

薬用植物研究

The Japanese Journal of Medicinal Resources

42巻1号 (2020年1号)

令和2年6月



Polygonatum kingianum Collett et Hemsley

薬用植物栽培研究会

Japanese Society of Research for the Cultivation of Medicinal Plants

目 次

原報

ペーパーポットを用いたトウキの栽培研究（第1報）：

屋内での育苗方法の検討と苗の選別方法の開発

工藤喜福・安藤広和・佐々木陽平 …………… 1

資料

トウキ (*Angelica acutiloba* Kitagawa) における種子の生産と

貯蔵方法に関する研究

尾崎和男・酒井悠太 …………… 19

資料

胚培養による宇宙リンゴ“ふじ”の苗生産

小山田智彰・鞍懸重和・佐藤晋也・越谷晋樹・佐藤雄大 …………… 30

資料

中国における肉蓯蓉の栽培状況

御影雅幸・野村行宏・倪斯然 …………… 41

資料

渡来薬「失鳩答」（ドクニンジン全草）の本草学（前編）

コネイオンと失鳩答

姉帯 正樹 …………… 47

薬用植物栽培研究会会則

投稿規定

会計報告

編集後記

編 集 委 員

姉帯 正樹	伊藤美千穂	伊藤 徳家	奥山 徹
草野源次郎	高上馬希重	小松かつ子	佐々木陽平
◎芝野真喜雄	西原 英治	林 宏明	菱田 敦之
松嶋 賢一	三井 裕樹	宮本 太	矢原 正治
吉岡 達文	渡邊 啓一		

◎印は編集委員長

ペーパーポットを用いたトウキの栽培研究（第1報）： 屋内での育苗方法の検討と苗の選別方法の開発

Studies on cultivation of *Angelica acutiloba* using paper pot (Part 1):
Indoor seedling raising conditions in winter and seedling selection method

工藤喜福, 安藤広和, 佐々木陽平

金沢大学医薬保健研究域薬学系分子生薬学研究室

〒920-1192 石川県金沢市角間町

Yoshitomi Kudo, Hirokazu Ando, and Yohei Sasaki

Laboratory of Molecular Pharmacognosy, Division of Pharmaceutical Sciences

Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa City, Ishikawa 920-1192, Japan

受付日：2020年3月27日

受理日：2020年5月19日

要 旨

トウキ (*Angelica acutiloba*) の栽培における育苗期間の短縮, 苗生産の安定性向上を目的に 130 穴ペーパーポット (以下, PP) を用いた屋内での育苗方法の検討と PP を用いた栽培方法に適した苗の選別方法の開発を行った. まず, PP 苗の選別方法の開発を試みたところ, 苗の根頭部径と最も大きい複葉の頂小葉 ($R = 0.98$ 以上, $R^2 = 0.96$ 以上), 両側小葉 ($R = 0.98$ 以上, $R^2 = 0.97$ 以上) の間に強い正の相関が認められ, 頂小葉または両側小葉の長さを計測することで根頭部径を正確に予測できることを明らかにした. 更に開発した選別方法を用いて屋内での播種時期, 播種方法, 施肥が苗の生育に及ぼす影響, 間引き時期を検討したところ, 播種時期は 9 月が最適であり播種が早いほど苗は大きく成長した. 播種方法は PP 1 穴あたり 3 粒播きを行うことで, PP を効率よく使用することが可能であった. 施肥は PP1 穴 (培養土 0.3 L) あたりマグアンプ K ($N : P : K : Mg = 6\% : 40\% : 6\% : 15\%$) 3.25 g または発酵油かす ($N : P : K = 3\% : 7\% : 4\%$) 5.0 g を元肥として混合し, 更に液肥 ($N : P : K : Mg : Mn : B = 8\% : 10\% : 5\% : 0.01\% : 0.004\% : 0.016\%$) による追肥を行うことで最も苗の生育が旺盛となった. 間引きは, PP 1 穴あたり 3 粒播種した場合, 2 月~3 月に行うことで苗が最も大きく成長した. 以上の方法により屋内で育苗することで, 虫害や気候の影響を受けにくくなり, 苗生産の安定性が向上するだけでなく, 冬期を育苗期間に充てることが可能になり, 従来の育苗期間 (4 月~翌年 3 月) から 9 月~翌年 3 月に約半年育苗期間を短縮することが可能になる.

Abstract

We studied indoor seedling raising conditions in winter using 130 holes paper pot (PP) for the purpose of shortening the seedling raising period and improving seedling production stability in the cultivation of *Angelica acutiloba*. Moreover, we have developed a selection method for seedlings that have adapted to the cultivation method using PP. First, we tried to develop a selection method for PP seedlings. A strong positive correlation was observed between root head diameter and terminal leaflet ($R = 0.98$ or higher, $R^2 = 0.96$ or higher), and both lateral leaflets (left side + right side, $R = 0.98$ or higher, $R^2 = 0.97$ or higher) in the largest compound leaf. We revealed that root head diameter can be accurately predicted by measuring the length of the terminal leaflet or both lateral leaflets. Furthermore, using our selection method, we examined sowing time, sowing method, effect of fertilization on seedling growth, and thinning time. The optimal sowing time was September, and the earlier the sowing time, the larger the seedlings grew. By sowing three seeds per hole in PP, it was possible to use PP efficiently. Fertilization conditions were Magamp K (N : P : K : Mg = 6% : 40% : 6% : 15%) 3.25 g or fermented oil cake (N : P : K = 3% : 7% : 4%) 5.0 g was mixed in each hole (culture soil 0.3L) as the basal fertilizer, and liquid fertilizer (N : P : K : Mg : Mn : B = 8% : 10% : 5% : 0.01% : 0.004% : 0.016%) as additional fertilizer showed good results. When three seeds were sown per hole in October, the seedlings grew most under the condition of thinning out in February to March. These methods resulted in less susceptibility to insect damage and climate, and improved seedling production stability. In addition, using the winter season as the nursery period shortened the nursery period from approximately one year (April to March) to approximately half a year (September to March).

Key words: *Angelica acutiloba*, seedling, paper pot, indoor seedling raising, seedling selection method

緒言

セリ科トウキ *Angelica acutiloba* Kitag. の根は生薬「当帰」として利用され、当帰芍薬散などの漢方処方に配合される。トウキは江戸時代には栽培され、日本で独自の生産方法が継承されている国内自給率が高い重要な薬用植物である¹⁾。近年、漢方製剤の需要が増大していること及び生薬自給率向上の目的で日本国内における生薬の国内生産拡大が求められている^{2, 3)}。

トウキの栽培暦は一般に前年の夏期に得た種子を春に播種し、苗床にて一年間育苗を行う。翌春に一度苗を掘り上げ、選別後、圃場に定植し、その年の秋に収穫するというものである。トウキは根頭部の径（以下、根頭部径）が 8 mm 以上の苗を定植した場合は抽苔しやすくなる事が知られて

おり^{1, 4)}、一般には 5 mm～8 mm 程度の苗を選抜し定植することで抽苔を防いでいる¹⁾。抽苔した株は根の肥大が止まり、根が木質化し、薬用としての価値がなくなるとされていることから^{5, 6)}、これまでに我々は抽苔したトウキの根を加工して製した当帰の品質評価を行った。その結果、根頭部の木質化や空洞化、側根の脱落が起こりやすく、抽苔していないトウキの根を調製した当帰と比べ、根重、希エタノールエキス含量、(Z)-ligustilide 含量が低くなることを報告している⁷⁾。このようにトウキの栽培において、一定の基準を満たす苗を作るための育苗は当帰の品質に大きな影響を与える重要な工程であるが、露地での 1 年という長い育苗期間は、発芽やキアゲハの幼虫からの食害、自然環境による影響を受けやすいことに加え、苗

の掘り上げと選別に労力を要する。また、この育苗期間は一般的な農作物と比較して、長いことから収益の確保も課題となっている。

以上のことから、定植に適したトウキの苗を効率的かつ安定的に生産する手法の確立が求められており、優良種子の確保に向けた採種法⁸⁾や、セル成型苗を用いた栽培方法⁹⁾、保温ベッド育苗による短期育苗法¹⁰⁾をはじめとした種々の検討¹¹⁻¹³⁾が行われてきた。本研究において我々はペーパーポット（以下、PP）を用いた育苗方法の検討を行った。PPは、特殊加工した紙製の折たたみ式育苗鉢で、通気性、浸水性に優れ、良く揃った健苗ができることとされ、野菜類、木本類、水稻などの育苗に広く使われている¹⁴⁾。PPを用いる事で屋内での育苗が可能になり、環境要因や虫害の影響を受けにくくなるだけでなく、冬期の育苗が可能となり栽培期間の短縮や、掘り上げの労力を削減可能であると考えた。一方、これまでの予試験では、PPを用いて生産した苗は慣行的な育苗方法と同様に株ごとに生育度合いに差が出る傾向が認められた。これはPP苗にも播種時期や管理方法、穴の位置により、同一のPPトレーでも均一な苗が生産できないためである。このことは、慣行的な栽培方法に倣えば、根頭部径を測定することで選別可能である。しかしながら、PPで育苗したものはトウキの根が培養土と紙筒に包まれた構造をしているため、紙筒を破らない状態で根頭部径を測定することができず、根頭部径を基準にする苗の選別を行うことができない。そのため、PP苗の機能を損なわずに苗の選別を行う事ができる手法を開発する必要がある。そこで、本研究では、唯一PPの上部に出ている器官である葉部に着目した。実際、トウキの葉は2回3裂複葉¹⁵⁾と記載されているが、苗の初期段階、つまり植物として未熟な発芽初期の状態においては複葉ではなく単葉が観察され、生育とともに1回3裂複葉や2回3裂複葉と葉の形態が変化する。そのため、葉の大きさや形状の変化はトウキの植物全体の生育と密接に関連し、苗の葉部、特に小葉は選別指標として有用であると考えられる。

我々は、夏に得た種子をその年のうちにPPに

播種し屋内で育苗した後、翌年の4月に定植することで圃場栽培期間の短縮、安定的な苗の生産、作業の効率化を図った。この方法で作成したPP苗を使用した圃場栽培で約半年で日局に適合する漢方生薬「当帰」の生産を目標とした。本研究ではPPを用いた屋内での育苗方法を確立するために、PP苗に適した苗の選別方法の開発を行った。更に開発した選別方法を用いて播種時期、播種方法、施肥が苗の生育に及ぼす影響、間引き時期の検討を行った。

1. 材料と方法

本実験の1-2, 1-3, 1-4, 1-5の各実験に関わる作業工程を図1に示す。

1-1 ペーパーポット苗に適した苗の選別方法の開発

2017年10月19日, 11月23日, 2018年9月12日, 10月12日, 11月19日, 12月20日にトウキの種子をペーパーポット（規格FS515, 高さ15cm×口径5cm, 130本/冊, 日本甜菜製糖株式会社, 以下, PP）に播種した。本研究において培養土は全てサカタのスーパーミックスA（N:P:K=150-260mg/L:70-160mg/L:190-320mg/L, 株式会社サカタのタネ）を使用した。播種数はPP1穴あたり1粒とし、覆土後、さらに粗粒で培養土の表面を覆った。2017年に播種した苗は2018年3月15日まで金沢大学医薬保健学域薬学類・創薬科学類附属薬用植物園のビニルハウス（加温なし 以下、ビニルハウス）で管理し、3月16日に苗を全て屋外に出した。一部のPP苗は4月7日にPPと培養土を除去し、①最大葉柄長, ②最大頂小葉長, ③最大両側小葉長, ④最大根長, ⑤根頭部径を測定した（図2）。なお、この時点では1個体に展開している葉は1枚から6枚である。2018年に播種したPP苗は2019年4月5日まで金沢大学環日本海域研究センター附属植物園実験温室（5℃を下回らないように加温。以下、温室。図3に温室内と屋外の最低気温, 最高気温, 平均気温を示す。）で管理した。その後、PP苗を全て屋外に出して前年度と同様にPPと培養土を除去し、同一の指標を調査した。なお、最大葉柄長, 最大頂小葉, 最大

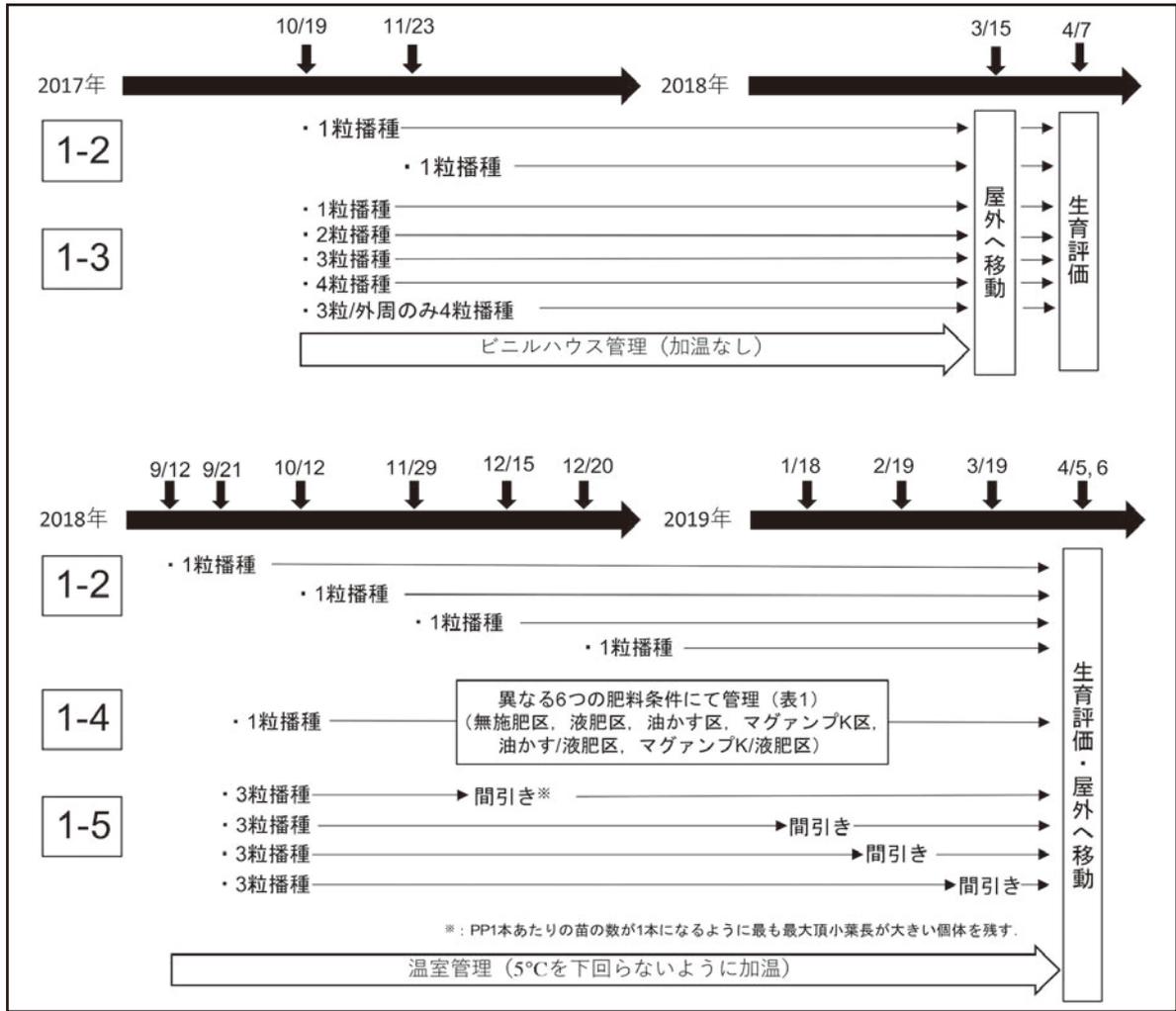


図1. 実験項目 1-2, 1-3, 1-4 及び 1-5 の播種から生育評価までの工程

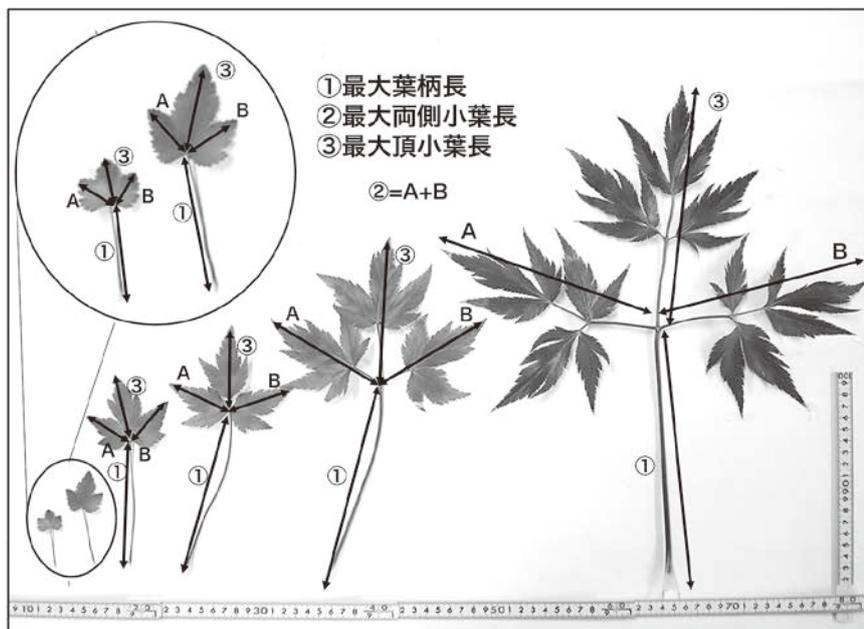


図2. 地上部の測定箇所. 1本の苗から生える複葉のうち最も大きいものについて測定した. 最大両側小葉長 (②) は左右の側小葉長 (A, B) を合計した値とした.

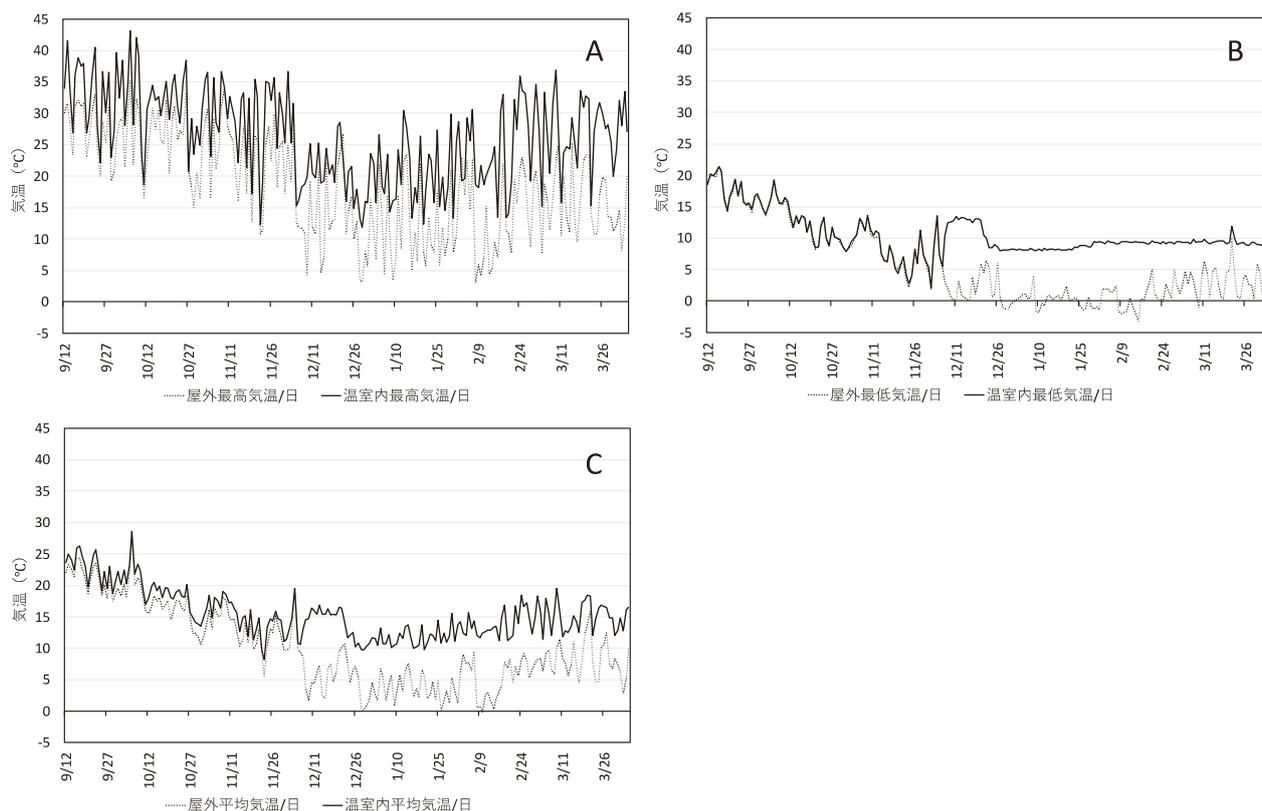


図 3. 金沢大学環日本海域研究センター附属植物園実験温室と屋外気温の推移. A: 1 日あたりの最高気温, B: 1 日あたりの最低気温, C: 1 日あたりの平均気温, 測定期間: 2018 年 9 月 12 日から 2019 年 4 月 4 日. 12 月 5 日から最低気温が 5℃を下回らない様に加温.

両側小葉はいずれも 1 個体から生える葉のうち最大のものについて測定した. なお, 本研究では採種後, 全ての種子は播種までシリカゲルと共にチャック付きラミネート袋 (MA-14, 株式会社生産日本社) にいれて約 5℃で保管した.

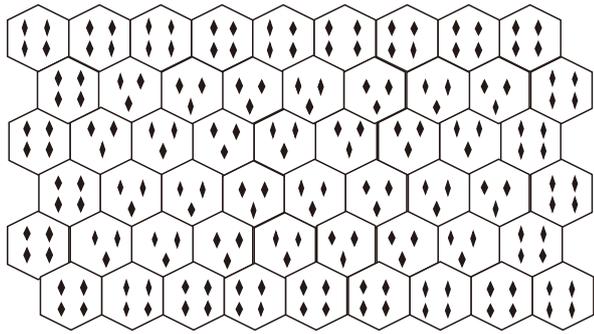
1-2 播種時期の検討

2017 年 10 月 19 日と 11 月 23 日にトウキの種子を PP に播種した. 各時期において PP1 穴あたりに 1 粒播種をした. 覆土後, さらに籾殻で培養土の表面を覆い, 2018 年 3 月 15 日までビニルハウスで管理した. その後, PP 苗を全て屋外に出し, 4 月 7 日に発芽率を測定した後, PP と培養土を除去し, 最大葉柄長, 最大頂小葉長, 最大両側小葉長, 最大根長, 最大根頭部径を測定した. 最大葉柄長, 最大頂小葉, 最大両側小葉はいずれも 1 個体から生える葉のうち最大のものについて測定した. 2018 年 9 月 12 日, 10 月 12 日, 11 月 19 日, 12 月 20 日にトウキの種子を PP に播種した. 播種数

は PP 1 穴あたり 1 粒とした. 覆土後, 籾殻で培養土の表面を覆った. 2018 年に播種した苗は 2019 年 4 月 5 日まで温室で管理した. その後, 4 月 6 日に苗を全て屋外に出して最大頂小葉長を測定した.

1-3 播種方法の検討

2017 年 10 月 19 日と 11 月 23 日にトウキの種子を PP に播種した. 各時期で PP1 穴あたりに播く種子の数をそれぞれ 1 粒, 2 粒, 3 粒, 4 粒とするグループ 4 通りと, 3 粒かつ外周のみ 4 粒とするグループ (図 4) の計 5 通りの方法で播種を行った. 覆土後, 籾殻で培養土の表面を覆い, 2018 年 3 月 15 日まで温室で管理した. その後, 順化のため苗を全て屋外に出し, 4 月 7 日に発芽率, 苗生産数, PP 利用率を評価した. ここで苗生産数とは PP 1 穴当たり苗が 1 本生えているものを 1 本苗とし, 1~4 本苗の 4 種類に分類した数である. PP 利用率とは PP 1 冊 130 穴に対し生育株が存在する穴の割合を表す.



