

植栽されている以下のものを用いた。

ケシ (*Papaver somniferum* L.) 4 系統, ムラサキ (*Lithospermum erythrorhizon* Siebold et Zucc.), クコ (*Lycium chinense* Mill.), アカヤジオウ (*Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. var. *purpurea* Makino), カイケイジオウ (*Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. f. *hueichingensis* (Chao et Schih) Hsiao), クララ (*Sophora flavescens* Aiton), ツノゲシ (*Glaucium flavum* Crantz), シロバナムシヨケギク (*Pyrethrum cinerariifolium* Trevir.).

袋掛け処理は, パラフィン紙を用い, 開花前にケシ, クコ, ツノゲシは 1 花毎に, その他は花序単位で行った。シロバナムシヨケギクについては袋掛けを行わず, 開花期間を通じ 1) オープン受粉, 2) 筆を用いた人工受粉, 3) 異なる花同士を接触させて受粉の 3 方法を行った。花が終わった後に適宜袋を除去し, 結実状況を観察した。

花粉の性状について, ケシは粉性があり, 葯の裂開時には花弁内に花粉を飛散させることが観察された。ムラサキ, クコ, ジオウ 2 種, クララ, ツノゲシ, シロバナムシヨケギクの花粉は粘性が高く, 花粉の飛散は肉眼的にはほとんど見られなかった。なお, いずれの植物においても, 昆虫の訪花が見られた。

袋掛け処理により, ケシとムラサキで種子が得られた。ケシは分枝果を用い, オープン受粉に対する種子重量比で, 袋掛け・人工受粉が 16.2–92.5%, 袋掛け・放任で

0–19.9%の種子が得られた。採種量は, 人工受粉および放任処理ともに, 系統間で大きく異なったが, これは処理花の花粉量の差異に起因すると思われた。採種量が多かったインド 8 系統は, いずれの個体ともに花粉の産出量が多く, 花粉の量も受精に重要な要因であることが推察された。

ムラサキは 2 本の分枝を一緒に, 花序毎に袋掛けを行い, 花序の下から上に向け 10 花の種子総数を調査した。オープン受粉に対し, 15.5%の種子が得られた。

袋掛け処理したクコ, ジオウ 2 種, クララ, ツノゲシからは種子が全く得られず, 受精・結実には物理的な受粉操作が必要と思われた。シロバナムシヨケギクでは, オープン受粉を含め, いずれの処理区からも種子が全く得られず, 花粉の稔性あるいは自家不和合性の問題が考えられた。

## 2) RAPD 法によるマオウ属植物 F1 種子の雑種検定に関する研究

筑波研究部には十数種のマオウ属植物が保存されている。一般にマオウ属植物は雌雄異株とされ, 雄株または雌株のみでは結実しない。しかし, 当施設の圃場および標本園に植栽されているマオウ (EP-13, 雌株) は同系統の雄株が存在しないにも関わらず, 生じた成熟果の種子は, 50 %程度の発芽能力を持つことが明らかになった。本研究では, 通常, 雌株単独では結実しない EP-13 系統に稔性種子が出現することに着目し, マオウ属植物の受粉・受精様式を明らかにすることを目的とし, EP-13 系統から

得られた種子 (F1 種子) について, Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) 法による雑種検定を行うため, 至適プライマーの検索と RAPD マーカーの検出を行った。

発芽試験で得られた子葉から鋳型 DNA を調製し, RAPD 法による F1 種子の雑種検定を行った。分析条件を決定するため, 10 種のプライマー A00 から A09 を使用した PCR 法を行い, プライマーを検索した。

その結果, プライマー A06 が本実験の条件に適合することが示された。泳動像について NIH Image を用いて画像解析を行った結果, 再現性が高い RAPD マーカーとして FR-01~08 の 8 種が得られ, さらに EP-13 系統とその F1 種子について DNA タイピングができることが示された。

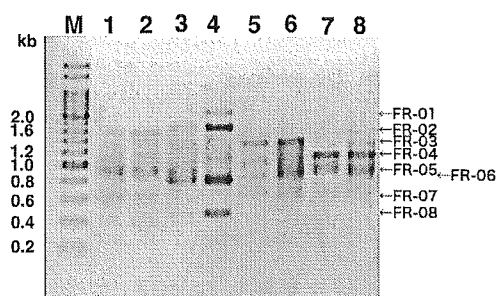


図 プライマー A06 を用いた RAPD マーカーの検出  
Lane 1: 親株 (圃場 A), 2: 親株 (標本園), 3&4: F1 種子 (圃場 A), 5&6: F1 種子 (圃場 B), 7&8: F1 種子 (標本園)

レーン 1 は圃場 A に植栽された EP-13 系統, レーン 2 は標本園の EP-13 系統の泳動パターンである。これら親株の DNA タイプは, 共通した RAPD マーカー FR-05 及び 07 が確認され, 親株が同一系統であることを再確認し, さらにこの RAPD 分析は再現性があることを示した。

レーン 3~8 は, F1 種子の泳動像である。これらには, 親株である EP-13 系統

には存在しない RAPD マーカー FR-01~04, 06 及び 06 を見出し, 親株とは明らかに異なる DNA タイプを示した。検体 5~8 では, 親株で見出した FR-05 または 07 の RAPD マーカーが含まれていた。

そこで RAPD 分析による F1 種子の雑種検定を行った結果, EP-13 系統の F1 種子には

表1 RAPDマーカーによるマオウ (EP-13) 由来 F1 種子の DNA タイピング

RAPDマーカー	親株		F1種子					
	A	G	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>
FR-01	-	-	-	+	-	-	-	-
FR-02	-	-	+	+	-	-	-	-
FR-03	-	-	+	-	+	+	-	-
FR-04	-	-	-	-	+	-	+	+
FR-05	+	+	-	-	-	+	+	+
FR-06	-	-	+	+	+	-	-	-
FR-07	+	+	-	-	+	-	+	+
FR-08	-	-	+	+	-	-	-	-

+ : RAPDマーカーあり, - : なし。  
上段の A, B 及び G は, サンプルの採取場所を示し, 添字は検体番号。A : 圃場 A, B : 圃場 B, G : 標本園。数字は, 電気泳動像のレーン番号に対応する。

外来 DNA の存在が認められ, マオウは同属他系統の植物と交雑することが示唆された。

### 3) ハトムギの種苗特性と交雑について

ハトムギ *Coix lachryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf は風媒花であり, 花粉は広範囲にわたり飛散するため, 類縁種間で容易に交雑が起こる。野外におけるこれらの系統の維持・保存には, 目的外遺伝子の交雑が起こらないよう十分な注意が必要であり, 交雑した場合の判定基準として, 品種あるいは系統の形態的特性を把握しておく必要がある。特性に関する体系的な情報整備に向けて, 野外圃場にて 3 系統の特性比較試験を行い, 種苗特性表を作成した。

