

Curcuma 属植物の特性に関する研究 伊豆薬用植物栽培試験場保存系統について

飯田 修[#]・高上馬希重・香月茂樹
坂元 (佐々木) 史歩・米谷民雄・渡辺高志*

Study on the characterizations of genus *Curcuma* plants
On the strains of *C. longa* L. and *C. aromatica* Salisb preserved at Izu station of NIHS

Osamu Iida[#], Mareshige Kohjyouma, Shigeki Katsuki,
Shiho Sakamoto (nee Sasaki), Tamio Maitani, Takashi Watanabe*

To clarify the characteristics of genus *Curcuma* plants, we studied the properties of six strains of *Curcuma longa* L. and two strains of *C. aromatica* Salisb. preserved at Izu Experimental Station for Medicinal Plants of National Institute of Health Sciences. Six strains of *C. longa* were classified into three types according to morphological characteristics, rhizome production, and differences in curcuminoid content of rhizome. The curcuminoid content of the rhizomes in each strain ranged from 2.20mg/g to 55.23mg/g. Strains showing a high curcuminoid content had a low rhizome yield. No difference was observed between two strains of *C. aromatica* in terms of morphological characteristics. *C. longa* can be easily distinguished by differences in the development of tuberous roots and the color of the rhizome cross section.

Keywords: *Curcuma longa* L., *Curcuma aromatica* Salisb., curcuminoid content, strain, characterization

Curcuma 属植物は熱帯アジアを中心に、ヒマラヤの低地帯、オーストラリア北部に自生¹⁾し、薬用、食用、香辛料さらには観賞用として広く利用されている。薬用として、わが国では第十三改正日本薬局方²⁾にガジュツ (*Curcuma zedoaria* Rosc.) が、また日本薬局方外生薬規格³⁾にウコン (*Curcuma longa* L.) がそれぞれ収載されている。ガジュツ、ウコンの国内栽培は、古くから鹿児島県や沖縄県で主として行われてきた^{4a, b)}が、近年の健康志向に伴い、ウコンは関東地方まで栽培が広がってきている⁵⁾。

Curcuma 属は、50種⁶⁾とも70種¹⁾ともいわれているが、実態は不明と思われる。本属植物は本邦には自生種がなく、分類を初めとする植物学的な研究を行うには困難を伴うが、小島ら^{7,8)}は根茎の成分的見地から、曹ら⁹⁾は分子生物学的手法により、植物種の特性及び類縁性を追求している。

著者らもまた *Curcuma* 属植物の特性を明らかにしようとしており、本属植物の有効活用を図るため、種苗としての

特性及び根茎の生産性を考慮し、研究を行うこととした。先に、著者らは、ガジュツ¹⁰⁾及びウコン¹¹⁾の外部形質に基づく種苗特性表を作成した。また、種子島薬用植物栽培試験場で保存されているウコンについては、既に報告されている¹²⁾。今回、伊豆薬用植物栽培試験場で保存しているウコン及びハルウコンについて、外部形質、生産性及び根茎色素成分含量を調査し、類縁性を検討した。

実験材料及び方法

1. 材 料

伊豆薬用植物栽培試験場で保存しているウコン (*C. longa* L.) 6系統及びハルウコン (*C. aromatica* Salisb.) 2系統を用いた。系統名及び来歴を Table 1 に示す。

2. 根茎部位の名称

根茎各部位の、統一された詳細な名称が見られないため、ここでは以下のように区分した。

種根茎 (種イモ; seed rhizome) : 栄養繁殖のため、通常の栽培では、下記の主根茎が種イモとして用いられる。

主根茎 (bulbous rhizome) : 生育初期に種イモから生長した、葉鞘を持つ卵形の根茎。

一次側根茎 (fingered rhizome) : 主根茎から生長した、

[#] To whom correspondence should be addressed:
Osamu Iida; 155 Shimogamo, Minaniizu-cho, Kamogun, Shizuoka 415-0303, Japan; Tel: 0558-62-0044; Fax: 0558-62-0063; E-mail: iidao@nihs.go.jp

* 北里大学薬学部

葉鞘を持たない根茎。

二次側根茎 (second fingered rhizome) : 一次側根茎の各先端部の若い根茎。

Table 1. Introduction records of investigated strains of *Curcuma longa* L. and *C. aromatica* Salisb.