◆ トウキの種子

図 4. 3粒かつ外周のみ4粒とする播種方法の模式図

1-4 施肥が苗の生育に及ぼす影響

2018年9月21日にトウキの種子を元肥と培養土を充填したPPに1穴あたり1粒播種した。元肥としてマグアンプK(N:P:K:Mg=6%:40%:6%:15%, 株式会社ハイポネックスジャパン)を培養土1Lに対して3.25gを底から3cm程度の深さに混合または、発酵油かす中粒(N:P:K=3%:7%:4%, 日清ガーデンメイト株式会社)を培養土1L当たり約5gとなるように底から3cmの高さに混合した。また、追肥として1,000倍希釈した花工場(N:P:K:Mg:Mn:B=8%:10%:5%:0.01%:0.004%:0.016%, 住友化学園芸株式会社)を約1週間に1度PP1冊当たり4L施肥した。液肥は9割以上の苗の本葉が展開した10月24日から行った。

以上の施肥方法を組み合わせて、6区画を設定した。1つ目の条件は元肥、追肥ともに行わない対照区とし、2つ目の条件は液肥による追肥のみ行う液肥区、3つ目の条件は元肥として油かすを施肥する油かす区、4つ目の条件は元肥としてマグアンプKのみを施肥するマグアンプK区、5つ目の条件は油かすを元肥として施肥し、更に液肥による追肥を両方行う油かす/液肥区、6つ目の条件はマグアンプKを元肥として施肥し、更に液肥による追肥を行うマグアンプK/液肥区とした。覆土後、籾殻で培養土の表面を覆い、2019年4月5日まで温室で管理した。その後、4月6日に苗を全て屋外に出して最大頂小葉長を測定した。

1-5 間引き時期の検討

2018年10月12日に培養土を充填したPPを作製し、各PP1穴あたり3粒播種した。その後、各PP苗をそれぞれ異なる時期(2018年12月15日、2019年1月18日、2月19日、3月19日)に間引き時点での頂小葉長を測定した後、PP1穴当たりの苗の数が1本になるように最も頂小葉長が大きい個体のみを残すように間引きを行った。なお、間引きはハサミで不要株の根頭部を切断することにより行った。その後、2019年4月5日まで温室で管理し、4月6日に苗を全て屋外に出して最大頂小葉長と最大葉長(最大葉柄長+最大頂小葉長)を測定した。

統計解析

「ペーパーポット苗に適した苗の選別方法の開発」では2017年($n=43$)と2018年($n=14\sim 19$)それぞれの結果に対してと、2017年と2018年の2年を合わせた結果に対してピアソンの相関係数(R)を算出し、得られた R から決定係数(R^2)を算出した。「播種時期の検討」では2017年10月播種条件($n=130$)と11月播種条件($n=130$)の翌年4月7日時点での発芽の有無に対して χ^2 検定を行った。同年の生育評価に対しては t 検定を行った($n=16\sim 27$)。2018年9月播種条件($n=390$)、10月播種条件($n=390$)、11月播種条件($n=260$)、12月播種条件($n=260$)の翌年4月3日時点での発芽の有無に対して χ^2 検定を行った。同年の最大頂小葉長に対してはTukeyの多重比較を行った($n=65\sim 179$)。2017年の無加温管理と2018年の加温管理の各10月、11月播種条件の平均最大頂小葉長の比較には同月間で t 検定を行った。「播種方法の検討」では播種数と発芽の有無(発芽率)、播種数と生育株の有無(生存率)、播種数と生産される苗の数に関して χ^2 検定を行った。なおいずれも、 $n=130$ である。「施肥が苗の生育に及ぼす影響」では対照区と各施肥条件に対してDunnettの t 検定を行った。なお、各条件は $n=46\sim 69$ である。「間引き時期の検討」では間引き時の最大頂小葉長に関してTukeyの多重比較を行った($n=5\sim 7$)。また、間引き時の最大頂小葉長、

要した時間、間引かれた苗の総重量、間引かれた苗 1 本あたりの生重量、間引いた苗数それぞれに対して、播種後から間引きまでの日数とのピアソンの相関係数 (R) を求めた。また、間引き後の生育差異に対しては最大頂小葉長、最大葉長ともに Tukey の多重比較を行った ($n = 103 \sim 220$)。統計解析ソフトは IBM SPSS Statistics version 25 (IBM, USA) を用いた。

2. 結果

2-1 ペーパーポット苗に適した苗の選別方法の開発

異なる時期に播種し、生産された様々な生育度の苗 (図 5A, B) について、最大葉柄長、最大頂小葉長、最大両側小葉長、最大根長、根頭部径を測定し関係を調査した結果を図 6A-F に示す。最大根長と最大葉柄長の関係は 2017 年では $R = 0.28$, $R^2 = 0.08$ となり、2018 年では $R = 0.50$, $R^2 = 0.25$ となり、2 年合算では $R = 0.35$, $R^2 = 0.12$ となった。最大根長と最大頂小葉長の関係は 2017 年では $R = 0.46$, $R^2 = 0.21$ となり、2018 年では $R = 0.65$, $R^2 = 0.42$ となり、2 年合算では $R = 0.48$, $R^2 = 0.23$ となった。最大根長と最大両側小葉長の関係は 2017 年では $R = 0.45$, $R^2 = 0.20$ となり、2018 年では $R = 0.62$, $R^2 = 0.39$ となり、2 年合算では $R = 0.45$, $R^2 = 0.20$ となった。

最大根長は 2017 年、2018 年とも最大葉柄長、最大両側小葉長に比して最大頂小葉長と比較的高い正の相関が認められた。特に、2018 年において

最大根長と最大頂小葉長の高い正の相関 ($R = 0.65$) を示したが 2017 年では $R = 0.46$ に留まり、年ごとの変動が認められた。

最大根頭部径と最大葉柄長の関係は 2017 年では $R = 0.82$, $R^2 = 0.67$ となり、2018 年では $R = 0.89$, $R^2 = 0.80$ となり、2 年合算では $R = 0.83$, $R^2 = 0.69$ となった。最大根頭部径と最大頂小葉長の関係は 2017 年では $R = 0.98$, $R^2 = 0.96$ となり、2018 年では $R = 0.99$, $R^2 = 0.97$ となり、2 年合算では $R = 0.98$, $R^2 = 0.96$ となった。最大根頭部径と最大両側小葉長の関係は 2017 年では $R = 0.98$, $R^2 = 0.97$ となり、2018 年では $R = 0.99$, $R^2 = 0.98$ となり、2 年合算では $R = 0.99$, $R^2 = 0.97$ となった。

2-2 播種時期の検討

2017 年 10 月 19 日と 11 月 23 日にトウキの種子を播種したところ、2018 年 4 月 7 日時点での発芽率は 10 月播種において 56.9%、11 月播種において 36.9% と約 20% の差が認められ、 χ^2 検定を行ったところ 1% 水準で有意であった。また、10 月に生産された苗の最大葉柄長は 8.3 cm、最大頂小葉長は 5.4 cm、最大両側小葉長は 8.8 cm、最大根長は 14.4 cm、根頭部径は 4.0 mm であった (図 7)。一方、11 月に生産された苗の最大葉柄長は 5.9 cm、最大頂小葉長は 3.4 cm、最大両側小葉長は 4.6 cm、最大根長は 15.9 cm、根頭部径は 2.4 mm であった (いずれも平均値)。それぞれの値について 10 月播種区と 11 月播種区で t 検定を行なったところ、最大葉柄長、最大頂小葉長、最大側小葉長、

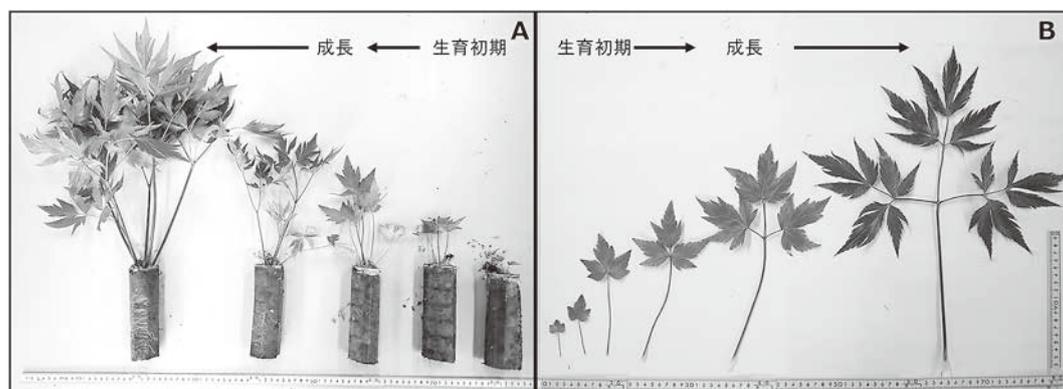


図 5. 様々な生育段階 A. ペーパーポット苗, B. トウキの葉. 育苗過程において成熟するに従い、単葉が複葉へと変わる。

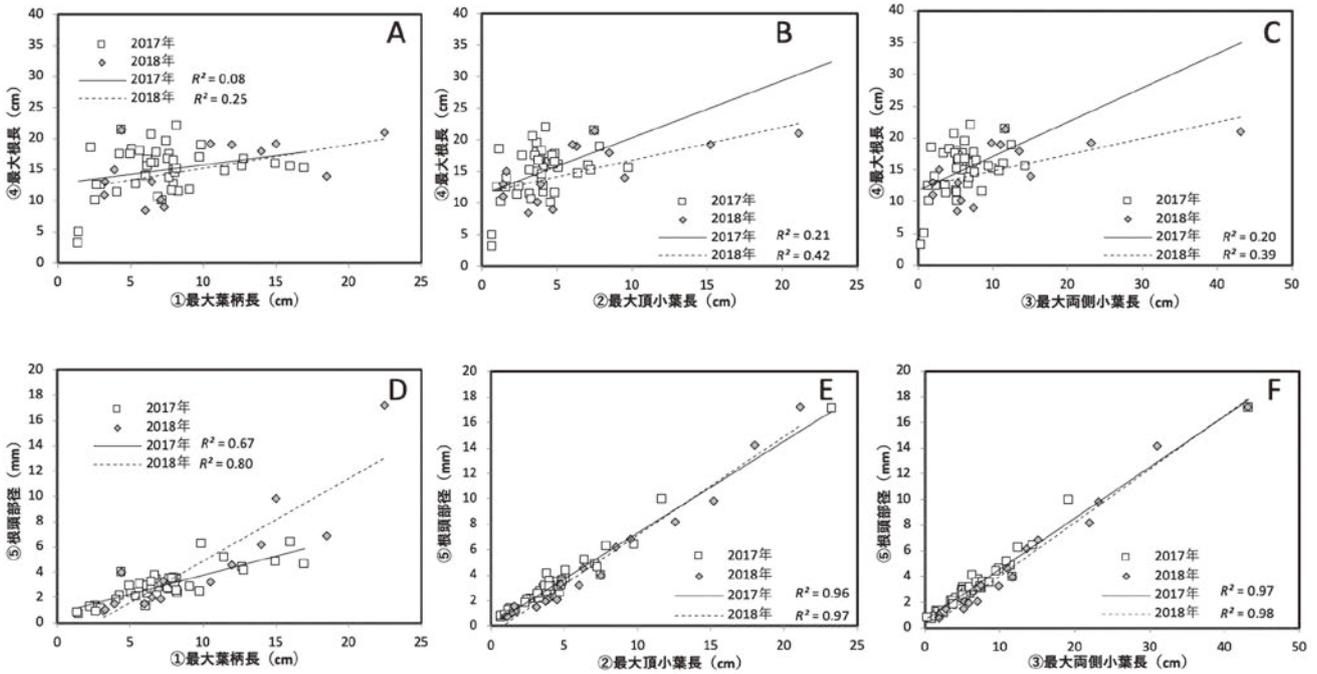


図 6. ペーパーポット苗の地上部と地下部の関係. A : ①最大葉柄長と④最大根長の関係, B : ②最大頂小葉長と④最大根長の関係, C : ③最大両側小葉長と④最大根長の関係, D : ①最大葉柄長と⑤根頭部径の関係, E : ②最大頂小葉長と⑤根頭部径の関係, F : ③最大側小葉長と⑤根頭部径の関係. ただし, 培養土の除去過程で著しく根の先端が切れてしまった個体に関しては, 根頭部径のみを測定し, 最大根長の測定は行わなかった.

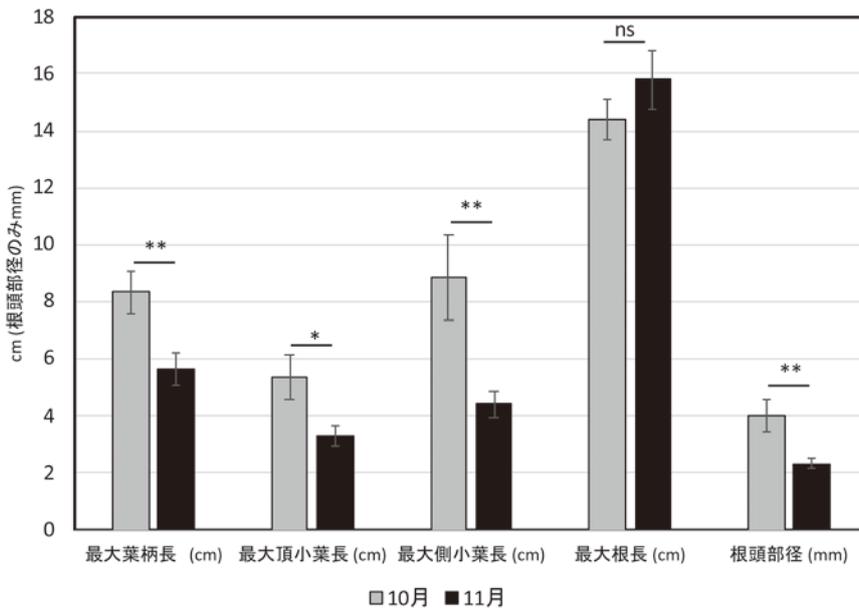


図 7. 2017 年播種条件における播種時期の差異が PP 苗の生育に及ぼす影響. 10 月: 播種日 2017 年 10 月 19 日, 11 月 2017 年 11 月 23 日, 測定日: 2018 年 4 月 7 日, Student's *t*-test, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ns.: not significant, $n = 16 \sim 27$, Mean \pm SE

根頭部径において 10 月に生産された苗の値が有意に大きくなった．なお，根長では有意差は認められなかった．

2018 年 9 月 12 日，10 月 12 日，11 月 19 日，12 月 20 日の 4 回異なる時期に播種し，生産された PP 苗の様子を図 8 に示す．4 月 3 日時点での発芽率は 9 月区では平均 55.4%，10 月区では平均 53.6%，11 月区では平均 40.0%，12 月区では平均 25.8% であり，播種時期が遅くなるにつれて発芽

率が低下する傾向が認められた．更に，4 月 3 日時点での各時期の発芽の有無に対して χ^2 検定を行ったところ 1%水準で有意差が認められた．また，発芽に要した日数は 9 月区と 10 月区ではそれぞれ 15 日であったのに対して，11 月区は 30 日，12 月区は 35 日要し，播種時期が遅くなると発芽に要する日数が増える事が明らかとなった(図 9)．各播種時期における最大頂小葉長は 9 月区 7.2 cm，10 月区 4.0 cm，11 月区 3.7 cm，12 月区 2.6



図 8. 異なる時期に播種し育苗したペーパーポット
(左から 2018 年 9 月 12 日播種，10 月 12 日播種，11 月 19 日播種，12 月 20 日播種)
撮影日：2019 年 4 月 2 日

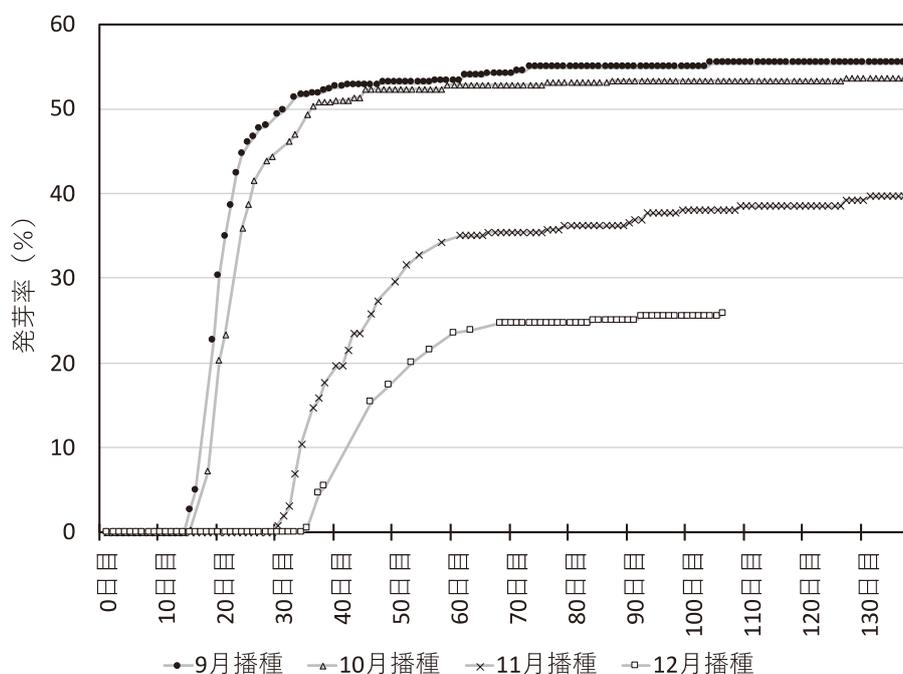


図 9. 異なる播種時期における発芽率
9 月播種：2019 年 9 月 12 日播種 $n = 390$ ，10 月播種：2019 年播種 10 月 12 日播種 $n = 390$ ，
11 月播種：2019 年 11 月 19 日播種 $n = 260$ ，12 月播種：2019 年 12 月 20 日播種 $n = 260$

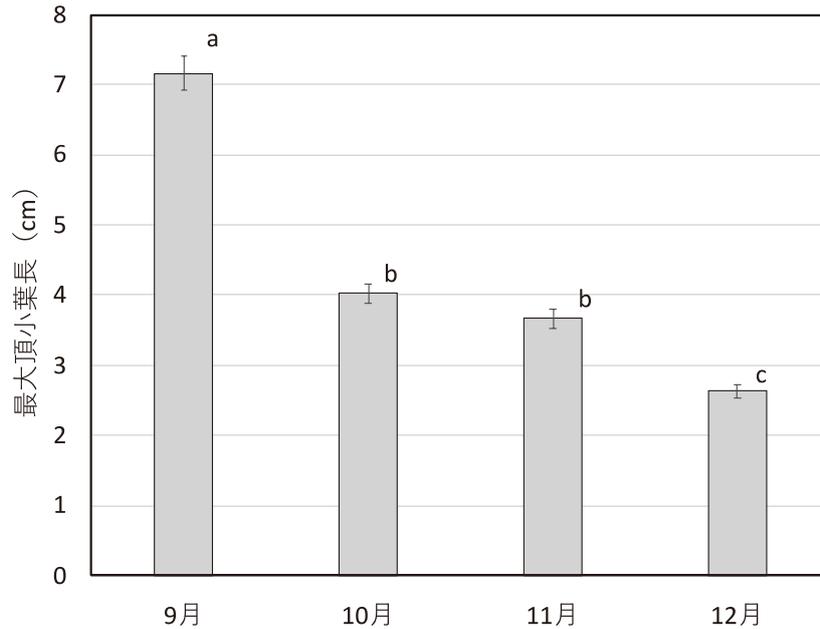


図 10. 2018 年播種条件における播種時期が PP 苗の最大頂小葉長に及ぼす影響. 2018 年 9 月 12 日播種, 10 月播種: 2018 年播種 10 月 12 日播種, 11 月播種: 2018 年 11 月 19 日播種, 12 月播種: 2018 年 12 月 20 日播種, Tukey の多重比較, 異なるアルファベット間に 5% 水準で有意差あり. $n = 65 \sim 179$, Mean \pm SE

cm であり, 9 月区は 10 月区, 11 月区, 12 月区に比して有意に値が大きくなった (図 10).

2-3 播種方法の検討

2017 年 10 月 19 日, 11 月 23 日に異なる条件でトウキの種子を播種したところ, 2018 年 4 月 7 日時点での各条件の発芽率は 10 月播種において 1 粒播種区が 56.9%, 2 粒播種区が 51.2%, 3 粒播種区が 63.6%, 3 粒播種かつ外周のみ 4 粒播種区が 55.4%, 4 粒播種区が 61.9%, 11 月播種において 1 粒播種区が 36.9%, 2 粒播種区が 40.4%, 3 粒播種区が 39.5%, 3 粒播種かつ外周のみ 4 粒播種区が 39.9%, 4 粒播種区が 37.5% であった. 以上の結果より, 播種数と発芽の有無に関して χ^2 検定を行ったところ有意差は認められなかった. 各条件の PP 利用率は 10 月播種において 1 粒播種区が 56.9%, 2 粒播種区が 75.4%, 3 粒播種区が 94.6%, 3 粒播種かつ外周のみ 4 粒播種区が 90.0%, 4 粒播種区が 99.2%, 11 月播種において 1 粒播種区が 36.9%, 2 粒播種区が 62.3%, 3 粒播種区が 70.0%,

3 粒播種かつ外周のみ 4 粒播種区が 80.0%, 4 粒播種区が 82.3% であった (図 11A). 播種数と生育株の有無に対し χ^2 検定を行ったところ 1% 水準で有意差が認められた. 各条件において PP1 冊当たり生産された PP 苗の数は 10 月 1 粒播種区では 1 本苗が 74 穴生産された. 10 月 2 粒播種区では 1 本苗が 63 穴, 2 本苗が 35 穴生産された (図 11B). 10 月 3 粒播種区では 1 本苗が 30 穴, 2 本苗が 61 穴, 3 本苗が 32 穴生産された. 10 月 3 粒播種かつ外周のみ 4 粒播種区では 1 本苗が 39 穴, 2 本苗が 40 穴, 3 本苗が 35 穴, 4 本苗が 3 穴生産された. 10 月 4 粒播種区では 1 本苗が 20 穴, 2 本苗が 46 穴, 3 本苗が 42 穴, 4 本苗が 21 穴生産された. 11 月 1 粒播種区では 1 本苗が 48 穴生産された. 10 月 2 粒播種区では 1 本苗が 57 穴, 2 本苗が 24 穴生産された. 10 月 3 粒播種区では 1 本苗が 40 穴, 2 本苗が 39 穴, 3 本苗が 12 穴生産された. 11 月 3 粒播種かつ外周のみ 4 粒播種区では 1 本苗が 51 穴, 2 本苗が 40 穴, 3 本苗が 12 本生産された. 11 月 4 粒播種区では 1 本苗が 45 穴, 2 本苗が 39 穴,

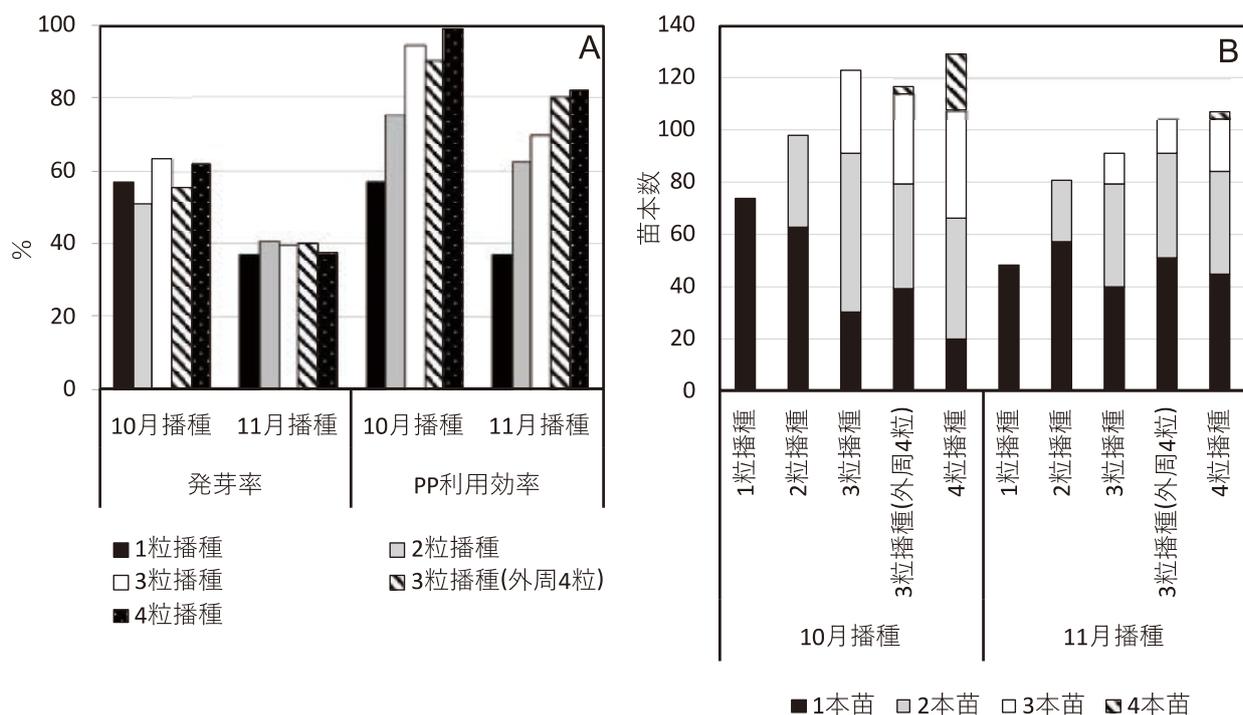


図 11. A：異なる播種方法により生産された苗の発芽率と PP 利用率，B：異なる播種方法により生産された苗数．10 月播種：2017 年 10 月 19 日播種，11 月播種：2017 年 11 月 23 日播種．播種数と発芽の有無（発芽率），播種数と生育株の有無（生存率），播種数と生産される各苗の数に関して χ^2 検定を行ったところ，播種数と生育株の有無（生存率），播種数と生産される各苗の数で 1%水準の有意差が認められた． $n = 130$ ．

3 本苗が 20 穴，4 本苗が 3 穴生産された．播種数と生産される各苗の数に対し χ^2 検定を行ったところ 1% 水準で有意差が認められた．

2-4 施肥が苗の生育に及ぼす影響

異なる施肥条件でトウキを育苗したところ各施肥条件の平均最大頂小葉長は対照区 4.9 cm，液肥区 6.2 cm，油かす区 5.7 cm，マグアンプ K 区 5.9 cm，油かす / 液肥区 8.3 cm，マグアンプ K / 液肥区 9.6 cm であり，対照区に対して液肥区，油かす / 液肥区，マグアンプ K / 液肥区の 3 区において有意に最大頂小葉長が増加した（図 . 12）．

2-5 間引き時期の検討

2018 年 10 月 12 日に PP1 穴あたり 3 粒播種し，異なる時期に間引きを行ったところ，間引き時点での平均最大頂小葉長は 12 月区で 3.0 cm，1 月区で 4.3 cm，2 月区で 4.7 cm，3 月区で 8.0 cm であり，

間引きが遅くなるにつれて間引き時点での平均最大頂小葉長は有意に大きくなった（表 1）．間引き作業に要した時間は 12 月区で 10 分 39 秒，1 月区で 12 分 23 秒，2 月区で 13 分 53 秒，3 月区で 20 分 36 秒要した．間引いた苗数は 12 月区で 48 本，1 月区で 58 本，2 月区で 74 本，3 月区 60 本であった．間引かれた苗の総生重量は 12 月区で 13.6 g，1 月区で 14.0 g，2 月区で 22.4 g，3 月区 33.9 g であった．間引かれた苗 1 本あたりの重量は 12 月区で 0.29 g，1 月区で 0.24 g，2 月区で 0.30 g，3 月区 0.55 g であった．以上の各測定項目について播種から間引きまでの日数との相関係数を調査したところ，平均最大頂小葉長，間引き作業に要した時間，間引かれた苗の総生重量間に有意な正の相関が認められた．

2019 年 4 月 6 日に各間引き条件の最大葉長を測定したところ，12 月区で 12.4 cm，1 月区で 12.1 cm，2 月区で 14.8 cm，3 月区で 15.7 cm であり，

Tukey の多重検定を行ったところ、12 月区と 2 月区、12 月区と 3 月区、1 月区と 2 月区、1 月区と 3 月区において有意差が認められ、間引き時期が遅くなるほど葉の長さが大きくなる事が明らかとなった (図 13)。また、最大頂小葉長は 12 月区で

4.42 cm、1 月区で 4.75 cm、2 月区で 5.07 cm、3 月区で 5.11 cm であり、12 月区と 2 月区、12 月区と 3 月区において有意差が認められ、複葉長と同様に間引きの時期が遅くなるほど大きくなった。

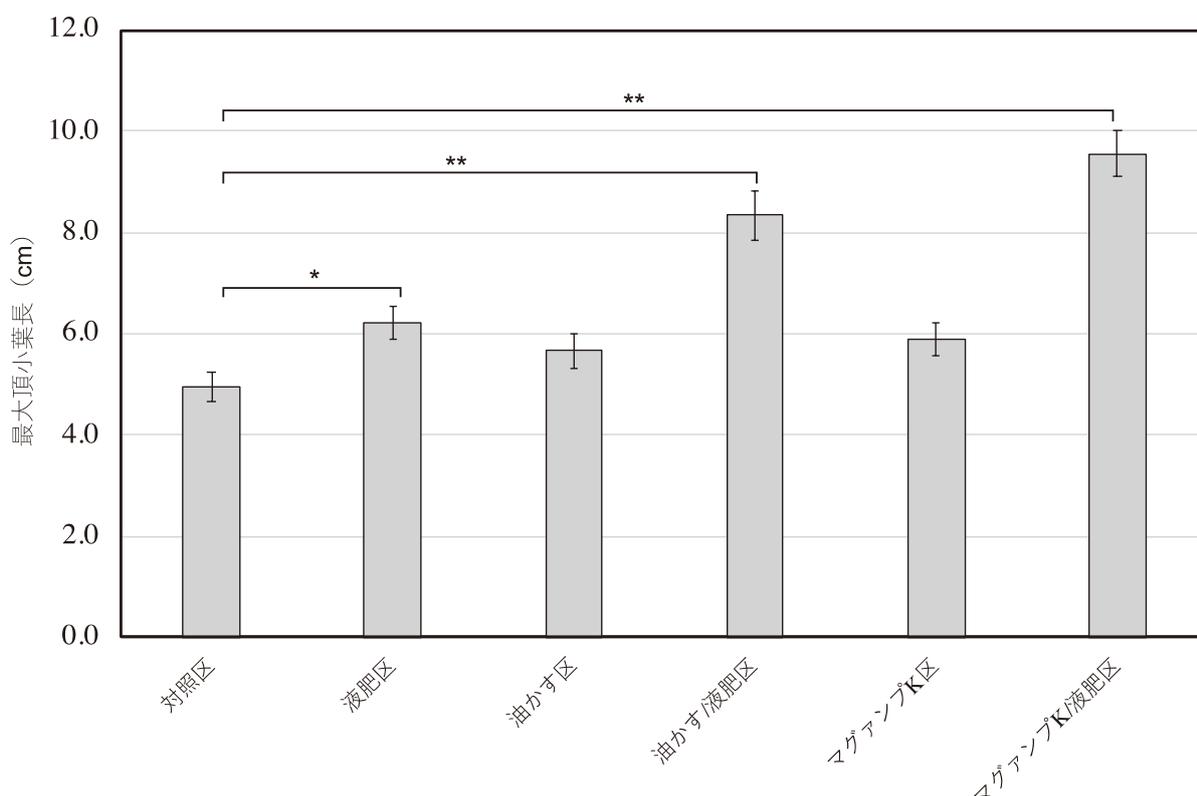


図 12. 異なる施肥条件で育苗した PP 苗の最大頂小葉長.
Dunnnett の *t* 検定, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, $n = 46 \sim 69$, Mean \pm SE