質的形質である葉身色、葉鞘色および柱頭の色が、種子の混入や交雑の確認に有用な指標となることを明らかにした。また、ハトムギ8系統を用い、葉緑体DNA領域をダイレクトシーケンス法で配列を決定し、系統間の比較を行ったが、用いた4種類の領域における塩基配列には差が見られず、各系統を識別することが出来なかった。

## 2. 薬用植物の栽培に関する研究

遺伝子組換え薬用植物の作出とその後の利用に当たり、遺伝子素材としての種苗の維持並びに最大限の形質発現効果を得るために、各薬用植物についての標準的な栽培方法の確立が必要不可欠である。薬用植物の栽培技術体系の確立に向け、1) クソニンジン *Artemisia annua* L.の肥料試験、2) ヤマノイモ類 *Dioscorea* sp.の品種比較試験および3) カラスビシャク *Pinellia ternate* (Thunb.) Breitenb.の種苗特性調査を行った。

1) クソニンジンにはアルテミシニンを含み、抗マラリア剤の原料として利用されている。アルテミシニン含量は特に葉に多く含まれるため、葉の生産量を高めるための肥料試験を行った。これまでに行ったポットを用いた肥料3要素試験の結果から、窒素およびリンの施用効果が高いことが明らかとなっており、圃場試験により効果の検証と窒素およびリン肥料の経済的な施用量を検討した。試験区は窒素施用量を3段階、リン肥料を3段階設け、それぞれの組み合わせにより9試験区を設けた。

生育期(7月25日調査)では、窒素およびリン肥料の施用量の増加に伴い、葉の乾燥重量も増加する傾向が見られた。特にリン肥料の施用効果は有意であることが明らかになった。

収穫時期(8月25日調査)では、リン肥料20 kg/10 aや窒素肥料30 kg/10 aの施用は、地上部に占める茎の割合が増加するが、葉の増収は見込めないことが示された。

肥料施用の効果と経済性を考慮すると、関東地方におけるクソニンジンの栽培では、窒素、リンおよびカリ肥料の施用量は、成分量として各10 kg/10 aを目安とすることが適当であると結論した。

2) 生薬「山薬」は、主に保健強壮薬に用いる処方に配合される漢方処方用薬である。その基原植物は、第14改訂日本薬局方では、ヤマノイモ *Dioscorea japonica* Thunb.およびナガイモ *D. batata* Decneの周皮を取り除いた根茎と規定されている。本研究では、ナガイモ *D. batata* 「ガンクミジカ」、「ガンクミジカ太正」および「盛岡農場改良」(3系統)、ヤマノイモ *D. japonica* 「福種種苗系」および「静岡農試60号」(2系統)を用い、栽培法および生薬の調製法を検討した。

ナガイモの収量(生重)は、5.6-6.2 kg/m<sup>2</sup>、ヤマノイモは、2.3-2.6 kg/m<sup>2</sup>であった。

調製後の形状を比較するとナガイモは、表面に乾燥時の収縮によって多数のシワが生じた。ヤマノイモは、表面の収縮は比較的少なく、表皮は取り去った後、寒風にさ

らして十分に乾燥させ、表面を研磨することで、原体に近い形状が得られることが示された。

生薬としての利用が原体である場合は、基原種にヤマイモのように肉質が密で細長い形状が適し、製剤原料の刻みであれば、収量性が高いナガイモを利用することが優位であると思われた。

3) カラスビシャクは、通常地下部の塊茎により増殖するが、種子、むかごからの増殖も容易で、繁殖力が極めて旺盛な植物である。カラスビシャクは草本植物であり、種子およびむかごは地上部に付くため、地上部が枯死すると付着している種子やむかごは風等により流され逸脱する。近隣に類縁植物がある場合、他種の混入が容易に起こり得、両者の識別が困難となる。カラスビシャクの種苗は未だ品種はなく、野生種に近い状態で利用されており、遺伝的な変異については全く不明である。保存系統中に外部形態が異なるものがあり、それらを用いて外部形態に関する特性調査を行った。

伊豆在来種と北海道名寄系を用いて育成し、外部形態を比較した結果、葉の形質については長さ、幅および葉色が異なること、花の形状では、仏炎訪苞の縁の色は前者が緑色、後者では暗紫色であること、地下部塊茎外面の色がそれぞれ淡黄色、赤紫色を帯びた淡黄色であることを観察した。また、生態的特性として、塊茎の成長は温暖地では1個1個が分離した球形なるが、寒冷地では個々に分離することはなく、大きな固まりとなって増殖することが明らかとなっ

た。固まりとなった形状の塊茎を温暖地で育成した場合、固まりとしての形状を保持したまま大きさが縮小することを認めた。

植物の内部形態による遺伝子非組換え・組換え体の比較と遺伝子拡散について

分担研究者 酒井英二 岐阜薬科大学 薬草園研究室

植物組織培養技術の進歩とともに、植物の遺伝子についても解明が進み、我々に有用かつ重要な情報をもたらしている。個体識別を目的とした遺伝子による種の鑑定技術もその一つとしてあげられる。また、有用遺伝子を別の植物に導入する遺伝子組換え技術も、育種分野新技術として注目を集め一部では実用化されている。この種概念を越えたこの遺伝子組換え植物に関しては賛否両論があり、薬用植物の分野では実用化は今のところされていない。しかし、園芸植物、飼料作物に関しては、既に市場に流通するまでになっており、技術的には完成されたものになりつつある。

遺伝子組換え食品の例を考えると、近い将来には薬用植物の領域においても遺伝子組換え体の流通が予測され、簡便な非組換え体との区別方法の確立が望まれる。

また、国内で遺伝子組換え体の種子が流通すれば種子拡散が起こり、更には花粉をかいしての遺伝子拡散が予測される。

本事業では、野生品と栽培品が流通している生薬を例に、栽培品を組換え体に見立てて形態的な区別の可能性を検討し、内部形態に差違があることを確認した。また、薬草園で栽培している植物の受粉の様子を観察した。

A. 研究目的

遺伝子組換え技術は、園芸植物や飼料作物、更には食料生産を支える技術として日常化しつつある。優良系統の育種に関して、この新しい技術は飛躍的な貢献を示している。従来は人工交雑、選抜を繰り返して新しい手間と時間をかけて優良品種が作出されてきたが、遺伝子組換え技術は短時間でそれを可能にする可能性を持っている。しかし一方で従来の植物種概念からかけ離れた植物が生まれる可能性もあり、この急激な変化については賛否両論がある。

実際、西洋野菜を輸入している港周辺で除草剤耐性の菜種が繁殖しているなど遺伝子組換え植物の侵入に関する報道がある。帰化植物は、「人力によ

って、意識的にせよ、無意識にせよ、一つの植物が本来の生育地から、そのものが自生していない新しい地域にもたらされて、野生化して繁殖し、その植物の歴史を知らなければその土地本来の自生種と一見区別がつかない様になっている状態をいう」と定義されている。遺伝子組換え植物の場合は、本来の自生地があるわけではないので、帰化植物に当たるかどうかはわからないが、移入種として考えることが出来る。先頃、『カルタヘナ法』に基づく遺伝子組換え植物の栽培承認が報じられ、国内での拡散が懸念されている。

