果の長さ、幅および重量とともに、集合果に生じる曲りや反りを相対的に示す指標として、集合果の基部から果頂部へ向けての曲り 't' が  $t=0^\circ$  の場合は "0",  $0^\circ < t \leq 45^\circ$  は "1",  $45^\circ < t \leq 90^\circ$  は "2" として  $90^\circ < t$  は "3" とする『曲度』を設定し、調査を行った (図-1)。

### 3-2 種子形質

モクレン科植物の集合果は約30~40の袋果で構成されており、1個の袋果の中には0~2個の種子を有するとされている (石田, 1994)。これは袋果が植物学的には2個の胚珠を持つ心皮が発達して出来たものであるからで、そこで (全袋果数 $\times$ 2) より1集合果に出来る最多種子数である『理論上全種子数』を求めた。

種子を1粒または2粒含む袋果をそれぞれ1粒袋果、

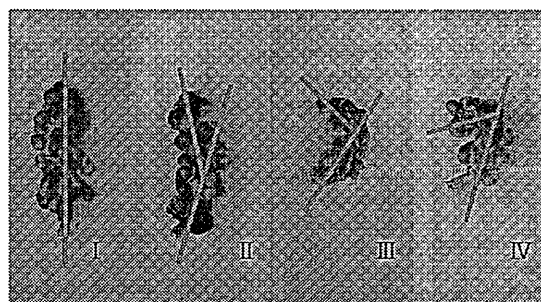


図-1 集合果の曲り 't' と『曲度』

- I :  $t=0^\circ$  の場合 "0"
- II :  $0^\circ < t \leq 45^\circ$  の場合 "1"
- III :  $45^\circ < t \leq 90^\circ$  の場合 "2"
- IV :  $90^\circ < t$  の場合 "3"

2粒袋果と呼ぶ事にし、種子形質として1集合果あたりの1粒袋果に含まれる種子数、2粒袋果に含まれる種子数および全種子数、1粒袋果数、2粒袋果数および全袋果数、1粒袋果の種子重、2粒袋果の種子重および全種子重について調査するとともに、(全種子数)/(理論上全種子数)より「種子形成率」を、(2粒袋果数)/(成熟袋果数)より「2粒袋果率」を求めた。これらの値は処理区別に個体毎および全体の平均値および標準誤差としてまとめた。

## III 結果及び考察

### 1. シデコブシとタムシバ間の交雑

飯地町シデコブシは全て未熟落果したが、研究所内シデコブシは全体で39%、清見村タムシバは61%が集合果として結実した。飯地町シデコブシが全て未熟落果したのは、交雑実施が研究所シデコブシは4月11日、飯地町シデコブシは4月17日で飯地町の方が約一週間遅かったため、飯地町シデコブシの交雑時には花粉親に用いた宝塚タムシバが冷蔵による維持可能期間を過ぎ、花粉が受精能を喪失してしまっていたからと推定される。清見村タムシバでは、交雑を実施した全3個体中1個体で集合果を得る事は出来なかったが、これは同時に実施した個体で結実が確認できている事から、用いた研究所内シデコブシ花粉の受精能に支障はなく、実施数が高個体の12花と18花に対し3花と少なかった事が影響したと考えられる (表-1)。

得られた集合果の形態を図-2に示した。正逆どちらの組み合わせの集合果も、果実長が短くねじ曲がったモクレン科植物特有の集合果形態を示した。

宝塚タムシバ $\times$ 研究所内シデコブシ (以下、交雑研究所シデコブシ) では、個体No.2が1集合果しか得られず、個体No.1と単純に比較するしかなかったが

表-1 交雑実施数および結実集合果数

(♂) × (♀)	個体No.	交雑 実施数	結実 集合果数	結実率 (%)
研究所内 タムシバ × シデコブシ	No. 1	10	4	40.0
	No. 2	3	1	33.3
	total	13	5	38.5
恵那市飯地町 タムシバ × シデコブシ	No. 3	20	0	0
	No. 4	22	0	0
	total	42	0	0
清見村 シデコブシ × タムシバ	No. 1	12	9	75.0
	No. 2	3	0	0
	No. 3	18	11	61.1
	total	33	20	60.6