表 1. 間引き作業に関わる諸データ

間引き日	間引き時の最大頂小葉長		要した時間		間引かれた苗の総生重量		間引かれた苗 1本あたりの生重量		間引いた苗数	
	cm	<i>R</i>	時間	<i>R</i>	g	<i>R</i>	g	<i>R</i>	本	<i>R</i>
2018年12月15日	3.0 ^a		10分39秒		13.6		0.29		48	
2019年1月18日	4.3 ^b		12分23秒		14.0		0.24		58	
2019年2月19日	4.7 ^b	0.92 [*]	13分53秒	0.91 [*]	22.4	0.93 [*]	0.30	0.75 ^{ns}	74	0.66 ^{ns}
2019年3月19日	8.0 ^c		20分36秒		33.9		0.55		60	

2018 年 10 月 12 日に 5 冊の PP に 1 穴 3 粒播種し、1 穴の苗数が 1 本になるように異なる時期に 4 回 (2018 年 12 月 15 日、2019 年 1 月 18 日、2 月 19 日、3 月 19 日) 間引きを行った。なお、2019 年 1 月 18 日のみ 2 冊間引きを行ったため、各値は 2 冊の平均値である。間引き作業は、ハサミを用いて根頭部を切除した。間引き時の最大頂小葉長には Tukey の多重比較を行った。異なるアルファベット間に有意差あり ($p < 0.05$)。 $n = 5 \sim 7$ 。 *R* : 各測定項目と播種から間引きまでの日数との相関係数を示す, * : $p < 0.05$, ns : not significant

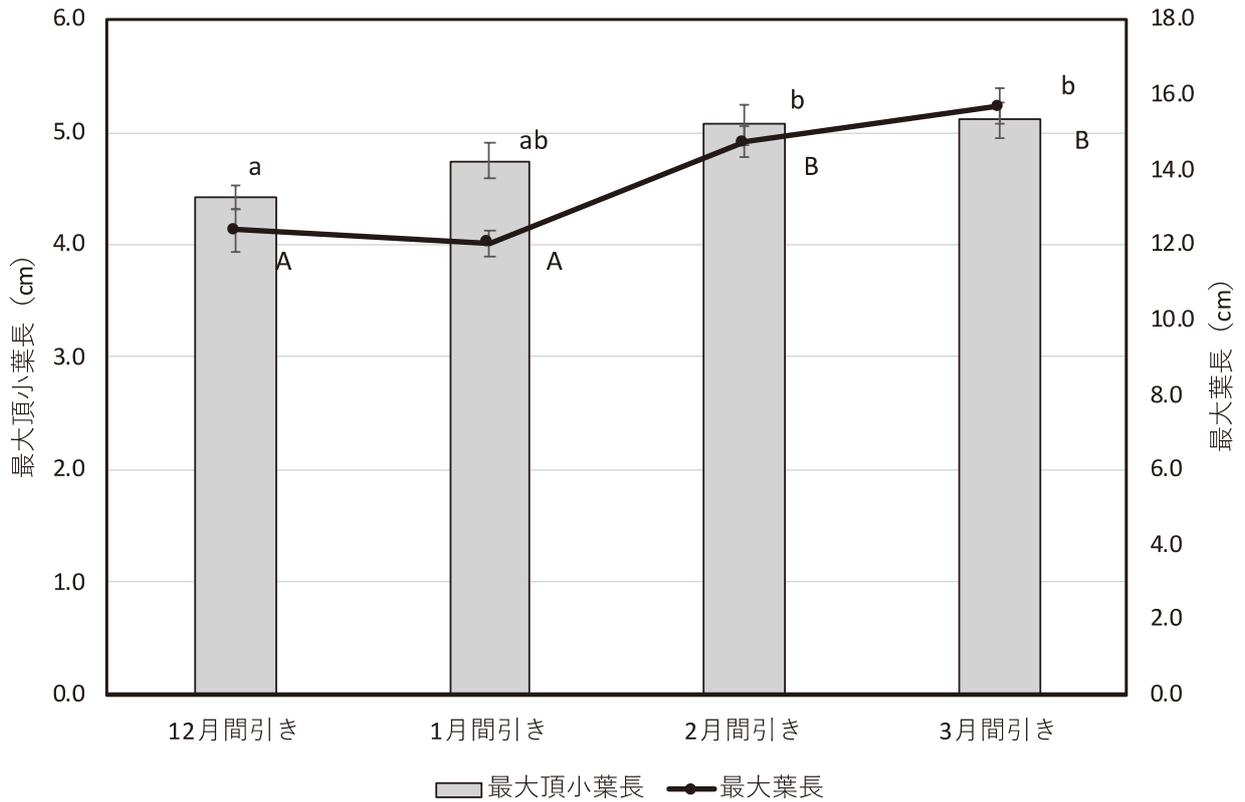


図 13. 異なる間引き時期における 4 月時点での苗の生育差異. 最大葉長 = 最大葉柄長 + 最大頂小葉長. Tukey の多重比較検定. 最大頂小葉長についてはアルファベットの小文字で検定結果を示し, 最大葉長についてはアルファベット大文字で検定結果を示した. 異なるアルファベット間に 5%水準で有意差あり. 最大頂小葉長: $n = 103 \sim 220$, 最大葉長: $n = 20$, Mean \pm SE



図 14. 2018 年 10 月 12 日に播種し, 2019 年 1 月 18 日に間引かれた地上部.

3. 考察

ペーパーポット苗に適した苗の選別方法の開発

PP をトウキの育苗に用いる事で屋内での育苗が可能になり、環境要因や害虫の影響を受けにくくなるだけでなく、冬期の育苗が可能となり栽培期間の短縮や、掘り上げの労力を削減可能である。トウキの生育能力は苗の大きさと密接な関係にあり、苗の根頭部径が太くなるに従って定植後の生育は旺盛になることが報告されており¹⁶⁾、慣行的な栽培方法では、苗を根頭部径により選別している。すなわち、1年間露地で育苗した苗を一度掘り上げて、根頭部径が5~8 mmの苗が定植される¹⁷⁾。しかし、PPにより生産された苗は根部が培養土とPPに包まれているために、根頭部径を測定する事ができない。PPを外すことで根頭部の太さを測定可能であるが、PP苗の優位性を失ってしまうため現実的ではない。

そこで、PP苗の地上部から地下部を予測できる手法を検討した。本研究では比較的測定が容易である地上部の測定項目として最大葉柄長、最大頂小葉長、最大両側小葉長を測定し、地下部は最大根長と根頭部径を測定することで各値の関係を調査した。2年間にわたり得られた最大頂小葉長(x)と最大両側小葉長(x)それぞれについて、根頭部径(y)を予測する数式を算出したところ、最大頂小葉長は $y = 0.7423x - 0.1178$ 、 $R^2 = 0.96$ 、最大両側小葉長は $y = 0.4011x + 0.4099$ 、 $R^2 = 0.97$ の公式を用いることで根頭部径を正確に予測できることが明らかとなった。

また、根頭部径に対する最大頂小葉長と最大両側小葉長の決定係数(R^2)を比較したところ、2017年、2018年、2年合算ともに、頂小葉長に比して両側小葉長でより高い値が認められた。これは、頂小葉を測定する場合は計測値が小葉一枚の値となってしまうが、両側小葉を測定する場合は側小葉二枚の値を合算するため、小葉と根頭部径の相関関係の誤差が収束した可能性がある。そのため、頂小葉長に比して両側小葉長の方が根頭部径をより正確に反映していると考えられる。通常、トウキ実生苗の葉は頂小葉長が4~5 cm以下の生育初期段階においては単葉であり、頂小葉、両側

小葉ともに測定にかかる手間は同程度である。しかし、生育が進み単葉が2回、3回と複葉に変化していくにつれて、両側小葉の測定は手間を要するようになる。一方で、最大頂小葉は最大両側小葉に比して測定にかかる手間はおよそ半分である。最大両側小葉長に比して最大頂小葉長では決定係数が若干低下するものの、年ごとの値では、2017年の最大頂小葉長と根頭部径の決定係数は0.96、2018年の決定係数は0.97と十分高い値を示した。また、最大頂小葉の精度は年毎ではより安定しているため年毎にサンプリングし線形近似曲線を得ることでより高精度に根頭部径を予測する事が可能であると考えられる。以上のように、実用面を考慮すると若干精度は劣るものの最大頂小葉を評価指標として採用することは妥当であると考えられる。

一般的な栽培方法により苗を生産し選別する際は、一度苗を掘り上げる必要があり、選別後は根を乾かさないうような管理が必要になる。そのため、定植まで日数が空く場合は、再度土に埋め戻すこともある。このようにトウキの栽培において苗の生産はかなりの労力を要する。加えて、慣行的な種苗生産方法により生産、選別された苗は一度掘り上げているため、長期に及ぶ輸送には不適であることに加え、定植までの間苗の保管には注意が必要である。一方、PP苗は掘り上げが不要であることに加え、移動も容易である。更に、小葉の長さから根頭部径が予測可能であるため、苗の生育評価を容易に行え、天候に左右されることなく、また根を傷つける事なく任意の太さの苗を長期間保存でき、輸送にも耐えうると考えられる。

播種時期の検討

異なる時期に播種し、最適な播種条件を検討したところ、播種時期が遅くなるに従い発芽に要する日数の増加、発芽率、最大葉柄長、最大頂小葉長、最大両側小葉長、最大根頭部径が低下することが明らかとなった。種子は限られた温度範囲でのみ発芽し、一般に低温域では発芽所要日数は長くなることが知られている¹⁷⁾。9月播種と10月播種とともに、播種後約2週間程度で発芽したことから、

両播種時期について播種後 14 日間の平均気温 (AT), 平均最低気温 (ALT), 平均最高気温 (AHT) をそれぞれ求めた。その結果, 9 月播種では AT 23.5℃, ALT 18.4℃, AHT 33.5℃であり, 10 月播種では AT 18.9℃, ALT 11.8℃, AHT 32.4℃であった。11 月播種は発芽に 30 日要し, 12 月播種では 35 日要したことから両時期において発芽までの AT, ALT, AHT をそれぞれ求めた結果, 11 月播種では AT 14.0℃, ALT 8.9℃, AHT 24.8℃であり, 12 月播種では AT 11.7℃, ALT 8.5℃, AHT 19.8℃であり, 両時期とも 9 月, 10 月に比べて AT, ALT, AHT 全てにおいて顕著に低下していた。以上のことから, AT が 18.9℃~23.5℃, ALT が 11.8℃~18.4℃, AHT が 32.4℃~33.5℃の環境であれば約 2 週間で発芽し, 比較的発芽に適した温度域であると考えられる。一方, AT が 11.7℃~14.0℃, ALT が 8.5℃~8.9℃, AHT が 19.8℃~24.8℃の環境下は発芽にとっては低温域であり, 発芽に約 30 日要することが明らかとなった。トウキ種子の発芽と温度の関係に関しては, 15℃, 17.5℃, 20℃, 22.5℃, 25℃の異なる一定温度条件での発芽率を比較したところ, 20℃が最も高い発芽率を示し, 次いで 17.5℃, 22.5℃が高く 15℃ではそれ以下であったという報告¹²⁾がある。先行研究からも, 本研究の播種後 14 日間の AT が 18.9℃~23.5℃で良好な発芽率を得たという結果を支持できる。また, 9 月播種と 10 月播種の発芽率は同程度であったにもかかわらず, 9 月播種区に比して 10 月播種区では最大頂小葉長は 1/2 以下に低下した。これは 10 月播種では生育期間が約 1 ヶ月短いことに加え, 温度の低下により生育が緩慢になったためであると考えられる。また, 2017 年の無加温管理と 2018 年の加温管理の各 10 月, 11 月播種条件の平均最大頂小葉長を比較すると 2017 年は 5.4 cm, 3.4 cm, 2018 年は 4.0 cm, 3.7 cm であり 10 月, 11 月ともに有意差は認められず, 2018 年の加温条件は苗の生育に影響を及ぼさないと考えられる。

以上の結果より, PP を利用し屋内で育苗を行う際は, 9 月が最適な播種時期であると考えられる。また, 9 月に生産された苗は最大で頂小葉長が 17 cm に達する個体が存在した。頂小葉長が 17 cm

程度の個体は根頭部径が約 13 mm 程度に達していると考えられ, 一般に定植が推奨されている太さよりも太く, 容易に抽苔する可能性が示唆された。しかし, 一般的なトウキの栽培においても極端に太い苗は芽くりと呼ばれる成長抑制処理を行う事で 5 から 8 mm 程度の苗を定植するよりも収穫量が多くなる事が報告されており⁴⁾, PP 苗においても選別太さに応じた定植方法の必要性が示唆された。

播種方法の検討

PP1 穴あたりの播種数を変えて播種, 育苗したところ, PP 1 穴あたりの播種数は 4 月時点での最終的な発芽率に影響を及ぼさない事が明らかとなった。タバコでは, 極端に播種密度が高いと発芽率が低下するという報告¹⁸⁾もあるが, 本条件においてトウキは発芽抑制が起こらず, PP1 穴あたり 4 粒播き程度であればトウキの栽培において種子を効率的に使用できると考えられる。これまでに, 植物やその種子が他の植物の生長や発芽を抑制するいわゆるアレロパシーが報告されている¹⁹⁻²¹⁾。その要因の 1 つとして植物体に含まれる精油成分などの研究が行われており^{21,22)}, クマリン類もアレロケミカルとして研究されてきた²³⁾。これらの研究からアレロケミカルは濃度, 土壌, 植物種に依存し作用することが明らかとなっている。トウキと同じセリ科の *Heracleum sosnowskyi* Manden. においてアレロパシーが報告され^{24,25)}, そのアレロケミカルは葉や根から滲出するアングリシン等のフラノクマリンと種子に含まれるオクタナールであるとされ, トウキの根や葉, 種子もアレロパシー作用を持つ可能性がある。しかし, 本条件では発芽抑制は起こらず, その理由として播種密度が低くアレロケミカルが低濃度であったということや, 仮に濃度が十分であったとしてもトウキ自身には作用しなかった可能性がある。PP 利用率について検討したところ, PP 1 穴あたりの播種数にかかわらず, 播種時期が遅くなると値は低下した。これは播種時期が遅くなったことにより発芽率が低下したためであると考えられる。また, 10 月播種において播種数が 1 粒から 3 粒へと増加するに従い, PP 利用率は 56.9% から 94.6%

へと高い増加率を示した。PPの構造上、外側のポットは乾燥しやすいため、本研究では基本を3粒播きとし、外周のみ4粒播き条件を検討したが、PP利用率は増加しなかった。また、3粒播きと4粒播きを比較したところ、利用率は94.6%から99.2%へと上昇したものの、上昇率は小さく、限られた種子資源を用いて生産する場合、3粒播き程度で十分PPを効率的に利用できると思われる。3粒播きを行った際は、PP1穴あたりの苗数が異なるPP苗が生産される。本実験では10月3粒播き条件では1本苗が34本、2本苗が55本、3本苗が28本生産された。今後は、PP1穴あたりに生えている苗数が定植後の生育にどのような影響を及ぼすか調査する必要がある。

施肥が苗の生育に及ぼす影響

PPを用いた屋内での育苗において異なる施肥条件を検討したところ、対照区に対して液肥区、油かす/液肥区、マグアンプK/液肥区の3区において有意に最大頂小葉長が増加し、液肥単体または液肥とマグアンプKや発酵油かすといった緩行性肥料を組み合わせることで苗の生育が促進される事が明らかとなった。続いて、施肥回数を20回、培養土を40Lとし、さらに培養土に元から含まれる肥料も合算したうえで、各区画のPP1冊あたりのN、P、Kの量を計算した。その結果、N:P:Kは、それぞれ対照区で4g:6.4g:12.8g、液肥区で16.8g:14.4g:16.8g、油かす区で16.4g:20.4g:20.8g、油かす/液肥区で22.8g:28.4g:24.8g、マグアンプK区で18.2g:58.4g:20.6g、マグアンプK/液肥区で24.6g:66.4g:24.6gとなった。1種の肥料のみを使用した施肥条件である液肥区、油かす区、マグアンプK区の3区画において液肥区でのみ有意差が認められたことから、3区画のN、P、Kの量を比較したところ、油かす区、マグアンプK区の各量は液肥区と同等以上であった。そのため、油かす区、マグアンプK区で頂小葉長の有意な増加が認められなかった原因は液肥に含まれるNPK以外の無機要素または施肥方法であると考えられる。N、P、K以外の元素に関してはPP1冊あたり液肥区ではMgが0.008g、Mnが0.003g、Bが0.013g

含まれ、油かす区では含まれておらず、マグアンプK区ではMgが19.500g含まれていた。よってMnまたはBが要因として考えられるが、油かす区、マグアンプK区に地上部に目立った変色などは認められなかった。施肥方法に関しては、本実験では苗の肥料やけを懸念して油かすとマグアンプKはPPの底から3cm程度の低い位置に混合したため、根が肥料に届くまでに時間を要し、油かす区、マグアンプK区では育苗初期で肥料を吸収できなかった可能性がある。そのため、緩行性の肥料を施肥する場合はPP全体に混合、PPの中間程度の高さに混合するなど施肥方法を検討する必要がある。一方、液肥と油かすまたはマグアンプKの組み合わせでは顕著に最大頂小葉長が大きくなっており、これは即効性である液肥により、生育が促進され、比較的早くPPの底に施肥した肥料に根が届いたためであると考えられる。また、液肥と組み合わせる元肥の比較として油かす/液肥区とマグアンプK/液肥区を比較したところ、マグアンプK/液肥区の最大頂小葉長が大きくなる傾向が認められた。これまでの研究でNおよびPはトウキの生育に強く影響すると報告されており²⁶⁾、油かす/液肥区に比してマグアンプK/液肥区ではNが1.8g、Pが38.0g多く含まれていたために、生育が促進されたと考えられる。一方、マグアンプK/液肥区ではPがNの2.7倍多く含まれるというPが極端に多い配合比率になっていたために更にNの量を増やすことでより生育を促進できる可能性がある。

間引き時期の検討

2018年10月にPP1穴に対して3粒播きをし、2018年12月から2019年3月までの異なる時期に間引きを行ったところ、12月や1月に間引きする場合に比して2月や3月に間引きを行う事で、4月時点での苗の複葉長と頂小葉長が増加した。播種後、2、3ヶ月経過時点の比較的早期に間引きを行う場合、苗自体が十分に成長しておらず、残すべき苗が少なからず間引き作業の影響を受け、生育が阻害された可能性がある。加えて、生育初期では小葉の展開が不十分で苗の生育の判断が困難

であるということも、12月、1月間引き条件で苗が小さくなった原因の1つであると考えられる。また、3月に間引きを行う場合、2月に行う場合と比べ作業に要する時間は約2倍に増加する。これは、3月では苗が大きく成長しており、トウキの葉が作業の障害になっているためである。以上の結果より、PP用いた温室育苗における最適な間引き時期は2月であると考えられる。

本研究により、PPを用いた屋内での育苗方法に関して苗の生育評価、選別方法と栽培管理方法に関して以下のことが明らかとなった。

PP苗の頂小葉長または両側小葉長は根頭部径と強い正の相関があり、それぞれの小葉の長さを測定することで正確に根頭部径を推測することができる。

播種時期は9月が適期であり、時期が遅くなるほど発芽に要する時間が増え、苗の生育が抑制される。施肥管理は元肥入りの培養土と緩行性肥料と即効性の液肥を組み合わせ、PP1冊あたりN:P:K = 24.6 g : 66.4 g : 24.6 g程度の施肥量で苗の生育が顕著に促進された。また、最適な播種数は3粒で、2月頃の間引きが適している。本研究では、9月に播種を行い、上記の施肥条件で育苗したところ、平均で最大頂小葉長が9.6 cmの苗を得た。最大頂小葉長が9.6 cmの苗の根頭部径は7.0 mm程度と予測され、一般に定植が推奨されている苗と同程度の根頭部径の苗である。更に生産された苗のうち根頭部径が5~8 mm程度の定植に適した苗の割合は53%であり、他の施肥条件と比べ最も高くなった。なお、無施肥条件では17%にとどまった。以上のことから、施肥は必須であると考えられる。一方、同条件で育苗を行ったにも関わらず、苗の生育に個体差が生じ、根頭部径が1.5 mm程度の苗から15.3 mm程度の苗まで様々な生育段階の苗が存在した。極端に細い苗に関しては間引きを行うことで除くことが可能である。一方、トウキは苗の根頭部径が大きいほど生育が旺盛になると報告されていることから⁴⁾、特に太いPP苗に関しては芽くり¹⁾のような成長抑制処理を施してから定植することで、収穫量の増加が期待できる可能性がある。

種子の品質により発芽率が異なるものの、今回の傾向は広く応用可能であり、PPを用いた屋内苗を行う事で約6ヶ月という短期間で充実した苗を安定的に生産可能であると考えられる。

謝辞

本研究の遂行にあたり、有益なご助言を賜りました福田商店 福田浩三博士に心より御礼申し上げます。本研究の一部は、科学研究費補助金(18K06730, 代表:佐々木陽平)の助成を受けたものである。

引用文献

- 1) 福田浩三, 村田和也, 松田秀秋, 谿忠人, 大和当帰の栽培生産の歴史と現状, 薬史学雑誌, **44**(1), 10-17, 2009
- 2) 山本豊, 黄秀文, 佐々木博, 武田修己, 樋口剛央, 向田有希, 森祐悟, 山口能宏, 白鳥誠, 日本における原料生薬の使用量に関する調査報告, 生薬学雑誌 **73**(1), 16-35, 2019
- 3) 山岡傳一郎, 伊藤隆, 浅間宏志, 佐橋佳郎, 三谷和男, 姜東孝, 安井廣迪, 渡辺均, 生薬国内生産の現状と問題, 日本東洋医学雑誌, **68**(3), 270-280, 2017
- 4) 磯田進, 庄司順三, トウキ *Angelica acutiloba* KITAGAWA の栽培に関する研究(第1報)芽くりの改良法について, 生薬学雑誌, **42**(4), 272-277, 1988
- 5) 久保道德, 福田眞三, 勝城忠久, 薬草入門, 保育社, 大阪, p.56, 1980
- 6) 佐竹元吉, 飯田修, 川原信夫, 新しい薬用植物栽培法採取・生薬調製第2版, 廣川書店, 東京, p.226-230, 2002
- 7) 吉江唯菜, 工藤喜福, 安藤広和, 佐々木陽平, トウキ抽苔株の根から調製される生薬当帰の品質評価, 薬用植物研究, **41**(1), 1-8, 2019
- 8) 新藤聡, 松原紀嘉, 渡辺均, 池上文雄, トウキ (*Angelica acutiloba* Kitagawa) の種苗生産に及ぼす花序除去の影響, 生薬学雑誌, **67**(2), 59-64, 2013
- 9) 渡辺均, 新藤聡, 池上文雄, “第1章 薬用植

- 物の新たな苗生産技術”, 生薬・薬用植物研究の最新動向, 高松智監修, シーエムシー出版, 東京, p. 3-12, 2017
- 10) 米田健一, 東井慈子, 浅尾浩史, ヤマトトウキにおける冬期保温ベッド育苗による短期育苗法の検討, 奈良県農業研究開発センター研究報告, **47**, 1-9, 2016
 - 11) 新藤聡, 小田順子, 松原紀憲, 渡辺均, 薬用植物トウキの最適な種子選別方法, 農業および園芸, **86**(10), 1000-1004, 2011
 - 12) 野島博, 田代享, Ninh Thi Phip, トウキの発芽および初期生育に及ぼす温度と比重選の影響, 日本作物学会関東支部会報, **19**, 56-57, 2004
 - 13) 野島博, Ninh Thi Phip, 田代享, トウキの発芽および初期生育に及ぼす種子重の影響, 日本作物学会関東支部会報, **20**, 62-63, 2005
 - 14) 日本甜菜製糖株式会社, ペーパーポット, <http://www.paperpot.jp/paperpot.html>, (参照 2020年2月18日)
 - 15) 邑田仁, 米倉浩司, 新分類牧野日本植物図鑑, 牧野富太郎原著, 北隆館, 東京, p. 1253, 2017
 - 16) 磯田進, 庄司順三, トウキ *Angelica acutiloba* KITAGAWA の栽培に関する研究 (第2報) 芽くり苗の大きさが生育に及ぼす影響, 生薬学雑誌, **42**(4), 278-283, 1988
 - 17) 鈴木善弘, 種子生物学, 東北大学出版会, 宮城, p. 197, 2003
 - 18) 渡辺信義, 栽培タバコ種子の発芽におよぼす播種密度の影響と種間相互作用, 育種学雑誌, **34**(1), 62-68, 1984
 - 19) 塩家仙子, 津布楽洋一, 田中宥司, 山田小須弥, 穴井豊昭, 長谷川宏司, 植物種子分泌液に検出されたアレロパシー活性における有機物・無機物の貢献度, 雑草研究, **40**(1), 14-19, 1995
 - 20) Inouye R. S., Density-dependent germination response by seeds of desert annuals, *Oecologica*, **46**, 235-238, 1980
 - 21) 駒井功一郎, 植木邦和, ハマスゲに含まれる生長抑制物質について, 雑草研究, **25**(1), 42-47, 1980
 - 22) 関根伸浩, 澁谷栄, 谷田貝光克, 針葉樹葉油の水溶性とその種子発芽抑制活性および抗シロアリ活性, 木材学会誌, **58**(1), 44-53, 2012
 - 23) 高橋佳孝, 大谷一郎, 魚住順, 萩野耕司, 五十嵐良造, クマリンのアレロパシー発現に及ぼす土壌条件の影響, 日本草地学会誌, **40**(2), 223-226, 1994
 - 24) M. Mishyna, N. Laman, V. Prokhorov, Y. Fujii. Angelicin as the principal allelochemical in *Heracleum sosnowskyi* fruit. *Nat Prod Commun* **10** (5), 767-770, 2015
 - 25) M. Mishyna, N. Laman, V. Prokhorov, J.S. Maninang and Y. Fujii, Identification of octanal as plant growth inhibitory volatile compound released from *Heracleum sosnowskyi* fruit. *Nat Prod Commun* **10**(5), 771-774, 2015
 - 26) 頼宏亮, 林文音, 元田義春, 玉井富士雄, 田辺猛, トウキ (当帰) の生産ならびに品質向上に関する研究 (第1報) 施肥成分の相違がトウキの生育ならびに収量, エキス抽出率, Ligustilide, Butylidene phthalide 含量に及ぼす影響, 生薬学雑誌, **46**(4), 321-327, 1992

トウキ (*Angelica acutiloba* Kitagawa) における種子の生産と 貯蔵方法に関する研究

Study on seed production and storage method in *Angelica acutiloba*

尾崎和男¹⁾, 酒井悠太²⁾

¹⁾ 大阪薬科大学, 〒569-1094 大阪府高槻市奈佐原4丁目20番1号

²⁾ 武田薬品工業(株)京都薬用植物園, 〒606-8134 京都市左京区一乗寺竹ノ内町11番地

Kazuo Ozaki¹⁾, Yuuta Sakai²⁾

¹⁾ *Osaka University of Pharmaceutical Sciences, 4-20-1 Nasahara, Takatsuki, Osaka 569-1094, Japan*

²⁾ *Takeda Garden for Medicinal Plant Conservation, Kyoto, 11 Ichijoji Takenouchi-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606-8134, Japan*

受付日: 2020年3月1日

受理日: 2020年3月16日

要 旨

トウキ (*Angelica acutiloba* Kitagawa) の生産栽培に向けた取組みの一環として、種子の形成とその生産に及ぼす採種時期の影響、発芽適温および貯蔵方法について検討した。

各花序で形成された完熟種子数は、第一花序(頂花房)が1,849粒、第二花序(全側花房)が9,437粒、第三花序(全亜側花房)が6,106粒で、株あたりの採種量は17,392粒であった。その100粒重と発芽率は、第一花序が224mgの89.0%、第二花序が186mgの82.4%、第三花序が138mgの78.0%であった。第一花序の結実率は天候に関わりなく36~54%を示し、散水による影響も見られなかった。

