

博士学位論文

薬用植物のアレロパシー活性の検定と
高活性植物トウシキミの作用物質の同定

Screening of allelopathic activity from medicinal plant and
identification of allelochemicals from Chinese star anise

東京農工大学大学院

連合農学研究科

生物生産科学専攻

学籍番号：15951020

康 高娃

目次

第1章 序論	3
第1節 研究の背景及び目的	3
第2節 研究の課題と概要	4
1-2-1 研究の課題	4
1-2-2 研究の概要	5
第3節 アレロパシーに関与する物質	6
1-3-1 アレロパシーの定義	6
1-3-2 アレロパシーの意義	7
第4節 アレロパシーの本質	9
第5節 アレロパシーの作用経路	11
第2章 サンドイッチ法によるアレロパシー活性の検索	12
第1節 はじめに	12
第2節 サンドイッチ法に用いた薬用植物の材料	13
第3節 サンドイッチ法による薬用植物の研究手法	15
第4節 研究で使用した薬用植物	19
第5節 サンドイッチ法による薬用植物の検索結果	41

第3章	ディッシュパック法によるアレロパシー活性の検索.....	69
第1節	はじめに.....	69
第2節	揮発性他感物質検定手法（ディッシュパック法）.....	71
第3節	研究で使用した薬用植物.....	73
第4節	ディッシュパック法における薬用植物の実験結果.....	74
第4章	トウシキミに含まれる揮発性物質の分析.....	91
第1節	ヘッドスペース法による揮発性物質の分析法.....	91
第2節	トウシキミに含まれる揮発性物質の分析結果.....	94
第3節	綿棒法による阻害活性の生物検定法.....	96
第4節	トウシキミに含まれる揮発性物質の阻害活性率.....	98
第5章	まとめ.....	114
謝辞	118
参考文献・資料	119

第 1 章 序論

第 1 節 研究の背景及び目的

近年、世界の農業は化学肥料や農薬を大量投与することで農業生態系や人体に及ぼす影響が問題となり、環境調和型農業への関心が高まっている。アレロパシーの農業への利用は、雑草・病害虫防除、収量増加などの効果を化学肥料や農薬に頼らずに期待できることで注目されている。

日本では、生物系特定産業技術研究支援センターのイノベーション創出基礎的研究推進事業で、農環研を中心とするグループの「アレロケミカルの探索と新規生理活性物質の開発」が実施された。「アジアは植物資源が豊富であり、長い歴史に基づく伝統農法もある。」これらを背景とするアジア独特のアレロパシー研究が盛んになることが期待されている。

アレロパシーとは「植物が放出する化学物質が他の生物に阻害的あるいは促進的な何らかの作用を及ぼす現象」と定義される。アレロパシーの現象について多くの植物学者や農学者が研究している。実際に植物から放出される化学物質が、作物に対する雑草害や植

生の変遷などを含む多くの植物間相互作用に関わっていることが推察されている。

これらの研究を基に、本研究ではアレロパシーについて3つの研究を行った。1つは、サンドイッチ法による薬用植物のアレロパシー活性の検索である。2つは、ディッシュパック法による薬用植物のアレロパシー活性の検索である。3つは、これらの検索の結果から得られたアレロパシー活性の高い植物の化学成分を分析することである。検索の結果最も活性の高い薬用植物はトウシキミであったので、この植物に含まれる作用成分を、揮発性成分を中心に分析した。

第2節 研究の課題と概要

1-2-1 研究の課題

植物のアレロパシーは、一般的には「植物から放出された化学物質が他の生物に対する阻害的或いは促進的な何らかの作用」を意味する (Rice、 1991)。この現象は古くから観察されていたが、1974年にアメリカの科学者 Elroy L. Rice は、植物間で発生するアレロパシー現象は植物から放出される化学物質によって発生する現象であることを取り上げ、アレロパシー研究を促進させた (孔、 2016)。現在、

アレロパシーは植物の生存戦略の一種として注目されている。アレロパシー現象の原因となる化学物質はアレロケミカルと呼ばれる（藤井、2009）。現在までに発見された植物の二次代謝物質は 10 万種類に達し、さらに、毎年、新しい物質の発見が続けられており、二次代謝物質の一種であるアレロケミカルの数も増えつつある。アレロケミカルは周囲の植物や微生物などに影響を及ぼすだけでなく、植物自身自身にも影響を及ぼす場合もある。このような現象は自家中毒と言われる。

本研究では、薬用植物 324 種を用いてアレロパシー活性の検定を行い、高活性植物から作用物質を同定した。

1-2-2 研究の概要

第 1 章では、植物の生存戦略の中で二次代謝物質が重要な役割を果たしていることや、その中で植物間の阻害的或いは促進的關係に関連しているアレロパシー現象について概括した。

第 2 章では、植物の地上部分（葉、茎）や根に含まれるアレロパシー活性をサンドイッチ法（藤井、1994）によって、薬用植物 324 種を対象に検定し、高活性植物のスクリーニングを行った。

第 3 章では、植物から放出される揮発性物質のアレロパシー活性を

ディッシュパック法（藤井、2009）によって139種の植物について検定し、高活性植物のスクリーニングを行った。

第4章では、ディッシュパック法の検定結果から、最も高い活性を示したトウシキミに含まれる揮発性成分を分析し、検出された揮発性物質によるアレロパシー活性を綿棒法で検定し、その中で l -fenchoneと1,8-cineoleの活性が最も高いことを明らかにした。

第5章では、検索結果から選抜された薬用植物と、同定されたアレロパシー候補物質に関する総合考察とまとめを行った。

第3節 アレロパシーに関与する物質

1-3-1 アレロパシーの定義

アレロパシー (Allelopathy) は、東北帝国大学植物生理学講座の初代教授 H・モーリッシュが、オーストリアに帰国後「アレロパシー」(1937) という本を出版してこの概念を発表した (Molisch, H. 1937)。ギリシャ語の $\alpha\lambda\lambda\eta\lambda\omega\nu$ (お互いの) と $\pi\alpha\theta\omicron\varsigma$ (あるものの身にふりかかるもの) を合成して作られた。原義は「高等植物が放出する化学物質が他の植物、微生物に、阻害的あるいは促進的な何らかの作用を及ぼす現象」(Molisch, 1937) を意味するが、最近の研究

は、昆虫や線虫・小動物に対する作用にも広がり、最も広義には、「植物、微生物、動物などの生物が同一の個体外に放出する化学物質が、同種の生物を含む他の生物個体における、発生、生育、行動、栄養状態、健康状態、繁殖力、個体数、あるいはこれらの要因となる生理・生化学的機構に対して何らかの作用や変化を引き起こす現象」、すなわち化学物質による生物間相互作用を総称し、作用する物質を他感物質 (allelochemical) と呼ぶ。農業における連作障害や忌地などの障害、寄生植物の発芽や生育の促進なども含む概念である (藤井、2000)。

1-3-2 アレロパシーの意義

1. 生態的意義

二次代謝物質として知られる、植物に特異的に存在するアルカロイド、テルペノイド、サポニン、フラボノイドなどの物質は、従来「老廃物」もしくは「貯蔵物質」と考えられてきた。タンパク質、アミノ酸、核酸、脂質、糖などの多くの生物に共通で、生命維持に必要不可欠の物質を「一次代謝物質」と呼ばれているのに対して、特定の植物にのみ存在し、生命維持に直接関与しない物質を「二次代謝物質」と呼ばれている。二次代謝物質は植物にのみ存在し、すでに1万種類以上知られているが、植物界全体では30万種以上あると推定される

(上田、2005)。これらの物質のなかには、生薬、毒薬、麻薬などに利用されてきたものもあるが、植物自身にとっての存在意義は不明であった。近年、「二次代謝物質は植物の進化の過程で偶然に生成され、他の昆虫・微生物・植物等から身を守る、何らかの化学交信や情報伝達の手段として有利に働いた場合に、その植物が生き残ってきた」とするアレロパシー仮説が提唱されている(沼田、1977)。

2. 農業上の意義

アレロパシーは連作障害の原因、雑草のもつアレロパシーによる作物の生育阻害、果樹の植え替え時の忌地現象以外に、作物や牧草のアレロパシーを利用した雑草や病害虫の防除や、新たな生理活性物質の発見、アレロパシーに関わる遺伝子を導入した雑草や病害虫抵抗性作物の開発などの面で農業上役立つと考えられている。

第4節 アレロパシーの実体

アレロパシーは、さまざまな条件に規定された個別の現象であり、常にアレロパシーを発現するような植物はない、つまり「A植物の他感物質はSである」というように決めつけることはできない、その作用は特定の物質（単一のこともあれば複合のこともある）が、特定の条件の下で特定の作用経路（根からの滲出、葉からの揮散、葉や残からの溶脱など）を経て、特定の環境条件（土壌構成要素、微生物などの生物的要素、光や水分条件、気象条件などの環境条件）下で、特定の生理作用阻害あるいは促進などを行う現象であることに留意する必要がある。また、ある植物が常にアレロパシーを示すのではなく、特定の植物を強く阻害しても、全く作用しない植物もあることに留意する必要がある。これがアレロパシーの特徴である。

一般にアレロパシーは阻害現象と解釈されることが多い。しかし、違う種類の植物植えておくと、互いに生育が促進されるような現象、すなわち共栄関係にも、アレロケミカル関与していると考えられている。

このように、アレロパシーとは植物が放出する物質による阻害作用に限定されがちであるが、実は促進作用を含めた複雑な現象である。

また、セイタカアワダチソウはアレロパシーの強い植物であるという表現は間違いである。それは、この植物に含まれるアレロケミカル(他感物質)と作用経路を明らかにし、作用を与える植物を限定しないと、アレロパシーを正確に説明できないからである。

アレロパシーは、生物の生産する化学物質が他の生物の生育を阻害する現象の抗生物質とよく似た概念である。抗生物質は、1928年にイギリスのフレミング博士によって発見されたペニシリンに端を発し、アレロパシーとほぼ同時代に研究が開始された。

抗生物質は微生物が生産し、ほかの微生物など生体細胞の増殖や機能を阻害する物質の総称である。一般に「抗菌薬(英語: antibacterial drugs)」と同義であるが、広義には抗ウイルス剤や抗真菌剤、抗がん剤も含む人間の病気を直す画期的な特效薬であり、その後アメリカ農務省の研究者によって、第二次世界大戦の前後に、軍需用の要求もあって大量合成法が開発され、チャーチル首相の肺炎を直すなど、有用性が広く認識され、急速に研究が進展した。現在では、数多くの抗生物質がいろいろな微生物から同定され、多くの患者の命を救い、その有効性は広く認められている。

これに対し、アレロパシーの研究は、まだ完全に市民権を得ているとは言えない。それは、抗生物質が人間の病気に対する特效薬であり、

命にかかわる貴重な薬として役立つこと、現象が明確で物質の作用が容易に証明できるのに対し、アレロパシーの場合は、直接的に人間の生存に関係が深いと感じられないこと、また自然界において他の競合因子との認別が困難であり、特定の現象を特定の物質で完全に証明することが困難なためであると思われる（藤井、2000）。

第5節 アレロパシーの作用経路

アレロパシーの作用経路は、①葉など地上部から揮発性物質として放出される場合、②生葉あるいは植物体の残渣や落葉・落枝などから雨や霧滴などによって濾し出される場合、③根など地下部から滲出される場合、④落ち葉や植物体残渣から放出される物質が直接あるいは分解をへて作用する場合、の4つの経路がある。これらの作用経路毎に生物検定法が開発されている（藤井、2000）。

本論文では、これらの作用経路のうち、②と④の葉や残渣などから放出される物質のアレロパシー活性をサンドイッチ法で、①の揮発性物質のアレロパシー活性をディッシュパック法で検定した。

第2章 サンドイッチ法によるアレロパシー活性の検索

第1節 はじめに

植物の葉或いは植物体の残渣や落ち葉・落枝などから霧滴などによる溶脱 (leaching) は、植物のアレロパシー現象をひき起こす重要な経路である (藤井、2000)。この過程においては雨や霧滴などが外的条件となっており、植物の葉、枝、実などの器官表面に存在する水溶性の物質が溶脱され、周囲の土壤に蓄積されることで、植物の発芽や成長を抑制あるいは促進的 (共生的) な作用を及ぼすことがある (孔ほか、2016)。薬用植物や牧草などでは、連作障害が栽培上の重要な問題となっている。また、これまでの検索で、薬用植物にはアレロパシー活性の高いものが多いことが報告されている。そこで、本研究では、薬用植物をサンプルとして検定し、高アレロパシー活性植物の選抜を行った。材料採取には、昭和薬科大学の薬用植物園のご協力を得て、園内に栽培されている薬用植物を採取させていただき試料とした。

第 2 節 サンドイッチ法に用いた薬用植物の材料

昭和薬科大学の薬用植物園は 1990 年に開園された。薬学部学生に、生きた教材を用いた実践的指導を行う場を提供するため、日本薬局方に収載されている薬用植物を中心に代表的な薬用植物が栽培されている。身近な薬用植物に関する正しい知識を普及し、自然に親しんでもらうことを目的として、地域の一般市民を対象とした薬草教室も定期的実施されている。



図 2 - 1 昭和薬科大学植物園の地図

出所：昭和薬科大学のホームページ www.shoyaku.ac.jp から引用

薬用植物園には、多数の草本薬用植物や薬木が植えられ、湿性・水生植物を観察できる池も設けられている。熱帯・亜熱帯の薬用植物、薬木を観察できる温室では、室温がコンピュータ制御され、2階の研究室には生薬の標本類も多数、収蔵されている。本研究で用いた試料は昭和薬科大学の植物園から収集させて頂いた。収集した植物の総数は324種であり、重複を含めると372種をサンプリングした。



図 2-2 昭和薬科大学薬用植物園

出所：昭和薬科大学のホームページ www.shoyaku.ac.jp から引用

本研究の材料は昭和薬科大学植物園で、4月から10月にかけて、それぞれの植物の最盛期に、葉を中心に採取した。

第3節 サンドイッチ法による薬用植物の研究方法

サンドイッチ法は、植物体地上部の各部位（茎、葉、実）や残留物から放出される物質によるアレロパシー活性を検定する方法である。特に樹木落葉や植物残渣に由来する活性物質を検定するために開発された。落葉の量は、広葉樹の場合は、樹種によらずほぼ一定で、1 ha 当たり、年間 3 トンといわれている。針葉樹はその 2 倍程度であるが、多くの作物残渣も年間約 3 トンとされているので、今回の実験では、先行研究の計算に従い 3 トンを基準として使用した。具体的には 6 穴の組織培養用マルチディッシュ (Multidish 6 Wells, Nunclon Delfa Si, Thermo Fisher Scientific, China) に採集したサンプル（生葉あるいは実を採集して 60℃ の乾燥器で 24 時間乾燥した物）10mg と 50mg の二種類の量（1ha あたり 1 トンと 5 トンに相当する）に分けて、マルチディッシュの 3 穴に 10mg、残りの 3 穴に 50mg を入れ、寒天培地にサンドイッチ状に包埋し、上にレタス（品種：Great Lakes 366）の種子を一穴あたり 5 粒（3 穴×5=15 粒）置床した。22℃ の恒温装置（三菱電機エンジニアリング株式会社、CN-25C、日本）に入れ、3 日後に発芽したレタスの幼根長（Radicule）と下胚軸長（Hypocotyl）を測定することで、供試植物の活性を検定した。レタスを検定植物とする理由は、感受性が高いこ

と、再現性がよいこと、双子葉類の植物を代表することからである（藤井、1994）。植物の生成する化学物質の中で、物質の違いによって阻害活性を起こす部位に違いがある。例えば、ある物質が受容植物体の幼芽根を抑制する場合もあり、下胚軸の成長を抑制する場合もある。阻害活性を把握するには、両方を検定した方が確実なため、幼根長と下胚軸長を測定した。

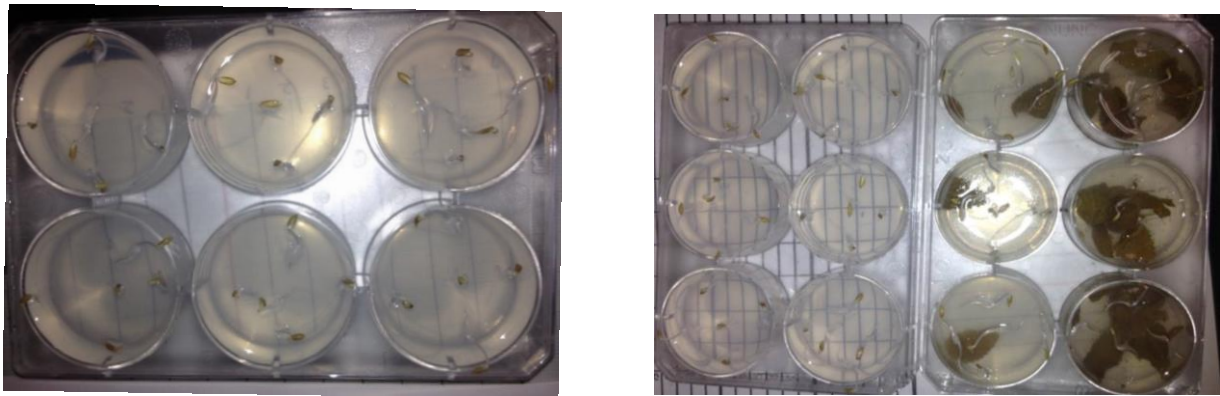


図 2 - 3 サンドイッチ法の対照区（左）と薬用植物（右）の比較

サンドイッチ方法を実施しているときの例を図 2—3 に示す。

以下に実験の手順を記述する。

1、寒天溶解法：

① 耐圧ねじ口瓶に、蒸留水 1000mL に対して 7.5g の低温ゲル化寒

天（0.75% w / v）を入れる。この量はマルチディッシュ = 16 個分に相当する。この溶液をオートクレーブに入れる。115℃で 15 分とし、100℃以下の温度になったらオートクレーブから取り出す。