今後益々、遺伝子組換え植物の識別が重要になると考えられる。また外来植物の拡散を考える時、種子の拡散と受粉を解しての遺伝子拡散が考えられ、

この点についても検討が必要と思われる。

遺伝子組換え植物と非組換え植物とを区別する方法としては、例えばダイズについてはDNA抽出方法とPCR条件が検討され、除草剤耐性遺伝子を組み込んだ大豆を簡単に検出するキットが販売されているが、現状ではまだまだ高価である。

そこで、内部形態的な観点から識別出来ないかを検討することとした。ただし遺伝子組換えされた薬用植物の流通はないため、遺伝子非組換え・組換え薬用植物を形態的に区別することが可能かどうかを検討する予備実験として栽培される薬用植物を組換え薬用植物に見立てて野生の薬用植物との形態比較を試みた。さらに、栽培植物の場合に栽培条件により形態的差が生じる可能を検討した。遺伝子拡散については、近縁種との人工交雑をとおして受粉の様子を観察した。

## B. 研究方法

薬用植物の多くは、野生品採取により供給されてきたが、近年の消費量の増大や自然保護の立場から一部の薬用植物については栽培化が進められており、栽培品と野生品の両方が生薬市場品として流通しているものも幾つかある。

1. オウゴンを実験材料とし、栽培、野生の明らかなサプルについて同程度の太さの根を約1cm切り取り、ぬるま湯に1時間浸漬した後、氷結法により厚さ約20 $\mu$ mの横切片を作成しプレパラートとした。また、2, 3の市場品についても同様にプレパラートを作成した。

2. 古くから生薬生産を目的に栽培されているバクモンドウは、殆どすべてが栽培由来と考えられる。そこで、産地間での差を検証する目的で中国産バクモンドウを実験材料とした。入手材料の約100gについて細根部を取り除いた後、200~300個について長さ、直径及び重さを測定した。また、それぞれ10個について、ぬるま湯に1時間浸漬した後、氷結法により厚さ約20 $\mu$ mの横切片を作成しプレパラートを作成し、中華人民共和国薬典(2000年版)(薬典)および第14改正日本薬局方(日局)の内部形態記載事項を基準として、各産地のバクモンドウの数値を比較した。

3. 薬用植物の代表として、ゲンノショウコを実験材料とした。ゲンノショウコは、蝶を初めとする多くの昆虫が訪れる植物であり、虫媒花と考えられる。そこで、近縁種との交配を人工的に行い、遺伝子交雑の可能性を検討した。材料にはゲンノショウコ(*Geranium thunbergii* SIEB. et ZUCC., 白花)とかつては同種として扱われたこともある近縁の*G. nepalense* SWEET(赤花)を用いた。蕾の段階で萼片を開き、雄しべを除去し、パラフィン葉包紙で作成した袋をかけた。雌しべが成熟した頃に受粉を行い、再び袋かけをし、結実率を計算した。

## C. 研究結果

1. オウゴンの場合、道管の配列について相違が観察された。栽培品の道管は放射状に配列しているのに対して、野生品では環状に連なる傾向が確認された。また、野生品で中心部に穴のあいたものについては、内部にもコルク層が形成されていた。

2. バクモンドウの長さ、径の実測値はそれぞれ0.6~4.1cm, 0.2~0.9cmで、薬典の長さ1.5~3.0cm, 径0.3~0.6cmの範囲に当てはまらないものが多く確認できた。特にGAP生産されたとされる産地の商品では、径が0.6cmを超えるものが3割を超えていた。この商品はおおきさが揃っていて外見上は良品と思われたが、8割が日局の範囲外であった。

3. ゲンノショウコは、受粉に虫が介在する虫媒花であると考えられ、蕾に袋をかけた状態では受粉しないと考えていたが、雄しべを除去していないものはもちろん、除去する時期が遅れたものについては結実する場合が確認された。

ゲンノショウコの近縁種間での結実率と、同種間での結実率に差は認められなかった。

## D. 考察

1. オウゴンには、外観上の違いはあまり認められないが、内部構造に大きな違いが観察された。この相違は、直径が同程度でも生育年数が異なることに基因しているものと考えられる。栽培品について経時的に内部形態を調査する必要があるが、内部形態を観察することで、野生、栽培を区別出来る可能性が示唆された。

2. バクモンドウは栽培の歴史が長いために栽培方法が確立されており、産地が違っていても大きな栽培条件の相違がなく、大きな形態的に相違は認められなかった。しかし、現段階で植物分類学上は同一種とされているが、以前よりその種の分類について話題になっている産地のものについては、若干の形態的相違が認められた。また、バクモンドウ基原植物において、同一種であっても異なる遺伝子配列パターンが示されるとの報告と考え合わせると、遺伝子の違いが種内変異程度の微細な形態の違いとして現れることが推察され、外部形態および内部形態の相違を明らかにすることは、遺伝子組換え薬用植物と非組換え体を区別する手がかりになると考えられた。

3. ゲンノショウコと近縁種の交配の可能性は今回の実験で示唆されたが、先ず雄しべが成熟し花粉を放出したのち、雌しべが成熟し湿った状態となる雄性先熟の両性花であり、雌しべは成熟に従ってその先端が大きく反り返り、雄しべに接し自家受粉する仕組みを持っている点や、ゲンノショウコの仲間で帰化植物として同地域に拡大しているアメリカフウロとの交配種が観察されていない点、同種に赤花と白花があるが、明らかに自然交雑したと考えられる個体が見つかっていない