種子の採取適期としては、完熟した種子を適宜採取することが最適と考えられるが、多くの手間と時間を要するものであった。現実的には第一花序を採種後、第二花序の第3番目の側花房の種子が完熟した時点で、すべての種子を採取することが採種量ならびに発芽率から見ても適切であった。また、種子の成熟期間に関しては、70日以上の期間を経た完熟種子において良好な結果であったが、自然下では容易に脱粒することから、成熟期間の目安としては開花後60~70日が妥当と判断した。

発芽適温に関しては、発芽率および平均発芽日数から見て20℃を中心とした15~25℃の範囲が好適であり、実験地の武田薬品・京都薬用植物園においては4~5月に相当する。また種子の貯蔵に関しては、調整乾燥した種子を室内に置いた場合、4ヶ月後以降の発芽は直線的に低下したのに対し、5℃貯蔵庫では、1年を経過しても発芽能力が維持されたことから、調整後は速やかに乾燥した状態で低温下に保存することが重要であった。

緒言

トウキ (*Angelica acutiloba* Kitagawa) はセリ科に属する多年生草本で、その根を生薬「トウキ (当帰)」と称して当帰芍薬散、四物湯などの婦人科疾患を中心とした漢方処方に配合されている重要な生薬の一つで、一般用漢方製剤 294 処方中の 78 処方に配合され、その使用頻度は生薬 264 種中第 9 位に位置する。

その基原植物であるトウキについては、細胞学的研究などが報告されているが^{1,2)}、栽培に関する研究、特に栽培に直結する種子の生産と貯蔵に関する報告は少ない^{3,4)}。トウキの生産栽培を実施する場合には、優良系統 (または品種) を育成し、それらの種苗を大量に確保することが必要不可欠となる。そこで、その基礎資料としての開花・結実状況、種子生産に及ぼす採種時期の影響、種子の成熟の度合い、さらに播種の適期を見極める上で必須な発芽適温の検証、また、系統保存ならびに生産栽培を拡大する上で重要な種子の貯蔵方法について検討し、新たな知見を得たので報告する。

材料および方法

供試材料のトウキ (*Angelica acutiloba* Kitagawa) は、1973 年に奈良県桜井市の福田真三氏の協力を得て、和歌山県伊都郡高野町富貴地区の栽培農家より入手した「大深トウキ」を武田薬品・京都薬用植物園 (当時は京都試験農園) において系統維持した在来系統 (選抜母集団) および葉形などで選出された選抜系統 (個体番号 13-1) を用いた。

トウキはセリ科特有の複散形花序を呈しており、その花序の模式図を図-1 に示した。花梗の頂点に形成する第一次散形花序 (以下; 頂花房と略す)、その下部で分枝した花梗の先端部に形成される第二次散形花序 (以下; 側花房と略す)、さらに第二次花序の花梗に形成される第三次散形花序 (以下; 亜側花房と略す) によって構成されている。採種は果実が完熟したと推定される時点 (種子が茶褐色を呈する状態) とし、花房ごとに採種して、それぞれの小花数と種子数を計測して結実率 (種子数 / 2 × 小花数) × 100) を算出した。

実験 - I, II, III, IV-1 および VI の発芽試験に関し

ては、それぞれの採種年の 10 月上旬にバーミキュライトを満たした育苗鉢に 50 粒 (3 反復) を播種して、冬期に加温するファイロンハウス (11 月 15 日 ~ 翌年 4 月 1 日 最低温度 15℃ 設定, 灯油温風加温) に搬入した。発芽は子葉が展開した時点とし、調査は播種後 60 日で終了して発芽率および平均発芽日数を算出した。

実験 - IV-2 および V の発芽試験については、プラスチックシャーレ (9 cm 径) を用い、スポンジ (厚さ 0.5 cm) の上にろ紙 1 枚を敷き蒸留水 25 ml で湿潤させ、50 粒 (3 反復) を播種して、実験 IV-2 では 20℃ に設定した、実験 - V では 10, 15, 20, 25 および 30℃ に設定したインキュベーター内 (15 hr 明所) にそれぞれ搬入した。発根した時点を発芽と見なし、置床 30 日後に終了して発芽率および平均発芽日数を算出した。

I. 各花序の開花状況とその着果数

供試株は 1976 年 4 月および 1979 年 5 月に播種・育苗した在来系統の苗を、それぞれ翌年 3 月に圃場に定植し、開花結実した 10 株を用いた。1976 年は頂花房における開花状況を観察するとともに、着花 (果) 状況について調査した。1979 年は頂花房ならびに側花房 (上位の第 1 番 ~ 第 9 番) を対象に各花序 (花房) における結実状況について調査を行った。なお、亜側花房は株毎に集計した。

II. 第一花序 (頂花房) における結実率の推移

1977 年から 1981 年までの 5 年間について、それぞれ在来系統 10 株の頂花房を供試した。各年次の 5 月下旬から 7 月上旬までの平均気温、雨量および降雨回数については、実験地の武田薬品・京都薬用植物園の測定データを参考にした。また、1981 年には開花期の頂花房に雨水等が掛からないようにした処理 I 区と、スプリンクラーによる 1 日 2 回の自動散水 (各 10 分間) した処理 II 区を設け、自然状態を対照区に種子数、結実率、100 粒重および発芽率について比較検討した。

III. 採種時期の把握

供試株は 1979 年 5 月に播種・育苗した在来系

統の中から翌年 3 月に根首径 2.0cm の苗を選別して圃場に定植し、以下の 3 区の採種方法で比較検討した。

A 区：頂花房が熟した時に、他の花房も同時に採種する。

B 区：頂花房を採種した後、側花房の上位第 3 番が熟した時に、残りの花房を同時に採種する。

C 区：各花房をそれぞれ熟した時に採種する。

ただし、側花房は上位第 1 番～第 9 番までを調査対象とし、垂側花房は株毎に集計した。調査は採種量（粒数）、種子重量および発芽率について実施した。

IV. 種子の成熟期間が発芽に及ぼす影響

種子の成熟期間に関しては、株の頂花房を対象に開花状況を調査し、すべての小花が開花した時点（満開）を成熟の始まりとし、採種までの日数を計測して成熟期間とした。

実験IV-1 は 1981 年 6 月に播種・育苗した在来系統の中から根首茎が約 1.8cm の苗 10 株を選び、1982 年 4 月 13 日に圃場に定植した。採種は各株の頂花房を 2 区分して、その成熟期間が 40 日目と 70 日目にそれぞれ採種を行った。

実験IV-2 は選抜系統と在来系統を用い、1982 年 6 月に播種・育苗し、根首茎が約 1.8cm の苗、それぞれ 10 株を選び、1983 年 4 月に圃場に定植した。開花株の頂花房を 5 区分（または 3 区分）して、成熟期間が 50, 60, 70, 80 および 90 日目にそれぞれ採種を行った。

V. 発芽適温

発芽適温に関しては 1983 年 8 月に採取した選抜系統および在来系統の種子を供試し、温度範囲を 10～30℃として 5℃間隔で 5 区（10, 15, 20, 25 および 30℃）を設定した。

VI. 種子の貯蔵条件（温度）

1982 年 8 月に採取した選抜系統の種子を供試し、調整後の同年 9 月よりチャック式ビニール袋に封入して低温貯蔵庫（5℃区）および建屋室内（室

温区）にそれぞれ搬入した。1982 年 9 月 10 日から 1983 年の 9 月 10 日まで 1 ヶ月毎に種子を取り出し、その重量を測定するとともに発芽試験を実施した。

結果および考察

I. 株の結実状態と着果数

セリ科植物の多くは複散形花序を示し、ほとんどは両性花であるが、その仲間には花房の中心部が雌花のみで構成される植物種も存在する⁹⁾。同科に属するトウキの着花（果）状況について花房および小花の付き方、結実率、さらに各部位から得られた種子の発芽率などを調査した。

それぞれの開花状況について観察したところ、トウキの花序は 1 個の頂花房、8～12 個の側花房および多数の垂側花房によって構成されており、開花結実は頂花房が最も早く、次に側花房、垂側花房と続いた。側花房は上位第 1 から第 7 番が順位不動で開花し、その後、第 8 番以下の下位花房の順であった。垂側花房の開花は、側花房の開花した枝先の花房から順に進行していった。それぞれの花房は、さらに 20～40 個の小花群によって成り立っている。多数の小花群が放射状に分枝し、外側の小花から中心に向かって同心円状に順次、開花結実した。小花は雄蕊先熟と見られ、通常 1 小花から 2 個の種子が形成される。

頂花房の小花群を同心円状に外部、中間部および中心部の 3 つに区分けし、それらの小花数および種子数を調査したところ、外側ほど多くの種子が得られたが、その結実率は中心部とほぼ同等であった（表-1, 図-2）。

つぎに株内の各花序（花房数）における採種量（その比率）について見ると、第一花序の頂花房（1 花房）が 1,849 粒（10.6%）、第二花序の側花房（9 花房）が 9,437 粒（54.3%）で、第三花序の垂側花房（43 花房）が 6,106 粒（35.1%）であり、株あたりの総数は 17,392 粒であった。また、その 100 粒重は頂花房が 224mg で最も重く、次に側花房の 186mg で、垂側花房が 138mg と最も軽かった。発芽率については、それぞれ 89.0, 82.4 および 78.0% で、わずかに減少する傾向が見られた。なお、

花房あたりの採種量は、頂花房が 1,849 粒で最も多く、側花房は 1,049 粒、垂側花房は 142 粒であった。第二花序の側花房については、上位および

下位で低く、中間部位でやや高くなる傾向を示し、第 4 番側花房が 1352 粒で最も多かった (表 -2)。

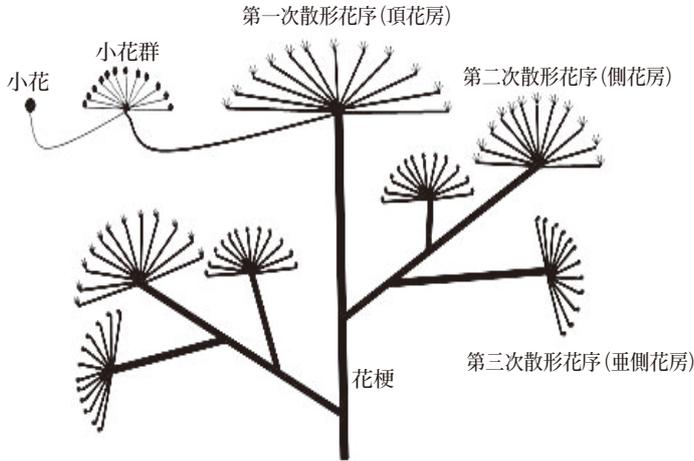


図 1. トウキにおける複散形花序の模式図

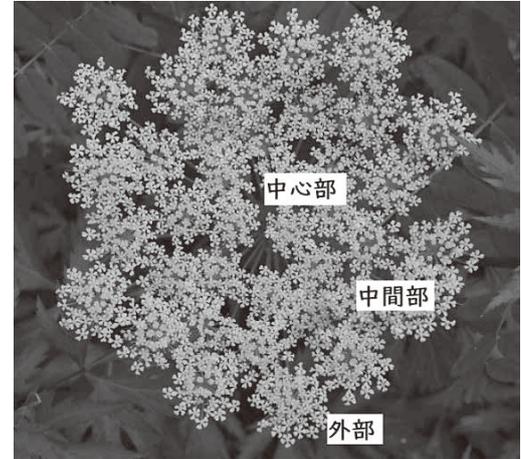


図 2. 花房内における小花群の区分け

表 1. 花房内の着花 (果) 状況とその結実率

区	小花群(A) (個)	小花数(B) (個)	B/A (個)	採種粒数(C) (粒)	C/A (粒)	結実率 (%)
外部 (長)	10 ± 2	351 ± 52	34 ± 3	327 ± 167	32 ± 17	47 ± 22
中間部 (中)	12 ± 1	309 ± 50	27 ± 3	218 ± 165	19 ± 12	35 ± 20
中心部 (短)	13 ± 3	239 ± 39	19 ± 2	187 ± 93	16 ± 9	41 ± 20

平均 ± 標準偏差 (n=10) 結実率 = 【採種粒数 / (小花数 × 2)】 × 100

表 2. 株の各花序における着花 (果) 状況とその結実率および発芽率

花序	花房部位	採種粒数	採種粒数 /花房	100粒重 (mg)	結実率 (%)	発芽率 (%)	
第一花序	頂花房	1849 ± 673	1849	224 ± 23	52 ± 11	89 ± 8	
第二花序	側花房	第1	738 ± 242	1049	183 ± 25	31 ± 12	78 ± 17
		第2	1087 ± 262		182 ± 25	44 ± 13	82 ± 10
		第3	1226 ± 229		183 ± 21	45 ± 8	89 ± 9
		第4	1352 ± 292		191 ± 23	47 ± 12	88 ± 10
		第5	1180 ± 432		191 ± 26	43 ± 16	81 ± 13
		第6	1150 ± 233		198 ± 26	43 ± 9	84 ± 13
		第7	1049 ± 209		181 ± 34	42 ± 9	82 ± 12
		第8	953 ± 253		190 ± 24	39 ± 10	82 ± 12
		第9	702 ± 360		178 ± 26	30 ± 15	73 ± 15
第三花序	垂側花房 (43個)	6106	142	138 ± 18	—	78 ± 12	

平均 ± 標準偏差 (n=10) 結実率 = 【採種粒数 / (小花数 × 2)】 × 100

II. 第一花序（頂花房）における結実率の推移

トウキの授粉様式としてはハナアブ、ハナバチなどが飛来して授粉する虫媒花であると推察される。その開花期は、降雨回数と量が多い梅雨の時期（5月下旬～7月上旬）であることから、降雨により授粉が不完全な場合の結実率の低下が懸念された。また、同じセリ科に属する食用ニンジン⁶⁹⁾の採種量については、降雨によって著しく影響すると報告されている⁶⁹⁾。そこで、頂花房の結実率と各年次の気象条件との関連を調査した。

頂花房の結実率は、1978年と1981年が54%とともに高く、1979年が36%と最も低い値であったが、開花期から結実期にかけての気温、降雨量および降雨回数のパターンに一定の傾向は見られず、結実率に及ぼす気象条件の影響は明らかでなかった（表-3）。また、開花期の頂花房に雨水等が掛からない処理Ⅰ区および人為的に散水させた処理Ⅱ区の種子数、結実率および100粒重は、いずれも対照区とほぼ同等であった（表-4）。

このように5年間の頂花房における結実率の推移と気象条件の関係、あるいは頂花房に対する雨水（散水）を処理した実験結果からは、種子形成に及ぼす降雨の影響は明確ではなかった。種子形成に関しては気象条件もさることながら、種子の成熟期に飛来するカメムシ等による虫害の影響による発芽率の低下が懸念され、駆除に向けた適切な時期での殺虫剤の施用が重要と考えられた。

III. 採種時期の把握

トウキの種子は、開花の順序に従って頂花房から側花房を経て、垂側花房に至るまで7月中旬から9月上旬の期間で完熟する。また、8月中旬以降は先に熟した種子が順次脱粒することから、採種の時期と方法の適否が種子の生産に大きく影響すると考えられた。そこで発芽力の高い種子を多く採取する確かな方法を見出すことを目的に3区の採種方法（時期）を設定して検討を開始した。いずれも採種は7月14日より開始し、採種が終

表3. 5ヵ年の開花時期の気象条件が第一花序（頂花房）の結実に及ぼす影響

時期	1977年			1978年			1979年			1980年			1981年		
	平均温度(°C)	雨量(ml)	降雨日数(H)												
5月下旬	20	16	3	19	3	1	20	34	1	20	85	5	19	34	2
6月上旬	23	27	3	20	23	2	22	8	1	21	93	6	19	30	3
6月中旬	21	50	4	24	126	8	23	39	6	22	23	2	22	36	8
6月下旬	22	84	5	23	155	8	25	206	7	22	77	6	24	150	8
7月上旬	25	40	3	28	68	3	24	74	4	22	97	7	25	65	9
結実率	41 ± 20			54 ± 12			36 ± 7			52 ± 11			54 ± 17		

結実率：平均 ± 標準偏差 (n=10) 結実率 = 【採種粒数 / (小花数 × 2)】 × 100

表4. 散水の有無が頂花房の結実ならびに発芽率に及ぼす影響

区	採種粒数	100粒重(mg)	結実率(%)	発芽率(%)
処理-Ⅰ（無散水）	765 ± 417	192 ± 38	50 ± 26	87 ± 6
処理-Ⅱ（散水）	1043 ± 304	205 ± 20	59 ± 9	86 ± 9
対照（自然状態）	903 ± 275	217 ± 28	53 ± 19	81 ± 15

処理-Ⅱ：スプリンクラーは2回/日 各10分間

結実率 = 【採種粒数 / (小花数 × 2)】 × 100

平均 ± 標準偏差 (n=7~9)

了するまでの期間は A 区が 9 日間であったのに対し、B および C 区はそれぞれ 35 および 53 日間を要した。

花序間で比較したところ、いずれの区においても調査項目のすべてで第一次花序（頂花房）>第二次花序（側花房）>第三次花序（亜側花房）の順に数値が低下していた。頂花房については、各区ともに完熟後の採種であったことから概ね同等で、その採種量は 1900 粒前後、種子 100 粒重は 224~236mg、発芽率は 78.0~89.0% であった。一方、側花房については、種子の成熟度が各区で異なることから、その発芽率は B および C 区がそれぞれ 81.8% および 82.4% であったのに対し、A 区は 61.8% と低い値を示した。亜側花房の採種量（花房あたり）および発芽率は、A 区が 69 粒の 4.0%、B 区は 108 粒の 59.0%、C 区は 142 粒の 78.0% であった。株あたりの採種量は、個々の花房が完熟した時点で採種した C 区が 17392 粒（100%）と最も多く、B 区はその 91% を示し、A 区は 83% であった（表-5）。

適切な採種方法（時期）については、各花房の種子がそれぞれ成熟した時点で採種する方法（C 区）において良質な種子が数多く得られた。しかし、採種に際しては多くの時間と煩雑な作業を要することから実用的ではないと判断した。そこで、

他の方法（A および B 区）と比較検討した結果、A 区は下位の側花房および亜側花房から未熟種子が多数混入したことで、B 区よりも採種量が少なく、その発芽率も同様に低かった。一方、B 区の採種量は C 区に比較してわずかに低かったものの、手間と時間を考慮すれば妥当な方法と考えられた。従って、採種方法（時期）としては、頂花房を採種後に、第 3 番側花房の種子成熟を基準に採種することが適切であった。

IV. 種子の成熟期間が発芽に及ぼす影響

トウキの採種時期については、「第一花序（頂花房）を採種後、第二花序の上位 3 番目の側花房が熟した時にすべての種子を同時に採取する」方法が実用面から見て得策と判断した。しかし、それらの基準をより明確にするため種子の成熟期間と発芽の関係について検討を行った。

頂花房の開花状況を観察したところ、まず外側小花群の外側小花から開花が始まり、その後、同心円状に中心部に向かって進行し、満開までの期間は概ね 10 日前後であった。供試した 10 株の頂花房は、6 月 4 日前後に開花し始め、6 月 23 日には終了し、7 月 1 日に子房が膨らんで色付き始めた。第 1 回目（以下 A 区）の採種は 7 月 20 日に行い、成熟期間は平均 40.3 日であった。第 2 回目（以下

表 5. 採種時期がその採種量と発芽に及ぼす影響

花序	区	第一花序	第二花序	第三花序	総数
種子粒数	A	1,938	8,253 (912)*	2,983 (69)*	13,131
	B	1,910	8,222 (914)	5,700 (108)	15,832
	C	1,849	9,437 (1,049)	6,106 (142)	17,392
100粒重 (mg)	A	236	176	110	-
	B	224	180	130	-
	C	224	186	138	-
発芽率 (%)	A	78.0	61.8	4.0	-
	B	82.0	81.8	59.0	-
	C	89.0	82.4	78.0	-

A：頂花房の種子が熟した時に側花房の種子も同時に採種

B：頂花房の種子を採種後、側花房の第 3 番目が熟した時に他の側花房の種子も同時に採種

C：各花房の種子がそれぞれ熟した時に採種

*：花房あたりの数値

B区)は8月17日に行い、成熟期間は平均68.3日で、その差は28日であった。

種子100粒重については、A区が238.7mgであったのに対して、B区は205.7mgを示し、成熟期間の長い完熟した種子ほど軽くなっていた。その発芽率は前者が74.1%であったのに対し、後者が93.7%と高い値を示し、その差が認められた。この数値は種子重と相反する結果であり、種子の重量で充実度は判断できないものであった。発芽の推移を見るとA区は播種後17日目から始まったのに対して、B区は5日早い12日目であり、その平均発芽日数はA区が24.5日であったのに対し、B区は15.1日で9.4日早く、統計的に有意な差が認められた(表-6)。

このようにトウキの採種に際しては、完熟した種子を採取する方が発芽率ならびに平均発芽日数において好適であった。

種子の成熟期間を2区で検討した実験IV-1では、その期間によって発芽率および平均発芽日数に差異が認められ、完熟(開花して70日後)させることが好適であった。そこでIV-2実験では、その期間を開花後の50日から10日間隔で90日までに区分して再検討した。

まず実験IV-1と同じ在来系統の種子100粒重、

発芽率および平均発芽日数について見ると、成熟期間が長くなるに従って徐々に種子重は軽くなっていく傾向を示し、50日目が262.8mgであったものが、90日目には234.0mgを示した。発芽率についても同様に50日目が60%台で、60日目以降はいずれも80~87%の高い値を示したものの、いずれも差異は見られなかった。しかし、平均発芽日数については、50日目が14.3日であったのに対し、期間が長くなるに従って徐々に短縮し、90日目のそれは8.3日で差が認められた。一方、選抜系統は、在来系統に比較して標準偏差値が小さくまとまった形質を示しており、いずれの調査項目においても統計的に有意な差が認められ、成熟期間が長いほど良好な結果となった。特に平均発芽日数においては顕著に短縮していた(表-7)。

このように成熟期間としては、実験IV-1と同様に開花後70日以降の完熟種子を採取することが発芽率ならびに平均発芽日数において好適であった。特に両系統とも発芽率よりも平均発芽日数に対して効果的で、早期の発芽を可能にするものであった。しかし、完熟種子は自然下において容易に脱粒する状態であることから、実用的には開花後60~70日の種子を採取することが妥当と考えられた。株内の第一花序(頂花房)から第三花序(亜

表6. 種子の成熟期間の違いが種子の形状ならびに発芽特性に及ぼす影響

株番号	A				B			
	成熟期間 (日)	100粒重 (mg)	発芽率 (%)	平均発芽 日数	成熟期間 (日)	100粒重 (mg)	発芽率 (%)	平均発芽 日数
1	40	293.4	88.0	26.1	68	254.6	96.0	14.9
2	43	300.0	78.6	26.1	71	251.4	96.0	15.7
3	43	294.0	74.6	28.3	71	208.6	87.3	18.2
4	43	214.0	55.4	21.8	71	192.0	89.3	15.1
5	35	198.6	54.0	29.8	63	167.4	88.0	15.9
6	43	166.0	86.0	22.6	71	123.4	99.3	12.9
7	43	244.6	71.4	23.6	71	244.6	97.3	14.8
8	35	206.6	76.6	25.0	63	206.6	92.0	14.5
9	35	229.4	98.6	19.6	63	191.4	99.3	13.9
10	43	240.6	58.0	22.0	71	216.6	92.7	15.3
平均	40.3 b	238.7 a	74.1 b	24.5 b	68.3 a	205.7 a	93.7 a	15.1 a
S.D.	3.8	45.3	14.8	3.2	3.8	40.5	4.5	1.4

平均 ± 標準偏差 (n=10)

同一項目の異なる英文字間では Student t 検定により 1%水準で有意差があることを示す。

表 7. 種子重ならびに発芽特性に及ぼす成熟期間の影響

成熟期間 (日)	種子重量 (100粒/mg)		発芽率 (%)		平均発芽日数	
	選抜	在来	選抜	在来	選抜	在来
50	370.6 ± 13.1 a	262.8 ± 58.3 a	65.0 ± 8.3 a	63.6 ± 32.2 a	21.2 ± 3.6 a	14.3 ± 6.7 a
60	344.6 ± 18.9 ab	241.2 ± 67.0 a	89.6 ± 4.8 b	79.7 ± 16.3 a	14.4 ± 2.1 b	13.0 ± 1.8 a
70	329.7 ± 16.6 bc	236.5 ± 58.8 a	91.4 ± 7.4 b	82.5 ± 14.1 a	11.7 ± 0.9 bc	10.8 ± 1.0 b
80	310.0 ± 19.5 cd	214.4 ± 57.2 a	95.5 ± 3.7 b	83.5 ± 14.5 a	9.9 ± 0.5 cd	9.5 ± 0.8 bc
90	303.0 ± 10.8 d	234.0 ± 66.7 a	92.9 ± 5.4 b	86.8 ± 7.9 a	8.6 ± 0.6 d	8.3 ± 0.7 c

平均 ± 標準偏差 (n=5 ~ 10)

同一項目の異なる英文字間では Tukey 多重検定により 5%水準で有意差があることを示す。
成熟期間；満開～採種日までの日数

表 8. 発芽率ならびに平均発芽日数に及ぼす温度の影響

温度 (°C)	選抜個体		在来系統	
	発芽率(%)	平均発芽日数	発芽率(%)	平均発芽日数
10	6.4 ± 2.4 c	15.5 ± 0.5 b	4.4 ± 3.3 b	15.9 ± 1.2 c
15	95.5 ± 2.1 a	11.3 ± 0.3 a	89.2 ± 8.9 a	11.4 ± 0.4 b
20	96.5 ± 2.8 a	9.1 ± 0.4 a	88.4 ± 3.8 a	8.9 ± 0.6 a
25	87.3 ± 6.0 b	10.5 ± 2.1 a	83.2 ± 9.1 a	9.2 ± 0.3 ab
30	5.2 ± 3.0 c	14.0 ± 3.6 b	4.0 ± 1.8 b	14.2 ± 2.4 c

平均 ± 標準偏差 (n=5)

同一項目の異なる英文字間では Tukey 多重検定により 5%水準で有意差がある。

側花房) までの成熟期間には、約 50 日程度のずれが生ずると見られることから、第二花序(側花房)の成熟期間を指標に採種することが望ましく、実験Ⅲの採種時期 B 区で示した第二花序の上位 3 番目の側花房の結実状況を指標に採種することが適切と判断された。

V. 発芽適温

生産栽培に向けた取組みとして播種の適正な時期を把握することは、良質な苗を育成する観点からも重要な課題の一つである。発芽に対する温度域としては、栽培地の奈良県などから推測して 25℃を中心とした範囲と考え、10~30℃に設定した温度区での発芽率および平均発芽日数について比較検討した。

発芽率は 10 および 30℃の条件下において、いずれも 10% 以下の低い値であったが、15, 20 お

よび 25℃区では選抜系統が 88~95%、在来系統は 82~89% の高い値を示し、温度間において有意な差が認められた。次に発芽曲線を 20℃区で見ると、選抜系統ならびに在来系統ともに置床後 5 日目から発芽を開始し、在来系統は 10 日目(発芽率 77.8%)まで直線的に増加して 13 日目まで発芽が続いたのに対し、選抜系統は 11 日目(同 92.2%)まで直線的で 17 日目ではほぼ全体の発芽を終えた。平均発芽日数は 20℃区が他の温度区に比較して小さい値を示し、選抜系統が 12.6 日、在来系統が 10.3 日であった(表-8)。

以上の結果から発芽適温に関しては、発芽率ならびに平均発芽日数から見て 20℃が最適であり、温度帯としては 15~25℃の範囲が適切であった。これは実験地である武田薬品・京都薬用植物園においては 4 月~5 月に相当するものであった。