- ② オートクレーブから取り出した寒天培地は、固まらないように 40℃のウォーターバスの中に置く。

2、 器材とサンプル処理

- ① サンプル数 + 対照区（コントロール）のマルチディッシュ、ラベルを用意する。
- ② ラベルに植物名と採取日を記入し、ディッシュのフタに貼ることである。
- ③ 植物をハサミで適当な大きさに（穴に入るように）切り、ディッシュに入れる。上段 3 つは 10 mg、下段 3 つは 50 mg である。

3、 寒天培地の注入

- ① 各 5mL を分注器（ピペットマン 5mL 用）で注入、この際、ラベルに注入した時間を記入しておく。
- ② 寒天がある程度固まってから、植物体がセルの中で均一に分散しているように、ピンセットで調整する。
- ③ 再び 5mL の寒天を添加する。

- ④ 注入し終わったマルチディッシュには、空中落下菌を防ぐため、紙を乗せて蓋をしておく。

4、 レタスの置床。

- ① レタス (Great Lakes 366) の種子をシャーレに小出しして、ピンセットで寒天の上に置いていく。各穴 5 粒ずつとする。ラベルに種子を置床した時間を記入する。
- ② 置床し終えたのち、ディッシュにフタをして、周囲をセロハンテープで密封する。
- ③ インキュベーター内で、20℃ 恒温で発芽・生育させる。レタスの発芽、生育には 20℃ が適温であるが、20～25℃ の範囲では、対照区に対する比で表わした活性には差がないことを確認している。

5、 測定方法

3 日後、インキュベーターから出したものを測定する。測定がすぐできない時は 10℃ の冷蔵庫に保存しておく。レタスの伸長が 10℃ 以下で止まるので、数日以内に測定すれば問題はない。測定は方眼紙上で行い、測定用紙に結果を記入する。

各穴、5 本のうち長さの揃った 3 本を選んで測定する。(地下部 (根 Radicle、R と略す) と地上部 (Hypocotyl、H と略す) の長さを測定する。(藤井、1994)

第4節 研究で使用した薬用植物

被検定植物（対象植物）

採取した植物は372種類であり、これにSPU-1から372の番号をつけた。SPUはShouwa Pharmaceutical Universityの略である。その学名、和名と使用部位を以下に記す。重複して採取した植物があるので、重複したものをまとめると薬用植物の種数としては324種であった。

表2-1 採取した全植物のリスト（学名、和名と使用部位）

	学名	和名	
SPU-1	<i>Coffea arabica</i> L.	コーヒーノキ	葉
SPU-2	<i>Calophyllum inophyllum</i> L.	テリハホトク	葉
SPU-3	<i>Ervatamia pandacaqui</i> (Poir.) Pichon	ハシタカキ	葉
SPU-5	<i>Pongamia pinnata</i> Merr.	クロヨナ	葉
SPU-6	<i>Rhoeo discolor</i> Hance	ムラサキオモト	葉
SPU-8	<i>Litchi chinensis</i>	レイシ	葉
SPU-9	<i>Theobroma cacao</i> L.	カカオノキ	葉
SPU-10	<i>Myrciaria cauliflora</i> Berg.	ジャホチカハ	葉
SPU-11	<i>Hedychium coronarium</i> Koen.	ハナシユクシヤ	葉

SPU-12	<i>Cananga odorata</i> Hook.f. & Thomson var. <i>fruticosa</i> (Craib) Corner.	チャホ ^レ イランイラン	葉
SPU-13	<i>Lippia dulcis</i> Trevir.	スイートハーブ ^レ メキシカン	葉
SPU-14	<i>Bixa orellana</i> L.	マルハ ^レ ニッケイ	葉
SPU-15	<i>Melia azedarach</i> L.var. <i>toosendan</i> Makino	クレンピ	葉
SPU-16	<i>Theobroma cacao</i> L.	カカオノキ	葉
SPU-17	<i>Sterculia balanhus</i> L.	ナリ	葉
SPU-18	<i>Terminalia chebula</i> Rez.	ミロハ ^レ ランノキ	葉
SPU-20	<i>Cinnamomum zeylanicum</i> Nees	セイロンニッケイ	葉
SPU-21	<i>Clivia nobilis</i> Lindl.	クンシラン	葉
SPU-22	<i>Illicium verum</i> Hook.f.	トウシキミ	葉
SPU-23	<i>Piper nigrum</i> L.	コショウ	葉
SPU-24	<i>Bauhinia racemosa</i> Lam.	ハ ^レ ウヒニア [・]	葉
SPU-25	<i>Pyrrosia adnascens</i> (Sw.) Ching	ヒトツハ ^レ マメツ ^レ タ	葉
SPU-26	<i>Tapinochilos ananassae</i> K.Schum.	マツカサシ ^レ ンシ ^レ ャー	葉
SPU-28	<i>Tectona grandis</i> L.f.	チーク	葉
SPU-29	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	キタ ^レ チタハ ^レ コ、カラシタ ^レ ネ	葉
SPU-30	<i>Dichroa febrifuga</i> Lour.	シ ^レ ョウサ ^レ ンア ^レ シ ^レ サイ	葉

SPU-31	<i>Euodia hupehensis</i> Dode	コホクコ [°] シユユ	葉
SPU-32	<i>Acacia catechu</i> Willd.	アセンヤクノ	葉
SPU-33	<i>Inga edulis</i> Mart.	インガ [°]	葉
SPU-34	<i>Richardella dulcifica</i> Baehni	ミラクフルーツ	葉
SPU-35	<i>Sapindus mukorossi</i> Gaertn.	ムクロシ [°]	葉
SPU-36	<i>Asimina triloba</i> Dunal	ホ [°] ホ [°] ー(アシミナ)	葉
SPU-38	<i>Strophanthus gratus</i> Franch.	ニオイストロファンツス	葉
SPU-39	<i>Cinnamomum burmanni</i> Bl.	ジ [°] ヤリニッケイ	葉
SPU-40	<i>Tamarindus indica</i> L.	タマリント [°] ノキ	葉
SPU-41	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	フ [°] ツウケ [°]	葉
SPU-42	<i>Tabebuia chryso-tricha</i> (Mart.) Standley	イハ [°]	葉
SPU-43	<i>Ceiba pentandra</i> Gaertn.	カホ [°] ック	葉
SPU-44	<i>Tinospora tuberculata</i> Beumee	イホツツラフジ [°]	葉
SPU-45	<i>Santalum album</i> L.	ヒ [°] ヤクダ [°] ン	葉
SPU-46	<i>Croton sublyratus</i> Kurz	フラウノイ	葉
SPU-47	<i>Ficus religiosa</i> L.	イント [°] ホ [°] タ [°] イシ [°] ユ	葉
SPU-48	<i>Piper longum</i> L.	イントナカコシヨウ	葉
SPU-49	<i>Cinnamomum daphnoides</i> Sieb.et Zucc.	マルハ [°] ニッケイ	葉

SPU-50	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	オオコトヨ	葉
SPU-51	<i>Morinda citrifolia</i> L.	ヤエヤマアオキノニ	葉
SPU-52	<i>Ceratonia siliqua</i> L.	イナコトマメ	葉
SPU-53	<i>Pimenta racemosa</i> J.W.Moore	ハーラム	葉
SPU-54	<i>Derris elliptica</i> Benth.	ハイトハ	葉
SPU-55	<i>Derris malaccensis</i> Prain	タチトハ	葉
SPU-56	<i>Malpighia glabra</i> L.	アセロラの	葉
SPU-57	<i>Richardella dulcifica</i> Baehni	ミラクルフルー	葉
SPU-58	<i>Eugenia uniflora</i> L.	タチハナアテク	葉
SPU-59	<i>Cinnamomum cassia</i> Blume	ケイ(カンナニッケイ)	葉
SPU-60	<i>Ceiba</i> sp.	ハソヤノキ	葉
SPU-61	<i>Crinum asiaticum</i> L.var. <i>japonicum</i> Baker	ハマオモト、ハマユウ	葉
SPU-62	<i>Lawsonia inermis</i> L.	シロウカ	葉
SPU-63	<i>Aquilaria sinensis</i> Ailg.	シナジソコウ	葉
SPU-64	<i>Alpinia katsumadai</i> Hayata	ソウスク	葉
SPU-65	<i>Cocculus trilobus</i> A.P.De Candole.	アオツツラフシ	葉
SPU-66	<i>Saraca indica</i> L.	ムユウシユ	葉
SPU-68	<i>Rivina humilis</i> L.	シユスサソコ	葉

SPU-69	<i>Lippia dulcis</i> Trevir.	スイートハーブ ^{メキシカン}	葉
SPU-70	<i>Clitoria ternatea</i> L.	チョウマメ	葉
SPU-71	<i>Trewia nudiflora</i> L.		葉
SPU-72	<i>Strophanthus gratus</i> Franch.	ニオイストロファンツス	葉
SPU-73	<i>Amomum subulatum</i> Roxb.	カルタ ^{モン}	葉
SPU-74	<i>Terminalia bellirica</i> (Gaertn.) Roxb.	ベリリカミロハ ^{ラン}	葉
SPU-75	<i>Lucuma nervosa</i> A.DC.	カニステル	葉
SPU-76	<i>Myrciaria cauliflora</i> Berg.	シャボ ^{チカハ}	葉
SPU-77	<i>Cestrum nocturnum</i> L.	ヤコウホ ^ク	葉
SPU-79	<i>Shorea robusta</i> C.F.Gaertn.	サラノキ	葉
SPU-80	<i>Dianella ensifolia</i> (L.) DC.	キョウラン	葉
SPU-83	<i>Barringtonia racemosa</i> BI.	サガリ ^{ハナ}	葉
SPU-84	<i>Abrus precatorius</i> L.	トウアス ^ギ	葉
SPU-85	<i>Sauropus androgynus</i> Merr.	アマメシ ^ハ	葉
SPU-86	<i>Manihot utilissima</i> Pohl.	スイートキャッサ ^ハ	葉
SPU-87	<i>Syzygium samarangens</i> Merr. et Perry	オオフトモモ	葉
SPU-88	<i>Tamarindus indica</i> L.	タマリント ^ハ	葉
SPU-89	<i>Pongamia pinnata</i> Merr.	クロヨナ	葉

SPU-90	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	クラフ ^グ ウツ ^グ	葉
SPU-91	<i>Cinnamomum burmanni</i> Bl.	シ ^グ ヤリニッケイ	葉
SPU-92	<i>Alpinia officinarum</i> Hance	リョウキョウ	葉
SPU-93	<i>Croton sublyratus</i> Kurz	クロトン	葉
SPU-94	<i>Curcuma longa</i> L.	ウ - コン	葉
SPU-95	<i>Plumeria rubra</i> L.	イント ^グ ソケイ	葉
SPU-96	<i>Hymenaea courbarii</i> L.	オオイナコマメ	葉
SPU-97	<i>Cyperus rotundus</i> L.	ハマスケ ^グ	葉
SPU-98	<i>Theobroma grandiflorum</i> (G.Don) K.Schum.	クフ ^グ アスー	葉
SPU-99	<i>Terminalia chebula</i> Rez.	ミロハ ^グ ランノキ	葉
SPU-100	<i>Achras sapota</i> L. <i>Manikara achras</i> Fosberg	サホ ^グ シ ^グ ラ	葉
SPU-101	<i>Annona muricata</i> L.	トケハンレイシ	葉
SPU-102	<i>Citrus hystrix</i> DC.	コフ ^グ ミカン	葉
SPU-103	<i>Calophyllum inophyllum</i> L.	テリハリホ ^グ ク	葉
SPU-104	<i>Ardisia elliptica</i> Bedd.	セイロンマンリョウ	葉
SPU-105	<i>Adiantum trapeziforme</i> L.	ヒシカ ^グ タホウライシタ ^グ	葉
SPU-106	<i>Eulophia macrobulbon</i> Hook.f.	タイミンセッコク	葉
SPU-107	<i>Sizygium cumini</i> Skeels	シャンホ ^グ ラン	葉

SPU-108	<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	レイシ	葉
SPU-109	<i>Tamarindus indica</i> L.	タマリント	葉
SPU-110	<i>Elaeocarpusdecipens</i> Hems.	ホルトノキ	葉
SPU-111	<i>Psidium guajava</i> L.	ハシロウ	葉
SPU-112	<i>Hernandia sonora</i> L.	ハスノハギリ	葉
SPU-113	<i>Sterculia nobilis</i> Sm.	ヒソノキ	葉
SPU-114	<i>Coptis japonica</i> (Thunb.) Makino var. <i>major</i> (Miq.) Satake	セリハオウレン	葉
SPU-115	<i>Alocasia odora</i> (Lodd.) Spach.	クワズイモ	葉
SPU-116	<i>Macadamia integrifolia</i> Maiden et Betc he	クインスラントナット	葉
SPU-117	<i>Aloe africana</i> Miller	アロエ・アフリカーナ	葉
SPU-118	<i>Curcuma zedoaria</i> Rosc.	カシュツ	葉
SPU-119	<i>Averrhoa carambola</i> L.	ゴレンシ	葉
SPU-120	<i>Euphorbia millii</i> Des Moul.	フトハナギリ	葉
SPU-121	<i>Piper nigrum</i> L.	コショウ	葉
SPU-122	<i>Bixa orellana</i> L.	ヘニノキ	葉
SPU-123	<i>Tacca chantrieri</i> Andre	タッカ シヤントリエ	葉
SPU-124	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	アソシローハ	葉

SPU-125	<i>Annona muricata</i> L.	トケハンレイシ	葉
SPU-126	<i>Zingiber officinale</i> Rosc.	ショウガ	葉
SPU-127	<i>Dendrobium</i> sp.	デントロビウム	葉
SPU-128	<i>Cinnamomum cassia</i> Blume	カンナソクケイ	葉
SPU-129	<i>Artabotrys uncinatus</i> (Lam.) Merr.	アルタボトリス	葉
SPU-130	<i>Piper kadzura</i> Ohwi (<i>P.futokazura</i> Sieb.)	フウトウカズラ	葉
SPU-131	<i>Adiantum trapeziforme</i> L.	ヒシカダホウライシタ	葉
SPU-132	<i>gerardiana</i> Wall.	マオウ	葉
SPU-133	<i>Murraya paniculata</i> Jack	ゲッキツ	葉
SPU-134	<i>Atractylodes chinensis</i> Koidz.	シナオケラ	葉
SPU-135	<i>Cephaelis ipecacuanha</i> A.Richard	トコン	葉
SPU-136	<i>Artabotrys uncinatus</i> (Lam.) Merr.	アルタボトリス	葉
SPU-137	<i>Strobilanthes flaccidifolius</i> Nees	リュウキュウアイ	葉
SPU-138	<i>Crataeva religiosa</i> G.Forst.	キョボク	葉
SPU-139	<i>Croton sublyratus</i> Kurz		葉
SPU-140	<i>Tapeinochilos ananassae</i> K.Schum.	マツカサシンシヤ	葉
SPU-141	<i>Thymus quinquecostatus</i> Celak.	イフキンヤコウソウ	葉
SPU-142	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine var. <i>lucidum</i> Hort.	キミノハンシロウ	葉

SPU-143	<i>Eucommia ulmoides</i> Oliv.	トチュウ	葉
SPU-144	<i>Cinnamomum cassia</i> Blume	ケイ(カンナンニッケイ)	葉
SPU-145	<i>Astragalus membranaceus</i> (Fisch.) Bunge.	キハ ^ゝ ナオウキ ^ゝ	葉
SPU-146	<i>Angelica acutiloba</i> Kitagawa	トウキ	葉
SPU-147	<i>Celosia argentea</i> L.	ノケ ^ゝ イトウ	葉
SPU-148	<i>Tinbulns terreslris</i> L.	ハマヒ ^ゝ シ	葉
SPU-149	<i>Valeriana fauriei</i> Briq.	カノコソウ	葉
SPU-150	<i>Atractylodes japonica</i> Koidzumi	オケラ	葉
SPU-151	<i>Datura metel</i> L.	チョウセンアサガ ^ゝ オ	葉
SPU-152	<i>Datura stramonium</i> L. var. <i>inermis</i> Jacq.	トケ ^ゝ ナシヨウシュチョウセンア サガ ^ゝ オ	葉
SPU-153	<i>Valeriana fauriei</i> Briq.	カノコソウ	葉
SPU-154	<i>Digitalis lanata</i> Fhrh.	ケジキタリス	葉
SPU-155	<i>Datura stramonium</i> L.	シロハ ^ゝ ナヨウシュチョウセンア サガ ^ゝ オ	葉
SPU-156	<i>Styphnolobium japonicum</i> L.	エンジュ	葉
SPU-157	<i>Aristolochia debilis</i> Sieb. et Zucc.	ウマノスス ^ゝ クサ	葉
SPU-158	<i>Pleuropterus multiflorum</i> Turcz.	ツルト ^ゝ クダ ^ゝ ミ	葉