点などから、他の遺伝子と交わる機会が少ないものと考えられる。

#### E. 結論

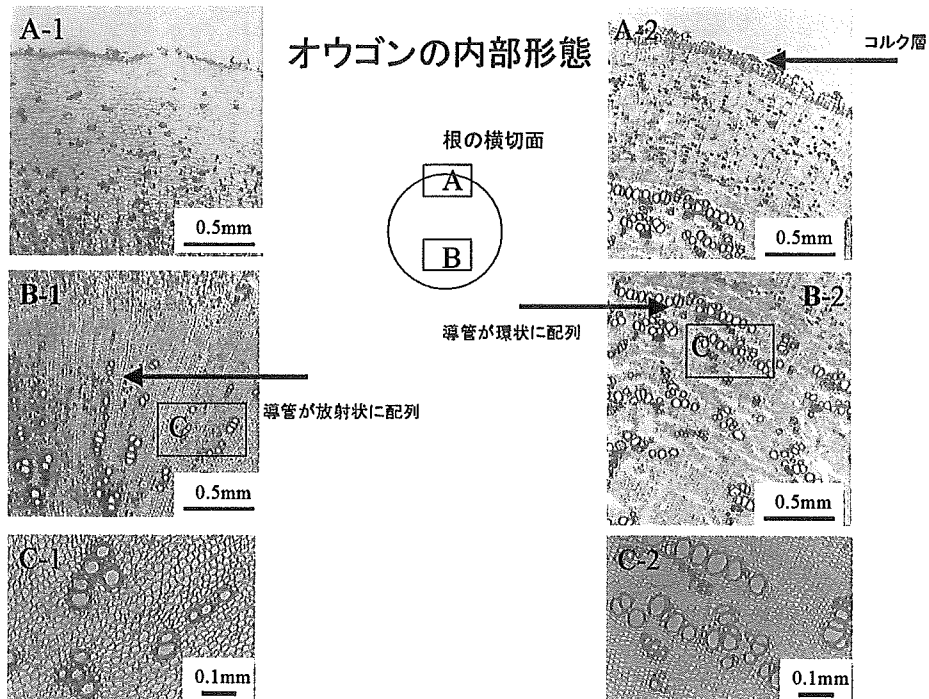
1. 生薬オウゴンは、野生品と栽培品で明らかな構造の相違が確認され、両者を明瞭に区別することができた。
2. バクモンドウの場合では、栽培地の違いによる形態の相違を明確にすることは出来なかった。
3. ゲンノショウコについては、花粉を介在した組換え遺伝子の拡散は起こりにくいと考えられた。
4. 外部形態および内部形態の情報は、遺伝子の違いを推察するための重要な手がかりとなり得ると考えられた。

#### F. 研究発表

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表  
一部、日本生薬学会第51回年会にて発表

#### G. 知的所有権の取得状況

なし

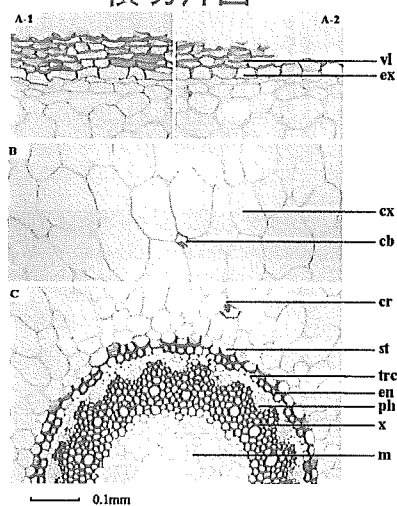


1:栽培由来(H4.5.22)

2:野生由来(H6.1.24)

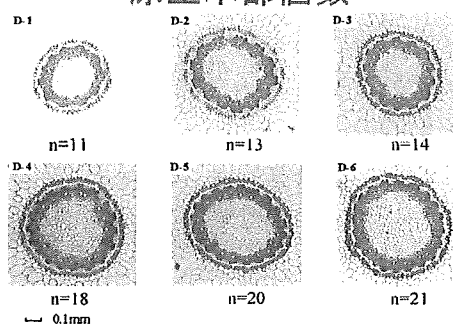
## 麦門冬 (*Ophiopogon japonicus*) 内部形態

### 横切片図



vl:根被 ex:外皮 ex:皮層 cb:葉針晶 cr:柱状晶 st:石細胞  
trc:通過細胞 en:内皮 ph:篩部 x:木部 m:髓

### 原生木部個数

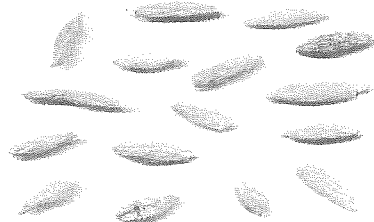
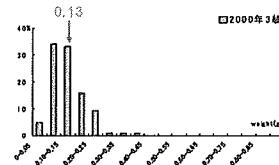
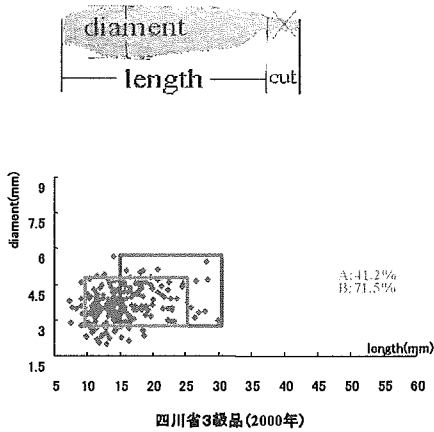
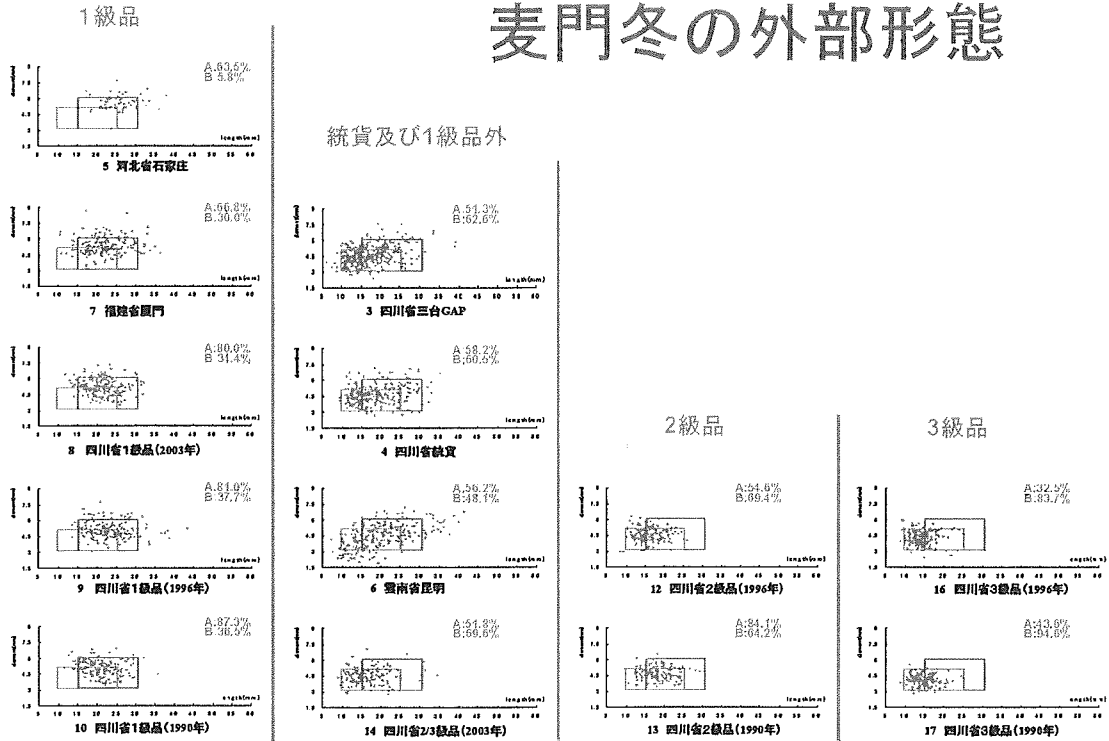