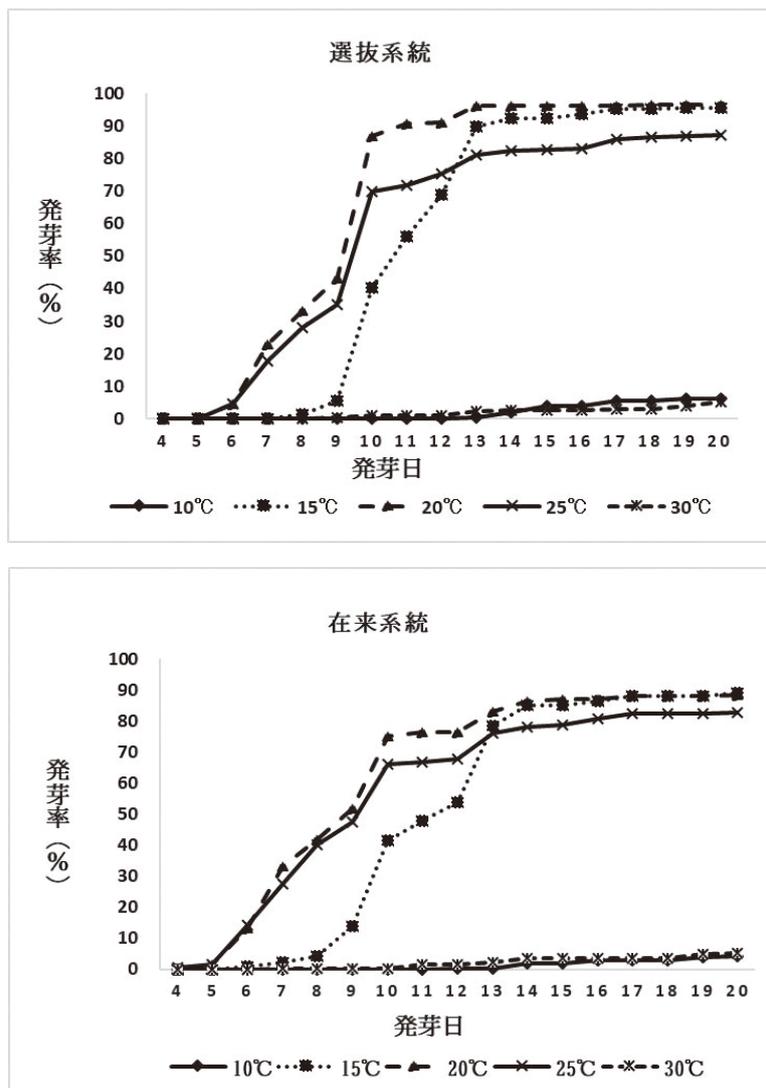


図3. 異なる温度条件での発芽率の推移

VI. 種子の貯蔵温度

種子の貯蔵については、低温（5℃）で貯蔵する方法が一般的であり、薬用植物のダイオウやシソなども本法を用いている。また、ムラサキやオウレンなどは発芽させる条件として湿った砂と混ぜて低温下で貯蔵する前処理方法が行われている^{10,11)}。今回はトウキの種子貯蔵に関する基礎資料を得るために低温の5℃と室温に区分して検討した。

貯蔵を開始した9月に播種した対照区の発芽率は91.2%で、その平均発芽日数は23.3日であった。その後、5℃区は4月播種（貯蔵7ヶ月）まで90%以上の発芽率と25日以下の平均発芽日数を示したが、5月播種（同8ヶ月）以降は外気温の上昇とともに、その発芽率は低下し、平均発芽日

数も遅延していった。特に7月播種（同10ヶ月）では発芽率51.7%、平均発芽日数は30.4日となったが、これは発芽適温に関する実験結果からも外気温が影響したものと考えられた。貯蔵1年後の9月播種（同12ヶ月）では、発芽率が85.3%で平均発芽日数は26.1日を示し、対照区の貯蔵開始時と比較してやや低下するものの高い数値を維持していた。一方、室温区では10月播種（同1ヶ月）で発芽率は80.0%になり、平均発芽日数も若干遅くなった。その後、1月播種（同4ヶ月）から直線的に発芽率が低下し、5月播種（同8ヶ月）では0.7%の発芽率であった。平均発芽日数も1月播種から遅くなり、貯蔵1年の9月播種（同12ヶ月）では発芽が観察されず、発芽能力を失ったものと

考えられた (表 -9).

トウキの種子貯蔵に関しては、薬用植物種子の保存法に関する研究 (その 2) において、4 温度区 (室温, 5, 0 および -10℃) を設定して検討中であり、貯蔵 4 年後 (1997 年) の発芽率の結果は、本実験と同様に 5℃ 区でやや低下する傾向を示し

たものの、0 および -10℃ 区では低下せず高い発芽率を維持していた¹²⁾.

このようにトウキの種子を貯蔵する場合、採種後の早い段階 (1 ヶ月内) に乾燥した状態で低温 (5℃ 以下) 貯蔵することが種子の発芽能力を低下させない有効な手段であると判断した。

表 9. 種子の貯蔵条件 (温度) と発芽特性の推移

播種日 (区)	低温 (5℃) 貯蔵			室温貯蔵		
	100粒重(mg)	発芽率 (%)	平均発芽日数	100粒重(mg)	発芽率 (%)	平均発芽日数
9月10日	222 ± 4.8 a	91.2 ± 4.8 a	23.3 ± 0.6 a	222 ± 4.8 a	91.2 ± 4.8 a	23.3 ± 0.6 a
10月18日	223 ± 5.0 a	92.7 ± 4.6 a	22.0 ± 0.5 a	226 ± 9.2 a	80.0 ± 2.0 b	25.9 ± 1.4 a
11月11日	233 ± 5.0 a	97.3 ± 3.1 a	24.8 ± 0.6 a	231 ± 6.4 a	79.3 ± 1.2 b	30.1 ± 1.3 a
12月8日	228 ± 0.0 a	94.7 ± 1.2 a	22.6 ± 0.8 a	227 ± 6.1 a	77.3 ± 2.3 b	28.6 ± 0.6 a
1月11日	217 ± 7.0 a	94.7 ± 5.0 a	22.2 ± 0.5 a	219 ± 13.6 a	59.3 ± 8.3 c	29.6 ± 2.9 a
2月10日	221 ± 5.0 a	92.0 ± 4.0 a	24.0 ± 0.8 a	221 ± 5.0 a	30.0 ± 6.9 d	44.5 ± 4.4 ab
3月10日	217 ± 4.2 a	81.3 ± 1.2 ab	23.6 ± 1.6 a	216 ± 8.0 a	22.7 ± 5.0 d	43.9 ± 2.7 ab
4月10日	222 ± 5.3 a	92.0 ± 5.3 a	24.9 ± 0.3 a	232 ± 8.0 a	8.7 ± 3.1 e	29.0 ± 0.0 a
5月10日	224 ± 6.0 a	82.0 ± 2.0 ab	32.7 ± 1.6 ab	221 ± 4.2 a	0.7 ± 1.2 e	61.0 ± 0.0 a
6月10日	215 ± 6.4 a	76.7 ± 13.3 b	37.8 ± 13.2 b	223 ± 9.9 a	0.0	0.0
7月11日	212 ± 5.3 a	50.7 ± 20.0 c	30.4 ± 2.0 ab	226 ± 2.0 a	0.0	0.0
8月10日	221 ± 5.0 a	68.0 ± 3.5 bc	56.7 ± 3.5 c	221 ± 5.0 a	0.0	0.0
9月10日	221 ± 3.1 a	85.3 ± 4.2 ab	26.1 ± 0.3 ab	220 ± 6.0 a	0.0	0.0

平均 ± 標準偏差 (n=3 ~ 5)

同一項目の異なる英文字間では Tukey 多重検定により 5% 水準で有意差があることを示す。

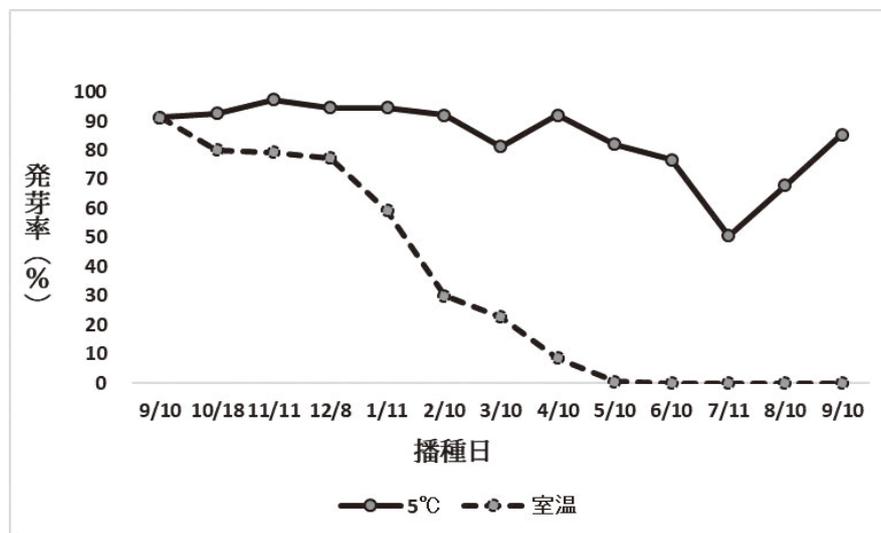


図 4. 異なる貯蔵条件における発芽率の推移

おわりに

本論文については、武田薬品工業(株)・京都薬用植物園において 1976 年～1984 年の期間に実施した研究内容をまとめたものです。諸事情により学会誌等への投稿が叶いませんでした。内容的には現状でも活用が可能な内容も含まれると考えており、本植物の栽培化に向けた取組みに対して活用いただければ幸いです。なお、実験-I～IIIについては、基礎データが残っておらず統計による比較ができておりません。

参考文献

- 1) ヒキノヒロシ；当帰の研究 生薬学雑誌 12, 9 (1958)
- 2) 秦野一彦；邦産当帰に関する細胞遺伝学的研究 (1976)
- 3) 佐田義尚, 田中重雄, 田端 守, 尾崎和男, 小宮威弥；トウキとイブキトウキとの交雑種の作成とそのクローン増殖株の評価, 生薬学雑誌 47 (3), 235-242 (1993)
- 4) 新藤 聡, 松原紀嘉, 渡辺 均, 池上文雄；トウキにおける花序の構成と開花特性および種子生産性との関係, 生薬学雑誌 67 (1), 13-17 (2013)
- 5) J. Lovett Doust；The New Phytologist 85, 265 (1980)
- 6) 宮城耕治；人参採種に関する研究 (第 1 報), 整枝ならびに降雨が発芽率と採種量に及ぼす影響, 園学雑 24 (4), 38 (1955)
- 7) 渡辺正一；金時人参種子の発芽に関する研究 (第 3 報), 刈取り期の早晚が発芽に及ぼす影響, 農及園 30 (3), 81 (1955)
- 8) 大庭寅雄；大豆の開花結実性に関する研究, 気象ならびに耕種条件と大豆の部位別開花結実性との関係, 日作紀 30 (1), 68 (1961)
- 9) 江口康雄；ナスの採種と気象要素との関係, 園学雑 31 (1), 33 (1962)
- 10) 西村晶子, 今井孝司；薬用植物種子の保存法に関する研究, 植物園協会誌 30, 73 (1996)
- 11) 西村晶子, 尾崎和男, 今井孝司；薬用・有用植物種子の発芽促進について, 植物園協会誌 34, 65 (2000)
- 12) 西村晶子；薬用植物種子の保存法に関する研究 (その 2) 未発表

胚培養による宇宙リンゴ“ふじ”の苗生産

Embryo culture method for production of space apple ‘Fuji’ seedlings

小山田智彰¹⁾，鞍懸重和¹⁾，佐藤晋也²⁾，越谷晋樹³⁾，佐藤雄大³⁾

¹⁾ 岩手県環境保健研究センター

〒020-0857 岩手県盛岡市北飯岡1-11-16

²⁾ Satoshin Project Office 8113

〒038-0042 青森県青森市大字新城字山田587-131

³⁾ 青森県立五所川原農林高等学校

〒037-0093 五所川原市大字一野坪字朝日田12-37

Tomoaki Oyamada¹⁾，Shigekazu Kurakake¹⁾，Shinya Sato²⁾，Shinji Kosiya³⁾，Yudai Sato³⁾

¹⁾ *Iwate Prefectural Reserach Institute for Environmental Sciences and Public Health. 1-11-16, Kitaiioka, Morioka, Iwate 020-0857, Japan*

²⁾ *Satoshin Project Office 8113. 587-131, Yamada, Shinjo, Aomori, Aomori 038-0042, Japan*

³⁾ *Aomori Prefectural Goshogawara Agriculture and Forestry High School. 12-37, Asahida, Ichinotubo, Goshogawara, Aomori, 037-0093, Japan*

受付日：2020年2月18日

受理日：2020年5月11日

要 旨

青森県立五所川原農林高校は弘前実業高校藤崎校舎と協力して「宇宙教育プロジェクト事業」に参加した。リンゴ“ふじ”を収穫して果実から種子を採取した後、乾燥による保存処理を行って「準原木のふじ（40粒）」と「標準木のふじ（40粒）」の種子80粒を準備した。この種子をスペースシャトル「アトランティス号」に搭載して国際宇宙ステーション「きぼう」に運び、6ヶ月間宇宙に滞在させた。地球帰還後、発芽試験に取り組んだが発芽に至らなかった。そこで、植物組織培養技術を持っている岩手県環境保健研究センターで胚培養による発芽試験を実施した。植物成長調節物質としてオーキシンのインドール酪酸（IBA）とサイトカイニンのチジアズロン（TDZ）を添加した培地で、IBAの添加量を多くしたオーキシン優占区において最も高い発芽率を示したが、この苗には「下胚軸の異常伸長」と「幼根の短化」が多発生し、さらに、根が培地から逆方向に向かう「反重力伸長」も発生した。そこで、培地固形物質に紙とバーミキュライトを混合成型した「ペーパーライト培地」に苗を継代し、培養容器に自作した無菌通気フィルターを設置した「無糖培地培養法」による育成培養に取り組んだところ、苗の成長が進んだ。この取り組みで作出した宇宙リンゴの苗15個体（標準木の苗8個体，準原木の苗7個体）を五所川原農林高校に提出した。今後、宇宙リンゴの初収穫が実現すれば、高校教育や地域資源としての活用が期待される。

キーワード：国際宇宙ステーション，胚培養，ペーパーライト培地，宇宙リンゴ

Abstract

The Aomori Prefectural Goshogawara Agriculture and Forestry High School and the Fujisaki Branch of Aomori Prefectural Hirosaki Vocational High School jointly participated in a project as part of the “Space Education Program”. ‘Fuji’ apples were harvested, and seeds were collected from the harvested fruit, which were then cured by drying. In total, 80 seeds were prepared in this way, i.e., 40 “quasi-original ‘Fuji’ seeds” and 40 “standard ‘Fuji’ seeds”. The seeds were transported aboard the space shuttle Atlantis to the Kibo module of the International Space Station, where they were stored for six months. After the seeds were returned to Earth, a germination experiment was conducted, but the seeds failed to germinate. Thereafter, a germination experiment based on embryo culture was conducted at the Iwate Prefectural Research Institute for Environmental Sciences and Public Health, which possesses plant tissue culture technology. The seeds were germinated in a medium containing the auxin indolebutyric acid (IBA) and the cytokinin thidiazuron (TDZ) as plant growth regulators. Although the auxin-dominant treatment containing higher levels of IBA yielded the highest germination rate, many of the resulting seedlings exhibited abnormal elongation of the lower hypocotyl and shortening of the radicle, while the roots exhibited negative geotropism, growing away from, rather than into, the medium. The seedlings were then transplanted to Paper Lite medium, consisting of a mixture of paper pulp and vermiculite, and cultivated using a non-sucrose medium method in containers fitted with aseptic air ventilation filters that we custom manufactured. Fifteen of the space apple seedlings thus produced (8 standard seedlings and 7 quasi-original seedlings) were submitted to Goshogawara Agriculture and Forestry High School. It is anticipated that, if space apples are successfully harvested in the future, they will be used for educational purposes by senior high schools and as a community resource.

Key words : International Space Station, embryo culture, Paper Lite medium, space apple

緒言

青森県は、津軽台地や岩木山のふもと周辺を中心にリンゴ (*Malus domestica* Borkh.¹⁾) が栽培されており、日本一の産地として知られている。岩手県においてもリンゴ栽培が古くから行われており、リンゴの省力栽培を普及させるため農林水産省果樹試験場において、1972年にマルバカイドウの「セイシ」に「M9」を交雑してできた実生から台木を育種した。これをJM(ジャパンモリオカ)系台木とし、日本発祥のリンゴ台木として認知されている。JM系の台木に接ぎ木すると、高さ20メートル前後に育つ木を3メートル前後にし、果実の初なりに10年ほど要していた期間を3年ほどに短縮することができ、作業の効率化と収穫を各段に早めた²⁾。以上のような背景から栽培技術と優良品種の開発が進んだ日本産のリンゴは、世

界でも高い評価を得ている。

薬用としてのリンゴは果実を利用する。生食の薬効としては、身体に水分を補給し、熱を下げ、のどの渇きをとって呼吸器の水分状態を良好に保ち、胃腸を強壮にして便通を整える。煮た果実では、体液状態を整え、胃腸を強壮にして下痢を止め、特に幼児の下痢に良いとされている³⁾。リンゴやブドウなどの果実類に広く分布するリンゴ酸は、TCA回路の一員で、フマル酸の水付加で生成し、リンゴ酸デヒドロゲナーゼ(リンゴ酸脱水酵素)の作用でオキザロ酢酸となり、清涼飲料水などの酸味料として活用されている⁴⁾。リンゴの腸内フローラ改善効果のメカニズムを解明するための最近の研究では、リンゴペクチンの特徴であるアラビナンに由来するアラビノオリゴ糖は、効果の高い新規のプレバイオティクスで、リンゴの

腸内フローラ改善効果はこのペクチンによるものであり、便秘の改善として整腸作用の効果があることや、リンゴ由来プロシアニジン類の生体調節機能は、従来の抗酸化作用など生体利用性に依存した効果に加えて、腸内フローラや代謝物など腸内環境への作用があることなどが報告されている^{5,6,7)}。

リンゴの組織培養に関する研究は、栽培利用を目的にした無病苗（ウイルスフリー苗）作出法に関する開発が古くから取り組まれている。これは、茎頂分裂組織を用いて茎葉部の成長を進め、発根培地に移して苗を完成させる方法であるが、リンゴの場合は発根培養が難しく、現在も様々な検討が行われている⁸⁾（図1）。茎頂培養と比較すると、種子を用いて発芽させる無菌播種や胚培養は容易であり、筆者が過去に行った試験でも種子発芽から発根まで進めることができたことから、当初は楽観的にとらえて本試験に取り組んだ。

1. 材料および方法

弘前実業高校藤崎校舎の佐藤雄大教諭と五所川原農林高校の越谷晋樹教諭が岩手県環境保健研究センターを訪問し、種子の提出を受けた。また、宇宙教育プログラムの支援を行っている（株）リバナスより郵送で種子の追加提出を受けた。

「種子の準備と宇宙への輸送、滞在、帰還」の状況は、以下のとおりである。

【弘前実業高校藤崎校舎りんご科 佐藤雄大教諭（当時）の報告書より引用修正】

- ①2009年11月：弘前実業高校藤崎校舎内でりんご「ふじ」を収穫。
- ②2010年2月12日：（地独）青森県産業技術センターリンゴ研究所より採種と保管方法を研修。
- ③2010年2月15日：りんご「ふじ」より種子を取り出す（高校1年生39名，約350粒）。
- ④2010年2月16日：りんご「ふじ」（原木株分け）より種子を取り出す（高校2年生39名，約400粒）。
- ⑤2010年2月16日～19日：種子を自然乾燥（4日間）。
- ⑥2010年2月20日～22日：種子をシリカゲルで乾燥（3日間）。

- ⑦2010年2月23日：乾燥種子を保管（常温・密閉）。
- ⑧2010年4月8日：乾燥種子を選定し、（株）リバナスへ発送。
- ⑨2010年5月14日：アメリカのフロリダ州ケネディ宇宙センターからスペースシャトル「アトランティス号」によって宇宙ステーション「きぼう」（野口聡一宇宙飛行士が滞在）へ移動し、「準原木のふじ40粒」と「標準木のふじ40粒」の種子80粒を宇宙リンゴの種子として日本実験棟船内保管庫に保管。
- ⑩2011年3月9日：宇宙リンゴの種子，スペースシャトル「ディスカバリー号」（本機の最終飛行）によって地球へ帰還。

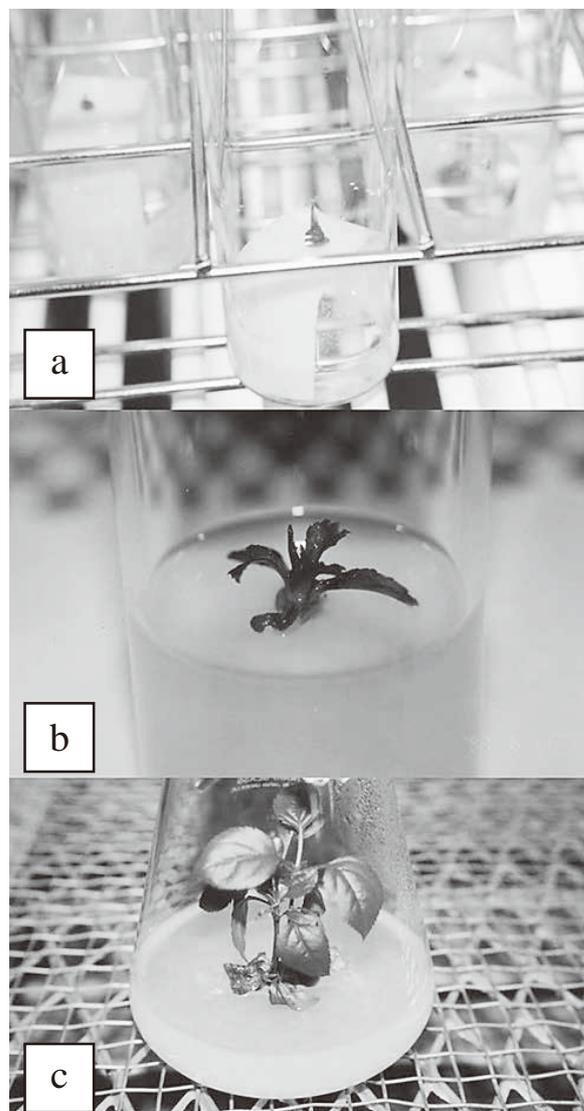


図1. リンゴの茎頂培養
（a：ペーパーウィック法による初代培養，b：固形培地での成長，c：発根促進/検定教科書小山田原図⁸⁾より）

1) 種子の外部形態および重量の比較 (試験 1)

宇宙に運んだ種子(「宇宙リンゴ」) 40 粒, 宇宙に運ばずに地球保管していた種子(「地球リンゴ」) 53 粒, 本試験実施に当たり, 比較のため 2012 年に収穫した弘前実業高校藤崎校舎栽培の種子(「藤崎校舎ふじ」) 29 粒の, 種子の長さおよび径をノギスで計測し, 電子天秤で重量を計測した. 計測結果は, 平均値と標準偏差にまとめ, 各処理のリンゴの種の長さ, 径および重量を, 棄却水準を 5%としたテューキーの検定により比較した.

2) 発芽試験 (試験 2)

本試験では, 宇宙リンゴの種子 56 粒 (図 2), 地球リンゴの種子 69 粒および藤崎校舎ふじの種子 29 粒を用いて, 胚培養による発芽試験に取り組んだ.

最初に, 種子を中性洗剤で洗浄し, 種子の外皮を除いて胚を摘出した. 遠沈管中に次亜塩素酸ナトリウム有効塩素 0.3% 水溶液を加えて胚を浸水し, ボルテックスミキサーを用いて振動状態で 1 分間殺菌を行った. クリーンベンチ内に搬入し, 遠沈管から胚を取り出して 60% エタノールに 10 秒間浸した後, 次亜塩素酸ナトリウム有効塩素 0.3% 水溶液中に入れて 5 分間静置した. その後, 胚を滅菌水内に移して 3 回洗浄し, ピンセットを用いて発芽用培地に胚を置床した. 発芽用培地は, ビタミンとアミノ酸を構成する MS5 液を添加したハイポネックス改変培地 (表 1) を基本培地に使用した. また, 植物成長調節物質からオーキシンのインドール酪酸 (IBA) とサイトカイニンのチジアズロン (TDZ) を選択し, オーキシン優占区: IBA 2ppm+TDZ 0.2ppm とサイトカイニン優占区: TDZ 2ppm+IBA 0.2ppm を加えた培地で発芽の効果を検証した. 培養環境はインキュベータを使用し, 温度 20°C, 照度 2000lux (16 時間) の条件で行い,

発芽の有無, 発芽数, 発芽形態を肉眼観察で調査した.