集合果形態に差は見られなかった。研究所内シデコブシ × 清見村タムシバ（以下、交雑清見村タムシバ）では、個体No. 1と個体No. 3間で果実長および果実重に有意差が見られ（ともに $P < 0.001$ ）、個体No. 1の集合果は個体No. 3に比べ長く重くなった。果実幅および曲度には有意差は見られなかった（ $0.1 < P < 0.2$ 、および $0.2 < P < 0.3$ ）（表-2）。

1集合果あたりの全種子数は、交雑研究所シデコブシが4.6粒で交雑清見村タムシバが13.1粒、そして種子形成率は交雑研究所シデコブシが5.8%で交雑清見

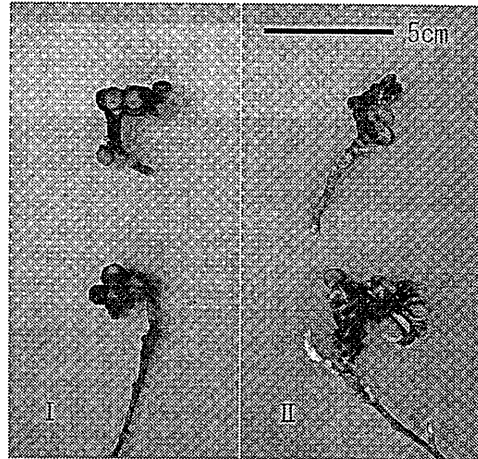


図-2 交雑処理により得た集合果

- I : タムシバ × 研究所シデコブシ 個体No. 1  
II : シデコブシ × 清見村タムシバ 個体No. 3

村タムシバが23.1%であった。交雑研究所シデコブシでは個体No. 2が1集合果しか得られず、個体No. 1と単純に比較するしかなかったが、個体間で成熟種子数および種子形成率に差はないのに対し、交雑清見村タムシバでは個体No. 1とNo. 3間で全種子数は29.5粒と3.3粒、そして種子形成率は53.8%と4.7%で、と

表-2 交雑処理 集合果形態調査結果

	タムシバ × 研究所シデコブシ			シデコブシ × 清見村タムシバ		
	No. 1	No. 2	Total	No. 1	No. 3	Total
調査数	4	1	5	6	10	16
果実長 (mm)	31.0	38.0	32.5 ± 3.11	51.9 <sup>a</sup>	32.2 <sup>a</sup>	39.6 ± 3.01
果実幅 (mm)	17.8	22.6	18.7 ± 3.31	20.0 <sup>b</sup>	16.8 <sup>b</sup>	18.0 ± 0.99
果実重 (g)	1.8	1.6	1.7 ± 0.61	4.0 <sup>d</sup>	0.9 <sup>d</sup>	2.1 ± 0.42
曲度	2.0	2.0	2.0 ± 0.61	1.0 <sup>e</sup>	1.6 <sup>e</sup>	1.4 ± 0.24

数値は個体No. については(平均値)を、Totalでは(平均値) ± (標準誤差)を示す  
数値右肩アルファベット：小文字と大文字の組は $P < 0.05$ で有意差がある事を示す  
小文字どうしの組は $P \geq 0.05$ で有意差は見られない

表-3 交雑処理 種子形質調査結果

	タムシバ × 研究所シデコブシ			シデコブシ × 清見村タムシバ		
	No. 1	No. 2	Total	No. 1	No. 3	Total
調査数	4	1	5	6	10	16
全種子数	4.5	5.0	4.6 ± 1.40	29.5 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	13.1 ± 3.58
種子形成率 (%)	5.8	5.8	5.8 ± 1.42	53.8 <sup>b</sup>	4.7 <sup>b</sup>	23.1 ± 6.37
2粒袋果数	0.0	0.0	0.0	10.5 <sup>d</sup>	0.4 <sup>d</sup>	4.2 ± 1.43
2粒袋果率 (%)	0.0	0.0	0.0	52.8 <sup>e</sup>	10.0 <sup>e</sup>	26.0 ± 7.13