#### サンプルの産地

A,B,C: 四川省二級(1990年); D-1,5: 四川省三台GAP(2003年);  
D-2: 河北省石家庄(2003年); D-3: 福建省厦門(2003年);  
D-4,6: 雲南省昆明(2003年);



# 麦門冬の外部形態



- A 中国薬典性状記載項麦門冬範圍：長さ1.5~3.0cm，径0.3~0.6cm
- B 日本薬局方範圍：長さ1.0~2.5cm，径0.3~0.5cm
- ↓： 重さの実測平均値

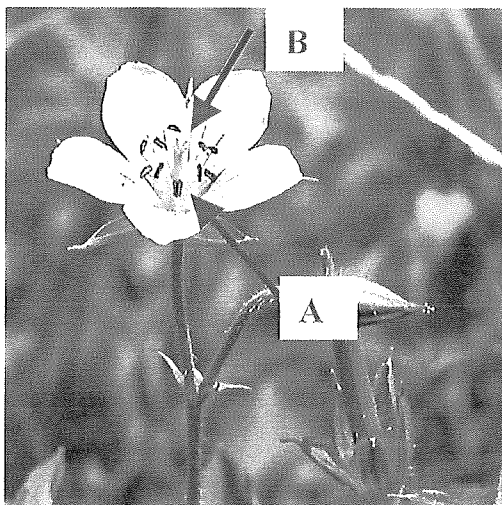
ゲンノショウコの交配実験結果

<i>Geranium thunbergii</i> (白♀) × <i>G. thunbergii</i> (白♂)	15 個体中 7 個結実 (4 個体枯れ)	47%
<i>Geranium thunbergii</i> (白♀) × <i>G. nepalense</i> (赤♂)	16 個体中 5 個結実 (2 個体枯れ)	31%
<i>Geranium nepalense</i> (赤♀) × <i>G. thunbergii</i> (白♂)	28 個体中 9 個結実 (1 個体枯れ)	32%
<i>Geranium nepalense</i> (赤♀) × <i>G. nepalense</i> (赤♂)	21 個体中 5 個結実 (1 個体枯れ)	24%

*Geranium thunbergii* 母株とした場合に、結実後枯れる場合が多かった。

同種と同属間での、交雑については、違いは認められない。

ゲンノショウコ (*Geranium thunbergii*) の花



*Geranium nepalense*



A: 雄しべ

白い花糸の先に紫色の葯をつける

葯は雌しべに先駆けて成熟し、開裂すると黄色い花粉を放出する

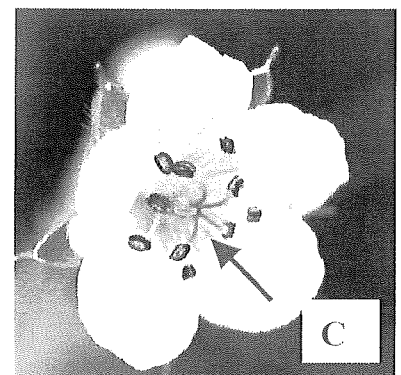
B: 雌しべ

成熟にともなって先端の赤い部分が濡れたようになる

先端部分は5つに開いて、それぞれが反り返る (C)

反り返った先は葯よりも低くなり、再び元に戻る

この時、雌しべの先端に花粉が付着する



*Panax* 属植物の遺伝資源的保存と三七人参 (*Panax notoginseng*) の  
生産性に関する研究

分担研究者 神田博史 広島大学医学部附属薬用植物園 助教授

我々の研究により、生薬「竹節人参」の基原植物 *Panax japonicus* トチバニンジン は非常に多様であり、特に、サツマニンジン の名で呼ばれる南九州産は、成分的にも植物特性においても特異であり、植物分類上、区別する必要があることが明らかとなった。サツマニンジン の栽培特性を検討した結果、実生1年生の生根重はオタネニンジン、アメリカニンジン に匹敵するものであった。サンシチニンジン (*P. notoginseng*) の植物、栽培特性について検討した結果、種子重は1粒あたりオタネニンジン やアメリカニンジン よりやや重く、発芽は、播種後約3ヶ月のちに開始し、3週間後には92.9%であった。人工授粉、および葉挿しによる増殖の可能性を明らかにした。播種栽培による生存率は、毎年約10%程度低下した。10年保存した個体の地下部は、根茎部が発達し、直根が発達するオタネニンジン というより、チバニンジン 類似の形状であった。

#### A. 研究目的

国内に自生する *Panax* 属植物の多様性を調査すると共に、特異なサツマニンジン を含め、オタネニンジン、アメリカニンジン とサンシチニンジン の植物ならびに栽培特性について比較検討を行った。

サンシチニンジン *Panax notoginseng* の根「三七人参」或いは「田七」は、中国では金にも換えがたいということから、「金不換」と呼ばれ、非常に貴重な生薬である。近年、わが国においても有用性が認識され、中国からの輸入量が急激に伸びている。国内における生産を考慮し、植物特性ならびに栽培の可能性を検討した。

富山医科薬科大学附属薬用植物園を実験圃場とし、藤野広春氏と共同で行なった。

研究材料とした *Panax* 属植物

トチバニンジン *P. japonicus* /富山県護

摩堂

サツマニンジン *P. japonicus* /宮崎双石山

オタネニンジン *P. ginseng*

アメリカニンジン *P. quinquefolium*

(北アメリカで栽培されている系統)

サンシチニンジン *P. notoginseng*

#### B. 研究方法

サンシチニンジン の根の形状はオタネニンジン に比べ短い、併せて、冬季の移動を考慮して、プランターを用いた。設置場所は、オタネニンジン 栽培の場合に準じ、北側以外を覆い、屋根はわずかに雨が落ちる程度にした。プランターの底部には赤玉土の中粒を入れ、その上に、小粒を6~5割、腐葉土を3割、薫炭とパーライトを少量混ぜたものを重ねた。なお、栽培地中国雲南省文山の土壌は、

交換性カルシウムが著しく多いややアルカリ性である。

### C. 研究結果

#### 1. サツマニンジンの栽培研究

サツマニンジンは茎高 65cm 前後、花茎の高さは 75cm 前後となり、植物体は 140cm にも達した。同一条件下での栽培においてもオタネニンジンと同程度か、より大型化の傾向が見られた。

分子生物学的には、RAPD 分析において他のトチバニンジンとはマイナーではあるが異なるバンドパターンを示し、遺伝的な相違の可能性が認められた。

サツマニンジンの種子重は平均 25mg で、今回調査した富山県産のトチバニンジンのそれと比べ約 1.5 倍程度であった。実生 1 年生の生根重は平均 908mg もあった。実生 1 年生の 2 年目増殖率はトチバニンジンに比べ多少大きいものの、1 年生生根重の大きさから期待される数値ではなかった。しかしながら根頭部の太さ、長さは大きい数値を示した。