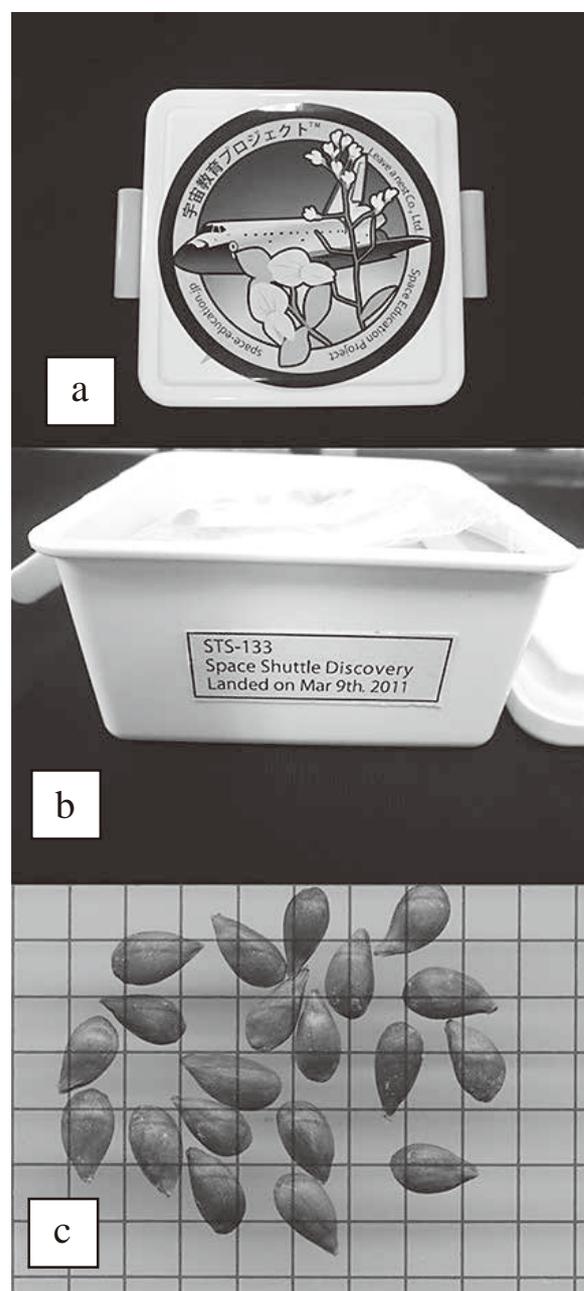


図 2. 宇宙リンゴの種子
(a: 種子が入った専用容器, b: 固形培地での成長, c: 宇宙リンゴ種子)

表 1. 基本培地の組成

成分	添加量	MS5液の組成	添加量
Hyponex (6.5 - 6.0 - 19.0)	2.0 g/L	ミオイノシトール	100 mg/L
スクロース	30.0 g/L	ニコチン酸	0.5 mg/L
MS5液	2.0 mL/L	塩酸ピリドキシン	0.5 mg/L
ゲランガム	3.0 g/L	塩酸チアミン	0.1 mg/L
pH	5.7	グリシン	2.0 mg/L

3) 育成培養の検討 (試験 3)

発芽した苗から宇宙リンゴについて、「下胚軸の異常伸長」や「幼根の短化」が多発生し、一部に根が培地面から逆方向に向かう「反重力伸長」が観察された。そこで、培地固形物質に紙とバークミキュライトを混合成型したペーパーライト培地⁹⁾に苗を継代し、培養容器に自作の通気フィルターを設置した無糖培地培養法による育成培養試験を行った。なお、培地の栄養分は、基本培地からスクロースとゲランガムを除いた組成とし、これを1フラスコ当たり50 mL 添加した。培養環境は発芽試験と同じ条件で行い、Holm 法により棄却水準を5%に調整した上で、フィッシャーの正確確率検定により各処理間の育成培養成功率を比較した。また継代後10日間おきに、草丈をノギスで測定し、葉数を肉眼観察で調査し、経過30日後の平均草丈および平均葉数を比較した。

4) 宇宙リンゴ苗の栽培 (試験 4)

2013年4月26日に五所川原農林高校を訪問し、宇宙リンゴ苗(ふじ準原木種子を発芽させた苗7個体とふじ標準木種子から発芽させた苗8個体)計15個体を提出した。

その後、同校の越谷教諭による維持管理が行われ、弘前実業高校藤崎校舎の佐藤教諭が生徒を引率して、両校生徒による生育観察や苗の鉢上げが共同で進められた。その後、弘前実業高校藤崎校舎が閉校したことから、五所川原農林高校の農場担当職員によって苗の維持が行われている。そのため、佐藤晋也前校長が同校を訪問して苗の成長診断を行った。

2. 結果および考察

1) 種子の外部形態および重量の比較 (試験 1)

表2に宇宙リンゴの種子(乾燥保存処理あり)

の種子長、種子径および種子重量の測定結果を示した。地球リンゴ(乾燥保存処理あり)および藤崎校舎ふじ(乾燥保存処理なし)と比較を行った結果、種子長と種子径については、有意差はなかった。種子重量については、宇宙リンゴと地球リンゴに有意差はなかったが、藤崎校舎ふじの種子は、宇宙リンゴと地球リンゴより有意に重く、これは乾燥処理が影響していると考えられた。

2) 発芽試験 (試験 2)

図3に胚培養による発芽試験の結果を示した。発芽率は、宇宙リンゴのホルモンフリー区で12.5%、オーキシン優占区で77.8%、サイトカイニン優占区で40.0%となった。地球リンゴでは、オーキシン優占区で7.7%、サイトカイニン優占区で10.0%となった。藤崎校舎ふじは、ホルモンフリーのみで、44.8%の発芽率を示した。宇宙リンゴの発芽は、基本培地にオーキシン優占となるIBA 2ppm+TDZ 0.2ppmを添加した培地で優れていた。宇宙に運んでいない地球リンゴとの比較では、同じ木からリンゴを収穫し、同時に乾燥による保存処理を行っているにも関わらず発芽率に差が生じた。収穫したてのリンゴから採種した藤崎校舎ふじは、植物成長調節物質を含まないホルモンフリー培地で発芽が確認され、宇宙リンゴのオーキシン優占区の次に高い発芽率を示した。植物組織培養による苗作出試験において、オーキシンとサイトカイニンの添加による効果の検証は欠かすことのできないものであるが、特に芽や根の分化の促進や制御を行う際は、オーキシンとサイトカイニンの量と相対比が決定要因として働くことが知られており¹⁰⁾、オーキシン/サイトカイニンの比が大きい場合は、カルスや不定根の発生・伸長が促されることが経験上多い。本試験もこれまでに蓄積した経験に基づいて植物成長調節物質を

表2. 宇宙リンゴ種子の外部形態(種子長、種子径)と種子重量

	供試数	種子長 (mm)	種子径 (mm)	種子重量 (g)
宇宙リンゴ	40	8.1±0.2 a ²⁾	4.3±0.1 a	0.042±0.001 a
地球リンゴ	53	8.3±0.1 a	4.3±0.1 a	0.042±0.001 a
藤崎校舎ふじ	29	8.2±0.1 a	4.4±0.1 a	0.064±0.001 b

²⁾ 平均値 ± 標準誤差, 同列の異なるアルファベット間には Tukey の多重検定により 5%水準で有意差あり。

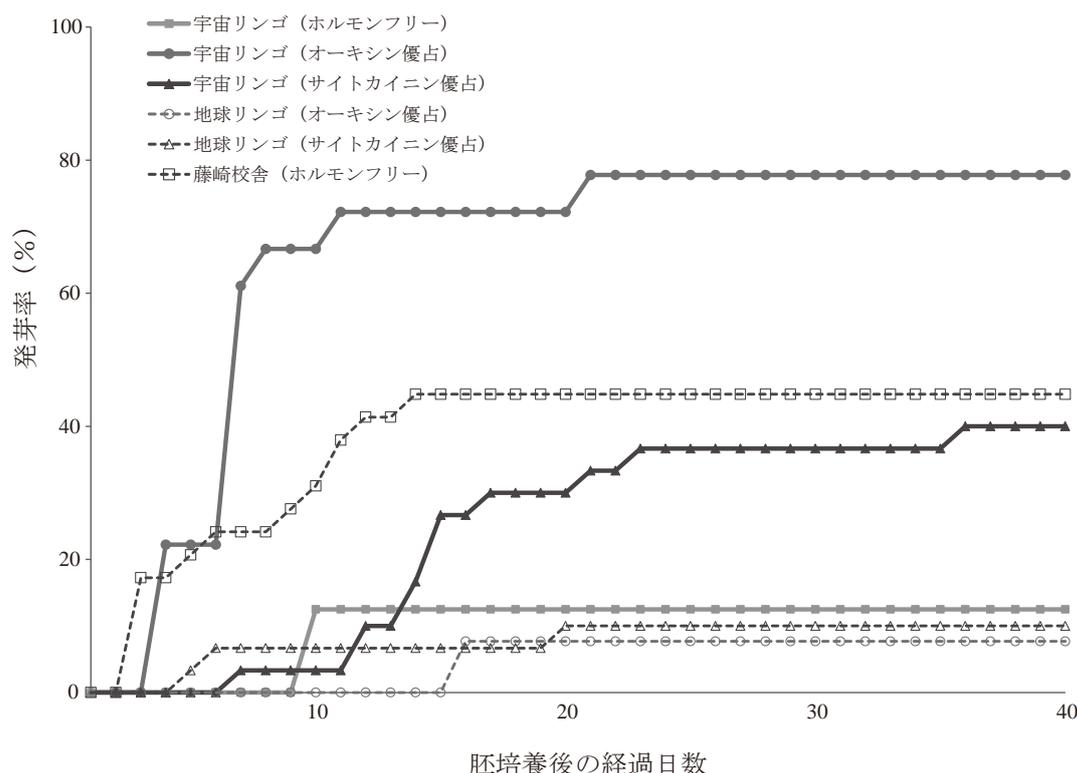


図 3. 胚培養による発芽試験結果

表 3. 発芽した幼苗の発芽形態

材料 (植物成長調節物質)	供試数	発芽数	地上部 (茎葉)			地下部 (根)			
			正常	子葉異常肥大	下胚軸異常伸長	正常	無根	短根	反重力伸長根
宇宙リンゴ (ホルモンフリー)	8	1	1	0	0	1	0	0	0
宇宙リンゴ (オーキシン優占)	18	14	0	1	13	0	1	10	3
宇宙リンゴ (サイトカイニン優占)	30	12	2	10	0	1	10	1	0
地球リンゴ (オーキシン優占)	39	3	2	1	0	0	1	2	0
地球リンゴ (サイトカイニン優占)	30	3	2	1	0	2	1	0	0
藤崎校舎フジ (ホルモンフリー)	29	13	13	0	0	13	0	0	0

選択し、添加量を決定したことによって宇宙リンゴの種子を発芽させることに成功した。

表 3 に発芽形態の調査結果を示した。発芽した宇宙リンゴ苗は、ホルモンフリー区では発芽 1 個体のみとなり、発芽率が高いオーキシン優占区およびサイトカイニン優占区で異常な発芽形態が観察された。オーキシン優占区では、発芽 14 個体のうち 1 個体について、子葉が異常に肥大し、無根の苗になった (図 4)。発芽 13 個体は、下胚軸が異常に伸長し、10 個体に幼根の短化が確認された (図 5)。この中には幼根が培地とは逆方向に向かう「反重力伸長」(図 6) が 3 個体観察されたため、幼根を培地中に差し直してみたが、再び根が上に



図 4. 子葉が異常肥大した無根の宇宙リンゴの苗

向かう現象が起きた。サイトカイニン優占区で発芽した苗は、12 個体中 10 個体が図 4 と同様の形態を持った子葉が異常に肥大した無根の苗となり、育成培養に進められた苗は1個体のみであった。地球リンゴのオーキシシン優占区では、発芽 3 個体のうち、1 個体について子葉の異常肥大が発生し、1 個体が無根で 2 個体が短根となった。サイトカイニン優占区は、発芽 3 個体のうち、1 個体の子葉が異常肥大し、無根となった。藤崎校舎ふじは、発芽した 13 個体全てが正常な生育を示した。

本試験で観察された「下胚軸の異常伸長」と「反重力伸長」は、宇宙リンゴ苗のみに現れた現象である。これに似た現象として、宇宙実験や地上基礎実験の微小重力環境あるいは疑似微小重力下で発芽したエンドウの重力応答突然変異体として上胚軸が反重力方向に伸長した報告¹⁾があることから、宇宙リンゴ苗に観察された現象は、宇宙環境の影響を受けたことが原因と考えられる。

3) 育成培養の検討 (試験 3)

発芽させた苗について、「ペーパーライト培地」に継代して培養を行った結果を表 4 と図 7 に示した。各処理由来の苗の育成培養成功率は、宇宙リ

ンゴ苗のホルモンフリー区が 12.5%，オーキシシン優占区が 72.2%，サイトカイニン優占区が 3.3% となり、地球リンゴのオーキシシン優占区が 5.1%，サイトカイニン優占区が 6.7%，および藤崎校舎ふじ苗（ホルモンフリー）が 44.8% であった。各処理間を比較した結果、宇宙リンゴ苗のオーキシシン優占区および藤崎校舎ふじ苗の育成培養成功率は、宇宙リンゴ苗のサイトカイニン優占区、地球リンゴ苗のオーキシシン優占区、および地球リンゴ苗のサイトカイニン優占区よりも有意に高かった。育成培養 30 日後の平均草丈および葉数は、宇宙リンゴ苗で 50 mm および 5.0 枚、地球リンゴ苗で 64.5 mm および 5.5 枚、藤崎校舎ふじ苗で 69.9 mm および 5.3 枚となった。草丈は、宇宙リンゴが短い傾向になった。葉数は、処理間で大きな傾向の違いがみられなかったものの、宇宙リンゴ苗の葉は、苗の最頂部に密集して発生し、一般的なリンゴの実生苗とは明らかに異なる形態となった（図 8）。

育成培養で成長した宇宙リンゴ苗 15 個体（標準木種子の苗 8 個体、準原木種子の苗 7 個体）を 2013 年 4 月 26 日に五所川原農林高校へ提出した。

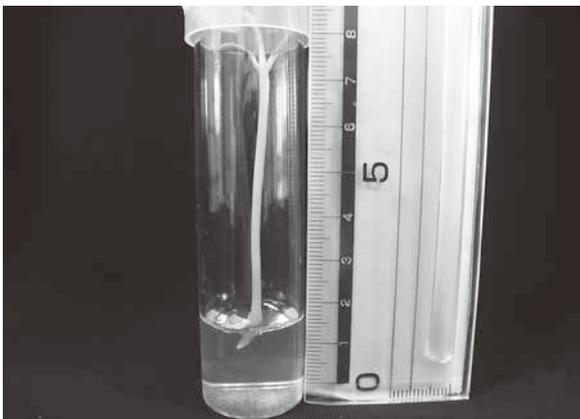


図 5. 下胚軸が異常伸長した短根の宇宙リンゴの苗



図 6. 反重力伸長した宇宙リンゴの苗

表 4. パーパーライト培地を用いた育成培養試験

材料 (植物成長調節物質)	供試数	発芽率 (%)	育成培養成功率 (%)
宇宙リンゴ (ホルモンフリー)	8	12.5 abc ²	12.5 ab
宇宙リンゴ (オーキシシン優占)	18	77.8 d	72.2 a
宇宙リンゴ (サイトカイニン優占)	30	40.0 abd	3.3 b
地球リンゴ (オーキシシン優占)	39	7.7 c	5.1 b
地球リンゴ (サイトカイニン優占)	30	10.0 bc	6.7 b
藤崎校舎ふじ (ホルモンフリー)	29	44.8 ad	44.8 a

² 異なるアルファベット間には Holm の多重比較により 5%水準で有意差あり。2 群間の比較は Fisher の正確確率検定。

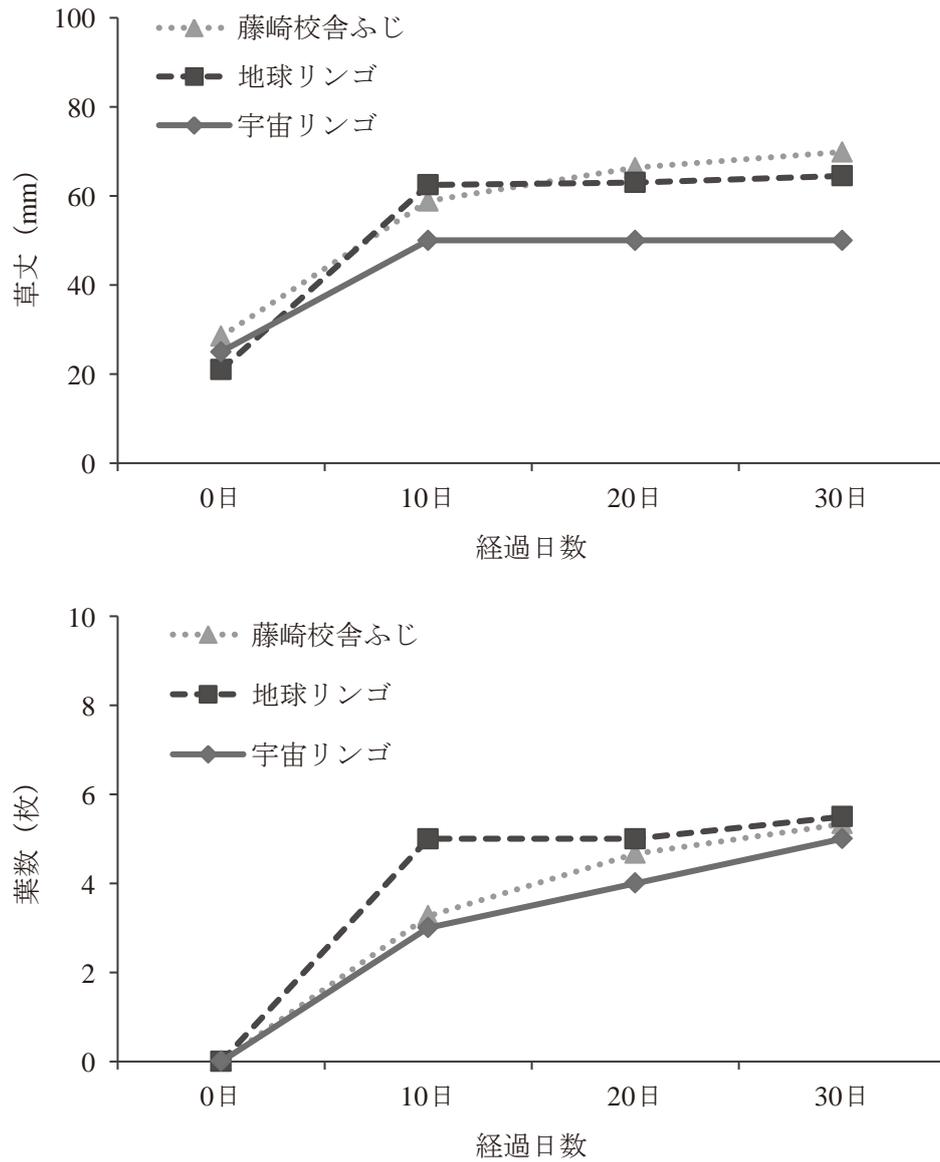


図7. ペーパーライト培地による育成培養結果



図8. ペーパーライト培地で育成した宇宙リンゴの苗

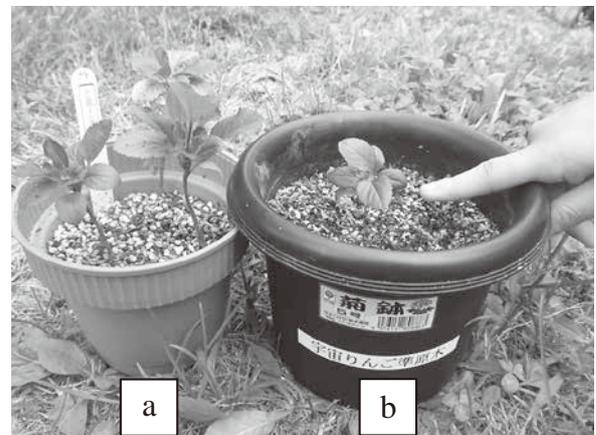


図9. 鉢上げした宇宙リンゴ苗
(a: 一般的なリンゴ実生苗, b: 宇宙リンゴの苗)

その後、五所川原農林高校と弘前実業高校藤崎校舎の生徒が共同して宇宙リンゴ苗の観察会や順化・鉢上げ作業を行った（図 9）。現在は、五所川原農林高校の温室で栽培管理が継続されている。

4) 宇宙リンゴ苗の栽培（試験 4）

【前五所川原農林高校校長 佐藤晋也 氏による成長診断報告書より引用修正】

2016 年 11 月 8 日に五所川原農林高校を訪問して、宇宙リンゴ苗の成長診断を行った。その結果、鉢上げした 8 鉢のうち 3 鉢が枯死し、生存は宇宙リンゴ苗の準原木が 2 個体と標準木が 3 個体であった。宇宙リンゴ苗の準原木は 2 個体ともに節間を確認できるが、通常目にする実生苗の生育と比べて、非常に鈍いと診断した。宇宙リンゴ苗の標準木（図 10）は、準原木と異なり、葉序を観察しようとするとき非常に不都合で節間を確認できない。着葉までは長く、草丈も他に比して長い。また、側枝（図 11）が確認でき、次の成長に入ろうとしていた。通常の苗木とは側枝や葉の出方が大きく異なり、宇宙に滞在したことによる影響ではないかと推察された。観察して気になったのが図 11 の丸で囲んだ部分である。枯れていて何なのか確認できなかったが、葉と枝のようである。さらに驚くのは、間取りで、落葉果樹でありながら落葉しないという。常緑果樹に変化しているとのことであるが、葉は常緑果樹のように肉厚ではない。この木に何がおこっているのか検討がつかなく、謎の多い宇宙リンゴ苗である。

2019 年 1 月 10 日に 2 度目の確認を行った結果、生存している宇宙リンゴ苗は、準原木が 1 鉢と標準木が 1 鉢であった。この結果について、宇宙リンゴ苗の順化・鉢上げを行った佐藤雄大教諭より、致死遺伝子¹²⁾が原因で枯れたのではないかと回答があった。青森県産業技術センターリンゴ研究所品種育種部に問い合わせたところ、リンゴの実生では致死遺伝子による発育不良株が発生すること。症状は立ち枯れ病に似た症状であり、初めは葉の端の部分から褐色になり、徐々に全体へ広がって枯れること。発生時期は株によって異なり、同リンゴ研究所の苗床では本葉 4 から 5 枚目の初期段階で発生するなどの情報が得られ、枯死した

宇宙リンゴ苗に同様の症状が観察されたことから、宇宙リンゴ苗の特殊な発芽形態に加え、致死遺伝子による枯死が主な原因であると考えられた。今後は、生存している宇宙リンゴ苗に花を咲かせ、果実を実らせることが目標となるが、栄養繁殖法として用いられる「接ぎ木」を行って宇宙リンゴの苗木増産を進める必要がある。

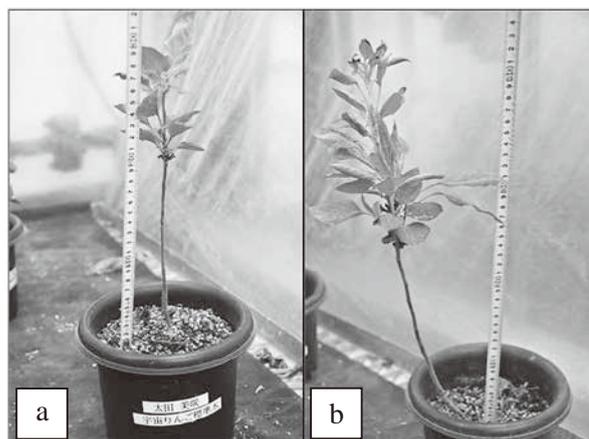


図 10. 落葉がない宇宙リンゴの苗（a, b）



図 11. 宇宙リンゴ苗の側枝 2 本と枯れた部分（b の苗）

まとめと今後の展望

本試験に使用した基本培地は MS5 液を添加したハイポネックス改変培地を使用しているが、過去に取り組んだ植物についても効果を確認していることから、汎用性の高い培地であることを再確認した^{8,13,14,15)}。

発芽した宇宙リンゴ苗は「下胚軸の異常伸長」と「反重力伸長」が観察されたが、この現象は、地球リンゴの苗と藤崎ふじの苗ではみられず、過去に実施したリンゴの培養試験においても経験のない現象であったことから、宇宙空間に滞在した影響と考えるのが妥当であろう。作出した苗の成長を進めるため、ゲル化剤を使用した培地からペーパーライト培地に継代して育成培養を行った。これは、「反重力伸長」した宇宙リンゴ苗の幼根をゲル化剤よりも固定力のある培地に移植して成長を進めることを目的に行ったものであるが、「下胚軸の異常伸長」した苗の成長も確認できたことから、宇宙空間に運んだ他の植物の発芽や育苗にも、本研究で示した培養技術が利用できる可能性がある。

本研究で発芽させた苗は、五所川原農林高校に提出した。当時の校長であった佐藤晋也氏は文科省検定教科書「環境科学基礎」、「グリーンライフ」、「環境と農業」を執筆するなど、多くの実績を積み上げてきた農業教育のスペシャリストであるが、現在もマカ (*Lepidium meyenii* Walp.) の雪国栽培や利用法の研究¹⁶⁾に取り組む園芸家である。また、越谷晋樹教諭は、弘前大学でリンゴの研究を専攻し、青森県教育委員会からの派遣留学生として岩手県環境保健研究センターで 2011 年 9 月から 90 日間ほど植物バイオテクノロジーの技術研修を積んでおり、この期間中にラン科エビネ属の絶滅危惧種サルメンエビネ培養法を開発しながら、本研究にも参加した。佐藤雄大教諭は、国内唯一の「りんご科」の教員として、リンゴの栽培や宇宙空間に運んだ種子の採取と保存処理に関わった指導者ある。以上のような農業分野やリンゴ栽培に精通した指導者でも発芽に至らなかった「宇宙リンゴ」の発芽要請を受けて、小山田および鞍懸が胚培養による宇宙リンゴ“ふじ”の発芽

試験を行った。現在、生存している 2 鉢の宇宙リンゴ苗から初収穫を目指すことになるが、接ぎ木による宇宙リンゴの苗木増産を進めて生産者へ普及することも可能である。

本試験は、宇宙教育プロジェクトとして、地上約 400km の上空に建設された国際宇宙ステーションを活用した事業「宇宙リンゴプロジェクト」と呼ばれており、青森県立弘前実業高校藤崎校舎りんご科の高校生が授業の中で収穫したリンゴの種子を乾燥・保存処理させ、「アトランティス号」に搭載して国際宇宙ステーション「きぼう」の日本実験棟船内保管庫に保存し、「ディスカバリー号」の最終退役飛行によって地球に帰還した種子を発芽させたものであることから、極めて希少性が高く、唯一無二のリンゴとして扱うべきである。今後の栽培によって「宇宙リンゴ」の収穫が実現すれば、青森県のリンゴ生産者に注目されるのは当然であり、教育活動や農業ブランド品への展開、さらに新品種の母材や薬用植物としての付加価値が得られることも期待できるだろう。

謝辞

青森県産業技術センターリンゴ研究所より、採種と保管方法の研修対応と致死遺伝子の情報をいただいた。(株)リバナスより、宇宙教育プロジェクト事業による教育活動の支援と会社保管の宇宙リンゴ種子を提供していただいた。

引用文献

- 1) 米倉浩司, 梶田忠. 2003. BG Plants 和名-学名インデックス (YList), http://bean.bio.chiba-u.jp/bgplants/ylist_main.html (確認: 2019年12月1日).
- 2) 熊谷峰男, 藤元眞紀子. 2004. りんごりんご「りんごの家族」の物語. 4-9. ネット武蔵野, 東京.
- 3) 熊谷明彦. 1989. 岩手の薬草百科. 159. 岩手日報社, 岩手.
- 4) 奥田拓男. 1986. 天然薬物辞典. 457. 廣川書店, 東京.
- 5) 鈴木康生, 田中敬一, 天野貴之, 朝倉利員, 村松昇. 2004. アラビノオリゴ糖の腸内細菌による資化性と消化性. 574-579. 園芸学会雑誌 **73**(6).
- 6) 高橋義宣, 増田康之, 杉本正裕, 江成宏之. 2008. リンゴペクチンオリゴ糖の整腸作用. 445-460. 日本食品科学工学会誌 **55**(10).
- 7) 庄司俊彦. 2017. リンゴ由来プロシアニジン類の機能評価と機能性表示食品の開発腸内環境に着目したリンゴの機能性研究. 日本農芸化学会 DOI: 10.1271/kagakutoseibutsu.55.631.
- 8) 小山田智彰. 2013. 文部科学省検定教科書 植物バイオテクノロジー. 53, 56-57, 228-229. 農山漁村文化協会, 東京.
- 9) 小山田智彰, 平塚明, 鞍懸重和. 2011. ロールペーパーとバーミキュライトを培地支持材量に用いた絶滅危惧植物アツモリソウの苗生産に関する研究. 315-320. 園芸学研究 **10** (3).
- 10) 加古舜治. 1985. 園芸植物の器官と組織の培養. 45-46, 272-275. 誠文堂新光社, 東京.
- 11) 宮本健助, 星野友紀, 上田純一. 2007. 宇宙環境下における植物の成長・発達とオーキシン極性移動 (II): 特に重力応答突然変異体 *ageotropum* エンドウを用いた解析. *Space Utiliz Res*, 23.
- 12) 佐藤正志, 神戸和猛登. 2007. リンゴ二倍性品種と三倍性品種の正逆交雑における初期生育の良好な実生の獲得効率の比較と育種の可能性. 347-354. 園芸学研究 **6**(3).
- 13) 小山田智彰, 新井隆介, 鞍懸重和. 2011. 絶滅危惧種ハヤチネウスユキソウの組織培養による大量増殖. 29-35. 薬用植物研究 **33**(1).
- 14) 小山田智彰, 山内貴義, 鞍懸重和. 2014. コリの新発芽法「種子カット法」の開発. 37-45. 薬用植物研究 **36**(1).
- 15) 小山田智彰, 山内貴義, 鞍懸重和, 川目智之. 2016. 滅危惧種コマクサの組織培養による大量増殖. 1-10. 薬用植物研究 **38**(1).
- 16) 佐藤晋也. 2020. MACAを雪国で栽培しました. Satoshin project office 8113, 青森.