Strain	Source	Introduced date
C. longa L.		
Tanegashima (TN)	Japan	Apr.1960
Takeda (TK)	Japan	Jan.1948
Java No.1 (JV1)	Indonesia	Mar.1962
Java No.2 (JV2)	Indonesia	Mar.1962
India (IN)	India	Jan.1959
Sumatra (SM)	Indonesia	Apr.1971
C. aromatica Salisb.		
Takeda No.1 (Ta1)	Japan	Mar.1968
Takeda No.2 (Ta2)	Japan	Mar.1968

3. 栽培概要

1997年5月13日に種イモを、条間80cm, 株間25cmの栽植距離で、当場圃場に植え付けた。施肥量 (10a当たり) は、基肥として堆肥2,000kg, IB化成肥料 (窒素, 燐酸及び加里の各成分量10%) 62.5kg, 追肥として7月1日にIB化成肥料30kg, 9月11日に同肥料60kgを施用した。

4. 方 法

種イモは、主根茎、一次側根茎及び二次側根茎の3部位から調製され、SM系統を除く各系統ともにそれぞれ25個, 30個, 25個を植え付けた。SM系統は個体数が少なかったため、主根茎のみを20個用いた。種イモとした根茎の部位別生体重をTable 2に示した。

Table 2. Fresh weight of the seed rhizomes

Strain	Seed rhizome (g fresh weight)		
	Bulbous rhizome	Fingered rhizome	Second fingered rhizome
TN	57~113	33~65	23~33
TK	53~104	29~47	18~29
JV1	82~151	35~55	23~32
JV2	75~126	33~68	21~31
IN	45~68	30~65	16~26
SM	Not measured		
Ta1	31~109	39~67	16~25
Ta2	36~111	41~77	20~29

特性調査は、特性分類表¹¹⁾ に準じて適宜行った。地上部調査は、11月10~12日に、種イモが一次側根茎の20株について行い、根茎収穫調査は11月17~26日に、種イモ

が主根茎と二次側根茎の区から各10株及び一次側根茎の区から20株の合計40株について行った。SM系統は地上部及び根茎の重量調査を行わなかった。

収穫した根茎は水洗し、数ミリの厚さに輪切りして、屋外で約一ヶ月間自然乾燥した後、40℃で24時間強制乾燥を行い、乾燥重量を測定した。成分分析用根茎は収穫量調査とは別に、12月10日に各系統3~4株を収穫し、水洗、輪切りの後、約2ヶ月間屋外で陰干しし、その後40℃で24時間強制乾燥を行った。

5. 成分定量

(1) 試料

分析は、ウコン6系統 (TN,TK,JV1,JV2,IN,SM) それぞれの種イモ、主根茎及び側根茎について行った。クルクミン curcumin, デメトキシクルクミン demethoxycurcumin, ビスデメトキシクルクミン bisdemethoxycurcumin の単離に用いたウコン粉末は、日本食品添加物協会を通じて入手した。

(2) 試薬

アセトニトリル：片山化学工業製 (高速液体クロマトグラフ用)。メタノール：和光純薬工業製 (試薬特級)。その他の試薬は、いずれも試薬特級 (片山化学工業製あるいは和光純薬工業製) を、水はミリQ SP (ミリポア製) で精製した18.3M Ω・cm以上のものを用いた。また、フィルターはサンプレップ4-FH (孔径0.5µm, ミリポア製) を用いた。