SPU-159	<i>Trichosanthes bracteata</i> Voigt	オオカラスウリ	葉
SPU-160	<i>Eucommia ulmoides</i> Oliv.	トチュウ	葉
SPU-161	<i>Actinidia deliciosa</i> C.F.Liang & A.R.Ferguson.	キウイフルーツ	葉
SPU-162	<i>Perilla frutescens</i> (L.) Britton var. <i>crispa</i> (Thunb.) H.Deane	シソ	葉
SPU-163	<i>Hibiscus manihot</i> L.	トロロアオイ	葉
SPU-164	<i>Astragalus membranaceus</i> (Fisch.) Bunge.	キハナオウギ	葉
SPU-165	<i>Epimedium sagittatum</i> Maxim.	ホサゲキカリソウ	葉
SPU-166	<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge	タンシメン	葉
SPU-167	<i>Verbena officinalis</i> L.	クマツツラ	葉
SPU-168	<i>Momordica cochinchinensis</i> . (Lour.) Spreng.	ナンバンキカラスウリ	葉
SPU-169	<i>Podophyllum peltatum</i> L.	ホトフィルム	葉
SPU-170	<i>Hyoscyamus niger</i> L.	ヒヨス	葉
SPU-171	<i>Geranium thunbergii</i> Sieb. et Zucc.	ゲンノショウコ	葉
SPU-172	<i>Platycodon grandiflorum</i> A.DC.	キキョウ	葉
SPU-173	<i>Arctium lappa</i> L.	ゴホウウ	葉
SPU-174	<i>Zingiber officinale</i> Rosc.	ショウガ	葉
SPU-175	<i>Adenophora triphylla</i> A.DC. var. <i>japonica</i> Hara	ツリカゲネンシメン	葉

SPU-176	<i>Trichosanthes anguina</i> L	ヘビウリ	葉
SPU-177	<i>Argemone mexicana</i> L.	アサミケシ	葉
SPU-178	<i>Apios americana</i> Medic.	アメリカホト	葉
SPU-179	<i>Polygala senega</i> L. var. <i>latifolia</i> Torr. et Gray	ヒロハセネカ	葉
SPU-180	<i>Spilanthes acmella</i> (L.) Murr.	オランダセンニチ	葉
SPU-181	<i>Akebia quinata</i> Decne.	アケビ	葉
SPU-182	<i>Oenothera tetraptera</i> Cav.	ツキミソウ	葉
SPU-183	<i>Scrophularia ningpoensis</i> Hemsley	ゲンジソ	葉
SPU-184	<i>Ligusticum sinense</i> Oliver	コウホン	葉
SPU-185	<i>Glehnia littoralis</i> Fr.Schm.	ハマホウフウ	葉
SPU-186	<i>Angelica dahurica</i> Benth.et Hook. f.	ヨロイグサ	葉
SPU-187	<i>Cynara scolymus</i> L.	チョウセンアサミ	葉
SPU-188	<i>Dichroa febrifuga</i> Lour.	シヨウサンアシサイ	葉
SPU-189	<i>Bistorta</i> sp.	イフキトラノオの仲間	葉
SPU-190	<i>Tetragonia tetragonoides</i> O. Kuntze	ツルナ(ハマシヤ)	葉
SPU-191	<i>Petasites japonicus</i> Maxim.	フキ	葉
SPU-192	<i>Leonurus japonicus</i> Houtt.	メハジキ、ホソハメハジキ	葉
SPU-193	<i>Digitalis lanata</i> Ehrh.	ケシキタリス	葉

SPU-194	<i>Ricinus communis</i> L.	トウゴマ	葉
SPU-195	<i>Sinomenium acutum</i> Rehder et Wills.	オオツツラフシ	葉
SPU-196	<i>Spilanthes acmella</i> (L. Murr.)	オランダセンニチ	葉
SPU-197	<i>Humulus lupulus</i> L.	ホップ	葉
SPU-198	<i>Rabdosia japonica</i> Hara	ヒキオコシ	葉
SPU-199	<i>Thymus quinquecostatus</i> Celak.	イフキシヤコウソウ	葉
SPU-200	<i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi	コカネバナ	葉
SPU-201	<i>Celastrus orbiculatus</i> Thunb.	ツルウメモドキ	葉
SPU-202	<i>Agastache foeniculum</i> (Pursh) Kuntze	アニスヒソップ	葉
SPU-203	<i>Ephedra distachya</i> L.	フタタマオウ	葉
SPU-204	<i>Hypericum perforatum</i> L.	セイヨウオトギリソウ	葉
SPU-205	<i>Metaplexis japonica</i> Makino	カガイモ	葉
SPU-206	<i>Berchemiella berchemiifolia</i> (Makino) Nakai	ヨコクヲノキ	葉
SPU-207	<i>Geranium thunbergii</i> Sieb. et Zucc.	ゲンノシヨウコ	葉
SPU-208	<i>Hymenaea courbarii</i> L.	オオイナゴマメ	葉
SPU-209	<i>Aristolochia debilis</i> Sieb. et Zucc.	ウマノスズクサ	葉
SPU-210	<i>Mentha piperita</i> L.	セイヨウハッカ	葉
SPU-211	<i>Paeonia lactiflora</i> Pallas	シャクヤク	葉

SPU-212	<i>Ampelopsis japonica</i> Makino	カガミクサ	葉
SPU-213	<i>Chelidonium majus</i> L. var. <i>asiaticum</i> Ohwi	クサノオウ	葉
SPU-214	<i>Cocculus trilobus</i> A.P.De Candole.	アオツツラフシ(カミエビ)	葉
SPU-215	<i>Trachelospermum asiaticum</i> Nakai var. <i>intermedium</i> Nakai	テイカカスラ	葉
SPU-216	<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	スイカスラ	葉
SPU-217	<i>Bistorta vulgaris</i> Hill. (<i>Polygonum bistorta</i> L.	イフキトラノオ	葉
SPU-218	<i>Angelica acutiloba</i> Kitagawa	トウキ	葉
SPU-219	<i>Atractylodes japonica</i> Koidzumi	オケラ	葉
SPU-220	<i>Spilanthes acmella</i> (L.) Murr.	オランダセンニチ	葉
SPU-222	<i>Apios americana</i> Medic.	アメリカホトイモ	葉
SPU-223	<i>Plantago psyllium</i> L.	エタウチオオハコ	葉
SPU-224	<i>Datura metel</i> L.	チョウセンアサガオ	葉
SPU-225	<i>Ranunculus japonicus</i> Thunb.	ウマノアシガタ	葉
SPU-226	<i>Eucommia ulmoides</i> Oliv.	トチュウ	葉
SPU-227	<i>Chelidonium majus</i> L. var. <i>asiaticum</i> Ohwi	クサノオウ	葉
SPU-228	<i>Ranunculus cantoniensis</i> DC.	ケキツネノホタン	葉
SPU-229	<i>Angelica acutiloba</i> Kitagawa	オオフカトウキ	葉

SPU-230	<i>Aster tataricus</i> L	シオン	葉
SPU-231	<i>Epimedium sagittatum</i> Maxim.	ホサ [◦] キイカリソウ	葉
SPU-232	<i>Aucuba japonica</i> Thunb.	アオキ	葉
SPU-233	<i>Gossypium nanking</i> Meyen	ワタ	葉
SPU-234	<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	ケナフ	葉
SPU-235	<i>Epimedium cremeum</i> Nakai	キハ [◦] ナイカリソウ	葉
SPU-236	<i>Cornus officinalis</i> Sieb. et Zucc.	サンシュユ	葉
SPU-237	<i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf.	ヘ [◦] チハ [◦] ー	葉
SPU-238	<i>Epimedium sempervirens</i> Nakai	トキワイカリソウ	葉
SPU-239	<i>Hydrangea serrata</i> (Thunb.) Ser.	アマキ [◦] アマチャ	葉
SPU-240	<i>Angelica keiskei</i> Koidz.	アンタハ [◦]	葉
SPU-241	<i>Hydrangea involucrata</i> Sieb.	タマアジ [◦] サイ	葉
SPU-242	<i>Persicaria tinctoria</i> (Ait.) H.Gross	アイ、タテ [◦] アイ	葉
SPU-243	<i>Dioscorea bulbifera</i> L.	ニカ [◦] カシュウ	葉
SPU-244	<i>Rauwolfia serpentina</i> Benth.	イント [◦] シ [◦] ャホ [◦] ク	葉
SPU-245	<i>Helleborus orientalis</i> Lam.	ハルサ [◦] キクリスマスローズ [◦]	葉
SPU-246	<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	スイカス [◦] ラ	葉
SPU-247	<i>Aspidistra elatior</i> Blume	ハラソ	葉

SPU-248	<i>Inula helenium</i> L.	オオク ^レ ルマ	葉
SPU-249	<i>Scrophularia buergeriana</i> Miq.	コ ^レ マノハク ^レ サ	葉
SPU-250	<i>Cnidium monnieri</i> Cusson	オカセ ^レ リ	葉
SPU-251	<i>Aconitum chinense</i> Sieb. ex Paxton)	ハナトリカフ ^レ ト	葉
SPU-252	<i>Dioscorea bulbifera</i> L.f. <i>spontanea</i> Makino et Nemoto	カシュウイモ	葉
SPU-253	<i>Fritillaria verticillata</i> Willd.var. <i>thunbergii</i> Baker	アミカ ^レ サユリ	葉
SPU-254	<i>Astilbe thunbergii</i> (Siebold et Zucc.) Miq. var. <i>congesta</i> H.Boissieu	トリアシショウマ	葉
SPU-255	<i>Cynara scolymus</i> L.	チョウセンアサ ^レ ミ	葉
SPU-256	<i>Collinsonia japonica</i> (Miq.) Harley.	シモハ ^レ シラ	葉
SPU-257	<i>Allium victorialis</i> var. <i>platyphyllum</i> Makino	キョウシャニンシク	葉
SPU-258	<i>Magnolia sieboldii</i> K.Koch <i>ssp.japonica</i> Ueda	オオヤマレンケ ^レ	葉
SPU-259	<i>Aster scaber</i> Thunb.	シラヤマキ ^レ ク	葉
SPU-260	<i>Iris tectorum</i> Maxim.	イチハツ	葉
SPU-261	<i>Pinellia tripartita</i> Schott	オオハンケ ^レ	葉
SPU-262	<i>Sophora flavescens</i> Ait.	クララ	葉
SPU-263	<i>Wollemia nobilis</i> W.G.Jones, K.D.Hill & J.M.Allen	シ ^レ ェラシツクツリー	葉

SPU-264	<i>Thymus quinquecostatus</i> Celak.	イフ ^ク キシ ^ク ヤコウソウ	葉
SPU-265	<i>Asparagus cochinchinensis</i> Merr.	クサスキ ^ク カス ^ク ラ	葉
SPU-267	<i>Hypericum ascyron</i> L.	トモエソウ	葉
SPU-268	<i>Euphorbia neriifolia</i> L.	キリンカク	葉
SPU-269	<i>Linderastrychnifolia</i> F.Vill.	テンタ ^ク イウヤク	葉
SPU-270	<i>Caloscordum inutile</i> (Makino) Okuyama et Kitagawa	ステコ ^ク ヒ ^ク ル	葉
SPU-271	<i>Ardisia japonica</i> Blume (= <i>Bladhia japonica</i>)	ヤフ ^ク コウシ ^ク	葉
SPU-272	<i>Celosia argentea</i> L.	ノケ ^ク イトウ	葉
SPU-273	<i>Strophanthus gratus</i> Franch.	ニオイストロファンツス	葉
SPU-274	<i>Lithospermum erythrorhizon</i> Sieb. et Zucc.	ムラサキ	葉
SPU-275	<i>Artemisia capillaris</i> Thunb.	カララヨモキ ^ク	葉
SPU-276	<i>Stauntonia hexaphylla</i> Decne.	ムヘ ^ク	葉
SPU-277	<i>Acer palmatum</i> Thunberg	イロハモミシ ^ク (タカオモミシ ^ク)	葉
SPU-278	<i>Liriope platyphylla</i> Wang et Tang	ヤフ ^ク ラン	葉
SPU-279	<i>Zanthoxylum bungeanum</i> Maxim.	カホクサ ^ク ンショウ	葉
SPU-280	<i>Magnolia officinalis</i> Rehder & E.H.Wilson var. <i>biloba</i> Rehder&E.H.Wilson	ヤハス ^ク ホオノキ	葉
SPU-281	<i>Taxodium distichum</i> Rich.	ラクウショウ	葉

SPU-282	<i>Pterocarya rhoifolia</i> Sieb.et. Zucc.	サワグルミ	葉
SPU-283	<i>Saururus chinensis</i> Baill.	ハンゲショウ	葉
SPU-284	<i>Brasenia schreberi</i> J.F.Gmel.	シユンサイ	葉
SPU-285	<i>Fraxinus japonica</i> Blume	トネリコ	葉
SPU-286	<i>Antenoron filiforme</i> Robertv.et Vautier (<i>Polygonum filiforme</i> Thunb.	ミスヒキ	葉
SPU-287	<i>Peucedanum japonicum</i> Thunb.	ホタンホウフウ	葉
SPU-288	<i>Petasites japonicus</i> Maxim.	フキ	葉
SPU-289	<i>Phellodendron amurense</i> Rupr.	キハダ	葉
SPU-290	<i>Macleaya cordata</i> R.Br.	タケノクサ	葉
SPU-291	<i>Berberis thunbergii</i> DC.	メギ	葉
SPU-292	<i>Punica granatum</i> L.	ザクロ	葉
SPU-293	<i>Thalictrum minus</i> L var <i>hypoleucum</i> Miq		葉
SPU-294	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	ローズマリー	葉
SPU-295	<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb.var. <i>japonica</i> Nakai	キンミスヒキ	葉
SPU296	<i>Pleuropterus multiflorus</i> (Thunb.) Turcz. (<i>Reynoutria multiflora</i> (Thumb.) Moldenke)	ツルトクダミ	葉
SPU-297	<i>Viburnum erosum</i> Thunb	コハノカマスミ	葉

SPU-298	<i>Liex cornutd Lindl</i>	ヤハ ^レ ネヒイラキ ^ノ モチ	葉
SPU-299	<i>Euonymus japonica Thunb.</i>	マサキ	葉
SPU-300	<i>Viburnvm erosum Thunb.</i>	コハ ^レ ノガ ^レ マス ^ミ	葉
SPU-301	<i>Silene dioica (L.) Clairv.</i>	レット ^ノ キャンピ ^ノ オン	葉
SPU-302	<i>Pieris japonica D. Don</i>	アセビ ^ノ	葉
SPU-303	<i>Clematis teriu folora DC.</i>	ウスハ ^レ ニアオイ	葉
SPU-304	<i>Cotiuns coggygria Scop</i>	レンキ ^ノ ヨウ	葉
SPU-305	<i>Stachys byzantine K.Koch</i>	モナルダ ^ノ (ラムス ^ノ イヤ ^ノ)	葉
SPU-306	<i>Dipsacus japonicus Miq.</i>	ナベ ^ノ ナ	葉
SPU-307	<i>Hypericum erectum</i>	オトキ ^ノ リソウ	葉
SPU-308	<i>Equisetum arvense L.</i>	スキ ^ノ ナ	葉
SPU-309	<i>Saponaria officinalis L.</i>	サホ ^ノ ソウ	葉
SPU-310	<i>Campanula punctata Lam.</i>	ホタルフ ^ノ クロ	葉
SPU-311	<i>Cynara scolymus L.</i>	センニソウ	葉
SPU-312	<i>Lycium chinense Mill.</i>	スモークツリー	葉
SPU-313	<i>Stachys buygantina K. Koch</i>	ラムス ^ノ イヤ ^ノ	葉
SPU-314	<i>Stachys riederi Cham var. hispidula Hara</i>	イヌゴ ^ノ マ	葉
SPU-315	<i>Quercus acuta Thunb.</i>	アカカ ^ノ シ	葉