根茎の増殖率は、ばらつきの大いものの、一部には 3 年間で 10 倍以上にもおよび、最大 27.2 倍もの増殖を示す個体もみられた。

#### 2) サンシチニンジンの栽培の予備試験としての発芽試験

1998 年秋に採種した 42 粒は、ジベレリン処理 (50ppm) をした後、播種した。種子重は 1 粒あたり min. 24mg-max. 92mg、平均では 65 mg であった。トチバニンジンの 2.5-4.0 倍、オタネニンジンやアメリカニンジンよりやや重い値であった。

a) *Panax* 属植物における種子重と 1 年生生根重との関係

種名	種子重 (A) (fw/g)	生根重 (B) (fw/g)	B÷A
トチバニンジン	14	165	11.8

トチバニンジン	25	200	8.0
オタネニンジン	60	900	15.0
アメリカニンジン	63	1000	15.9
サンシチニンジン	65.4	990	15.1

1 年生生根重は、トチバニンジンの約 5 倍の重さで、オタネニンジンよりやや重く、アメリカニンジンに匹敵する値であった。

発芽は、播種後約 3 ヶ月のちに開始し、その後の 10 日間に 50.0% 発芽した。2 週間後には、73.8% が発芽し、3 週間後には 92.9% であった。

発芽時期としては、5 月中旬から下旬にかけてが適当であることが分かった。

b) 種子重と発芽率との関係は、

種子重 (mg)	29	39	49	59	69	79	89	90	
種子数	2	3	3	9	4	11	9	1	計 42
発芽率	0	100	100	100	75	100	100	100	92.9%

発芽率は、種子重に関係なく良好であった。種子の形態は、オタネニンジンやアメリカニンジンが丸く扁平な形状であるのに、サンシチニンジンは、直径はやや小さいもののトチバニンジンに似て、全体に丸みを帯びころころしている。

#### 3) サンシチニンジンの 3 年間の根重変化と生存率

1 生根重は、最小 0.3g、最大 1.5g、平均では 0.99g でトチバニンジン *P. japonicus* の約 5 倍、オタネニンジン *P. ginseng* やアメリカニンジン *P. quinquefolium* とほぼ同じ大きさであった。2 年生では、最小 0.6g、最大 3.8 g、平均では 2.06g であった。3 年生では、最小 0.1g、最大 11.3g、平均では 3.35g であった。3 年目の最小根重が低くなっているものの、最大根重および、平均根重は、順調に増加した。

生存率は、1 年生では 93.75%、2 年生では

84.38%、3年生では、71.88%となり、毎年10%程度の欠損を示した。

#### 4) サンシチニンジンの葉挿しによる増殖の予備試験

昨年1月中旬、温室内にて、Bに記載した条件の下、小葉を挿した。1年間枯れることなく葉色は保たれ、本年、1月中旬に掘上たところ、播種栽培と同様な根の生育が認められた。この結果、サンシチニンジの葉による栄養繁殖の可能性が明らかとなった。

#### 5) サンシチニンジンの栽培年数における地下部の形状変化

10年に及ぶ個体も生存しているが、10年物の地下部の形状は、根茎部が有節状に伸張し、トチバニンジンに酷似した根茎部となる個体もあった。しかしながら、根茎部が発達した個体は、根部の発達した個体に比べ、生重量が半減していた。

#### D. 考察

種子や古い株の地下部の形状などから、サンシチニンジンは直根部発達型のオタネニンジンやアメリカニンジングループというよりは、根茎部発達型のトチバニンジングループに近いが、中間型の特性を有していると思われる。田中治らによる化学成分的報告も、同様な結果を裏付けている。

今回は、地下部の形状ならびに、開花結実

時期の問題解消から、移動可能なプランターでの栽培を行ったが、発芽率、生存率地下部生育率は、満足のいく数値であった。さらに、人工授粉による播種栽培ならびに葉挿しによる栄養増殖が明らかとなった。

栽培地の中国雲南省文山県では、10月に開花結実しているが、我々の取り組みでは10月から11月に開花し、戸外では結実を見ない。今のところ、結実させるためには屋内に持ち込み、人工授粉をする必要がある。自然状態で結実を見るためには、より暖冬地域での栽培実験が必要であろう。

#### E. 結論

今回の研究結果から、わが国における、サンシチニンジン栽培の可能性が明らかとなった。

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

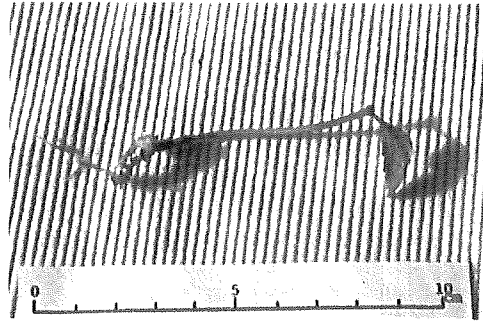
なし

##### 2. 学会発表

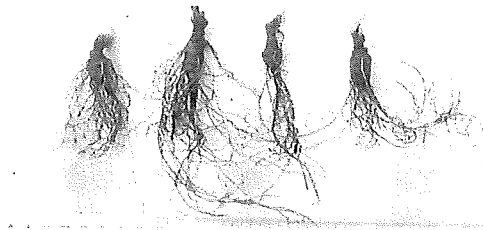
なし

#### G. 知的財産権の出願・登録状況

なし



サンシチニンジンの葉挿し試験



サンシチニンジン 2 年生の根



サンシチニンジンの採種株

厚生科学研究費補助金（ヒトゲノム・再生医療等研究事業）  
総合研究報告 資料 16

遺伝子組み換え薬用植物の環境に与える影響に関する研究

分担研究者 香月茂樹

(独) 医薬基盤研究所 薬用植物資源研究センター 種子島研究部

マオウの栽培では、北海道・筑波とともに *Ephedra intermedia* Schrenk et C.A.Mey.を用いて実施した。種子島においては

接ぎ木繁殖法は栄養繁殖の一方法として、経済栽培において古くから利用されている。また、交配種の結果を早く知る方法として、試験研究機関において活用されている。遺伝子組み換え体の結果を早期に確認する方法として、この接ぎ木は活用できる。台木と穂木の親和性の良否は、接ぎ木の活着率の高低ということもでき、今後の遺伝子組み換え体の創出のためのヒントとして利用できるものと思われる。

種子繁殖法は栄養繁殖以外の繁殖法として通常行われている。しかし、薬用植物に関しては種子の保存法、発芽型が種々であり、個々に、また地域により適する方法を探索する必要がある。

A. 研究目的

1. マオウの種子島での栽培

中国がマオウの輸出禁止措置を 1999 年 1 月に講じたため、国内における栽培の方法、栽培の可能性の可否を検証することを目的とする。

2. 種子島での採種・保存

園芸植物はともかく、野生種は金銭による購入が困難な時代となってきている。試験研究機関の間においては、Give and Take を原則としており、より多くの種、希少価値のある種などを保有することにより、多くの機関との種苗交換が可能となっている。一方、野生種の種子の保存法はほとんど確立されておらず、今後の研究にかかっており、その解明にあたる。