中国における肉蓯蓉の栽培状況

A Report on the Cultivation of Cistanche Herb in China

御影雅幸, 野村行宏, 倪斯然

東京農業大学農学部生物資源開発学科薬用資源学研究室
〒243-0034 神奈川県厚木市船子1737

Masayuki MIKAGE, Yukihiro Nomura and Si-ran NI

*Laboratory of Medicinal Plant Resources, Department of Bioresource Development,
Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture.
1737, Funako, Atsugi, Kanagawa, 243-0034 Japan*

受付日：2020年4月1日

受理日：2020年4月15日

要旨

中国では1990年代から生薬「肉蓯蓉」の栽培化研究が開始された。今回、内蒙古自治区阿拉善盟地区及び新疆ウイグル族自治区和田地区における肉蓯蓉栽培地を訪問見学したので報告する。原植物として内蒙古自治区ではハマウツボ科のホンオニク *Cistanche deserticola* Y. C. Ma が、新疆ウイグル族自治区では主に *C. tubulosa* (Schenk) R. Wight が栽培生産されている。圃場ではそれぞれの宿主として前者ではアカザ科の *Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge が、後者では主としてギョリュウ科の *Tamarix ramosissima* Ledeb. が栽培されている。

緒言

肉蓯蓉は『神農本草経』の上品に収載され、中国医学で古来腎陽を補う補益薬として使用されてきた。原植物はハマウツボ科の *Cistanche* 属植物で、寄生植物で資源的に少なく、高貴薬として知られる。近年の中国では薬用植物の栽培化が盛んに行われ、茯苓や天麻など生育を他の植物に依存する生物種の栽培にも成功している。肉蓯蓉の原植物の1種であるハマウツボ科のホンオニク *Cistanche deserticola* Y. C. Ma (漢名：荒漠肉蓯蓉) はアカザ科の *Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge (檉 檉) を、また *Cistanche tubulosa* (Schenk) R. Wight (管花肉蓯蓉) はギョリュウ科の *Tamarix ramosissima* Ledeb. をはじめとする同属植物を宿主としている。いずれの原植物も宿主の根に寄生し、

春に出穂し開花する。1990年から北京大学の屠鵬飛教授らのグループが肉蓯蓉の栽培化研究を開始し、軌道に乗りつつある。筆者らは屠教授の案内でこれまでに2カ所の栽培地を見学したので、状況を報告する。

I. 荒漠肉蓯蓉栽培地

調査地：中国内蒙古自治区阿拉善盟地区

調査時期：2010年5月中旬

調査結果

現地へは、寧夏回族自治区の銀川空港からジープで西側に向かって内蒙古自治区に入り、西夏王陵を過ぎ、北上して阿拉善左旗から阿拉善右旗方面へと沙漠地帯を進み(図1)、巴丹吉林沙漠に入る。

栽培地は植物がほとんど生えない乾燥した沙漠地帯で (図 1, 2), 100 ヘクタールを超える面積に宿主となるアカザ科の *Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge (漢名: 梭梭) を育成している (図 3). *H. ammodendron* は高さ 1~9 m になる樹で, 春に小型で目立たない多数の黄色花を咲かせる (図 4). 栽培用の苗木を生産するため 10~11 月に近隣の野生株から採種し, 翌年春に苗床に播種して育苗する. 圃場栽培においては, 4 月下旬~5 月上旬に施肥整地した平坦な土地に株間約 0.5~1 m, 畝間約 4 m で植え付け, 適宜灌水する. 大型株を移植する場合には株間 3 m, 畝間 6 m とするなど調整している.

原植物である *Cistanche* 属植物の種子は 0.4~0.8 mm と小型である. 秋に採取した種子を湿った土と混合して低温処理し, 翌年春に 3 年生以上となった *H. ammodendron* 株に接種する. 株元から 20~30 cm 離れた場所に深さ 50~60 cm の溝, あるいは穴を掘り (図 5), 種子が入った湿った土塊 (図 6) を 1 アールあたり種子量が 15~20 g 程度になるよう接種する (図 7). なお種子は細かく, 70~100 mg / 1000 粒である. 穴に投入する場合には 1 個で, こぶし大の土塊 1 個に約 30 粒の種子が入っていると聞いた. 種子投入後 (図 8) は 20 cm ほど土で覆い, 十分量を灌水し (図 9), その後覆土する. 活着すれば翌年春には開花 (図 10) するという. 地上部 (花穂) は高さ 30~50 cm 程度で, 多数の花を咲かせ, 個体ごとに花色が異なり, 類白色, 淡紅色, 紅紫色, 黄色などの花が見られた (図 11). 地下に類白色の肉質茎があり, 薬用部とされる. 薬用には開花株よりも花茎が地上に出る前の株から得られるものの方が良質とされ, よって良質品を得るために土表面の盛り上がりを目安にして掘られる (図 12). 掘り取られた株は大小さまざまで, 大型株では全長 1 m を超え, 肉質茎の直径は 20 cm を超える.



図 1. 栽培地であるアラ善盟地区の様相



図 2. 荒漠肉苁蓉栽培基地



図 3. 造林された宿主の *Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge



図 4. *Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge の花



図 5. 地面に穴を掘る機械



図 6. 種子が入った土塊



図 7. 掘った穴に種子が入った土塊を投入接種する



図 8. 投入された種子



図 9. 接種した穴に地表近くまで水を入れる



図 10. 出穂した *Cistanche deserticola* Y. C. Ma
(荒漠肉菴蓉)



図 11. *Cistanche deserticola* Y. C. Ma の花



図 12. 掘り出した荒漠肉菴蓉

Ⅱ. 管花肉苁蓉栽培地

調査地：中国新疆维吾尔自治区和田（ホータン）
地区

調査時期：2018年5月上旬

調査結果

調査地の和田（ホータン）はタクラマカン沙漠の南、崑崙山脈の北の麓に位置し、古来シルクロードのオアシス都市として知られる。北京から空路でウルムチ経由で半日を要する西域である。栽培地は和田空港から東方に車で2時間ばかりの場所にある（図13, 14）。時節柄移動中の検問が厳しかった。

現地での主たる栽培種は *Cistanche tubulosa* (Schenk) R. Wight（管花肉苁蓉）であり、その宿主がギョリュウ科の *Tamarix* 属植物である点を除けば、基本的に荒漠肉苁蓉の栽培方法と同様である。栽培研究は荒漠肉苁蓉にやや遅れて開始された。栽培面積は約20ヘクタールである。

Cistanche tubulosa の宿主である *Tamarix* 属植物は中国には約20種が分布し、形態的に類似した植物種が多い。肉苁蓉栽培に利用されているのは主に *T. ramosissima* Ledeb.（多枝檉柳）と *T. hohenackeri* Bunge（多花檉柳）であり、これらは挿し木により育苗されている。*Haloxylon ammodendron* よりもやや大型になり、圃場では赤く開花した姿が目立って美しかった（図15,16）。

大規模な圃場では灌水のためのホースが敷かれている。株元には多数の花茎が林立し（図17,18）、その数は荒漠肉苁蓉以上であった。*Cistanche deserticola* と同様、花色も変化に富んでいた（図18,19）。株元を掘り、水洗した姿を図20,21に示す。収穫時期でもあり、圃場では現地の使用人が掘り上げ（図22,23）、センターでは大量に乾燥されていた（図24,25）。収穫品は全体に荒漠肉苁蓉よりも大型である。産量については宿主の *Tamarix* 属植物1株から20kg程度収穫できる場合もあると聞いた。なお、寄生された *Tamarix* 属植物は正常株に比して枝が短くなるなど生育不良になることから、*Cistanche* 属植物の活着が確認できる。

また、近隣の別の圃場には *Haloxylon ammodendron* が植栽され県が管理する荒漠肉苁蓉の栽培地



図13. 管花肉苁蓉実験基地



図14. 肉苁蓉試験基地



図15. 造林された宿主の *Tamarix ramosissima* Ledeb.



図16. *Tamarix ramosissima* Ledeb. の花

もあり見学した (図 26)。

翌日には北方のタクラマカン沙漠を目指してジープで走り、野生の *Cistanche tubulosa* を見ることができた (図 27)。最近では、野生の *Tamarix* 属植物に *C. tubulosa* 種子を接種して育てることも行われ、野生株よりも多数の花茎が出ると聞いた。

考察

中国国内では近年沙漠化が問題になり、各地で沙漠化防止対策や沙漠の緑化活動が行われている。今回見学した 2 カ所の肉蓯蓉栽培地はまさに沙漠地帯の農業利用であり、また大規模な栽培は村人の雇用を生じ経済発展にもつながるため、管轄する自治体にとっても好ましい事業となっている。

寄生あるいは腐生の薬用植物の栽培という観点からは中国ではすでに天麻の栽培に成功しているが、肉蓯蓉もその成功例と言える。また、そのスケールの大きさは日本にはないもので、産官学共同の事業でもあり、今回の見学は今後日本における漢方生薬の国産化に関連して参考になることが多かった。

一般に栽培生産されたものは野生品に比して薬効的に劣ることが懸念されている。肉蓯蓉の栽培においては接種した場所がわかっているので、地上部がまだ出ない秋に収穫することも可能で、秋期採集品 (図 28) は良質で tubuloside をはじめとする配糖体などの化学成分が通常品よりも多いことが報告されている。秋期の採集は野生品では困難なため、栽培生産の利点であると言える。

謝辞

2 回に渡り肉蓯蓉の異なる栽培地を案内していただいた北京大学薬学院の屠鵬飛教授に深謝する。

参考文献

- ・屠鵬飛ら, 荒漠肉蓯蓉及其寄主檉柳栽培技術, 化学出版社, 北京, 2015.
- ・屠鵬飛ら, 管花肉蓯蓉及其寄主檉柳栽培技術, 化学出版社, 北京, 2015.



図 17. *Tamarix ramosissima* Ledeb. と *Cistanche tubulosa* (Schenk) R. Wight (管花肉蓯蓉) の開花



図 18. 林立する管花肉蓯蓉



図 19. *Cistanche tubulosa* (管花肉蓯蓉) の花



図 20. 掘って水洗した管花肉蓯蓉

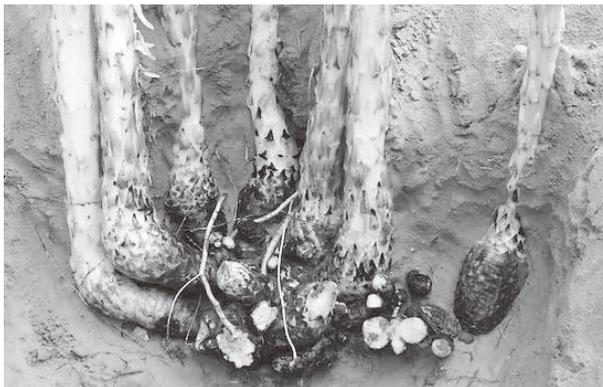


図 21. 管花肉蓯蓉の株元（宿主の細い根が見える）



図 25. 収穫直後の肉蓯蓉



図 22. 管花肉蓯蓉を採取する使用人



図 26. 県が管理する荒漠肉蓯蓉の栽培地（和田）



図 23. 切り離された薬用部位（右下）



図 27. 野生の *Cistanche tubulosa* (Schenk) R. Wight
（タクラマカン沙漠）



図 24. 乾燥中の肉蓯蓉



図 28. 秋期に採集された肉蓯蓉（場内の説明板から）

渡来薬「失鳩答」(ドクニンジン全草)の本草学(前編) コネイオンと失鳩答

Natural history of cicuta, whole plant of poison hemlock,
imported from Europe (Part 1)
Koneion and cicuta

姉帯 正樹

北海道大学薬学部附属薬用植物園
〒060-0812 札幌市北区北12条西6丁目

Masaki Anetai

Experimental Station for Medicinal Plant Studies
Faculty of Pharmaceutical Sciences, Hokkaido University
Kita12, Nishi 6, Kita-ku, Sapporo 060-0812 Japan

受付日：2020年5月11日

受理日：2020年5月13日

要 旨

古来より有毒植物として知られるドクニンジンは、コネイオンなどと称されて薬用にも利用されてきた。我が国へは江戸時代後期に長崎出島を通して輸入され、失鳩答の名で主に鎮痛薬や麻酔薬として利用された。その初出文献として『増補重訂内科撰要』(文政5年成立)を紹介すると共に、薬理作用、適用、利用の歴史などについて纏めた。

はじめに

江戸時代初期には南蛮(ポルトガル、スペイン)船が、鎖国下においては紅毛(オランダ)船が長崎に西洋の医学と薬物をもたらした。当時の日本人を驚かせた。その中には主に鎮痛薬、麻酔薬として用いられた「失鳩答^{しきうた}」と記される植物性薬物も含まれていた。今日、その基原植物はドクニンジン、薬用部位は全草とされている(写真)。

ドクニンジン *Conium maculatum* L. (セリ科) はヨーロッパ原産の二年生草本で、古来より薬用及び有毒植物として知られ、古代ギリシャの哲学者ソクラテスがこの毒で獄中死したことは有名である。古代ギリシャでは *koneion*、古代ローマでは *cicuta* と称されていた。*koneion* は *konos* (めまい)、*koneithai* (めまいがする)あるいは *kone* (殺す) と関係があると言われる。なお、同じく有毒植物

として知られるドクゼリ(セリ科)の古代ラテン名は *cicuta*、学名は *Cicuta virosa* であるが、ギリシャ、イタリアには比較的稀で、古代ローマ資料の言う



写真. ドクニンジン全草(札幌市北区道立衛生研究所敷地内/2000.10.17)

cicuta はドクニンジンを指すとされている^{1,2)}。

毒性が強いため、現在では薬用として使用されることはほとんどないが、江戸時代の薬物書には様々な処方記載されており、その重要性が垣間見える。その後、薬用植物園で栽培されたドクニンジンが逸脱して野生化し、札幌市では年々その分布範囲を広げている。誤食による食中毒も発生している。

前編ではまず、薬物としてのコネイオン及び失鳩答を紹介し、後編ではドクニンジンの成分、和名の変遷、栽培の歴史、野生化などについて紹介したい。

ソクラテスの最後

プラトン著『パイドン』には、不敬神の罪で死刑の宣告を受けたソクラテスが、獄中で毒を呷って死亡するまでの経過が詳しく描かれている。紀元前 399 年、アテネでの出来事である^{3,4)}。以下、文献 3 からその一部を転載する。

私達はちょうど飲むのに適当だと思っただけしか播り潰さないのです。……盃を口にあてて、いとも無造作に、うまそうに飲み干されました。……あの方はあちこち歩きまわっていられたましたが、脚が重くなったといわれて、仰向けに横になりました。あの男がそうするように言っていたからです。そのとき毒を渡した男が、あの方のお身体にさわって、しばらくしてから、足元や脛の方を調べ、そのあとで足先を強く押して、感じがあるかとたずねました。「ない」とあの方は答えられました。つぎにまた脛に同じことをし、こうして段々上にあがって行って、しだいに冷たくなり硬くなってゆくのを、ぼくたちに示しました。そしてもう一度触ってみて、これが心臓まできたらおしまいですと言いました。……

毒性及び解毒剤

ドクニンジンには全草にコニインを含有する。このアルカロイドは中枢神経を興奮させ、次いで麻痺、特に呼吸中枢を麻痺させる。更には神経と筋肉との接合部を遮断する作用があるため、知覚の喪失をもたらす、嘔吐、呼吸障害を引き起こすこ

とにより死を招く。ギリシャの死刑執行人はこれにアヘンを混ぜ、モルヒネの作用によって苦しみを除いたとも言われる。上記のように、ソクラテスは最後まで意識が正常のまま、四肢の筋肉が麻痺し、横隔膜の筋肉も麻痺して呼吸できなくなり、ほとんど苦しむことなく窒息死したようである。因みに、ドクゼリの毒成分は神経毒で、激しい痙攣を引き起こし、呼吸困難などで死に至らしめる^{4,5)}。

ドクニンジン解毒剤として以下が知られている^{1,6,7)}。

コショウ果実、ブドウ酒、ブドウ果実の搾り汁、イラクサの一種 *Urtica dioica* の種子、スチュラクス (*Styrax officinalis* から採れる樹脂)、乳香、キロニウム (*Centaurea saloniensis* の花と種子)、ニガヨモギにブドウ酒を加えたもの、コックム・クニディウム (*Daphne genkwa* の実)。

また、「毒を以て毒を制す」という言葉があり、ヘンルーダ (ミカン科) の毒はドクニンジン汁によりその毒性を失うという⁷⁾。

『ギリシャ本草』に見る薬草としての利用

上記のようにトリカブトと共に毒草として著名であったドクニンジンも、薬草としても利用されていた。ディオスコリデスの『ギリシャ本草』(70 年頃)には *KONEION* の名で記載され、その薬効が以下のように記されている。古代文献に媚薬は珍しくないが、このような反催淫効果を記したものは少ない^{1,8)}。

この搾り汁は鎮痛性点眼剤に配合するのに適している。また、患部にすり込むと疱疹や丹毒を治す。地上部を細かく搗いて睾丸に塗布すれば淫らな夢や夢精を去る。または性器にすりこめばその機能を弱める。また、乳汁の分泌を高め、乙女の乳房が大きくなるのを抑制し、少年の睾丸の発育を抑える効果もある。

『増補重訂内科撰要』と「失鳩答」

我が国における西洋学術書の最初の本格的な翻訳書『解体新書』が完成したのは 1774 (安永 3) 年のことである。これが契機となって、多くの西洋医学書の翻訳が相次いでなされ、内科部門では宇

田川玄随が訳した『西説内科撰要』全 18 卷 (1792 : 寛政 4 年成立, 1793~1810 : 文化 7 年刊) が嚆矢となる。各疾病の治方に薬剤の処方, 製法, 用法用量が記載されている⁹⁾。

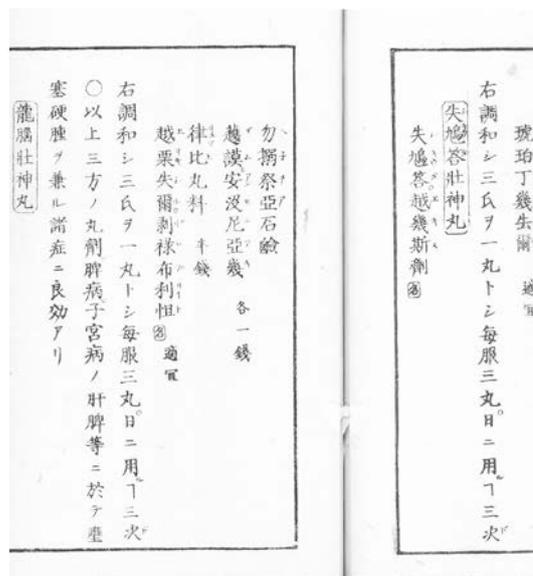
1826 (文政 9) 年 8 月, 上書に宇田川玄真 (玄随の養子) が校註, 藤井方亭 (玄随, 玄真の門人) が増訳した『増補重訂内科撰要』巻一~九が出版された (1822 : 文政 5 年成立, 全 18 巻完結は 1831 : 天保 2 年)¹⁰⁾。その巻五第八十章「痲ノ治法ヲ論ス」で治療薬の一つとして「失鳩答壯神丸」が紹介され, 構成生薬の一つとして「失鳩答越幾斯剂」の名が見える (図版 1)。失鳩答は *cicuta* の音訳に漢字を充てられたことは言うまでもない。

因みに、『西説一』の巻五第七十二章「痲症ノ病因ヲ論ス」を始め全巻に失鳩答は見当たらず¹¹⁾, 『増補一』の増註の部分に失鳩答が見出されたことから, 後書が「失鳩答」の我が国における初出文献となる。なお, 失鳩答越幾斯剂については『遠西医方名物考』を見よとある。

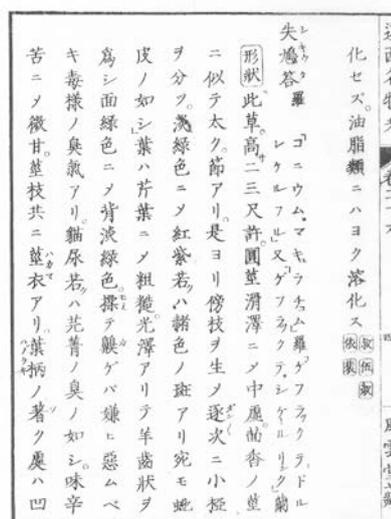
『遠西医方名物考』と失鳩答

鎖国によって海外貿易をオランダ人と中国人に限ってからは, オランダ人が西洋薬の輸入を独占した。最初に西洋薬を記述したのは遠藤元理『本草弁疑』(1681 年) とされ, 西洋薬を系統的に詳述したのは橋本宗吉『内外三法方典』(1804 年~), 宇田川玄真『和蘭薬鏡』(1820 年), 『新訂増補和蘭薬鏡』(1828 年~), 『遠西医方名物考』(1822 年~) 及び『遠西医方名物考補遺』(1833, 34 年) である⁹⁾。

『遠西医方名物考』全 36 巻は『増補重訂内科撰要』に収載される薬物を解説するための書であり, 宇田川玄真訳述, 宇田川榕菴校補により 1822~1825 (文政 5~8) 年に刊行された。和漢産以外の医療用薬物, 化学物質をイロハ順に列举し, 各々の薬効, 製法, 鑑識法, 保存法, 使用法を詳述した西洋薬物百科全書である。その巻二十六の四丁ウから十一丁ウにかけて失鳩答の説明が続いているので, その一部を以下に転載する¹²⁾(図版 2)。なお, 旧字体を新字体に, 「。」を「,」に, 「」を「.」に改めた。



図版 1. 『増補重訂内科撰要』の失鳩答初出頁
〈巻 5-11 丁ウ, 12 丁オ / 宇田川玄随訳, 宇田川玄真校註, 藤井方亭増訳 / 1826 年 / 筆者蔵〉



図版 2. 『遠西医方名物考』の失鳩答掲載頁
〈巻 26-4 丁ウ / 宇田川玄真訳述, 宇田川榕菴校補 / 1824 年 / 筆者蔵〉

形状 (後編に転載)

性 失鳩答ハ一種ノ酷厲毒アリテ過服スレバ眩暈昏冒麻痺搐掣, 精神錯乱或ハ吐利心腹痛, 胃腸熾衝ヲ発シ速ニ救療ヲ加ヘザレバ死ス。其麻痺酷厲毒ノ性, 莨菪, 番木鱈ノ類ニ属シ凝体諸器ヲ溶解シ血液ヲ渙崩シ神経ヲ虚衰セシムルコト自余ノ酷厲ナル麻痺毒アリテ解凝ノ効ヲ為ス諸薬ノ如シ, 故ニ虚弱ノ人及ビ神経感動シ易キ者ニ是ヲ用

フレバ兼用ノ薬ヲ以テ其害ヲ防クベシ

解毒法 若シ是ヲ過用シテ眩暈烈キ者ハ微温湯ニ油若クハ蜜ヲ加ヘ与ヘテ吐セシメ或ハ吐劑ヲ用ヒテ其毒ヲ除ケバ治ス。或ハ橙汁，醋，等酸味ノ液ヲ与フベシヨク其毒ヲ解ス，海葱蜜モ亦良，又清涼緩和ノ吉利詞參兒ヲ施シテ腸ノ焔衝ヲ治スベシ

主治 刺戟衝動シ麻痺セシメ疼ヲ止メ睡ラシメ，血中ノ酷厲毒ヲ驅除ス○凝結ヲ溶解稀積スル峻薬トス，癌様ノ硬腫，頑固ノ腺腫瘰癧ヲ消散ス○斯篤爾窟^{ストルケ}人名此薬ヲ用ヒテ癌腫ニ奇効ヲ奏シ其經驗説甚タ多シ，然レトモ医家或ハ是レヲ用ヒテ効ナク或ハ潰破ノ瘡瘍ニハ却テ腐敗ヲ増長シテ害アリトシ是レヲ詆誅スル者少ナカラズ，是レ究竟癌腫ト腺腫トノ区別明白ナラザレバナリ，真ノ癌腫ハ失鳩答^{シキウタ}及ヒ莨菪等ニテ治スルコト稀ナリ，唯癌ニ似タル腺ノ硬腫，瘰癧腫ニハ効驗アルコト毫疑ナシ，患者甚ダ衰弱スレトモ較著ノ酷厲毒鬱蓄セル候ナク其腺劇キ焔衝ナキ者ハ是ヲ用ヒテ殊効アリ（中略）○此薬ハ凝結ヲ溶解シ蒸氣ヲ発泄シ疼痛ヲ止ル効アル故ニ黴毒ノ潰瘍ノミナラズ総テ經久悪厲ノ潰瘍，腐骨疽等ニ内服外敷シテ間偉効アリ或ハ脚ノ癩瘡，諸薬効ナキ者ニ是ヲ用ヒテ速ニ治スルコトアリ○悪厲ノ疥癬，頭瘡，經久ノ瘡瘍，頑固ノ皮病，尋常ノ薬劑ニテ治セザル者ハ是ヲ用ヒテ驗多シ○經久ノ瘡瘍，一切頑固ノ皮病ニ左ノ方，殊効アリ

この後，十一丁ウから十三丁ウにかけて「失鳩答^{シキウタ}膏」及び「失鳩答^{シキウタ}，越幾斯^{エキス}劑」（エキスタラクト・ハン・ドルレケルフル）の調剤法（膏は失鳩答末と白蜜から，エキス剤は新鮮な生の植物から）と使用法が記載されている。

更には，卷三十六にドクニンジン^{シキウタ}の地上部が描かれているので，後編で紹介する。

失鳩答の初出文献

前々項では 1826（文政 9）年刊行の『増補重訂内科撰要』巻五を失鳩答の初出文献として紹介した。しかし，注意深い読者はお気づきと思うが，前項の『遠西医方名物考』巻二十六はその 2 年前の 1824（文政 7）年に刊行されていた。

各々の凡例の最後を見ると，前書は「文政五年壬午仲秋 宇田川玄真^{玄真}識」，後書は「文政五年壬午仲秋 男^格謹記」とあって成立年は同じである。また，後書を校補した宇田川榕菴は玄真の養子であり，後書は前書に収載される薬物を解説するための書であるため，順番から判断して『増補重訂内科撰要』を初出文献とした。

江戸時代の文献に見られる失鳩答

『増補重訂内科撰要』以降，失鳩答とその名を冠した処方等は江戸時代の数多くの文献に収載されている^{13,14}。以下にそれらを示す。なお，文献初出は失鳩答，ルビはシキウタであったが，後に失鳩答，矢鳩答，矢鳩答，格尼由謨草などと，ルビまたは読みもシキウタ，シキウダ，シキユウタ，シキユウダ，シキユタ，シキユダ，シキユダと書かれることもあった。

*子，*実，*葉，*葉 及 子，*末，*散，*煉，*熬，*煎熬，*新絞汁，*耐，*洗方，*水，*越幾，*越幾斯，*越幾斯劑，*越幾斯答刺窟篤，*垂爾箇爾越幾斯，*流動越幾斯，*実流動越幾斯，*実流動熬，*丁幾，*膏，*硬膏，*軟膏，*熬膏，*糖，*丸，*壮神丸，*水銀丸，*菲阿斯丸，*莫兒非鎮降丸，*挖弗兒散，*加安母尼亜硬膏，*澱粉浴，*外用方（*は失鳩答，失鳩答，矢鳩答または矢鳩答）。

*加篤利丸，*甘草飲，*菩菴飲，*接花飲，*接花浸，*錦葵毬布（*は失鳩）。

失鳩答の輸入と使用

治療に必要な西洋薬物の輸入について，1818（文政元）年 6 月，大槻玄沢，宇田川玄真等が連署して幕府に建議した。それによって，漸次，ヨーロッパから新薬が輸入されるようになった。長崎の薬種問屋村上家の『村上文書』1831（天保 2）年に「エキスタラクトシキユウタ」の名が見える。従って，この年になって初めてエキス剤として輸入されたことが分かる¹⁵。

江戸時代の蘭方医が旧蔵していたと思われる『和蘭用薬便覧 全』（1837：天保 8 年刊）が机上にある。その十七丁オには「麻神鎮瘰薬」の一つ

として「^{シキウダ}失鳩答末」及び「全越幾」が記載されている¹⁶⁾ (図版3)．赤字の書き込みが見られることから、これらは実際の治療に使用された重要な薬物の一つであったと推察される．

江戸時代末期の蘭方医緒方洪庵（1810-1863）が40歳頃まで使用した薬箱の2段目に「鳩答丸」の薬袋が残っており、中には328個の丸剤が収納されていた．米田は構成生薬を大黄、阿片（失鳩答）、甘汞としているが、高橋らは甘汞、失鳩答、大黄としている^{17,18)}．

ポンペ及びボードインが長崎の診療所において用いた常貯薬品の一つとして「失鳩答 X」の名が見える．Xはエキスまたは抽出物の意と思われる．また、シーボルトの慣用薬230種の一つとして「コニウム草（シキユタ、失鳩答）」が見られた¹⁵⁾．

明治時代初期の薬物書に見られる失鳩答1

浦谷義春『西洋新薬方選』（1872：明治5年）はアメリカ、イギリスの方剂書、治療書、薬剤書、局方などから抜粋した書で、使用目的毎に543処方方が掲載されている．失鳩答越幾斯は変質剂、利尿剂、収斂剂、麻醉剂、豁痰剂に分類される11処方方の構成生薬として記載されていた．その他、^{シキウダ}失鳩答汁（2処方）、^{シキユウダ}失鳩答流動越幾斯（1）、^{シキユウダ}失鳩答子丁幾（1）も見られた（漢字は同じであるが、ルビは異なる）¹⁹⁾．

麻醉剂42処方方のうち、失鳩答越幾斯が配合された処方数は4であった．それらのうち2処方を以下に転載（答と答は原文のまま）し、2処方を図版4に示す．なお、グレイン grain は64.8mg、ドレーム dram (=60grain) は3.888gに相当．

〔第三百五十方〕〔主治〕遺精拘攣及気管痙攣等ニ宜シ

龍腦五グレイン 莨菪越幾斯三分グレイン
失鳩答越幾斯四グレイン

右調勻純良焼酒適宜ヲ以テ二丸ニ作り臨臥ニ取ル

〔第三百六十九方〕〔主治〕黴毒疼痛病ヲ治ス

失鳩答越幾斯半ドレーム 加羅減兒五グレイン

右調勻十五丸ニ作り一丸宛日三次取ル

図版3. 『和蘭用薬便覧 全』の失鳩答掲載頁 (16丁ウ, 17丁オ/日高涼台/1837年/筆者蔵)

図版4. 『西洋新薬方選』の失鳩答越幾斯掲載頁 (巻之4-16丁オ/浦谷義春/1872年/筆者蔵)

明治時代初期の薬物書に見られる失鳩答2

樫村清徳『新纂薬物学』（1877：明治 10 年）は東京大学医学部の薬物学講義用に編述された書で、原著者はドイツのノートナーゲルである。失鳩答は阿片、大麻、忽布、青酸、硫化水素、莨菪葉及根、蔓陀羅葉、防己実、白頭翁、コロラルヒドラー（抱水コロラル）、三コロル化炭素（コロロホルム）、亜酸化窒素などと共に麻酔薬として収載されている^{20）}。

当時の学問的水準等がよく分かるので、以下に転載する。

矢鳩答 ^{ヘルバ コニイ} Herba Conii.