SPU-316	<i>Cedrus deodara</i> Loud.	ヒマラヤスキ	葉
SPU-317	<i>Styrax japonica</i> Sieb. et Zucc.	エコノキ	葉
SPU-318	<i>Euphorbia tirucalii</i> L.	アオサソコ	葉
SPU-319	<i>Cynara scolymus</i> L.	チョウセンアサミ	葉
SPU-320	<i>Lycium chinense</i> Mill.	クコ	葉
SPU-321	<i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i> (Trevir.) Vis.	シロハナムシヨケキク	葉
SPU-322	<i>Rpeum rhaponticum</i> L.	ルハーフ	葉
SPU-323	<i>Myrtus communis</i> L.	キンハヱイカ	葉
SPU-324	<i>Ruta graveolens</i> L.	ヘンルーダ	葉
SPU-325	<i>Thymus vulgaris</i> L.	タチシヤコウソウ	葉
SPU-326	<i>Aralia cordata</i> Thunb.	ウト	葉
SPU-327	<i>Plantago asiatica</i> L.	オオハコ	葉
SPU-328	<i>Stauntonia hexaphylla</i> Decne.	ムヘ	葉
SPU-329	<i>Alnus japonica</i> Steud.	ハンノキ	葉
SPU-330	<i>Solidago virgiala</i> L. subsp. <i>asiatica</i> Kitamura	アキノキリンソウ	葉
SPU-331	<i>Vincetoxicum sublancheolatum</i> (Miq.) Maxim. var. <i>sublancheolatum</i> (シノニム : <i>Cynanchum</i> <i>sublancheolatum</i> (Miq.) Matsum.)	コハノカモメツル	葉

SPU-332	<i>Isoetes japonica</i> A.Br.	ミスヅニラ	葉
SPU-333	<i>Collinsonia japonica</i> (Miq.) Harley.	シモハシラ	葉
SPU-334	<i>Ardisia japonica</i> (Thunb.) Blume	ヤブコウソウ	葉
SPU-335	<i>Plantago asiatica</i> L var. <i>densiuscula</i> Pilg.	オオハコ	葉
SPU-336	<i>Symplocarpus renifolius</i> Schott ex Tzvelev	サセソウ	葉
SPU-337	<i>Geranium thunbergii</i> Sieb. et Zucc.	ゲンシヨウコ	葉
SPU-338	<i>Fraxinus japonica</i> Blume	トネリコ	葉
SPU-339	<i>Saururus cernuus</i> L.	アメリカハンゲショウ	葉
SPU-340	<i>Viburnum opulus</i> L. var. <i>roseum</i> L. ssp. <i>calvescens</i> Sugimoto form.	テマリカンボク	葉
SPU-341	<i>Coptis japonica</i> (Thunb.) Makino var. <i>major</i> (Miq.) Satake.	セリハオウレン	葉 、
SPU-342	<i>Uncaria rhynchophylla</i> Miq.	カギカスラ	葉
SPU-343	<i>Angelica anomala</i> Lallem.	エゾノヨロイグサ	葉
SPU-344	<i>Symplocarpus foetidus</i> Nutt. var. <i>latissimus</i> Hara.	サセソウ	葉
SPU-345	<i>Juncus decipiens</i> Nakai	イクサ	葉
SPU-346	<i>Eupatorium fortunei</i> Turcz.	フシハカマ	葉
SPU-347	<i>Salvia nipponica</i> Miq.	キハナアキギリ	葉

SPU-348	<i>Chrysanthemum makinoi</i> Matsum. ex Nakai	リュウノウギク	葉
SPU-349	<i>Geum japonicum</i> Thunb.	タデイコンソウ	葉
SPU-350	<i>Amsonia elliptica</i> Roem. et Schult.	チョウジソウ	葉
SPU-351	<i>Kaempferia parviflora</i> Wall. Ex. Baker	クラチャイタム	葉
SPU-352	<i>Angelica keiskei</i> Koidz.	アンタハ	葉
SPU-353	<i>Lindera strychnifolia</i> Lindera	テンタデイウヤク	葉
SPU-354	<i>Euonymus alatus</i> Sieb.	ニシキギ	葉
SPU-355	<i>Machilus thunbergii</i> Sieb. et Zucc.	タブノキ	葉
SPU-356	<i>Cinnamomum sieboldii</i> Meisn. (<i>C. loureirii</i> Nees)	ニッケイ	葉
SPU-357	<i>Pieris japonica</i> D. Don	アセビ	葉
SPU-358	<i>Juniperus chinensis</i> L. var. <i>kaizuka</i> Nakai	カイスカイフギ	葉
SPU-359	<i>Diospyros japonica</i> Sieb. et Zucc. (<i>D. lotus</i> L.)	ママガキ	葉
SPU-360	<i>Litsea citriodora</i> Hatusima (<i>L. cubeba</i>)	アオモシ	葉
SPU-361	<i>Arachis hypogaea</i> L.	ラッカセイ(ナンキンマメ)	葉
SPU-362	<i>Scaevola frutescens</i> Krause (<i>S. sericea</i> Vahl.)	クサトヘラ	葉
SPU-363	<i>Davidia involucrata</i> Baill.	ハンカチノキ	葉
SPU-364	<i>Magnolia salicifolia</i> Maxim.	タムシハ	葉
SPU-365	<i>Prunus jamasakura</i> Sieb.	ヤマサクラ	葉

SPU-366	<i>Catalpa ovata</i> G.Don	キササゲ	葉
SPU-367	<i>Cynara scolymus</i> L.	チョウセンアサミ	葉
SPU-368	<i>Cymbopogon citratus</i> Stapf.	レモングラス	葉
SPU-369	<i>Coptis trifolia</i> (L.) Salisb.	ミツハオウレン	葉
SPU-370	<i>Taxus cuspidata</i> Sieb.et Zucc.var. <i>nana</i> Rehd.	キアラホク	葉
SPU-371	<i>Sinomenium acutum</i> Rehder et Wills. (<i>S. diversifolium</i> Diels)	オオツツラフシ	葉
SPU-372	<i>Prunus zippeliana</i> Miq.	ハクチノキ (ヒラシユ)	葉

第 5 節 サンドイッチ法による薬用植物の検索結果

昭和薬科大学薬用植物園で採取した全植物 372 種のアレロパシー活性をサンドイッチ法で検定した。重複して採取したものがあったので、全植物数は 324 種であった。重複したものについては、その平均値を求めた。検定結果を、表 2 - 1 から表 2 - 11 に、10mg および 50mg の植物を使って検定したときの結果を示す。なおこれらの表では、便宜上 50mg の幼根伸長阻害活性の強い順に並べている。表の中で、R は Radicle の意味で、幼根伸長率を、H は hypocotyl の意味で下胚軸伸長率を示す。表中の数字は、幼根あるいは下胚軸の伸長率を対照区に対する % として表しており、値が小さいほど、伸長が抑制されていること、すなわち阻害活性が強いことを示している。

表 2 - 1 サンドイッチ法の結果（阻害率 1 位から 30 位まで）

学名	R- 10mg	H- 10mg	R- 50mg	H- 50mg
<i>Tamarindus indica</i> L.	7	15	0	0
<i>Artabotrys uncinatus</i> (Lam.) Merr.	30	76	7	33
<i>Tamarindus indica</i> L.	40	76	7	15
<i>Zingiber officinale</i> Rosc.	54	105	8	27
<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	27	79	8	16
<i>Liriope platyphylla</i> Wang et Tang	8	17	9	15
<i>Polygala senega</i> L. var. <i>latifolia</i> Torr. et Gray	47	82	10	45
<i>Taxodium distichum</i> Rich.	12	29	10	26
<i>Acacia catechu</i> Willd.	21	40	10	16
<i>Wollemia nobilis</i> W.G.Jones, K.D.Hill& J.M.Allen	27	78	11	61
<i>Elaeocarpus sylvestris</i> Poir. var. <i>ellipticus</i> Hara	24	82	12	48
<i>Ranunculus cantoniensis</i> DC.	47	103	13	74
<i>Berberis thunbergii</i> DC.	39	82	13	39

<i>Momordica cochinchinensis</i> (Lour.)	33	75	13	55
K. Spreng.				
<i>Datura stramonium</i> var. <i>inermis</i>	55	121	13	73
<i>Geranium thunbergii</i> Sieb. et Zucc.	36	82	14	63
<i>Cestrum nocturnum</i> L.	43	78	14	57
<i>Piper longum</i> L.	47	73	15	53
<i>Bixa orellana</i> L.	38	91	15	51
<i>Celosia argentea</i> L.	48	110	15	65
<i>Silene dioica</i> (L.) Clairv.	76	71	15	17
<i>Santalum album</i> L.	29	65	16	53
<i>Tribulus terrestris</i> L.	22	77	17	59
<i>Crataeva religiosa</i> G.Forst.	40	79	17	48
<i>Datura stramonium</i> L.	50	116	17	74
<i>Datura metel</i> L.	54	121	17	69
<i>Ranunculus japonicus</i> Thunb.	64	103	17	45
<i>Sophora japonica</i> (L) Schott	41	76	17	38
<i>Melia azedarach</i> L. var. <i>toosendan</i>	54	65	17	22
Makino				
<i>Perilla frutescens</i> var. <i>crispa</i>	26	51	17	52

表 2-2 サンドイッチ法の結果 (阻害率 31 位から 60 位まで)

学名	R-	H-	R-	H-
	10mg	10mg	50mg	50mg
<i>Apios americana</i> Medic.	63	111	17	71
<i>Malpighia glabra</i> L.	40	86	18	73
<i>Cnidium monnieri</i> Cusson	54	95	18	51
<i>Amomum subulatum</i> Roxb.	51	94	18	46
<i>Datura metel</i> L.	65	110	19	40
<i>Arctium lappa</i> L.	28	96	19	80
<i>Eucommia ulmoides</i> Oliv.	89	101	19	74
<i>Pimenta racemosa</i> J.W.Moore	71	75	20	38
<i>Lycium chinense</i> Mill	28	66	20	61
<i>Terminalia bellirica</i> (Gaertn.) Roxb.	54	105	21	85
<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart.) Standley	56	106	21	70
<i>Cephaelis ipecacuanha</i> A.Richard	47	95	21	59
<i>Fritillaria verticillata</i> Willd. var.	51	93	21	75
<i>Digitalis purpurea</i>	51	107	22	53
<i>Verbena officinalis</i> L.	60	79	23	82

<i>Astragalus membranaceus</i> (Fisch.)	41	113	23	93
Bunge.				
<i>Piper kadsura</i> Ohwi	45	105	23	69
<i>Artemisia capillaris</i> Thunb.	78	100	23	46
<i>Abrus precatorius</i> L.	91	90	24	64
<i>Trichosanthes anguina</i> L	38	94	24	79
<i>Trichosanthes bracteata</i> Voigt	53	90	24	84
<i>Paeonia lactiflora</i> Pallas	46	84	24	79
<i>Eulophia macrobulbon</i> Hook.f.	31	87	24	70
<i>Oenothera tetraptera</i> Cav.	52	115	24	95
<i>Strobilanthes flaccidifolius</i> Nees	58	112	25	92
<i>Sauropus androgynus</i> Merr.	41	87	25	67
<i>Geranium thunbergii</i> Sieb. et Zucc.	55	85	25	68
<i>Curcuma longa</i> L.	47	80	25	65
<i>Astragalus membranaceus</i> (Fisch.)	42	88	26	95
Bunge.				
<i>Spilanthes acmella</i> (L.) Murr.	54	88	26	49

表 2-3 サンドイッチ法の結果（阻害率 61 位から 90 位まで）

学名	R-	H-	R-	H-
	10mg	10mg	50mg	50mg
<i>Chelidonium majus</i> L.	80	114	27	81
<i>Ardisia elliptica</i> Bedd.	82	107	27	63
<i>Spilanthes acmella</i> (L.) Murr.	54	84	27	41
<i>Ampelopsis japonica</i> Makino	59	108	27	89
<i>Tetragonia tetragonoides</i> O. Kuntze	86	140	27	102
<i>Pleuropterus multiflorum</i> Turcz.	82	114	28	62
<i>Plantago psyllium</i> L.	77	107	28	65
<i>Ephedra</i> sp.	29	89	28	73
<i>Sinomenium acutum</i> Rehder et Wills.	64	114	28	67
<i>Aspidistra elatior</i> Blume	63	99	28	69
<i>Calophyllum inophyllum</i> L.	81	113	28	84
<i>Symplocarpus foetidus</i> Nutt. var.	64	97	28	60
<i>Ricinus communis</i> L.	63	95	28	57
<i>Argemone mexicana</i> L.	55	100	29	84
<i>Lithospermum erythrorhizon</i> Sieb. et Zucc.	85	106	29	96

<i>Psidium cattleianum</i> Sabine var.	73	117	29	73
<i>Cinnamomum cassia</i> Blume	71	110	29	79
<i>Lucuma nervosa</i> A.DC.	60	103	29	65
<i>Strophanthus gratus</i> Franch.	76	89	30	69
<i>Angelica keiskei</i> Koidz.	94	166	30	101
<i>Lawsonia inermis</i> L.	40	71	31	75
<i>Hyoscyamus niger</i> L.	34	82	31	71
<i>Adenophora triphylla</i> A.DC. var.	61	93	32	95
<i>Zingiber officinale</i> Rosc.	74	111	32	93
<i>Lippia dulcis</i> Trevir.	74	133	32	89
<i>Geranium thunbergii</i> Sieb. et Zucc.	88	99	32	67
<i>Styrax japonica</i> Sieb. et Zucc.	68	87	32	76
<i>Pleuropterus multiflorum</i> Turcz.	65	91	32	75
<i>Hibiscus manihot</i> L.	71	98	32	91
<i>Sterculia nobilis</i> Sm.	41	98	33	99

表 2-4 サンドイッチ法の結果（阻害率 91 位から 120 位まで）

学名	R-	H-	R-	H-
	10mg	10mg	50mg	50mg
<i>Euphorbia neriifolia</i> L.	56	107	33	106
<i>Hymenaea courbarii</i> L.	72	93	33	54
<i>Dipsacus japonicus</i> Miq.	96	94	33	70
<i>Cinnamomum cassia</i> Blume	75	124	33	83
<i>Terminalia chebula</i> Rez.	46	69	33	65
<i>Euphorbia millii</i> Des Moul.	83	116	33	108
<i>Celosia argentea</i> L.	82	115	34	93
<i>Asparagus cochinchinensis</i> Merr.	73	122	34	90
<i>Bistorta</i> sp.	68	123	35	100
<i>Sapindaceae</i>	93	96	35	61
<i>Theobroma grandiflorum</i> (G. Don) K. Schum.	86	110	35	98
<i>Rauwolfia serpentina</i> Benth.	68	126	35	99
<i>Dichroa febrifuga</i> Lour.	73	102	36	86
<i>Dioscorea bulbifera</i> L. f.	71	114	36	95
<i>Myrciaria cauliflora</i> Berg.	75	100	37	77

<i>Cedrus deodara</i> Loud.	56	68	37	76
<i>Illicium verum</i> Hook.f.	72	96	37	56
<i>Pinellia tripartita</i> Schott	67	115	37	92
<i>Hydrangea involucrata</i> Sieb.	75	138	37	112
<i>Murraya paniculata</i> Jack	68	120	38	91
<i>Metaplexis japonica</i> Makino	71	112	38	101
<i>Chelidonium majus</i> L.	80	99	39	90
<i>Aconitum chinense</i> Sieb. ex Paxton	71	106	39	103
<i>Agastache foeniculum</i> (Pursh) Kuntze	74	100	39	82
<i>Artabotrys uncinatus</i> (Lam.) Merr.	78	89	40	93
<i>Manihot utilissima</i> Pohl	66	101	40	96
<i>Glehnia littoralis</i> Fr.Schm.	78	112	40	81
<i>Dioscorea bulbifera</i> L.	78	147	41	120
<i>Achras sapota</i> L.	83	117	41	90
<i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf	97	135	41	121

表 2-5 サンドイッチ法の結果 (阻害率 121 位から 150 位まで)

学名	R-	H-	R-	H-
	10mg	10mg	50mg	50mg
<i>Sizygium cumini</i> Skeels	48	86	41	86
<i>Eupatorium fortunei</i> Turcz.	84	109	42	95
<i>Clematis teriu folora</i> DC	84	117	42	92
<i>Averrhoa carambola</i> L.	90	107	42	88
<i>Apios americana</i> Medic.	83	102	42	79
<i>Leonurus japonicus</i> Houtt.	69	93	42	63
<i>Aquilaria sinensis</i> Gilg	75	99	42	93
<i>Plumeria rubra</i> L.	95	113	42	95
<i>Euonymus alatus</i> Sieb.	105	140	43	105
<i>Piper nigrum</i> L.	56	108	43	101
<i>Lycium chinense</i> Mill.	92	125	43	104
<i>Epimedium sempervirens</i> Nakai	97	129	43	108
<i>Ervatamia pandacaqui</i> Pichon	56	110	43	105
<i>Spilanthes acmella</i> (L.) Murr.	63	95	44	87
<i>Aster tataricus</i> L.	100	99	44	51
<i>Podophyllum peltatum</i> L.	76	86	44	91

<i>Inula helenium</i> L.	76	109	44	109
<i>Akebia quinata</i> Decne.	87	137	45	102
<i>Derris malaccensis</i> Prain	78	91	45	110
<i>Valeriana fauriei</i> Briq.	81	133	45	96
<i>Alnus japonica</i> Steud.	83	129	45	92
<i>Ephedra distachya</i> L.	45	88	45	81
<i>Eugenia uniflora</i> L.	85	106	45	105
<i>Adiantum trapeziforme</i> L.	90	117	45	95
<i>Aristolochia debilis</i> Sieb. et	66	98	45	91
<i>Piper nigrum</i> L.	73	94	46	88
<i>Croton sublyratus</i> Kurz	96	133	46	106
<i>Ceiba pentandra</i>	99	121	46	114
<i>Angelica dahurica</i> Benth. et Hook. f.	83	132	46	104
<i>Alocasia odora</i> (Lodd.) Spach	80	127	46	113