数値は個体No. については(平均値)を、Totalでは(平均値) ± (標準誤差)を示す  
数値右肩アルファベット：小文字と大文字の組は $P < 0.05$ で有意差がある事を示す  
小文字どうしの組は $P \geq 0.05$ で有意差は見られない

表-4 受粉処理実施数および結実集合果数

	シデコブシ			タムシバ		
	供試 個体数	実施数	結実数 (結実率)	供試 個体数	実施数	結実数 (結実率)
同花受粉 (SFP)	20	31	0 (0)	3	18	0 (0)
自家受粉 (SP)	13	37	27 (72.9)	2	12	8 (66.7)
他家受粉 (CP)	10	37	34 (91.9)	2	17	9 (52.9)

もに有意差が見られた (ともに $P < 0.001$ ) (表-3)。

交雑研究所シデコブシでは、袋果は全て1粒袋果で2粒袋果は見られなかった。交雑清見村タムシバでは2粒袋果が見られたが、個体No.1とNo.3の2粒袋果数は10.5と0.4、そして2粒袋果率は52.8%と10.0%で、ともに有意差が見られた ( $P < 0.001$ , および $0.001 < P < 0.01$ ) (表-3)。

以上の結果より、シデコブシとタムシバ間では交雑が可能である事が明らかになった。

また、交雑清見村タムシバでは得られた種子数や種子形成率に個体間で差が見られた事から、タムシバのシデコブシ花粉による異種交雑では種子結実に個体間差があると考えられた。

## 2. シデコブシとタムシバの自家和合性

SPとCPではシデコブシで73%と92%、タムシバでは67%と53%の集合果が結実した。SPで集合果が結実し種子が得られた事からシデコブシとタムシバは自家和合性であると認められた。また、SFPはシデコブシとタムシバともに全て未熟落果した。モクレン科植物は雌性先熟型の開花をする事からホオノキの報告と同様に、これが今回SFPが全て未熟落果した原因の一つであり、同花受粉を防ぐ機構として機能していると考えられる (表-4)。

集合果の形態は、シデコブシとタムシバともにSPでは曲がった形態のものが、CPではまっすぐな形態を示すものが多く見られた (図-3)。

シデコブシとタムシバともに、SPとCP間の果実長で有意差 (ともに $P < 0.001$ ) が見られ、CPではSPに比べ集合果は長くなった。シデコブシでは果実幅、果実重および曲度でSPとCP間に有意差が見られ (全て $P < 0.001$ )、シデコブシのCPの集合果はSPの集合果に比べ幅広で重く、まっすぐな形態を示した。タムシバでは果実重および曲度でSPとCP間に有意差が見られた (ともに $P < 0.001$ ) が、果実幅には有意差が見られなかった ( $0.1 < P < 0.2$ )。曲度はシデコブシとタムシバのどちらもSPにおいて集合果の曲りが大きくなった (表-5)。

受粉処理により得られた1集合果あたりの全種子数

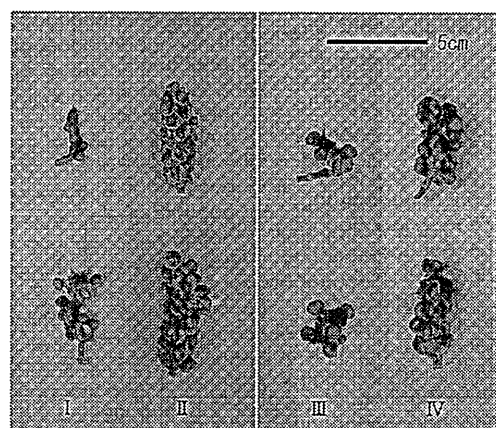


図-3 受粉処理により得た集合果

- I : シデコブシ 個体No.11 自家受粉 (SP)
- II : シデコブシ 個体No.16 他家受粉 (CP)
- III : タムシバ 個体No.1 自家受粉 (SP)
- IV : タムシバ 個体No.1 他家受粉 (CP)