3. 接ぎ木

増殖の一方法、また経済栽培として環境耐性・早期結実性・増収効果・矮性等に応用されてきた。接ぎ木の可否の確認により、遺伝子組み換えの可能性の可否が想定でき、また遺伝子組み換え体の成育の結果判定の期間短縮に貢献できるものと思われる。一方、遺伝子組み換え植物が周辺の近縁種と交雑の危険性を推定する一つの指標としての可能性もある。

4. 種子繁殖

栄養繁殖以外の繁殖法として通常行われている。従来の育種においては結実した種子や果実を播種することにより、新品種の育成を行ってきた。作物化されている植物については、種子（果実を含む）の保存法が確立され、発芽特性などが解明されているものの、薬用植物の多くは

野生品の採集に依存していたことから、それらの諸研究は立ち遅れている。種子繁殖技術の確立は、遺伝子組み換え技術への材料の供試、遺伝子組み換え個体の増殖にも不可欠のことである。このことから、種子保存法や発芽機構の解明・開発を行うことを目的とするものである。

## B. 研究方法

### 1. マオウの種子島での栽培

北海道・筑波と共に、*Ephedra intermedia* Schrenk et C.A.Mey. (Ep-13) の株分け苗を用いて実施した。終日十分な日照がある砂壤土で、栽植密度 70cm×40cm で 1999 年 11 日に定植した。肥料は基肥を 1 a 当たり堆肥 100kg・油粕 10kg・苦土 10kg とし、追肥はしなかった。

### 2. 種子島での採種・保存

国内外の試験研究機関との種苗交換事業の一環として採種している。採種記録をしており、それに基づいて実施している。

### 3. 接ぎ木

種子島の露地または温室で栽培可能な種について実施してきた。切り接ぎ（切断した部分を切り下げ、その隙間に穂木を切り下げた底辺まで差し込み、接ぎ木する方法）については、施術部は市販の接ぎ木用ビニールテープで縛り、施術部の上部から穂木全体をパラフィルムで被う方法を取った。瓶接ぎでは、施術部を市販の接ぎ木用ビニールテープで縛り、穂木の下部はアルミ缶の中の水につける方法を取った。以下のとおり、実施した。

キハダ・タイワンキハダ・ゴシュユ・

ホンゴシュユ（穂木）／ハマセンダン（台木）、カンラン／カンラン、インドセンダン／センダン、シナマンサク・アメリカマンサク／イスノキ、カンヒザクラ・カンザクラ・サトザクラ・カラミザクラ・ヤマザクラ／ヤマザクラ、スモモ／ウメ、モモ／モモ、ブドウザンショウ／イヌザンショウ、タチバナ・シキキツ・斑入りダイダイ／タチバナ、ウラジロアカメガシワ／クスノハガシワ、ヤブツバキ・ユキツバキ・ユキバタツバキ／サザンカ

### 4. 種子繁殖

以下の種を実施した。

ミシマサイコ、ニッケイ、ニガキ、ヒキオコシ、ヤマザクラ

## C. 研究結果

### 1. マオウの種子島での栽培

冬季の一時期を除いて生育した。3 年目に開花が見られ、隣接株との区別が不明瞭となった。定植初年度の一部の月を除き、第十四改正日本薬局方での総アルカロイドの規定値 0.7%以上を充たした。

### 2. 種子島での採種・保存

年間 300～400 点の植物の採種ができた。温帯・亜熱帯・熱帯地域の植物の採種ができ、北限・南限・稀少種（ワシントン条約・レッドデータブック関係）も採種できた。

### 3. 接ぎ木

ハマセンダン、カンラン、センダン、イスノキ、ヤマザクラ、ウメ、モモ、タチバナを台木としたものは良好な活着率であった。イヌザンショウ、サザンカを台木としたものは活着率が悪く、クスノ



ハガシワでは活着しなかった。

#### 4. 種子繁殖

ミシマサイコでは、採り播きがよかった。ニッケイ、ニガキでは、湿潤保存でよい結果が得られた。ヒキオコシでは、高温状態で良好な発芽をした。種子島自生のヤマザクラは湿潤冷蔵保存には適した以内。

### D. 考察

#### 1. マオウの種子島での栽培

株分けによる移植栽培では3年で成株に達する。他地域に比べ、生育期間が長く、成分面でも問題がない。

#### 2. 種子島での採種・保存

温帯と熱帯・亜熱帯、北限と南限の植物が共存あるいはせめぎ合うという、世界でも極めて希有な地域であることがうかがい知れる。

#### 3. 接ぎ木

薬用植物の場合、利用部位の成分が、共台の場合と相違ないのか、検討の余地がある。

#### 4. 種子繁殖

それぞれの種で、保存法や発芽形態が異なる。同一種でも、地域により発芽形態等が異なる可能性がある。

### E. 結論

#### 1. マオウの種子島での栽培

成分含量の面で基準値を充たし、生育量も旺盛なため、他地域より有利と思われる。

#### 2. 種子島での採種・保存

種子島の自然は、植物の野生種・栽培種いずれもの幅広い種を入れられるだ

けの、すばらしい生育環境を包含している地域と言える。

#### 3. 接ぎ木

今日の接ぎ木による繁殖法は、パラフィルムの使用により大幅に緩和され、技術の差も少なくなり活着率の向上にもなった。台木と穂木の親和性については未知・不明なことが多く、実施して確認する必要がある。薬用としての利用部位が市場品と同等性を有しているのか検証する必要がある。

#### 4. 種子繁殖

種子の保存は、種や系統で様々であるため、その地域による方法を確立する必要があるように思われる。

### F. 研究発表

#### 1. 論文発表

なし

#### 2. 学会発表

中根孝久、淵野裕之、高橋真理衣、飯田修、柴田敏郎、香月茂樹、関田節子、佐竹元吉：マオウ科 *Ephedraceae* 植物のエフェドリン含量Ⅳ—国内栽培試験種及び国外野生種—、日本生薬学会、東京 2003

### G. 知的所有権の取得状況

なし

### H. 参考文献

- 1) 香月茂樹「熱帯動植物友の会会報」第93号(1997年4月):pp.11-13
- 2) 中平幸助・染郷正孝：造園木の手引き つぎ木・とり木の実際、地球社、1973
- 3) 大野正夫：図解 果樹の接木・挿木