表 2-6 サンドイッチ法の結果（阻害率 151 位から 180 位まで）

学名	R-	H-	R-	H-
	10mg	10mg	50mg	50mg
<i>Rivina humilis</i> L.	82	98	47	110
<i>Ceiba</i> sp.	85	101	47	99
<i>Bauhinia racemosa</i> Lam.	80	107	47	100
<i>Pongamia pinnata</i> Merr.	90	111	48	102
<i>Cocculus trilobus</i> A.P.De Candole	76	122	48	111
<i>Ceiba pentandra</i> Gaertn.	97	131	48	106
<i>Saraca indica</i> L.	99	102	48	80
<i>symplocarpus renifolius</i> schott ex miq	97	126	48	97
<i>Myrtus communis</i> L.	66	86	48	103
<i>Eucommia ulmoides</i> Oliv.	99	141	49	89
<i>Humulus lupulus</i> L.	83	125	49	93
<i>Croton sublyratus</i> Kurz	86	141	49	115
<i>Angelica acutiloba</i> Kitagawa	96	126	49	89
<i>Thalic tnum mimus</i> L var hypoleucum miq	87	125	49	90
<i>Curcuma zedoaria</i> Rosc.	72	104	50	71

<i>Hernandia sonora</i> L.	84	106	50	98
<i>Cinnamomum cassia</i> Blume	114	100	50	79
<i>Astilbe Thunbergii</i> var. <i>congesta</i>	79	123	50	100
<i>Ceratonia siliqua</i> L.	95	105	50	64
<i>Allium victorialis</i> var.	75	105	51	103
<i>Cornus officinalis</i> Sieb. et Zucc.	87	114	51	94
<i>Acer palmatum</i> Thunb. var. <i>palmatum</i>	69	98	51	84
<i>Nicotiana glauca</i> Graham	70	111	51	93
<i>Collinsonia japonica</i> (Miq.) Harley	85	113	52	101
<i>Richardella dulcifica</i>	72	99	52	94
<i>Geum japonicum</i> Thunb.	99	119	52	105
<i>Thymus quinquecostatus</i> Celak.	87	137	53	95
<i>Clivia nobilis</i> Lindl.	73	105	53	97
<i>Chrysanthemum makinoi</i> Matsum. ex Nakai	76	110	53	104
<i>Juncus decipiens</i> Nakai	117	128	54	91

表 2-7 サンドイッチ法の結果（阻害率 181 位から 210 位まで）

Name	R-	H-	R-	H-
	10mg	10mg	50mg	50mg
<i>Helleborus orientalis</i> Lam.	98	127	54	66
<i>Macleaya cordata</i> R.Br.	82	108	54	83
<i>Brasenia schreberi</i> J.F.Gmel.	95	115	54	72
<i>Actinidia deliciosa</i> C.F.Liang.	75	107	54	108
<i>Sterculia balanhus</i> L.	85	97	54	90
<i>Pongamia pinnata</i> Merr.	86	115	54	101
<i>Caloscordum inutile</i> (Makino)	83	122	54	93
<i>Bistorta vulgaris</i> Hill.	80	117	54	108
<i>Sophora flavescens</i> Ait.	88	115	54	114
<i>Plantago asiatica</i> L. var.	87	102	55	80
<i>Petasites japonicus</i> Maxim.	101	131	55	118
<i>Gossypium nanking</i> Meyen	80	107	55	117
<i>Zanthoxylum bungeanum</i> Maxim.	85	118	55	83
<i>Peucedanum japonicum</i> Thunb.	95	128	55	102
<i>Strophanthus gratus</i> Franch.	92	117	55	105
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> Nees	88	108	55	98

<i>Terminalia chebula</i> Rez.	88	101	55	75
<i>Antenoron filiforme</i> Robertv. et Vautier	82	109	56	95
<i>Inga edulis</i> Mart.	96	106	56	93
<i>Angelica anomala</i> Lallemand.	104	131	56	99
<i>Hydrangea serrata</i> Ser. var. <i>angustata</i> Ohba	97	148	56	133
<i>Platycodon grandiflorum</i> A.DC.	92	115	57	103
<i>Cananga odorata</i> var. <i>fruticosa</i>	66	89	57	94
<i>Thymus quinquecostatus</i> Celak.	88	123	57	101
<i>Hemigraphis okamotoi</i> Masam.	95	108	58	114
<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	72	102	58	85
<i>Amsonia elliptica</i> Roem. et Schult.	108	128	58	89
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	85	103	58	98
<i>Hypericum ascyron</i> L.	79	94	59	91
<i>Cynara scolymus</i> L.	84	112	59	87

表 2-8 サンドイッチ法の結果（阻害率 211 位から 240 位まで）

学名	R-	H-	R-	H-
	10mg	10mg	50mg	50mg
<i>Ardisia japonica</i> Blume	75	106	59	96
<i>Mentha piperita</i> L.	83	102	59	93
<i>Celastrus orbiculatus</i> Thunb.	88	107	59	92
<i>Solidago virgaurea</i> L.	85	122	59	108
<i>Angelica acutiloba</i> Kitagawa	104	136	59	112
<i>Rhoeo discolor</i> Hance	89	94	60	81
<i>Pyrrhosia adnascens</i> (Sw.) Ching	81	100	60	102
<i>Digitalis lanata</i> Ehrh.	99	105	60	84
<i>Persicaria tinctoria</i> (Ait.) H.Gross	95	142	60	122
<i>Myrciaria cauliflora</i> Berg.	81	100	61	91
<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	93	94	61	92
<i>Rpeum rhaponticum</i> L.	121	127	61	104
<i>Uncaria rhynchophylla</i> Miq.	118	147	61	122
<i>Phellodendron amurense</i> Rupr.	87	118	61	86
<i>Tapeinochilos ananassae</i> (Hassk.) K.Schum.	96	132	62	99
<i>Lindera strychnifolia</i> F.Vill.	94	110	62	97

<i>Croton sublyratus</i> Kurz	90	120	62	107
<i>Angelica acutiloba</i> Kitagawa	81	112	62	92
<i>Barringtonia racemosa</i> Bl.	86	111	62	110
<i>Atractylodes chinensis</i> Koidz.	95	100	62	57
<i>Tectona grandis</i> L.f.	82	114	63	110
<i>Cocculus trilobus</i> A.P.De Candolle	86	107	63	90
<i>Atractylodes japonica</i> Koidzumi	105	133	63	108
<i>Collinsonia japonica</i> (Miq.) Harley	91	110	63	116
<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. var. <i>japonica</i> Nakai	96	111	63	91
<i>Valeriana fauriei</i> Briq.	112	135	64	100
<i>Coptis japonica</i> Makino var. <i>major</i> Satake	84	104	64	98
<i>Shorea robusta</i> C.F.Gaertn.	97	107	64	110
<i>Viburnum opulus</i> L. var. <i>roseum</i> L. ssp.	124	114	64	85
<i>Tinospora tuberculata</i> Beumee (T. <i>crispa</i> Miers)	94	117	64	104

表 2-9 サンドイッチ法の結果（阻害率 241 位から 270 位まで）

Name	R-	H-	R-	H-
	10mg	10mg	50mg	50mg
<i>Annona muricata</i> L.	100	124	65	114
<i>Rabdosia japonica</i> Hara	88	111	65	101
<i>Cyperus rotundus</i> L.	95	109	67	117
<i>Viburnum erosum</i> thunb	96	115	67	94
<i>Saponaria officinalis</i> L.	80	108	67	102
<i>Trachelospermum asiaticum</i> Nakai var.	86	114	67	125
<i>Epimedium cremeum</i> Nakai	105	138	68	119
<i>Dendrobium</i> sp.	85	120	68	102
<i>Aristolochia debilis</i> Sieb. et Zucc.	90	109	68	115
<i>Chrysanthemum makinoi</i> Matsum. ex Nakai	106	132	68	90
<i>Cotinus coggygria</i> scop	92	108	68	111
<i>Stachysriederi</i> cham var hispidula Hara	98	101	68	90
<i>Rhoeo discolor</i> Hance	80	123	68	127
<i>Litsea citriodora</i> Hatusima	124	133	69	91
<i>Syzygium samarangens</i> Merr. et Perry	103	113	69	100
<i>Punica granatum</i> L.	88	109	70	78

<i>Hedychium coronarium</i> Koen.	91	92	70	80
<i>Berchemiella berchemiifolia</i> (Makino) Nakai	91	98	70	80
<i>Kaempferia parviflora</i>	109	140	70	129
<i>Strophanthus gratus</i> Franch.	127	136	71	113
<i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i> Vis.	104	112	71	117
<i>Angelica keiskei</i> Koidz.	108	132	72	133
<i>Isoetes japonica</i> A.Br.	118	126	73	118
<i>Tacca chantrieri</i> Andre	95	113	73	115
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	108	123	74	95
<i>Saururus chinensis</i> Baill.	96	123	74	88
<i>Ardisia japonica</i> (Thunb.) Blume	113	142	74	129
<i>Thymus vulgaris</i> L.	131	122	74	118
<i>Alpinia katsumadai</i> Hayata	95	111	74	102
<i>Coffea arabica</i> L.	55	95	74	115

表 2-10 サンドイッチ法の結果（阻害率 271 位から 300 位まで）

学名	R-	H-	R-	H-
	10mg	10mg	50mg	50mg
<i>Theobroma cacao</i> L.	89	99	74	108
<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	112	142	75	133
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	108	140	75	111
<i>Scrophularia ningpoensis</i> Hemsley	101	120	75	100
<i>Thymus quinquecostatus</i> Celak.	103	109	75	81
<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge	84	99	75	108
<i>Cynara scolymus</i> L.	99	127	76	114
<i>Ligusticum sinense</i> Oliver	86	119	76	114
<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	87	103	76	94
<i>Asimina triloba</i> Dunal	110	134	76	111
<i>Ficus religiosa</i> L.	111	148	76	136
<i>Epimedium sagittatum</i> Maxim.	82	100	77	107
<i>Viburnum erosum</i> thunb	98	103	77	74
<i>Cinnamomum burmanni</i> Bl.	114	118	80	107
<i>Derris elliptica</i> Benth.	91	113	81	108
<i>Lippia dulcis</i> Trevir.	86	94	81	109

<i>Adiantum trapeziforme</i> L.	94	107	82	120
<i>Clitoria ternatea</i> L.	109	115	82	119
<i>Salvia nipponica</i> Miq	118	138	83	110
<i>Hypericum erectum</i> Thunb. var. <i>erectum</i>	113	110	84	106
<i>Cynara scolymus</i> L.	117	115	84	117
<i>Plantago asiatica</i> L. var.	94	107	84	120
<i>Quercus acuta</i> Thunb.	108	115	84	96
<i>Alpinia officinarum</i> Hance	88	106	85	113
<i>Rabdosia japonica</i> Hara	98	106	85	100
<i>Euphorbia tirucalii</i> L.	125	124	86	109
<i>Eucommia ulmoides</i> Oliv.	118	147	86	137
<i>Equisetum arvense</i> L.	110	115	87	119
<i>Atractylodes japonica</i> Koidzumi	93	121	87	142
<i>Macadamia integrifolia</i> Maiden et Betche	88	108	87	111

表 2-11 サンドイッチ法の結果（阻害率 301 位から 324 位まで）

学名	R-	H-	R-	H-
	10mg	10mg	50mg	50mg
<i>Hymenaea courbarii</i> L.	102	114	88	120
<i>Pterocarya rhoifolia</i> Sieb. et. Zucc.	116	121	88	109
<i>Dianella ensifolia</i> (L.) DC.	84	126	89	118
<i>Saururus cernuus</i> L.	116	137	90	114
<i>Cinnamomum daphnoides</i> Sieb. et Zucc.	117	120	90	110
<i>Stauntonia hexaphylla</i> Decne.	107	124	90	101
<i>Psidium guajava</i> L.	91	101	91	111
<i>Magnolia officinalis</i> Rehder & E.H.Wilson	96	113	91	114
<i>Coptis japonica</i> Makino var. major Satake	134	126	92	102
<i>Petasites japonicus</i> Maxim.	103	112	92	84
<i>Fraxinus japonica</i> Blume	107	120	92	90
<i>Morinda citrifolia</i> L.	111	119	95	106
<i>Stachys buygantina</i> K. Koch	133	124	96	94
<i>Diospyros japonica</i> Sieb. et Zucc.(<i>D. lotus</i> L.)	118	132	96	125
<i>Machilus thunbergii</i> Sieb. et Zucc.	123	134	96	116
<i>Stauntonia hexaphylla</i> Decne.	110	123	97	119

<i>Epimedium sagittatum</i> Maxim.	107	121	97	143
<i>Rosmainus offianalis</i> L.	118	144	97	116
<i>Theobroma cacao</i> L.	95	94	97	106
<i>Aucuba japonica</i> Thunb.	103	130	97	135
<i>Aloe africana</i> Miller	99	102	98	114
<i>Aster scaber</i> Thunb.	102	107	100	105
<i>Fraxinus japonica</i> Blume	135	124	103	129
<i>Pieris japonica</i> D. Don	100	112	103	106

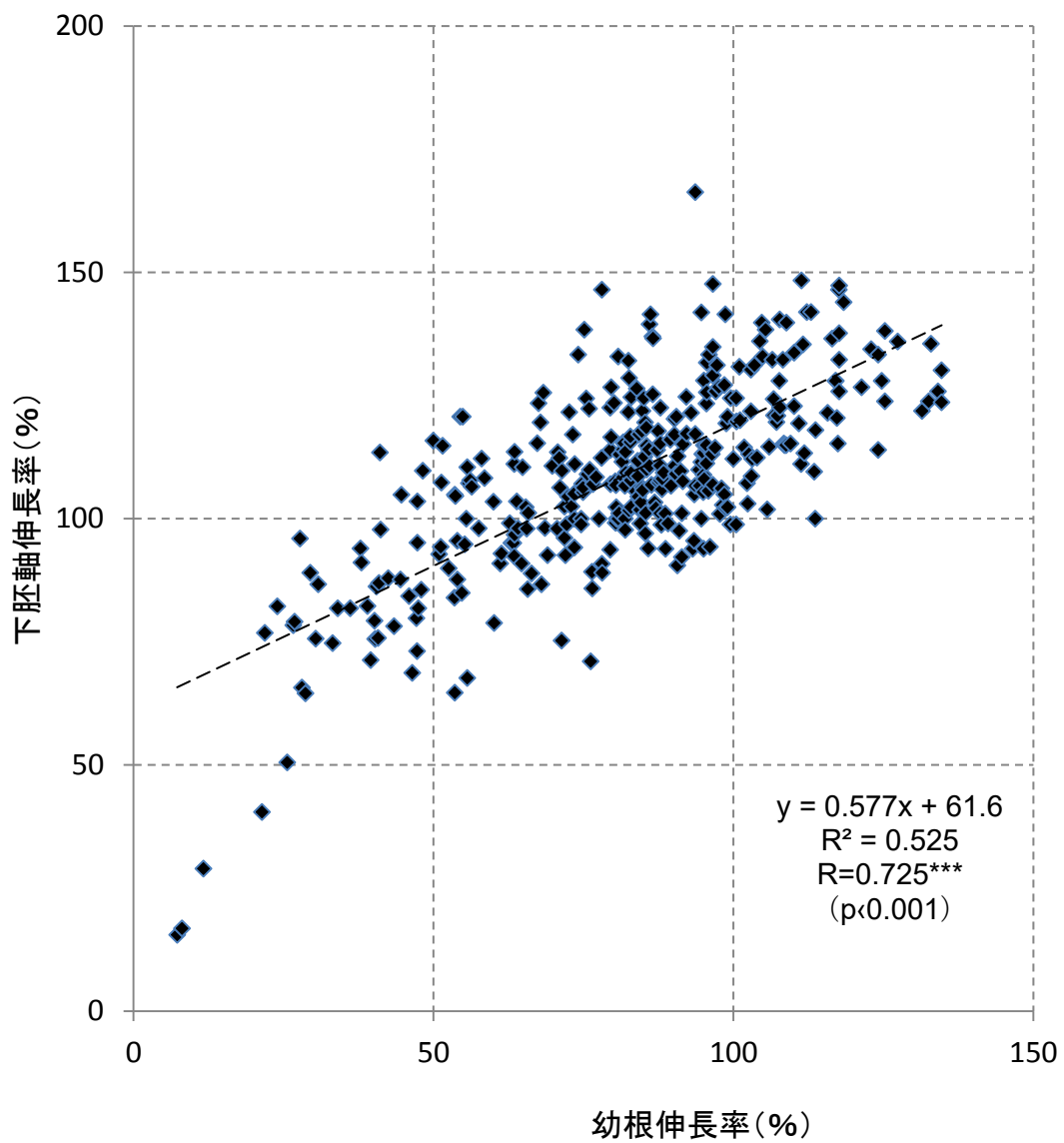


図 2-4 サンドイッチ法で求めた幼根伸長率と下胚軸伸長率
の関係

図 2-4 にサンドイッチ法で求めた全データの幼根伸長率と下胚軸伸長率の関係を図示した。両者の間には高い正の相関(0.1%水準で有意)があった。このような関係はこれまでのサンドイッチ法の検定においても認められている (Fujii ら、2003)。