は、シデコブシでSPが11.4粒に対しCPが43.7粒、タムシバでSPが6.2粒に対しCPが27.9粒で、ともにSPの全種子数はCPの約1/4と少なくなった。そのため種子形成率もシデコブシでSPが17%に対しCPが59%、タムシバでSPが14%に対しCPが53%とCPがSPに比べ高く (表-6)、シデコブシとタムシバともに全種子数および種子形成率に有意差が見られた (二形質とも $P < 0.001$ )。これらは自家受精時と他家受精時における種子の結実数の違いを示すと考えられる。

1集合果あたりの2粒袋果数は、シデコブシではSPで1.9に対しCPは15.8、タムシバではSPは0.5に対しCPは7.5とCPがSPに比べ高く (表-6)、シデコブシとタムシバともに有意差が見られた (ともに $P < 0.001$ )。成熟袋果に占める2粒袋果率も同様に、シデコブシではSPで15%に対しCPで53%、タムシバではSPは10%に対しCPは38%とSPに比べCPが高く (表-6)、シデコブシとタムシバともに有意差が見られた ( $P < 0.001$  および  $0.001 < P < 0.01$ )。このように他家受精時には自家受精時に比べ、2粒袋果数および2粒袋果率はシデコブシとタムシバともに大きく上昇する事から、結実種子の効率的な獲得には他家受粉が有用であると考えられる。

表-5 受粉処理 集合果形態調査結果

	シデコブシ		タムシバ	
	自家受粉	他家受粉	自家受粉	他家受粉
調査数	27	34	6	8
果実長 (mm)	38.4±1.90 <sup>a</sup>	60.4±1.61 <sup>a</sup>	29.7±2.33 <sup>f</sup>	51.8±1.50 <sup>f</sup>
果実幅 (mm)	15.9±0.66 <sup>b</sup>	18.8±0.39 <sup>b</sup>	17.0±1.07 <sup>e</sup>	18.9±0.92 <sup>e</sup>
果実重 (g)	1.6±0.19 <sup>d</sup>	4.2±0.24 <sup>d</sup>	1.2±0.12 <sup>b</sup>	3.5±0.15 <sup>b</sup>
曲度	1.5±0.20 <sup>a</sup>	0.4±0.09 <sup>e</sup>	2.5±0.34 <sup>f</sup>	0.8±0.16 <sup>c</sup>

数値は(平均値)±(標準誤差)を示す  
 数値右肩アルファベット: 小文字と大文字の組はP<0.05で有意差がある事を示す  
 小文字どうしの組はP≧0.05で有意差が見られない

表-6 受粉処理 種子形質調査結果

	シデコブシ		タムシバ	
	自家受粉	他家受粉	自家受粉	他家受粉
調査数	27	32	6	8
全種子数	11.4±2.04 <sup>a</sup>	43.7±3.08 <sup>a</sup>	6.2±0.93 <sup>f</sup>	27.0±1.71 <sup>f</sup>
種子形成率 (%)	16.7±3.14 <sup>b</sup>	59.3±4.04 <sup>b</sup>	14.1±1.94 <sup>e</sup>	52.6±3.45 <sup>a</sup>
2粒袋果数	1.9±0.66 <sup>d</sup>	15.8±1.65 <sup>d</sup>	0.5±0.20 <sup>h</sup>	7.5±1.02 <sup>h</sup>
2粒袋果率 (%)	14.9±4.52 <sup>a</sup>	52.9±4.02 <sup>e</sup>	10.0±4.56 <sup>f</sup>	37.8±4.15 <sup>c</sup>
一種子重 (mg)	78.3	57.0	105.9	83.0
1粒袋果種子重(mg)	79.4	64.2	94.9	90.8
2粒袋果種子重(mg)	61.1	53.9	86.2	75.5

数値は(平均値)±(標準誤差)を、種子重では(平均値)を示す  
 数値右肩アルファベット: 小文字と大文字の組はP<0.05で有意差がある事を示す  
 小文字どうしの組はP≧0.05で有意差が見られない