と高接更新、博友社、1973

4) 農耕と園芸・ガーデンライフ編：図解 植木のふやし方、誠文堂新光社、1972

5) 飯島亮・安蒜俊比古：庭木と緑化樹  
1 針葉樹・常緑高木、誠文堂新光社、1974

6) 飯島亮・安蒜俊比古：庭木と緑化樹  
2 落葉高木・低木類、誠文堂新光社、1974

7) 安田勲：植木園芸ハンドブック、養賢堂、1973

8) 香月茂樹他「日本植物園協会誌」第37号(2003年):pp.103-111

9) 河瀬憲次：果樹台木の特性と利用、農山漁村文化協会、1995

10) 香月茂樹「熱帶動植物友の会会報」第94号(1997年7月):pp.13-15

11) 山中寅文：植木の実生と育て方、誠文堂新光社、1975

遺伝子組換え薬用植物の環境に与える影響に関する研究

分担研究者 柴田敏郎 (独)医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究リーダー

新しい機能を有した遺伝子組換え体創出による環境生物への影響、即ち、花粉の拡散による環境生物への影響等想定されるリスクの回避法を明らかにするのは重要であり、そのためには材料植物の増殖や生育特性を明らかにしておく必要がある。今回、セリ科の多年草ヨロイグサとウイキョウならびにシソ科の多年草カキドオシの生育特性に関する基礎的研究を行った。

ウイキョウの生育に及ぼす窒素肥料施用方法の影響を検討した結果、春期の施用は茎葉の生育及び種子重量の増加に貢献することが判明したが、茎の倒伏による土砂の付着等生薬の品質や収穫の作業性を考慮すると、窒素施用は春期には控え、夏期に 5~10g/株 程度施す方法が適当と考えられた。また、種子の収穫時期について、精油含量や外観からみて、開花後 44~50 日目程度が好ましく、遅くとも 55 日目までには収穫を終了することが望ましいと考えられた。

ヨロイグサの生育及び活性成分に及ぼす肥料条件の影響を検討した結果、10a 当たり窒素 7.5~10kg、リン酸 9~12kg、カリ 7.5~10kg 程度の施用が適当と考えられた。フロクマリン類、希エタノールエキス量は試験区間に差は認められなかった。

カキドウシについて、繁殖法及び生育特性に関する基礎的調査を行った結果、挿し木により短期間で極めて容易に増殖可能であること、栽培植物の生育は野生植物の生育に比べて極めて旺盛で、1 年目圃場定植 47 日目で 1 株当たり占有面積は 1.8~2.6 m<sup>2</sup>に達し、栽植密度、肥料、光強度への適応性も高いが化成肥料が効果的であり、強い光強度下で良好な生育を示すことが判明し、栽植密度は 500 株/10a 程度が適当であり、定植 2 年生植物の乾物収量を 200~280kg/10a と推定した。2 年生株の無機成分吸収率は、N:1.2~1.4%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0.7~0.8%、K<sub>2</sub>O:2.5~3.1%、CaO:1.2~1.4%、MgO:0.5%であり、カリウムの吸収が比較的高く、この傾向は 1 年生株と同様であった。本種は日本全土に分布しているが、萌芽後の気温の上昇に対する生育反応を比較した結果、北海道名寄産は本州産に比べて温度上昇に敏感に反応して生殖成長に移行することが確認され、寒冷地型に分化している可能性が推察された。日本の野生種の中には染色体数が 2n=36, 45, 54 の個体の存在が報告されているが、今回調査した 4 検体はいずれも 2n=36 であることが確認できたが、生態的性質や形態の違いとの関係は明らかにできなかった。

## A. 研究目的

薬剤耐性や環境の変化に対応した薬用植物や、薬用成分の増量を目指した遺伝子組換え体の研究・開発が求められているが、新しい機能を有した遺伝子組換え体創出による環境生物への影響、昆虫等を媒介した花粉の拡散による環境生物への影響等、想定されるリスクの回避法を研究することは極めて重要である。そのためには、材料植物の生育特性に関する基礎的な研究や遺伝子組換え植物の生態系モデルへの影響の調査は不可欠である。

以上のような薬用植物資源をとりまく状況から、セリ科の多年草ヨロイグサとウイキョウならびにシソ科の多年草カキドウシの生育特性に関する基礎的研究を行った。

## B. 研究方法

1) ウイキョウ (*Foeniculum vulgale* Mill.)の栽培について：①窒素肥料施用方法が生育に及ぼす影響；窒素肥料の施用量を1株当たり窒素分で、0, 5g, 10g, 15gの4水準、施用方法を、春期(5月下旬)及び夏期(8月上旬)に、各々全量施用の場合と半量ずつ分与する場合の組み合わせ(9試験区)を設定し、2年目の生育について検討した。なお、前年に1年生株の生育や種子収量に及ぼす窒素の施用量や施用時期の影響について検討し、1株当たり10g程度が適量であり、施用方法として基肥と夏期の追肥とに半量ずつに分与する方法が効率的と考えられることを明かにした。②精油含量に及ぼす種子の登熟期間の影響；3年生株を用い2003年7月18日から8月7日まで20日間、600株を対象にして開花した20以上の花房をランダムにマークした。果実の採取可能な状態となった同年9月16日から25日まで採取作業を行い、開花日から起算して41~65日目までの24種類の種子サンプルについて精油含量及び外観の比較

を行った。

2) ヨロイグサ (*Angelica dahurica* Benth. et Hook.)の生育及び活性成分に及ぼす肥料条件の影響；窒素5~15kg/10a, リン酸6~18kg/10a, カリ5~15kg/10aの範囲で4つの試験区を設定し、夏から秋の生育を経時的に比較した。フロクマリン類、希エタノールエキス含量並びに乾物重測定後の試料中のN, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO及びMgO含量も併せて比較した。

3) カキドウシ (*Glechoma hederacea* L. subsp. *grandis* Hara)について：①挿し木繁殖に関する検討；北海道名寄市の野生株より、3節を付けた太い茎、2節を付けた太い茎、3節を付けた細い茎及び茎の先端部、合計45本を挿し穂として2004年6月14日に赤玉土を充填した素焼鉢に挿し木し、寒冷紗(遮光率48~49%)下で管理した。2日毎に挿し穂の状態を観察した後、16日後の同年6月30日に発根状況を調査した。②栽植密度、肥料の種類及び光強度に関する基礎的検討；北海道名寄市の野生株より採取した苗をビニールポットに植え、活着を確認した苗を2004年6月25日に圃場に定植した。栽植密度について、畦幅60cmに設定し、株間を20, 30, 40cmの3区を設定した。光強度について、株間を20cmとして、寒冷紗1重被覆下(遮光率48~49%)にて栽培する区を設定した。肥料の効果について、上記の4区それぞれに、化成肥料(N:P:K=14:14:14, 40g/10a)及び油粕(200kg/10a)施用区を設定した。以上の8試験区各々に7~10株ずつ定植し、合計24m<sup>2</sup>にて試験を実施した。1年目は2004年7月20日に生育調査を、2004年8月10日に収穫して1株当たり乾物重を測定した。2年目は萌芽期、開花期を調査した後、開花後期の2005年6月22日に各試験区0.7m<sup>2</sup>分の地上部を地ぎわから刈り取り、新鮮重を測定した後、50℃で168時間温風乾燥して乾物重を測定した。1, 2年目ともに乾物重測定後の試料中のN, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO及び