(3) 装置

HPLC装置：島津製作所製 LC-6A system (ポンプ：LC-6A 2台, システムコントローラー：SCL-6A, 紫外可視検出器：SPD-6AV, カラムオープン：CTO-6A, オートインジェクター：SIL-6A)。紫外可視多波長検出器 (PDA)：島津製作所製 SPD-M10A。データ処理装置：島津製作所製 C-R4A。超音波抽出：SHARP製 ULTRASONIC CLEANER UT-51N。

(4) HPLC条件

カラム：Inertsil ODS-3 (4.6mm i.d. x 250mm, ジーエルサイエンス製)。カラム温度：40℃。移動相：A液=アセトニトリル/水/トリフルオロ酢酸=550/450/1, B液=アセトニトリルを用いた以下のグラジエント条件；0~10分, 0% B；10~40分, 0~100% B (直線グラジエント)；40~55分, 100% B。流速：1.0ml/min。検出波長：420nmあるいは254nmまたは200~600nm。注入量：20µl。

(5) 色素成分

ウコン粉末 (約25g) を、ヘキサン100mlで2回洗浄した後、残さを酢酸エチル100mlで3回抽出し、酢酸エチル抽出液を得た。その残さをさらにメタノール100mlで3回抽出した。得られたメタノール抽出液について減圧下溶媒

を留去し、これに水50mlを加え懸濁したものを、酢酸エチル50mlで3回抽出した。得られた酢酸エチル層を、先の酢酸エチル抽出液と合わせ減圧下溶媒を留去し、酢酸エチル画分(約1g)を得た。酢酸エチル画分について、シリカゲルカラムクロマトグラフィー(溶離液、酢酸エチル)及びシウ酸処理シリカゲルクロマトグラフィー(溶離液、クロロホルム：メタノール=30：1)による分離を行い、I, II, IIIの粗画分を得た。各画分から再結晶により、I (120mg), II (42mg), III (36mg)を得た。これらは、既報¹³⁾のHPLCの保持時間から、それぞれクルクミン (I), デメトキシクルクミン (II), ビスデメトキシクルクミン (III) と同定された。

(6) 検量線の作成

上記(5)で単離したI, II, IIIをそれぞれ5mgずつ正確に量り、メタノールで正確に10mlとし、それぞれ0.5mg/mlの標準溶液とした。各標準溶液をメタノールで順次希釈し、0.1, 0.05, 0.01, 0.005, 0.001mg/mlの溶液を調製した。各溶液20 μ lについて上記(4)に従いHPLCを行い、得られたピーク面積から検量線を作成した。

(7) ウコン根茎中のI, II, IIIの分析

1) 試験溶液の調製

各サンプル25mgをネジ蓋付きPyrex製試験管に正確に量り取り、メタノール10mlを正確に加えた。10分間超音波抽出を行った後、フィルターを通したものをHPLC用試験溶液とした。

2) I, II, IIIの定量

1)で調製した各試験溶液を、上記(4)の条件でHPLC分析を行い、得られたI, II, IIIの各ピーク面積から、上記(6)に従いあらかじめ作成した検量線を用い定量した。

結果及び考察

1. 種苗特性

供試8系統の形質をTable 3に示した。地上部形質(草高、葉の大きさ及び地上部生体重)はTN, TK, JV1及びJV2が大きく、IN系統は小さかった。ハルウコン (Ta1, Ta2)はその中間であった。地下部形質では、根茎切断面の色が黄橙色 (TN, TK, JV1, JV2), 黄橙色～橙色 (IN), 淡橙色～橙色 (SM), 明黄色 (Ta1, Ta2)に分けられた。塊根(紡錘根)の形成は、ウコンでは少なく、ハルウコンには多い。生産された根茎の主根茎：側根茎の生体重比は、INが高かった。また、SMは、INに似た矮小タイプであるが、根茎の大部分は葉鞘を伴う主根茎となり、INとは異なる形質を示した。

以上のように植物体の形質から、ウコンはTN, TK, JV1及びJV2の各系統がほぼ類似し、INとSM系統はいずれとも異なる3タイプに分けられた。ハルウコンの2系統は双方類似していた。また、上記特徴の他、ハルウコンは葉の裏面に繊毛を有し、根茎の内部は樟脳臭があることなどが観察され、ウコンと区別することが可能であった。

Table 3. Characteristics of six strains of *Curcuma longa* L. and two strains of *C. aromatica* Salisb.