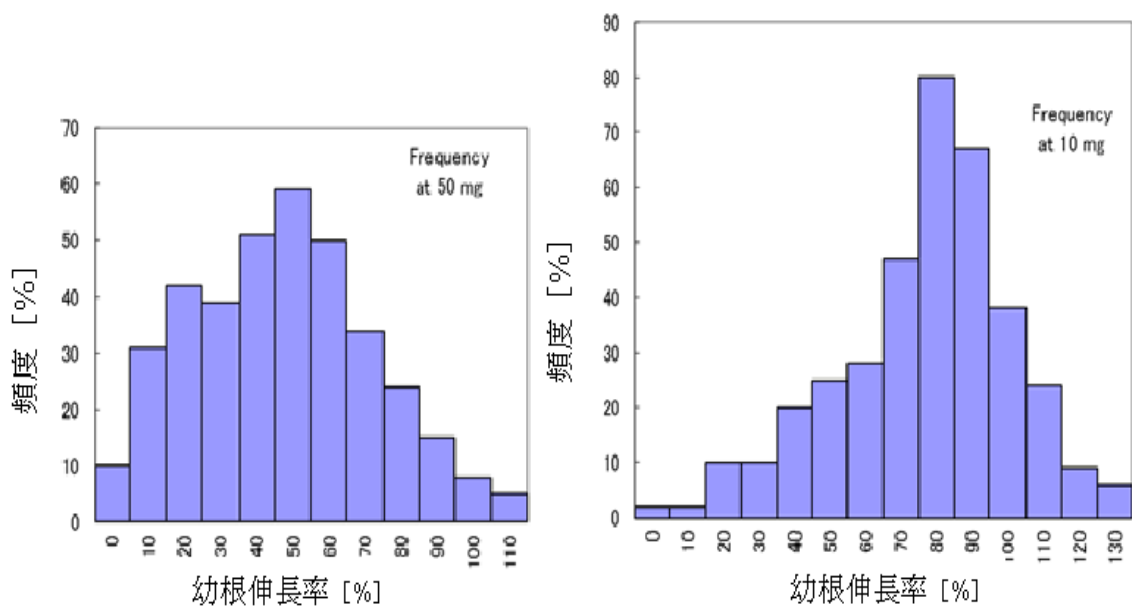


図 2-5 サンドイッチ法の検索結果の分布

図 2-5 は、324 薬用植物のサンドイッチ法の検定結果が正規分布する

かどうかを調べた結果である。左の図は 50m g での検定結果であるが、正規分布には従わなかった。右の図は、10m g での検定結果であるが、この結果は、正規分布に従い、1%水準で有意であった。

50m g の結果では、阻害活性の強いものが出過ぎて正規分布しなかったものと考えられる。一方、10m g のデータは、正規分布し、活性が本当に強いものを選抜することができると考えられる。

そこで、10mg で検定した結果がより信頼度が高いと考え、10m g のデータで活性の高い、上位 20 位までを選抜した結果を表 2-12 に示す。

表 2-12 サンドイッチ法の結果活性が強い薬用植物の上位 20 位

学名	R-10mg	H-10mg	和名
<i>Tamarindus indica</i> L.	7	15	タマリント ⁶
<i>Liriope platyphylla</i> Wang et Tang	8	17	ヤブ ⁶ ラン
<i>Taxodium distichum</i> Rich.	12	29	ラクウショウ
<i>Acacia catechu</i> Willd.	21	40	アセンヤクノキ
<i>Tribulus terrestris</i> L.	22	77	ハマビ ⁶ シ
<i>Elaeocarpus sylvestris</i> Poir. var.	24	82	ホルトノキ(モカ ⁶ シ)
<i>Perilla frutescens</i> var. <i>crispa</i>	26	51	シソ
<i>Wollemia nobilis</i> W.G.Jones	27	78	シ ⁶ ユラシックツリー
<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	27	79	ケナフ
<i>Arctium lappa</i> L.	28	96	コ ⁶ ホ ⁶ ウ
<i>Lycium chinense</i> Mill	28	66	クコ
<i>Santalum album</i> L.	29	65	ビ ⁶ ヤクダ ⁶ ン
<i>Ephedra</i> sp.	29	89	マオウ
<i>Artabotrys uncinatus</i> (Lam.) Merr.	30	76	アルタホ ⁶ トリス
<i>Eulophia macrobulbon</i> Hook.f.	31	87	タイミンセッコク
<i>Momordica cochinchinensis</i> K. Spreng.	33	75	ナンバ ⁶ ンキカラスウリ

<i>Hyoscyamus niger</i> L.	34	82	ヒヨス
<i>Geranium thunbergii</i> Sieb. et Zucc.	36	82	ゲンノショウコ
<i>Trichosanthes anguina</i> L	38	94	ヘビウリ
<i>Bixa orellana</i> L.	38	91	ベニノキ

324 種の薬用植物のアレロパシー活性をサンドイッチ法により検定した結果、タマリンド (*Tamarindus indica*) の葉が最も高い活性を示した。タマリンドのアレロパシーは既に報告済みであり、クエン酸などの有機酸によるものと報告されている (Parves ら、2000)。

次いでヤブラン (*Liriope platyphylla*) の活性が高く、その成分としてアゼチジン-2-カルボン酸が推定されている (前田ら、2019)。

ラクウショウ (*Taxodium distichum*、ヒノキ科ヌマスギ属) は、生きた化石として知られ、日本列島では中生代 (2 億 5200 万年前～6600 万年前) から新生代の古第三紀・新第三紀 (6600 万年前～260 万年前) にかけての化石として多く発見される。アセンヤクノキ (*Acacia catechu*、マメ科) と、ハマビシ (*Tribulus terrestris*、ハマビシ科) はこれまでにアレロパシーに関する報告があまりなく、有望なアレロケミカルを含む可能性がある。以上の 5 種類の植物が活性の高い植物であった。これらの植物から新たなアレロケミカルが発見される可能性がある。

第3章 ディッシュパック法によるアレロパシー活性の 検索

第1節 はじめに

植物から放出される揮発性物質のアレロパシー経路の中で植物の葉など地上部分から揮発性物質として放出される揮散 (evaporation) (藤井、2000) は、重要な経路の一つである。多くの植物は自然環境に揮発性物質を放出する機会が多い。特に乾燥や半乾燥地域に生育する植物は顕著である。これらの植物が放出する揮発性物質にはそれぞれの生態的な機能には、化学交信、昆虫の誘導や排除などの機能がある (孔ほか、2003)。それらの揮発性物質は同時に周囲の植物に対して抑制作用を引き起こす (Kong et al., 1999)。このような植物の揮発性物質によるアレロパシー現象は古くから観察されていた。例えば、リンゴの木は揮発性物質を放出してジャガイモの発芽を抑制する。Molisch はこのような揮発性物質が多数の植物の成長に対して抑制作用を引き起こす現象を観察している (Molisch、1937)。Muller らの研究では、サルビアの木周囲には生育阻止帯ができ、次第に草原を蚕食してゆくというサルビア現象に注目した。そして、この原因が、サルビアの葉から放出さ

れるテルペン類 によるものであることを報告している (Muller et al., 1964)。また、ユーカリから放出される揮発性物質は強いアレロパシー作用を示すことがオーストラリアの研究で確認されている (Willis, 1999)。

揮発性物質のアレロパシーの事例としては、アメリカ原産のフウチョウソウ科のクレオメ (*Creome spinosa*) から放出される揮発性物質が強い活性を持つことが確認されている。その作用物質を同定した結果、メチルイソチオシアネートであり、ワサビやアブラナ科に含まれるアリルイソチオシアネートの類縁化合物であることが確認された (藤井、2002)。これらの植物から放出される揮発性物質は周囲の植物の発芽や成長を阻害し、自分たちの群落形成や生存をはかるという戦略的意義を持つと推定されている。イスラエルの砂漠生態系には、植物種は少なくであり、年間平均降水量が 100mm 程度の厳しい環境の中で、多くの植物はアレロパシー活性があり、特に先駆植物は顕著なアレロパシー強い活性があることが知られている。

そこで、本研究では、昭和薬科大学で採取した 372 種の薬用植物の中で、においが強かったり、揮発性成分を含むと推定される 139 種を選んでディッシュパック法によりアレロパシー活性を検定した。

第 2 節 揮発性他感物質検定手法（ディッシュパック法）

植物から放出される揮発性物質によるアレロパシーの検定法として、これまでに開発されたディッシュパック法 (Fujii ら、2005) を用いて、揮発性のアレロパシー活性を検定した。

組織培養用 6 穴マルチディッシュのふたにドリルで穴を開け、シリコンゴムセプタムをはめた器具を作成した。左下の穴に、生の植物体の場合は 2 g を、乾燥した葉の場合は 500 m g を切って入れ、その他の穴にはろ紙を敷き、レタス種子を 7 粒入れ、蒸留水 0.7 ml を加えた。ふたをして、容器をテープで密封し、アルミホイルで覆い、25℃の恒温器に置いて、4 日後に幼根長、下胚軸長を測定した。また、標準物質についても一定量を入れたサンプルカップを左下の穴に入れ、同様に検定した。

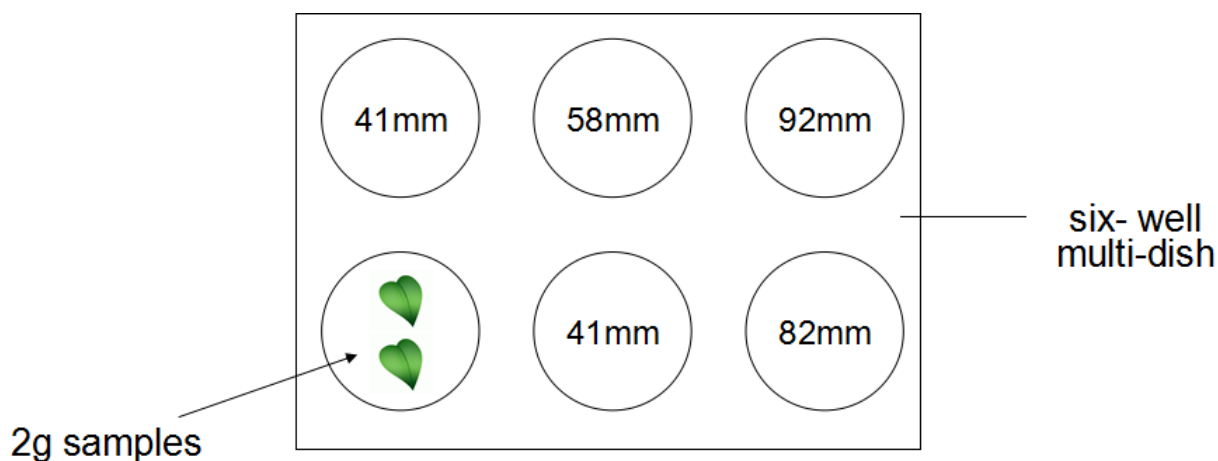


図 3 - 1 ディッシュパック法の要領



図 3 - 2 ディッシュパック法の実験例

処理後 3 日めに、レタスの幼根長、下胚軸長を測定し、薬用植物が添加された位置からの距離（4.1 cm、5.8 cm、8.2 cm、9.2 cm の 4 つの距離）と検定植物の生育阻害の程度を調査した。

ディッシュ内の揮発性物質を検定する場合は、容器内のガスをガスタイトシリンジで 0.5ml 抜き取り、島津製作所 GC-MS、QP-5000 で揮発性物質の種類と濃度を分析した。

第 3 節 研究で使用了た薬用植物

揮発性物質によるアレロパシー活性の検定に用いた植物とその使用部は、第 2 章第 4 節のリスト(表 2 - 1)にある 374 種の植物の中から、においが強かったり、揮発性成分を含むと推定される 139 種を選んで、ディッシュパック法による揮発性物質による活性の検索に用いた。

第4節 デイッシュュパック法における薬用植物の実験結果

139種の薬用植物から放出される揮発性物質によるアレロパシー活性をデイッシュュパック法によって評価した結果を表3-1から表3-5に示す。(%)は、葉からの距離41mmにおける伸長率を示している。

表3-1 デイッシュュパック法の結果（阻害率1位から30位まで）

学名	H (%)	評価	R (%)	評価
<i>Illicium verum</i> Hook.f	0.0	****	0.0	****
<i>Crataeva religiosa</i> G.Forst.	13.8	****	105.0	
<i>Shorea robusta</i> C.F.Gaertn.	65.6	***	109.0	
<i>Artabotrys uncinatus</i> (Lam.) Merr.	68.2	***	101.0	
<i>Sinomenium acutum</i> Rehder et Wills.	68.8	***	101.0	
<i>Cinnamomum cassia</i> Blume	68.9	***	97.0	
<i>Dendrobium</i> sp.	69.7	***	95.0	
<i>Ricinus communis</i> L.	75.3	**	93.0	
<i>Atractylodes chinensis</i> Koidz.	77.2	**	91.0	
<i>Cinnamomum burmannii</i> Bl.	77.3	**	87.0	*
<i>Tabebuia chrysotricha</i> Standley	77.3	**	89.0	*
<i>Piper longum</i> L.	78.2	**	85.0	*

<i>Terminalia bellirica</i> (Gaertn.) Roxb.	78.5	**	83.0	*
<i>Clivia nobilis</i> Lindl.	78.6	**	107.1	
<i>Tinospora tuberculata</i> Beumee	79.5	*	94.3	
<i>Malpighia glabra</i> L.	79.5	**	109.8	
<i>Arctium lappa</i> L.	80.3	*	75.8	**
<i>Podophyllum peltatum</i> L.	80.7	*	84.5	*
<i>Ceiba pentandra</i> Gaertn.	81.8	*	100.6	
<i>Santalum album</i> L.	81.8	*	115.2	
<i>Acacia catechu</i> Willd.	82.7	*	94.0	
<i>Polygala senega</i> L. var. <i>latifolia</i> Torr. et Gray	83.5	*	108.6	
<i>Tectona grandis</i> L.f.	83.9	*	105.0	
<i>Valeriana fauriei</i> Briq.	84.7	*	116.6	
<i>Derris elliptica</i> Benth.	85.1	*	115.1	
<i>Celosia argentea</i> L.	85.5	*	90.4	
<i>Ficus religiosa</i> L.	85.6	*	88.3	*
<i>Croton sublyratus</i> Kurz	86.0	*	95.8	
<i>Eucommia ulmoides</i> Oliv.	87.2	*	108.1	
<i>Achras sapota</i> L.	87.5	*	110.1	

表 3 - 2 デイッシュュパック法の結果（阻害率 31 位から 60 位まで）

学名	H (%)	評価	R (%)	評価
<i>Tapeinochilosananassae</i> (Hassk.)K.Schum.	87.6	*	108.8	
<i>Digitalis lanata</i> Ehrh.	87.7	*	104.8	
<i>Tacca chantrieri</i> Andre	87.8	*	98.8	
<i>Croton sublyratus</i> Kurz	88.3	*	100.1	
<i>Saraca indica</i> L.	89.0		85.0	*
<i>Sterculia balanghus</i> L.	89.2		106.8	
<i>Trichosanthes anguina</i> L	89.3		93.6	
<i>Zingiber officinale</i> Rosc.	89.7		89.5	*
<i>Adenophora triphylla</i> A.DC. var. <i>japonica</i>	90.1		85.4	*
Hara				
<i>Tapeinochilos ananassae</i> K. Schum	90.1		109.3	
<i>Crinum asiaticum</i> L. var. <i>japonicum</i> Baker	90.7		86.7	*
<i>Aquilaria sinensis</i> Gilg	90.7		113.4	
<i>Curcuma longa</i> L.	90.9		92.9	
<i>Plumeria rubra</i> L.	90.9		95.6	
<i>Akebia quinata</i> Decne.	91.5		97.7	
<i>Lucuma nervosa</i> A.DC.	91.7		110.5	

<i>Piper kadzura</i> Ohwi	91.8	110.5	
<i>Angelica acutiloba</i> Kitagawa	92.2	117.1	
<i>Strobilanthes flaccidifolius</i> Nees	92.2	194.0	
<i>Cinnamomum burmanni</i> (Nees & T.Nees) Blume	93.1	96.1	
<i>Alpinia katsumadai</i> Hayata	93.2	104.8	
<i>Scrophularia ningpoensis</i> Hemsley	93.7	101.2	
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	94.0	101.2	
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine var. <i>lucidum</i> Hort.	94.3	94.0	
<i>Murraya paniculata</i> Jack	94.3	97.3	
<i>Pongamia pinnata</i> Merr.	94.5	99.2	
<i>Theobroma cacao</i> L.	94.5	99.9	
<i>Eucommia ulmoides</i> Oliv.	94.6	97.3	
<i>Richardella dulcifica</i> Baehni.	94.8	81.4	*
<i>Derris malaccensis</i> Prain	95.4	73.7	**