種子重は、シデコブシとタムシバともにCPにより得られた種子が、SPにより得られた種子よりも軽くなった。これは1粒袋果と2粒袋果から得られたそれぞれの種子重についても同様であった(表-6)。これは、CPの集合果はSPの集合果より結実種子(成熟袋果)数が多く、種子間で種子形成に用いられる資源(光合成産物や栄養塩類)の競合が起こり、資源量がSPの集合果より少なくなるためと考えられる。シデコブシとタムシバのSPまたはCPにより得られた種子は、ともに2粒袋果の種子重が1粒袋果の種子重より軽く(表-6)、これは先の競合による資源量の減少とともに、袋果(シンク)により種子サイズが制限される事が原因と考えられる。

シデコブシについて集合果形態と種子形質を個体毎にまとめて比較したところ、数値のばらつきは種子形質で大きく、SPとCPともにばらついた事から(図-4, 5)、シデコブシの種子結実性には個体間差がある事が示唆された。

タムシバについては、SPとCPともに調査に用いた2個体中1個体の集合果のカビ・虫食いが激しく調査から除いたため、個体間差について同様の検討は行えなかった。

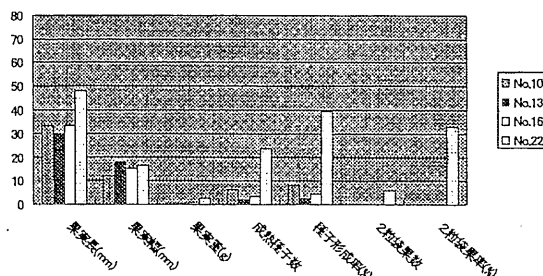


図-4 南姫シデコブシSP集合果 個体間平均

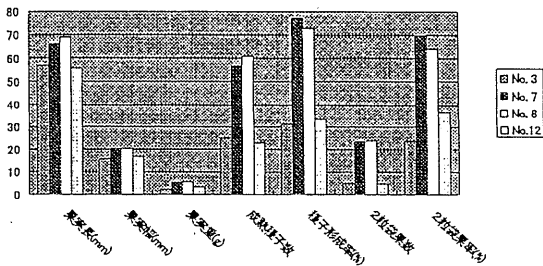


図-5 南姫シデコブシCP集合果 個体間平均

#### IV まとめ

本調査より、シデコブシとタムシバ間で交雑が可能である事を明らかにする事ができた。また、シデコブシとタムシバともに自家和合性であることが明らかになった。現在、シデコブシはレッドデータブックに絶滅危惧種Ⅱ類として記載されているように、絶滅の危機にさらされている（環境庁，2000）。今後もコブシを含めた種間交雑，多種遺伝子の伝播および近交弱勢による集団消滅などの調査研究を進め，保護対策に向けた基礎資料を蓄積していく事が必要であると考え。

#### V 謝 辞

シデコブシの調査では，加藤仁氏（多治見市南姫事務所），奥村宗氏（南姫財産区管理会），市川廣利氏（恵那シデコブシ保存会）に，また，兵庫県宝塚タムシバの採取では山口清重氏（ザ・ヤマグチプランツマズナーセリー）に協力して頂いた。ここに記して謝意を表す。

#### 引用文献

- 石田清・長坂寿俊（1994）ホオノキの繁殖特性（I）－アイソザイムによる受粉特性の推定－．日林学会論集．105：295-296
- 石田清・中村和子・田中京子（1996）袋果内種子数によるキタコブシの自殖率推定の試み．日林学会北海道論集．44：107-109
- 環境庁（2000）レッドデータブック第2版．維管束植物．野生生物研究センター．東京．
- KIKUZAWA,K. and MIZUI,N.（1990）Flowering phenology of *Magnolia hypoleuca*. Pl. Sp. Biol. 5：255-261
- 中島美幸・坂井至通（2002）シデコブシ花卉の形態に関する調査．岐阜森林研研報．31：13-16
- 中村和子・石田清・田中京子（1996）ホオノキの繁殖特性（IV）－実生段階で発現する近交弱勢－．日林学会北海道論集．44：104-106
- Nooteboom, H. P.（1985）Notes on Magnoliaceae - with a revision of *Pachylarnax* and *Elmerrilla* and the Malesian species of *Manglietia* and *Michelia*. Blumea 31：65-121