Character	Strain							
	TN	TK	JV1	JV2	IN	SM	Ta1	Ta2
Plant type	erect	erect	erect	erect	erect	erect	erect	erect
Plant height (cm)	131 \pm 12	129 \pm 12	130 \pm 10	125 \pm 10	99 \pm 10	—	117 \pm 13	105 \pm 13
Leaf length (cm)	95 \pm 8	95 \pm 7	95 \pm 6	91 \pm 7	75 \pm 7	—	85 \pm 6	81 \pm 4
Leaf width (cm)	21 \pm 1	21 \pm 1	21 \pm 2	21 \pm 2	19 \pm 1	—	22 \pm 2	21 \pm 3
Leaf color (Upper surface)	green	green	green	green	green	green	green	green
Leaf color (Lower surface)	yellowish green	yellowish green	yellowish green	yellowish green				
Fresh weight of aerial part per plant (g)	837 \pm 177	833 \pm 199	937 \pm 319	799 \pm 181	415 \pm 99	—	673 \pm 204	541 \pm 119
Number of bulbous rhizomes per plant	3.0 \pm 0.6	3.6 \pm 0.9	3.2 \pm 0.8	3.2 \pm 0.8	3.7 \pm 1.2	4.7 \pm 1.5	4.1 \pm 0.7	4.2 \pm 1.2
Color of rhizome surface	yellowish orange	yellowish orange	yellowish orange	yellowish orange	yellowish brown	pale orange	pale yellow	pale yellow
Color of rhizome cross section	yellowish orange ~orange	pale orange ~orange	bright yellow	bright yellow				
Tuberous root	few	few	few	few	few	few	a few	a few
F.W.* of bulbous rhizomes / F.W. of fingered rhizomes	0.57	0.47	0.51	0.52	0.96	—	0.45	0.40

Each value represents the mean \pm S.D. of 20 plants.

*Fresh weight

Table 4. Effect of the seed rhizome on the rhizome yield per plant and the rate of increase of yield to the seed

Strain	Bulbous rhizome	Yield	Rate of	Fingered rhizome	Yield	Rate of	Second fingered	Yield	Rate of
	as seed (g fresh wt.)	(g fresh wt./plant)	increase	as seed (g fresh wt.)	(g fresh wt./plant)	increase	rhizome as seed (g fresh wt.)	(g fresh wt./plant)	increase
TN	77.1±2.9	576.2±178.3 (36.7)	7.47	48.6±7.3	440.7±90.2 (36.4)	9.07	23.7±0.5	392.1±100.0 (37.9)	16.54
TK	77.2±6.3	553.2±130.3 (35.7)	7.17	38.9±4.4	497.7±112.6 (32.1)	12.79	23.9±1.0	486.2±90.5 (32.2)	20.34
JV1	88.6±4.6	756.6±176.5 (34.0)	8.54	47.2±4.6	507.2±139.1 (33.8)	10.75	26.0±1.7	396.7±100.8 (38.2)	15.26
JV2	83.0±5.2	601.1±143.8 (38.5)	7.24	47.1±5.7	468.3±130.6 (34.3)	9.94	24.3±1.1	358.6±79.7 (35.7)	14.76
IN	61.3±3.6	344.7±76.6 (48.5)	5.62	43.6±7.7	304.6±61.3 (49.0)	6.99	23.4±1.5	264.2±52.3 (53.4)	11.29
Ta1	50.9±13.3	694.9±306.5 (28.2)	13.65	50.3±6.2	606.0±179.0 (31.2)	12.05	20.1±2.4	540.7±105.4 (23.4)	26.90
Ta2	58.1±11.3	614.1±145.1 (32.1)	10.57	53.3±5.9	675.9±189.7 (28.6)	12.68	23.1±2.0	519.8±127.0 (27.9)	22.50

Each value represents the mean ± S.D. of 10 and 20 plants.