表 3 - 3 デイッシュュパック法の結果（阻害率 61 位から 90 位まで）

学名	H (%)	評価	R (%)	評価
<i>Oenothera tetraptera</i> Cav.	95.5		80.4	*
<i>Theobroma cacao</i> L.	95.7		77.4	**
<i>Terminalia chebula</i> Rez.	95.7		106.4	
<i>Richardella dulcifica</i> (Schumacher & Thonn.)	95.8		88.5	*
Baehni				
<i>Morinda citrifolia</i> L.	96.2		75.9	**
<i>Bistorta</i> sp.	96.2		77.4	**
<i>Hedychium coronarium</i> Koen.	96.2		91.5	
<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge	96.7		104.8	
<i>Geranium thunbergii</i> Sieb. et Zucc.	96.7		112.5	
<i>Euodia hupehensis</i> Dode	97.1		90.4	
<i>Astragalus membranaceus</i> (Fisch.) Bunge.	97.1		106.7	
<i>Momordica cochinchinensis</i> (Lour.) K.	98.0		110.6	
Spreng.				
<i>Croton sublyratus</i> Kurz	98.3		101.0	
<i>Cestrum nocturnum</i> L.	98.3		114.4	
<i>Lippia dulcis</i> Trevir.	98.7		97.1	

<i>Melia azedarach</i> L.	98.8	118.6	
<i>Hernandia sonora</i> L.	98.9	102.6	
<i>Datura stramonium</i> var. <i>inermis</i>	98.9	109.0	
<i>Epimedium sagittatum</i> Maxim.	100.0	138.9	
<i>Eugenia uniflora</i> L.	100.0	175.5	
<i>Hibiscus manihot</i> L.	100.6	133.5	
<i>Strophanthus gratus</i> Franch.	101.0	89.7	*
<i>Astragalus membranaceus</i> (Fisch.) Bunge.	101.4	75.0	**
<i>Rhoeo discolor</i> Hance	101.9	89.0	*
<i>Coffea arabica</i> L.	102.3	90.0	
<i>Trichosanthes bracteata</i> Voigt	102.8	121.5	
<i>Myrciaria cauliflora</i> Berg.	103.2	112.7	
<i>Sauropus androgynus</i> Merr.	103.6	122.2	
<i>Pyrrosia adnascens</i> Ching.	104.1	128.8	
<i>Ervatamia pandacaqui</i> Pichon	104.5	113.6	

表 3 - 4 デイッシュュパック法の結果（阻害率 91 位から 120 位まで）

学名	H (%)	評価	R (%)	評価
<i>Datura metel</i> L.	105.0		108.9	
<i>Petasites japonicus</i> Maxim.	105.4		85.2	*
<i>Datura stramonium</i> L.	105.8		117.0	
<i>Argemone mexicana</i> L.	106.3		26.5	****
<i>Annona muricata</i> L.	106.7		122.2	
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> Nees.	107.2		99.8	
<i>Platycodon grandiflorum</i> A. DC.	107.6		83.3	*
<i>Trewia nudiflora</i> L.	108.0		90.4	
<i>Piper nigrum</i> L.	108.5		19.4	****
<i>Dichroa febrifuga</i> Lour.	108.9		81.0	*
<i>Adiantum trapeziforme</i> L.	109.4		99.1	
<i>Calophyllum inophyllum</i> L.	109.8		79.4	*
<i>Bixa orellana</i> L.	110.2		91.4	
<i>Strophanthus gratus</i> Franch.	110.7		114.5	
<i>Rhoeo discolor</i> Hance	111.1		128.5	
<i>Apios americana</i> Medic.	111.6		119.5	
<i>Tetragonia tetragonoides</i> O. Kuntze	112.0		135.5	

<i>Dichroa febrifuga</i> Lour.	112.4	126.5	
<i>Amomum subulatum</i> Roxb.	112.9	124.5	
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	113.3	84.0	*
<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	113.8	100.0	
<i>Ephedra gerardiana</i> Wall.	114.2	116.8	
<i>Glehnia littoralis</i> Fr.Schm.	114.6	123.7	
<i>Dianella ensifolia</i> (L.) DC.	115.1	115.1	
<i>Aristolochia debilis</i> Sieb. et Zucc.	115.5	119.4	
<i>Atractylodes japonica</i> Koidzumi	116.0	119.4	
<i>Calophyllum inophyllum</i> L.	116.4	131.5	
<i>Cinnamomum cassia</i> Blume	116.8	117.0	
<i>Cynara scolymus</i> L.	117.7	124.6	
<i>Piper nigrum</i> L.	118.2	98.4	

表 3 - 5 デイッシュュパック法の結果（阻害率 121 位から 139 位まで）

学名	H (%)	評価	R (%)	評価
<i>Sizygium cumini</i> Skeels	118.6		80.2	*
<i>Pleuropterus multiflorum</i> Turcz.	119.0		103.1	
<i>Cinnamomum daphnoides</i> Sieb. et Zucc.	119.5		93.0	
<i>Coptis japonica</i> (Thunb.) Makino var. <i>major</i>	119.9		93.0	
<i>Syzygium samarangens</i> Merr. et Perry	120.4		98.4	
<i>Ligusticum sinense</i> Oliver	120.8		99.5	
<i>Aloe africana</i> Miller	121.2		95.7	
<i>Leonurus japonicus</i> Houtt.	121.7		97.2	
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	122.1		101.6	
<i>Hymenaea courbarii</i> L.	122.6		103.8	
<i>Sterculia nobilis</i> Sm.	123.0		80.4	*
<i>Angelica dahurica</i> Benth. et Hook. f.	123.4		96.5	
<i>Psidium guajava</i> L.	123.9		94.3	
<i>Euphorbia millii</i> Des Moul.	124.3		99.4	
<i>Terminalia chebula</i> Rez.	124.8		100.0	
<i>Macadamia integrifolia</i> Maiden et Betche	125.2		93.6	

<i>Averrhoa carambola</i> L.	125.6		120.9	
<i>Citrus hystrix</i> DC.	126.1		88.5	*
<i>Pimenta racemosa</i> J.W.Moore	126.5		92.9	
Mean,M	98.0		100.7	
Standard Deviation,SD	18.4		21.5	
M-0.5 SD	88.8	*	89.9	*
M-1.0 SD	79.6	**	79.2	**
M-1.5 SD	70.4	***	68.5	***
M-2.0 SD	61.2	****	57.7	****

評価は標準偏差に基づく偏差値で行った。表の一番下に示したように標準偏差値から*を求め、この数が多いほど植物成長阻害活性が強いと判断した。なお、表中で H：胚軸（コントロールの%）、R：幼根（コントロールの%）を示す。

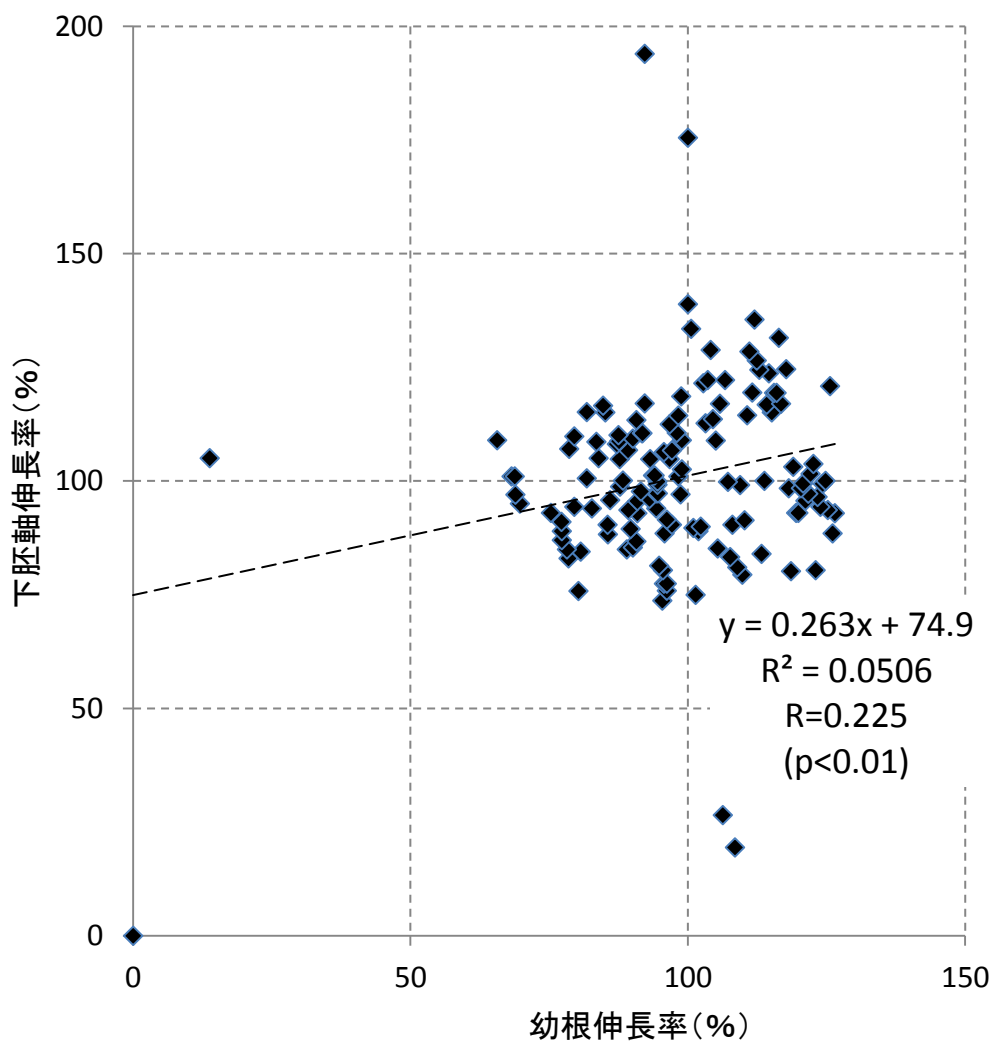


図 3-3 ディッシュパック法の幼根と下胚軸の活性の関係

図 3-3 にディッシュパック法の全データの幼根伸長と下胚軸伸長の活性の関係を図示した。スピアマンの相関係数 R は 0.225 で、 n が 139 あるので 1% 水準で有意ではあるが、高い相関があるとはいえなかった。両者の間にはサンドイッチ法 (図 2-4) で見られたような高い正の相関関係は認められなかった。特異的に離れた点は、幼根伸長率、

下胚軸伸長率ともに 0%と完全に阻害されていたトウシキミであった。

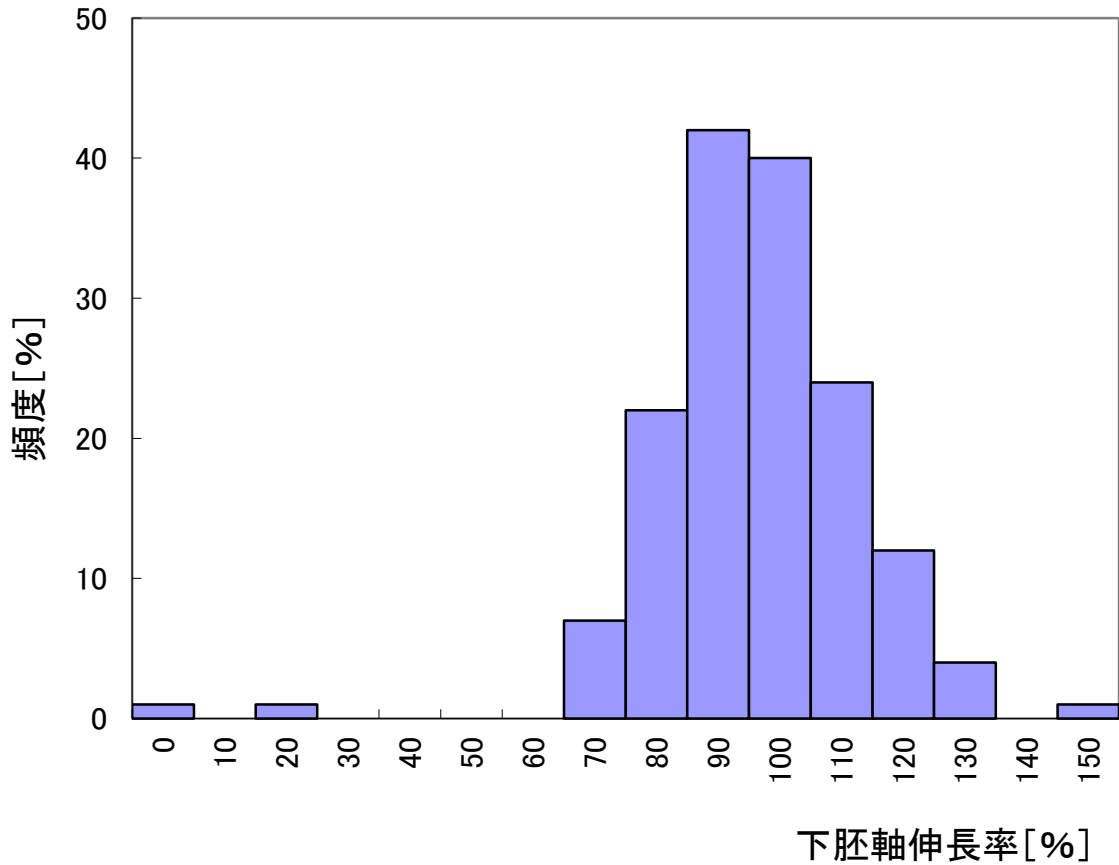


図 3-4 ディッシュパック法による薬用植物 139 種のアレロパシー活性の分布図 (下胚軸伸長率)

図 3-4 は、ディッシュパック法による薬用植物 139 種のアレロパシー活性の分布図(下胚軸伸長)を示している。この結果は正規分布に従い、1%水準で有意であった。

表 3 - 6 デイッシュュパック法の結果（下胚軸長阻害活性の上位 10 位）

学名	H (%)	評価	R (%)	評価
<i>Illicium verum</i> Hook.f	0	****	0	****
<i>Crataeva religiosa</i> G.Forst.	14	****	105	
<i>Shorea robusta</i> C .F .Gaertn.	66	***	109	
<i>Artabotrys uncinatus</i> (Lam.) Merr.	68	***	101	
<i>Sinomenium acutum</i> Rehder et Wills.	69	***	101	
<i>Cinnamomum cassia</i> Blume	69	***	97	
<i>Dendrobium</i> sp.	70	***	95	
<i>Ricinus communis</i> L.	75	**	93	
<i>Atractylodes chinensis</i> Koidz.	77	**	91	
<i>Cinnamomum burmannii</i> Bl.	77	**	87	*

下胚軸伸長阻害活性（H）が高い上位 10 種の植物を表 3 - 6 に示す。トウシキミ（*Illicium verum*）と、ギョボク（*Crataeva religiosa*）の活性がずば抜けて強かった。とくにトウシキミは検定した条件下で、検定植物レタスの下胚軸伸長を完全に阻害した。

トウシキミは、北米、西インド諸島、および東アジアに分布する常緑樹であり、テルペノイドなどのユニークな二次代謝産物により、伝統的な漢方薬および食品産業での果実の使用が知られている。トウシキミの実は、漢方薬の八角として知られており、インフルエンザの特効薬であるタミフルの原料として、高価で取引されている。葉と果物の両方に、独特の甘草の味の強い香りがあり（Huang et al、2010）、フェニルプロパノイド、リグナン、およびベンゾキノン（Wang、2011、Liu、2009）

の存在が報告されている。殺虫活性 (Szczepanik、2011)、抗真菌活性 (Huang、2010)、および抗菌活性 (De、2002) も報告されている。しかし、揮発性物質による植物生育阻害活性についてはこれまでに報告がないので、次章でその作用物質の検定を試みた。

ギョボクはフウチョウソウ科ギョボク属の落葉樹木であり、東南アジア、インド、アフリカなどに分布する。日本でも鹿児島県以南、南西諸島に分布する。フウソウチョウ科はアブラナ科に近縁で、原始的なアブラナ科と考えられている。アブラナ科に特有のイソチオシアネート類を含むことが知られているが、この植物のアレロパシー活性についてはほとんど研究されていない。