効分ハ「コニーン」ト名ツクル無色油様ノ液ニシテ嫌悪スヘキ竄透ノ臭気ヲ放チ水ニ溶解セス「アルコール」及「エーテル」ニ溶解ス劇毒薬ナリ空气中ニ放置スレハ褐色ハルス状ノモノトナリテ効力ヲ失フ

（効用）小量ナレハ口内灼熱ヲ覚ヘ流涎ヲ起シ舌体麻痺状トナリ数分時ノ后頭重発熱眩暈ヲ来シ視聴ニ力減損シ触覚遲鈍トナル大量ナレハ頻リニ悪心嘔吐ヲ催シ下利シ易ク顔色憔悴甚タ微弱トナリ遂ニ呼吸筋麻痺シ痙攣拘急ヲ発シテ斃ル之ヲ剖見スルニ心臓ノ左室ニ血液大ニ盈実シ肺血管ニモ亦蓄積ス而シテ胃ノ内容物ハ尚オ毒性ヲ有ス

（動物試験）蝦蟇ニ試ムルニ呼吸不整微弱トナリ運動及反射機能ヲ失ス淋巴心ノ搏動遏止シ更ニ攣急ヲ発スルコトナシ家兎ニ試ムルニ呼吸筋ノ麻痺及慢性痙攣ヲ起ス

（効用ノ論理）運動神経ヲ麻痺セシメ外敷スレハ知覚神経モ亦麻痺ス而更ニ心筋ヲ浸スコトナク但窒息ニ由テ死セシム或曰初メニ赤血球ノ機能ヲ妨ケ炭酸ヲ鬱積シ以テ脉管運動神経ノ中枢ヲ刺戟シ各部ノ動脈ヲ収縮シテ乏血ヲ起サシムト

（主治）極テ罕ニ神経痛ニ用フ外用ニハ常ニ軟膏ニ和シテ鎮痛薬ニ供ス就中子宮口痛癌腫等ニ用フ又近世腺病性ノ眼病ニ用井或疼痛劇シキ癱瘓質斯ニ軟膏ト為シ局処ニ塗擦スルコトアリ

適 用

文献 1 には、「猛毒のため、民間療法的に使用

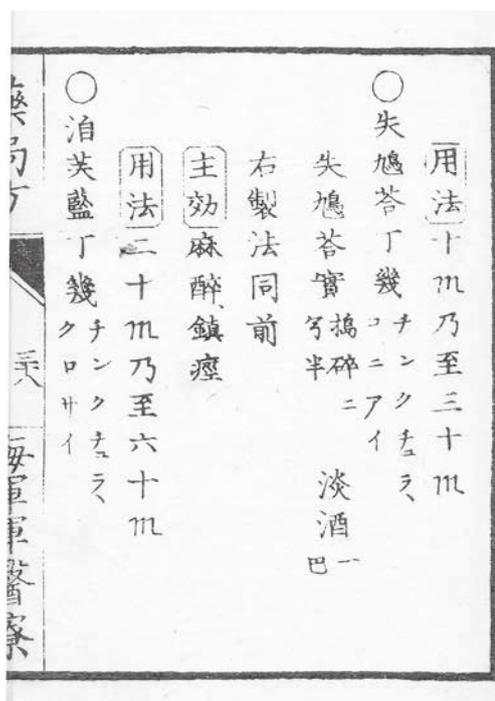
するのは危険である」という注意と共に、内用または外用により以下のような適用が挙げられている。

神経疾患、舞蹈病、筋痙攣、破傷風、神経痛、咳嗽、百日咳、気管支喘息、狭心症、耳痛、歯痛、リュウマチ、腺腫、慢性皮膚疾患、前立腺肥大、睾丸炎、白帯下、下痢、色情狂など。

一方、文献 21 は、「古くは破傷風の治療や筋弛緩薬、鎮痙、解熱薬として用いたが、毒性が強く実用性が低いため、現在は動物実験用毒物としてわずかに用いられるにすぎない」と記している^{21）}。

薬局方収載の有無

我が国独自の公定薬局方の始まりとされる兵部省の『軍医寮局方』（1871：明治 4 年）に失鳩答は収載されていなかった。本書はイギリスとオランダの薬局方をもとに、130 種の薬物を収載している^{13）}。一方、海軍省の『官版薬局方』（海軍軍医寮局方。1872：明治 5 年）には、失鳩答丁幾（チンクチュラ・コニアイ。種子を搗き潰し、淡酒を添加。主効：麻酔、鎮痙）及び失鳩答越幾斯（エキスタラクチュム・コニアイ）が収載されていた^{22）}（図版 5）。本書はイギリス軍の薬局方を翻訳し、



図版 5. 『官版薬局方』の失鳩答掲載頁
（38 丁オ／海軍軍医寮／1872 年／筆者蔵）

表題に「薬局方」という文字を最初に用いた出版物で、約 330 種の薬物を収載している¹³⁾。

この後、『日本薬局方』が 1886 (明治 19) 年 6 月に発布されたが、失鳩答は収載されなかった^{13,23)}。前々項に列記したように、この頃には他に優れた麻酔薬が多数存在していたため、毒性の強い失鳩答の需要が減っていたのであろう。

江戸時代後期の 1822 (文政 5) 年に成立した『増補重訂内科撰要』で紹介され、1831 (天保 2) 年から主に鎮痛薬、麻酔薬として使用されてきた失鳩答であるが、毒性が強く、また、『日本薬局方』の第一版に収載されなかったこともあり、明治時代中期以降、薬品としての価値が急速に薄れていったと推察される。

謝 辞

文献調査にご協力頂いた津山洋学資料館に深謝します。

引用文献

- 1) 大塚恭男：東西生薬考，創元社，大阪，1993，pp.210-213.
- 2) 豊国秀夫編：植物学ラテン語辞典，ぎょうせい，東京，2009，p.48.
- 3) 一戸良行：毒草の雑学，研成社，東京，1980，pp.119-124.
- 4) 山崎幹夫：毒薬の誕生，角川書店，東京，1995，pp.20-22.
- 5) 海老原昭夫編著：知っておきたい毒の知識，薬事日報社，東京，2001，pp.9-10,120.
- 6) 大槻真一郎，月川和雄訳：テオフラストス植物誌，八坂書房，東京，1988，p.377.
- 7) 大槻真一郎訳：プリニウス博物誌 植物薬剂篇，八坂書房，東京，1994，pp.35-36,145,195,199-200,245-246,346,432-434,439-440.
- 8) 小川鼎三，柴田承二，大槻真一郎，大塚恭男，岸本良彦編，鷺谷いづみ訳：ディオスコリデスの薬物誌，エンタプライズ，東京，1983，pp.581-582.
- 9) 朝日新聞社編：日本科学技術史，朝日新聞社，東京，1962，pp.182-190,225-227.
- 10) 幸田正孝：宇田川榕菴の年譜（公益財団法人武田科学振興財団杏雨書屋編：杏雨書屋所蔵宇田川榕菴植物学資料の研究，公益財団法人武田科学振興財団，大阪，2014，pp.724-731).
- 11) 津山洋学資料館：2020 年 5 月 5 日付筆者宛電子メール.
- 12) 宇田川玄眞譯述，宇田川榕菴校補：遠西醫方名物考 卷 26，青藜閣，1824，pp.4 丁オ-13 丁ウ.
- 13) 青木允夫，野尻佳与子編：薬物名出典総索引，内藤記念くすり博物館，川島，2001，pp.367,383,401,1049,1098.
- 14) 青木允夫，野尻佳与子編：薬物名出典総索引続編，内藤記念くすり博物館，川島，2008，pp.344,367.
- 15) 日本学士院日本科学史刊行会編：明治前日本薬物学史 増訂復刻版 第一巻，日本古医学資料センター，東京，1978，pp.117-125,234-245.
- 16) 日高涼台：和蘭用薬便覧 全，三都書肆，1837，p.17 丁オ.
- 17) 米田該典：洪庵のくすり箱，大阪大学出版会，吹田，2001，p.40.
- 18) 高橋京子，島田佳代子，中村勇斗，近藤小百合，小栗一輝，吉川文音，東 由子，善利佑記，須磨一夫，伊藤 謙，大橋哲郎：薬史学雑誌，48(2)，140 (2013).
- 19) 浦谷義春譯編：西洋新薬方選 卷 1～5，森本太助，1872，pp. 1-2 丁ウ，14 丁オ，18 丁ウ，23 丁ウ，24 丁オ，2-14 丁ウ，3-17 丁オ，4-13 丁ウ，16 丁オ，18 丁ウ，22 丁オ，25 丁ウ，33 丁ウ，34 丁オ，ウ.
- 20) 樫村清徳纂輯，藁科松伯校訂：新纂薬物學 卷 5，英蘭堂，東京，1877，pp.24 丁オ-25 丁ウ.
- 21) 三橋 博監修：原色牧野和漢薬草大圖鑑，北隆館，東京，1988，p.356.
- 22) 前田清則閱，奥山虎炳譯補：官版薬局方，海軍軍醫寮，1872，pp.38 丁オ，179 丁オ.
- 23) 清水藤太郎編：初版日本薬局方複製版，廣川書店，東京，1965.

薬用植物栽培研究会会則

第1条（名称）

本会は「薬用植物栽培研究会」と称する。

第2条（目的）

本会は会員相互の親交や情報交換を図り、薬用植物の栽培と有効利用に関する研究等の拡大を図ることを目的とする。

第3条（会員）

本会の会員は正会員、学生会員および協賛会員とする。

正会員、学生会員は本会の目的に賛同し、入会した個人または団体とする。

協賛会員は、本会の事業に協賛するために協賛寄付または協賛広告をする団体または機関とする。

第4条（学生会員）

本会の学生会員は会費納付時に自己申告することとする。

第5条（事業）

本会は第2条の目的を達成するために、次の事業を行う。

- (1) 会誌（薬用植物研究）の発行
- (2) 研究総会の開催
- (3) その他必要と認める事項

第6条（役員）

1. 本会には次の各号に定める役員を置くものとする。

- (1) 会長 1名
- (2) 副会長 2～3名
- (3) 事務局長 1名
- (4) 幹事若干名
- (5) 会計監事 2名

2. 役員任期は3年とする。ただし、再任は妨げない。

第7条（顧問）

本会に顧問若干名を置くことができる。顧問は本会の運営に関する重要事項について意見を述べるができる。

第8条（選出）

会長、副会長は幹事会で候補者を決め、総会において出席会員過半数の承認を経て決定する。事務局長、幹事、会計監事は会長の委嘱による。

第9条（業務）

第6条に定める各役員は、次の各号に定める業務を遂行する。

- (1) 会長：会務を統括する。
- (2) 副会長：会長を補佐し、会長に支障ある場合これに代わる。
- (3) 事務局長：幹事を統括し、幹事とともに会長の命を受けて会務を処理する。
- (4) 会計監事：本会の会計を監査する。

第10条（会費）

本会の会費については、次の各号に定める金額とする。

- (1) 正会員年額 4,000円

(2) 学生会員年額 2,000 円

(3) 協賛会員 1 口以上 (年額, 1 口 20,000 円)

第 11 条 (経費)

本会の経費は会費およびその他の収入をもってこれに充てる。

第 12 条 (会計年度)

本会の会計年度は、毎年 2 月 1 日から翌年 1 月 31 日までとする。

第 13 条 (編集委員会)

本学会誌の編集のため、編集委員会を設置する。同委員会の委員は会員の自薦、他薦、または事務局長の委嘱によって構成されるものとする。

第 14 条 (入会手続き)

本会に新たに入会を希望するものは、氏名、住所、職業(所属機関)を記入した入会申込書に 1 年分の会費を添えて提出する。脱会しようとするものは、事務局宛脱会届を提出する。ただし、脱会の場合すでに納めた会費は、原則払い戻さない。

第 15 条 (会則と役員等の変更)

本会の会則または役員等は幹事会の議を経て変更することができる。

第 16 条 (事務局)

事務局は下記住所に置く。

〒740-0602 山口県岩国市本郷町本郷 319

TEL / FAX : 0827-75-2141

振替口座 : 00130-3-127755 (株式会社ゆうちょ銀行)

附記 本会則は令和 2 年 1 月 1 日より施行する。

「薬用植物研究」発行につきまして、下記の企業から協賛ならびに賛助会員によるご支援を賜りました。厚くお礼申し上げます。

————— 協賛寄付 —————

株式会社エーアンドエム
しなの薬局グループ
株式会社常盤植物化学研究所
株式会社前川総合研究所
宏輝株式会社
小林製薬株式会社
太邦株式会社
西田精麦株式会社
松浦薬業株式会社

————— 協賛広告 —————

新日本製薬株式会社
株式会社栃本天海堂

————— 賛助会員 —————

株式会社ツムラ

「薬用植物研究」では協賛・賛助会員を常時募集しています。

(アイウエオ順)

投 稿 規 定

薬用植物栽培研究会

1 投稿資格

本誌への投稿は、原則として共著者も含め、本会の会員とする。

編集委員会が必要と認めた場合には、会員・非会員を問わず投稿を依頼することがある。

2 投稿採用

投稿論文の採否は、編集委員会において決定する。

3 編集方針

- (1) 薬用植物の国内栽培の活性化
- (2) 外国の天然薬用資源情報
- (3) 農商工連携と薬用植物栽培
- (4) 栽培に関連する研究
- (5) 薬用植物の文化発掘
- (6) 薬用植物園の情報発信
- (7) 重要薬用植物に関する誌上討論
- (8) その他

4 原稿一般規定

- (1) 報告は、原報、ノート、総説、解説、資料、随筆、書評、紹介などにわけ、原報及びノートについては審査委員2名を付け審査する。
- (2) Microsoft Office Word, Excel, Power Point, JPEG
上記のファイルで作成し、E-mail アドレスへ添付ファイルで送付するか、
E-mail : yakusou@sea.icn-tv.ne.jp もしくは、CD・USB で事務局宛送付する。
- (3) 用紙・項目 原稿はA4サイズとする。
項目は、a) 表題 b) 著者名・連絡先 c) 要旨 d) 本文 e) 図表・写真 f) 引用文献・注
E-mail アドレス
a)・b) は、英文も添え、原報及びノートには c) の英文とともに3~5語のkeywordを付ける。
- (4) 原報及びノート以外は、非専門家の読者にも理解できるように叙述し、特殊な専門用語などについては説明を加えることが望ましい。
外国語・外国語固有名詞・化学物質名などは原語。数字はアラビア数字。
外来語・動植物名はカタカナ。英字はTimes font。
- (5) 抜き刷り 30部を著者に無料で進呈する。これを超える部数については実費を徴収する。
- (6) 校正 編集委員長の決定した期日内で、校正は著者の責任によって願います。
- (7) 投稿論文等の内容上の責任は著者が負う。
- (8) 投稿についてのお問い合わせ

〒740-0602 山口県岩国市本郷町本郷 319

薬用植物栽培研究会事務局

TEL / FAX 0827-75-2141

E-mail : yakusou@sea.icn-tv.ne.jp

平成31年度(2019) 薬用植物栽培研究会会計報告
 [令和元年度]

2019. 2. 1~2020. 1.31

振込口座	残 金	(2019. 2. 1)	0
通 帳	収 入	残金	222,669
		通帳利子	1
		現金会費	(2,000円×3名) 6,000
		口座振替より	(2,000円×149名) 298,000
			(4,000円×115名) 460,000
			(20,000円×14件) 280,000
			1,266,670
		収入合計	1,266,670
	支 出	会議費	1,445
		事務用品	7,416
		事務通信費	23,031
		郵メール	75,666
		印刷代金(封筒代金)	11,380
		印刷代(41-1)	271,944
		印刷代(41-2)	349,360
		H.P.	39,528
		事務局費(12カ月分)	60,000
		口座振込手数料 印字サービス	2,690
			842,460
		支出合計	842,460
振込口座	残 金	0	
通 帳	残 金	424,210	
			差引残高 424,210

監 査 報 告

平成31年度(2019)「薬用植物栽培研究会」収支決算について監査致しましたところ、収支は正確であり、適切に処理されたことを認めます。

令和二年(2020) 3月13日

金子哲夫 

令和二年(2020) 3月13日

山野孝子 



トウキの種取用の畑

栃本天海堂 京都福知山圃場

(とちもとてんかいどう きょうとふくちやまほじょう)

薬用植物の国内生産を推進する目的で、栃本天海堂が2010年に、京都府福知山市に創設した福知山圃場では、現在トウキ（当帰）、ミシマサイコ（柴胡）、シャクヤク（芍薬）をはじめ、約30種類の種苗生産と、植物特性調査、栽培技術の確立、品種改良などの研究を行っています。



トウキ



シャクヤク



サイコ

漢方専門総合卸

株式会社 **栃本天海堂**

生薬・漢方薬のお問い合わせは「株式会社栃本天海堂」のHPからお願いします。

<http://www.tochimoto.co.jp/>

未来をつくる、 新しいをつくらう。



当たり前、と思われていることを、
信じきってしまうのではなく、まず疑ってみる。
それが、新日本製薬が大切にしている姿勢です。

「いまの常識」は、あくまで現時点のものでしかない。
「未来の常識」は、他にもある、と思うのです。

たとえば、スキンケアにおいて。
効果を高めるために、手順を加えていく。
それ以外にも、進化の道はあるはずです。

社名にある「新」という言葉。
そこに込めているのは、私たちからの約束。
あなたの明日を、明るさにあふれたものにするために。
いまの常識にとらわれない「新しい」を、
一人ひとりに届けていきます。

 新日本製薬

編集後記

新型コロナウイルス感染症の世界的なパンデミックは、これまで発展と考へ重視してきた社会のグローバル化、巨大資本化、都市化、効率化などを窮地に追いやった。これは、ある一方向に執着する社会のバランスをとり、多様性を促しているかのようにも見える。すなわち、これまで軽視されてきた一次産業人口の減少、地方の過疎化、多くの耕作放棄、多様な個性尊重などの中に、コロナ禍から復興するための新しい社会の構築へのヒントがあるのかもしれない。これからも必ず繰り返される世界的な感染症パンデミックに対応するため、ある一方向に傾いた社会のバランスをとることが重要であると感じる。

このような時に、本誌 42 巻 1 号を編集・発行します。薬用植物栽培研究会の会誌として、豊富な内容を目指す一方、「原報」「ノート」については、薬学・農学、両観点からの査読により、充実した特徴ある学術誌になるようにご協力頂きました。ここに記して査読者の先生方に深謝致します。

また、本会の目的である会員相互の親睦や情報交換、薬用植物の栽培と有効利用に関する研究等の拡大を図るため、会員皆様からの積極的な投稿をお願い致します。(芝野真喜雄)

…………… 事務局からのお知らせ ……………

投稿原稿は、随時お待ちしております。

総説・解説・資料・随筆・書評・紹介につきましては、各巻 1 号は 5 月 10 日までに、2 号は 11 月 10 日までにご連絡お願いいたします。

薬用植物研究 年 2 回 (6 月・12 月) 刊行予定

個人会員 (年会費 4,000 円, 学生の方は 2,000 円 [自己申告でお願いいたします。]),

協賛・賛助会員 (年会費 1 口 2 万円以上)

入会・原稿の投稿・その他のお問合せは下記研究会事務局宛

薬用植物研究 42巻1号

2020年6月20日発行

編集責任者 芝野真喜雄

発行者 薬用植物栽培研究会

〒243-0034 神奈川県厚木市船子1737

東京農業大学農学部 生物資源開発学科

薬用資源学研究室内

薬用植物栽培研究会事務局

〒740-0602 山口県岩国市本郷町本郷319

TEL/FAX 0827-75-2141

E-mail: yakusou@sea.icn-tv.ne.jp

ゆうちょ銀行 振替口座 00130-3-127755

印刷所 (有) 広瀬印刷

〒740-0724 山口県岩国市錦町広瀬2-4

TEL 0827-72-2600 FAX 0827-71-0003

本誌へ記載された画像・文章を無断で使用することは著作権法上での例外を除き禁じられています。必要な場合は、必ず薬用植物栽培研究会の承諾を得るようお願い致します。

コロナ禍に際して

御影 雅幸
草野源次郎

世の中は新型コロナウイルスに翻弄される不安な毎日が続いておりますが、会員の皆様方には如何お過ごしでしょうか。植物園関係者におかれては春に予定された作業が思うように捗らず、苦勞しておられることと拝察致します。

今春は梅園やサクラの名所に始まり、チューリップ、ボタン・シャクヤク園など、各地で鑑賞会やイベントが中止され、植物園や薬用植物園も入園できたとしても温室を始めとする建物への入場が制限されるなど、私たちの周辺にも大きな影響がありました。花々を管理してきた者にとっては何とも残念な季節でした。一方で、ゴールデンウィーク中は外出自粛要請により、却って各家庭では花壇や菜園の手入れが進み、園芸用品店はいつになく混み合い、用土を始め野菜苗やハーブの苗が飛ぶように売られていました。やはり、植物は本質的に心身の癒しに不可欠な物であることを確信した次第です。概して植物園は動物園に比して入場者が少ない傾向にありますが、外出自粛期間中に訪れた近くの植物園はいつもに増して入場者が多くて驚きました。これを機に、植物園の良さが再認識されることを期待します。今年の夏から秋にかけて、各家庭は美しい花々で彩られ、また多くの野菜が収穫されることでしょう。これらもコロナ禍の副産物であることに気づけば、他にもなすべきことが無いかを考える良い機会なのかも知れません。

ご存知のように、中医薬での治療が受け入れられている中国では、コロナ感染症に対して、清肺排毒湯を始めとする方剤も利用され、それらの成果が報告されています。清肺排毒湯はわが国では認可されていない方剤ですが、その構成生薬は麻黄 9g, 炙甘草 6g, 杏仁 9g, 生石膏 15~30g (先煎), 桂枝 9g, 澤瀉 9g, 猪苓 9g, 白朮 9g, 茯苓 15g, 柴胡 16g, 黄芩 6g, 姜半夏 9g, 生姜 9g, 紫菀 9g, 款冬花 9g, 射干 9g, 細辛 6g, 山薬 12g, 枳実 6g, 陳皮 6g, 藿香 9g です。中医学ならではの多種類の生薬配合と大用量に驚きますが、わが国で利用される漢方薬に処方される多くの生薬も含まれています。日本でも麻杏甘石湯・胃苓湯・小柴胡湯加桔梗石膏の 3 剤のエキス製剤を合方することで同様なものを作ることが出来ると報告されています。今後の検証が待たれます。

今やコロナ禍は日本のみならず世界経済に及ぼす影響も深刻さを増し、とくに中国での変化は生薬の輸入や価格の変動に直接関係することでもあり影響が心配されます。生薬の安定供給と価格安定のためには国内生産が必要であることは自明です。1日も早いコロナ禍の終息が願われますが、この機会に改めて生薬の国産化研究推進について模索し、実行に移すべきではないかと感じております。私たちが出来ることは薬用植物の栽培を通じての社会貢献と書くの大仰ですが、これをチャンスに一步前進したいものです。本会の根幹をなすのはこの学術誌です。今年度から新たに編集委員長の職を設けました。会員皆様のご健康を願うとともに、益々のご活躍と本誌への積極的なご投稿をお願いする次第です。

表紙の写真

Polygonatum kingianum Collett et Hemsley

ユリ科のアマドコロ属植物 *Polygonatum* spp. (APG 分類ではキジカクシ科 Asparagaceae) の根茎に由来する黄精 (オウセイ) は、補益・滋陰薬として、日本での使用は少ないが中国では好んで使用されるポピュラーな生薬である。第 17 改正日本薬局方には、原植物としてナルコユリ *Polygonatum falcatum* A. Gray, カギクマバナルコユリ *P. sibiricum* Redouté, *P. kingianum* Collett et Hemsley, *P. cyrtoneura* Hua の 4 種を規定している。これらの中で唯一日本に自生し我々が山野で見慣れているのはナルコユリで、初夏に咲く花は他の多くの同属植物とともに緑白色である。そうした中で *P. kingianum* は鮮やかな赤色の花を咲かせる。葉はカギクマバナルコユリに似て節に数枚が輪生し、先はカギ状に曲がる。普段は目立たないが、花の時期になると清楚なナルコユリとは異なり、ほぼ直立する体躯がより大型なこともあって、さすがに存在感がある。中国雲南省、四川省のほか、ベトナムやミャンマーなどにも分布する。

中国における肉苁蓉の栽培状況



造林された宿主の *Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge



Haloxylon ammodendron (C. A. Mey.) Bunge の花



出穂した *Cistanche deserticola* Y. C. Ma (荒漠肉苁蓉)



Cistanche deserticola の花



肉苁蓉試験基地



造林された宿主の *Tamarix ramosissima* Ledeb. の花



Tamarix ramosissima Ledeb. の花



林立する管花肉苁蓉



Tamarix ramosissima Ledeb. と *Cistanche tubulosa* (Schenk) R. Wight (管花肉苁蓉) の開花



Cistanche tubulosa の花



掘って水洗した管花肉苁蓉



管花肉苁蓉を採取する使用人



管花肉苁蓉の株元 (宿主の細い根が見える)



収穫直後の肉苁蓉