Values in parentheses are percentage of the bulbous rhizomes.

2. 根茎の生産性

種イモ部位別の、1株当たり根茎生産量を Table 4 に示した。全体的に根茎生産量は、ハルウコンがウコンに比べ大きく、ウコン系統間では IN が小さかった。また、SM は IN 同様、根茎生産量は小さいことが観察された。

根茎生産量は、種イモが主根茎の時に最も大きく、以下一次側根茎、二次側根茎の順であった。これらの差異には、種イモとしての根茎重量¹⁴⁾と充実度の違いの両方が影響していると思われる。

一方、種イモ重量に対する生産物の増加率は、種イモが二次側根茎の時に最も高く、以下一次側根茎、主根茎の順であった。上記増加率の傾向は各系統に共通してみられ、またハルウコンの増加率はウコンに比べ高く、ウコン系統間では IN が低かった。

3. 成分特性

ウコン6系統は、3つの色素成分の比率から2つに分類できることが明らかとなった (Table 5)。すなわち、(A) 3つの色素成分のうち I の比率が圧倒的に高いもの (TN, TK, JV1 及び JV2 の各系統) 及び (B) 3つの色素成分の比率が非常に近いもの (IN と SM 系統) である。Fig. 1 に代表例として TN 系統と IN 系統の 420nm 及び 254nm で得られたクロマトグラムを示した。さらに (B) の試料では (A) に比べ I と II と III の総量も非常に多く、(A) に区分される試料の種イモの約 5 倍 [(A):7.62~12.79 mg/g, (B):25.14~55.23 mg/g]、主根茎及び側根茎の約 10 倍近い量 [(A):2.20~4.98 mg/g, (B):25.90~49.60 mg/g] が含まれていた。

各系統の試料について、I, II, III の含量を部位別に比較したところ、SM を除きいずれも種イモ中の含量が最も高く、主根茎と側根茎中の含量はほぼ同程度であった。SM

では主根茎での含量が最も高く、種イモと側根茎の含量がほぼ同程度であった。また、いずれの試料についても、I,

Table 1. Curcuminoid content (mg · g⁻¹ dry weight) in the rhizomes of six strains of *Curcuma longa* L.

Strain	Part	I ^a	II ^b	III ^c	I + II + III
		mg/g	mg/g	mg/g	mg/g
TN	Seed rhizome	7.92	1.99	0.84	10.75
	New bulbous rhi.s ^d	1.53	0.50	0.17	2.20
	New fingered rhi.s ^d	1.64	0.43	0.17	2.24
TK	Seed rhizome	9.55	2.31	0.93	12.79
	New bulbous rhi.s	2.22	0.69	0.27	3.18
	New fingered rhi.s	2.33	0.60	0.23	3.16
JV1	Seed rhizome	5.84	1.83	0.57	8.24
	New bulbous rhi.s	3.12	0.94	0.37	4.44
	New fingered rhi.s	2.83	0.72	0.30	3.85
JV2	Seed rhizome	5.33	1.86	0.43	7.62
	New bulbous rhi.s	3.52	1.08	0.38	4.98
	New fingered rhi.s	2.52	0.65	0.28	3.45
IN	Seed rhizome	24.64	14.18	16.41	55.23
	New bulbous rhi.s	15.75	9.41	12.26	37.42
	New fingered rhi.s	11.00	6.74	8.88	26.62
SM	Seed rhizome	14.61	5.50	5.03	25.14
	New bulbous rhi.s	27.25	12.15	10.21	49.60
	New fingered rhi.s	14.01	6.86	5.03	25.90

^aI : curcumin, ^bII : demethoxycurcumin, ^cIII : bisdemethoxycurcumin,

^dNew bulbous rhizomes, ^eNew fingered rhizomes

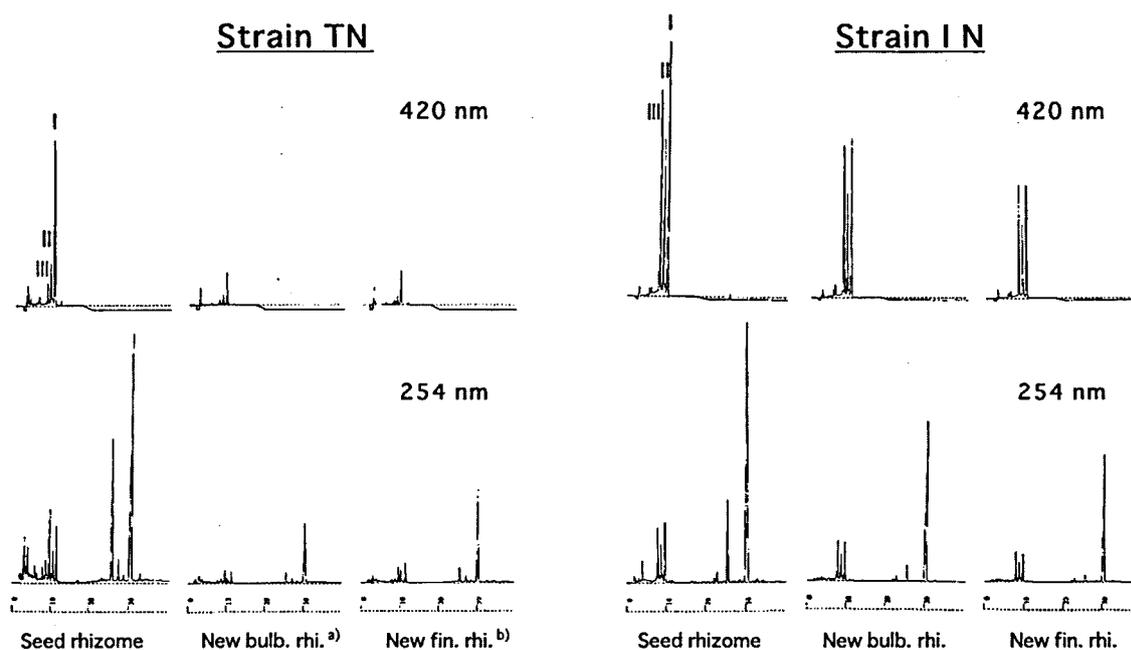


Fig. 1 HPLC chromatograms of curcuminoid in the rhizomes of strain TN (left) and IN (right) of *Curcuma longa* L. monitored at 420nm (upper) and 254 nm (lower)

I, II and III in the figures show curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin, respectively.

a) New burbous rhizome, b) New fingered rhizome

II, IIIの比率に部位による大きな差異はみられなかった。

ウコン根茎における色素成分の組成比や含量は、産地あるいは系統により顕著な差異がみられ^{8,12,15)}、本種の変異の大きさがうかがわれる。

根茎中のクルクミン類含量は、生育期間の長さ依存して高くなると思われ、種イモにおける高クルクミン類含量は、生育期間が2年間と長かった結果と推察される。実際栽培においても、ウコンの収穫は出来るだけ遅く行われ、西南暖地では地上部が枯死した後の2~3月に行われる¹¹⁾。

254nmで非色素成分を分析したクロマトグラムを見ると、(A)の試料ではIのピークのすぐ後ろに大きなピークが2本見られるのに対し、(B)の試料ではこれらのピークは非常に小さい。さらに、20分以降のピークを比較すると、わずかにピークのパターンが異なっており、系統上の差異があると考えられる。

今回と同一の手法により分析された市販ウコン色素は、2種類に分類される¹³⁾ことが確認されており、本研究の結果から、その差異は、原植物の違いに基づく可能性が高いことが推察される。上記のピークの詳細及び植物種あるいは系統との関係については、今後の検討課題である。

まとめ

ウコン6系統及びハルウコン2系統における植物体の形質、根茎の生産性及び色素成分に関する特性調査を行った。

その結果、ウコン各系統は形質、根茎の生産性の違いから3タイプに、色素成分の組成と色素成分以外の成分の有無から2タイプに分けられた。葵¹²⁾は、種子島試験場保存のウコンを、植物体が大きく、根茎クルクミン含量が低い群と植物体が小さく、根茎クルクミン含量が高い群の大別2群に分類したが、当场保存系統も同様の区分に分けられた。ハルウコンの2系統間には、植物体の形質による差異はみられなかった。また、ウコンとハルウコンの識別は、根茎切断面の色あるいは紡錘根の多少などから可能であった。

本研究の限られた範囲のウコン系統においても変異が確認され、ウコンの変異の多様性が示唆された。本研究を基に、新たな手法及び植物種を用い、種内変異の確認及び種内・種間の類縁性についてさらに検討したい。

Curcuma属植物は、国内では全く結実することなく、植物種の変異は、母本の変異に依存する。そのため、植物種の変異を調べるには、多くの母本、母株となる根茎を収集する必要があるが、近年国外からの種苗の導入が困難となっており、多種多様な種苗の収集も今後の大きな課題である。また、生薬としてのウコンの品質は色素成分のみならず、精油成分を含む評価が必要と思われるが、これらの成分を精査し、さらに多様な系統を探索し、成分特性を利用した用途別系統の育成を図ることも今後一考の価値があると考えられる。

文 献

- 1) Sastri, B. N. Chief Edit.: "The wealth of India II", pp. 401-406, Delhi (1950)
- 2) 第十三改正日本薬局方, 厚生省, pp. 1129 (1996)
- 3) 厚生省薬務局審査第二課監修: "日本薬局方外生薬規格1989", pp. 6, 薬事日報社, 東京 (1989)
- 4) a) 葵 一八, 山本秀雄, 名越哲朗, 楠 忠久: 農業及園芸, **63**, 87-92 (1988); b) 葵 一八: 農業及園芸, **62**, 263-270 (1989)
- 5) 財団法人日本特殊農産物協会: 薬用作物 (生薬) 関係資料, pp. 17 (1999)
- 6) 塚本洋太郎総監修: "園芸植物大事典", pp. 760, 小学館, 東京 (1994)
- 7) Kojima, H., Yanai, T. and Toyota, A.: *Planta medica*, **64**, 380-381 (1998)
- 8) 小島 脩, 小菅まゆみ, 豊田祥広, E. Hanani, 斎木保久: 日本生薬学会第46回年会講演要旨集, pp.237 (1999)
- 9) 曹 暉, 伏見裕利, 小松かつ子: 日本生薬学会第46回年会講演要旨集, pp. 241 (1999)
- 10) 厚生省薬務局監修: "薬用植物栽培・品質評価指針2", pp. 3-12, 薬事日報社, 東京 (1993)
- 11) 厚生省薬務局監修: "薬用植物栽培・品質評価指針4", pp. 3-12, 薬事日報社, 東京 (1995)
- 12) 葵 一八, 鎗木紘一, 関寅一郎, 戸畑トモ子, 佐竹元吉, 黒柳正典: 衛試報告, **104**, 124-128 (1986)
- 13) 坂元 (佐々木) 史歩, 佐藤恭子, 阿部雅美, 杉本直樹, 米谷民雄: 日食化誌, **5**, 57-63 (1998)
- 14) 葵 一八: 農業及園芸, **63**, 85-90 (1988)
- 15) 夏文娟, 肖小河, 刘峰群, 苏中武, 乔传卓: 中国中薬雑誌, **24**, 423-424, 434 (1999)