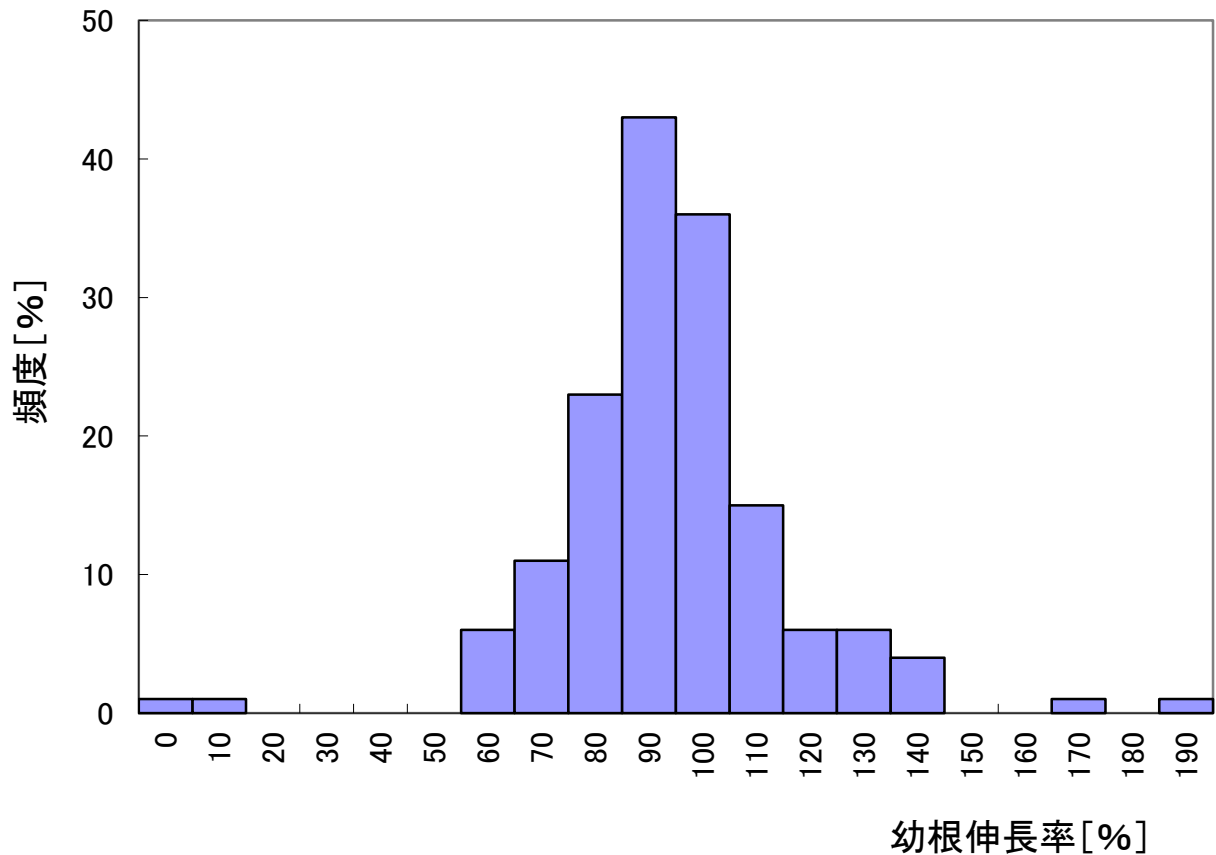


図 3-5 ディッシュパック法による薬用植物 139 種のアロパシー活性の分布図（幼根伸長率）

図 3-5 は、ディッシュパック法による薬用植物 139 種のアロパシー活性の分布図（幼根伸長）を示す。この分布は正規分布に従い、1%水準で有意であった。

表 3 - 7 デイッシュュパック法の結果（幼根長阻害活性の上位 10 位）

学名	R (%)	評価	H (%)	評価
<i>Illicium verum</i> Hook. f	0	****	0	****
<i>Piper nigrum</i> L.	19	****	109	
<i>Argemone mexicana</i> L.	27	****	106	
<i>Derris malaccensis</i> Prain	74	**	95	
<i>Astragalus membranaceus</i> (Fisch.) Bunge.	75	**	101	
<i>Arctium lappa</i> L.	76	**	80	*
<i>Morinda citrifolia</i> L.	76	**	96	
<i>Theobroma cacao</i> L.	77	**	96	
<i>Bistorta</i> sp.	77	**	96	
<i>Calophyllum inophyllum</i> L.	79	*	110	

幼根伸長阻害活性（R）が高い上位 10 種の植物を表 3 - 7 に示す。トウシキミ（*Illicium verum*）と、コショウ（*Piper nigrum*）と、アザミゲシ（*Argemone mexicana*）の 3 種の植物が極めて強い活性を示した。とくにトウシキミは検定した条件下で、検定植物レタスの幼根伸長を完全に阻害した。トウシキミは下胚軸伸長阻害活性も最強であったが、コショウとアザミゲシの場合は、下胚軸伸長阻害活性は弱く、これらの揮発性成分は幼根の生育に対してのみ強く作用すると考えられる。

以上の結果、今回検定した 139 種の薬用植物の中で揮発性成分による阻害活性が最も強かったのはトウシキミであった。

ディッシュパック法では、図 3-1、3-2 に示すように、供試する葉の入っているセルからの距離が観察された阻害活性に大きな影響を及ぼす。そこで活性が最も強かったトウシキミについて、図 3-6 に、発生源のセルからの距離と伸長率の関係を示す。トウシキミからの距離が遠くなると阻害活性が弱くなり、80 mm 離れると阻害活性がほぼ無くなることを示している。

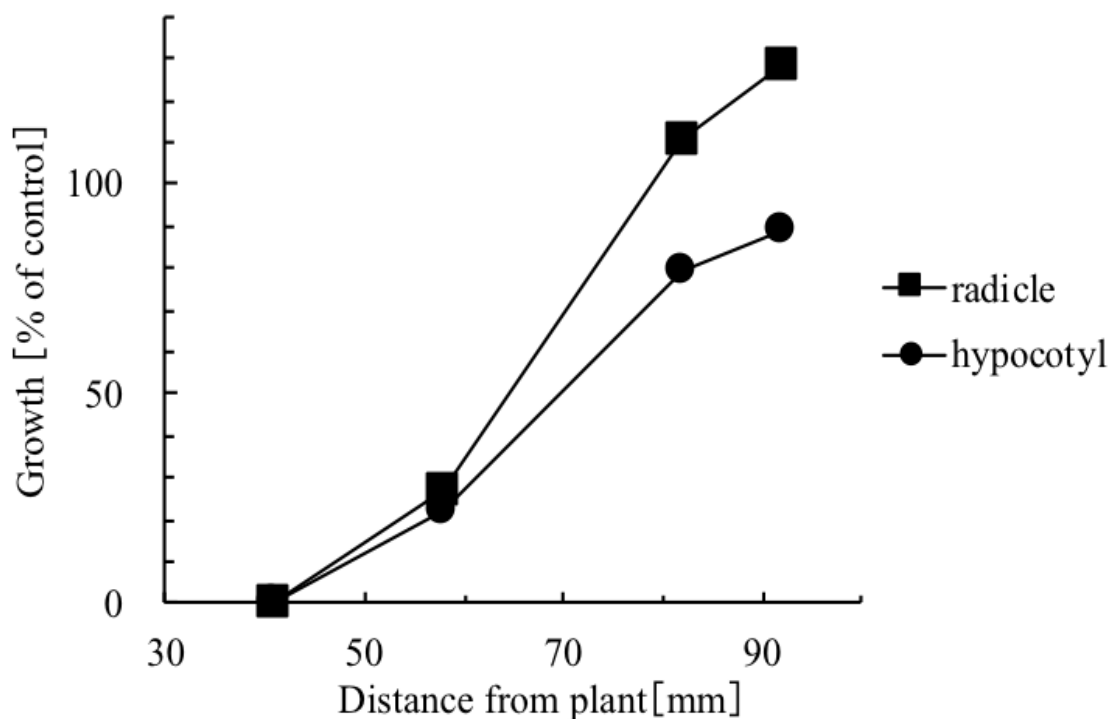


図 3-6 ディッシュパック法における距離と活性の関係

第4章 トウシキミに含まれる揮発性物質の分析

第1節 ヘッドスペース法による揮発性物質の分析法

第3章のディッシュパック法による検索で、最も強い生育阻害活性を示した薬用植物は、トウシキミであった。トウシキミはディッシュパック法では生育を完全に阻害する最強力な活性を示した。そこで、トウシキミに絞って、揮発性の植物生育阻害物質の分析と、植物生育阻害物質の本体の解明を試みた

まず、揮発性物質を検定するための手法として、植物体の葉から空气中に放出される物質を分析する手法であるヘッドスペース法を用いて、トウシキミに含まれる揮発性物質の分析を行った



図 4-1 サンプルをバイアル瓶に入れた例



図 4-2 分析に用いたガスクロマトグラフ質量分析装置 (GC-MS)

分析方法

バイアル瓶（容積 20mL、蓋にガスを封じ込めるセプタムを持つ）にトウシキミの葉を 0.5g（乾燥重）詰め、密封した後に、暗条件下に置いた。1 日後にガスタイトシリンジを用いて、バイアル瓶中のヘッドスペースから気体を 1000 n L (1 mL) 取り出し、ガスクロマトグラフ質量分析計に注入して気体中に主に含まれる揮発性成分の分析を行なった。ガスクロマトグラフと質量分析計の分析条件は以下の通りである。

GC-MS 分析条件

質量分析計：GC-MS-QP2010 プラスシステム、島津製作所（京都）。

インターフェース温度：250℃。

イオン源温度：200℃、イオン化電圧：70eV

カラム：EQUITY-5（0.25mm×30m×0.25um）

オーブン温度プログラム：40℃（1min）200℃/10℃/min(3min)

注入法：スプリットレス注入法、サンプリングタイム：1min

データ解析

得られた GCMS データはデータ解析ソフト TSS200 およびライブラリーデータ検索（NIST MS）により化合物を推定した。推定化合物は、市販の標品を同一条件で分析し、保持時間とマススペクトルを比較した。

第 2 節 トウシキミに含まれる揮発性物質の分析結果

Major volatile compounds emitted from *Illicium verum* (star anis)

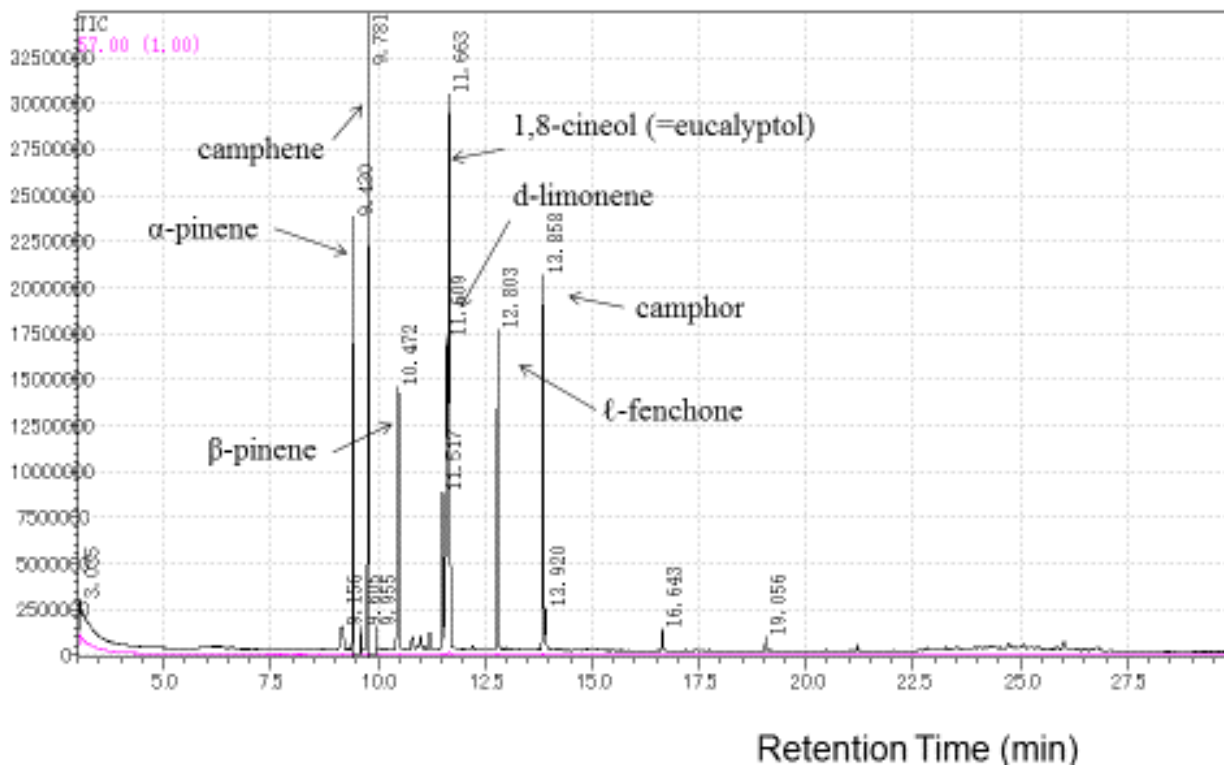


図 4-3 トウシキミから揮散する主な揮発性物質の GC-MS 分析結果

トウシキミのヘッドスペースを GC-MS で分析したところ、主な 7 種の成分を標品との比較により決定することが出来た(図 4-3)(図 4-4)。保持時間 9.4 分の成分は α -ピネン、9.78 分の成分はカンフェン、10.4 分の成分は β -ピネン、11.60 分の成分は d-リモネン、11.66 分の成分

れている。

しかし、フェンコンやカンフェンなどの成分についてはあまり研究されていない。そこで次節でこれらの活性を測定した。

第3節 綿棒法による阻害活性の生物検定法

綿棒法 (Cotton Swab Method) は、ヘッドスペース中の揮発性物質が植物の生育に及ぼす影響を測定するアレロパシーの生物検定法のひとつであり、農業環境技術研究所および東京農工大 (Maryia ら、2015) においてこれまでに開発され、研究事例が報告されている。以下にその手法を簡単に説明する。

- ① 容量 20mL のバイアル瓶内に 0.75% の寒天を 10mL 入れ、レタス種子を 5 粒播種する。寒天の表面に尖った方を下にして刺すように播種する。
- ② バイアル瓶内の寒天に綿棒を立て、綿の部分に化合物 (任意濃度) を $1\mu\text{L}$ 滴下する。化合物を溶解する溶媒はメタノールを用いる。
- ③ すぐにセプトラムつきアルミ栓で密閉し、インキュベーター内で温置する。培養条件は明/暗 : 12/12hr (25/20°C)。
- ④ 3 日後、発芽した種子の幼根と下胚軸長を測定する

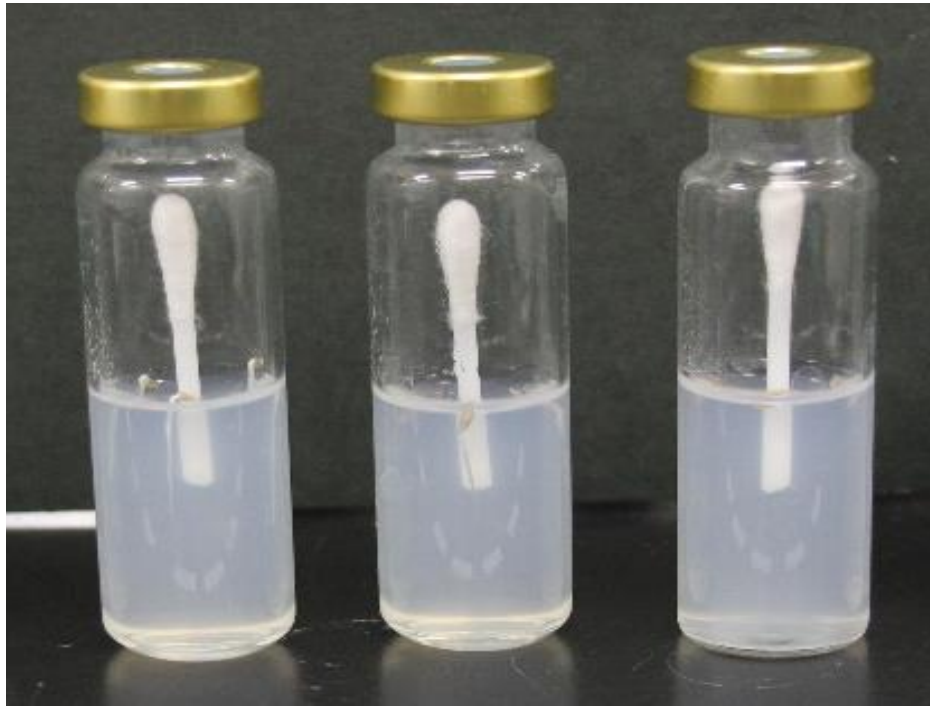


図 4 - 5 綿棒法のコントロール実例



図 4 - 6 植物体を入れて作用させている実例

第 4 節 トウシキミに含まれる揮発性物質の阻害活性率

綿棒法を用いて、トウシキミに含まれる主要な揮発性物質の阻害活性を調べ、トウシキミのヘッドスペースの濃度と活性の強さから、これまでに開発した全活性法によって、生育阻害に寄与している物質を特定しようとした。

全活性とは、植物体内のそれぞれの生理活性物質の濃度を比活性（本研究では EC_{50} 値を用いた）で割った値である。本研究で言えば、揮発性物質の比活性が小さいものほど植物生育抑制作用は強く、またその濃度が高いものほど強い抑制作用が示される。そのため、全活性は、それぞれの物質の阻害活性に植物体中のその物質の濃度を加味した値となり、どの物質が最も全体の阻害活性に寄与しているのかを示す尺度となる。また、トウシキミの葉を用いた試験で示された阻害活性が、含まれる揮発性物質の濃度と活性の強さで説明できるかどうかを検討した。

供試薬剤：1.8 シネオール（ユーカリプトール）、アルファーピネン、カンフェン、d-リモネン、l-フェンコン、カンファーの 7 種である。

綿棒法による阻害活性の結果

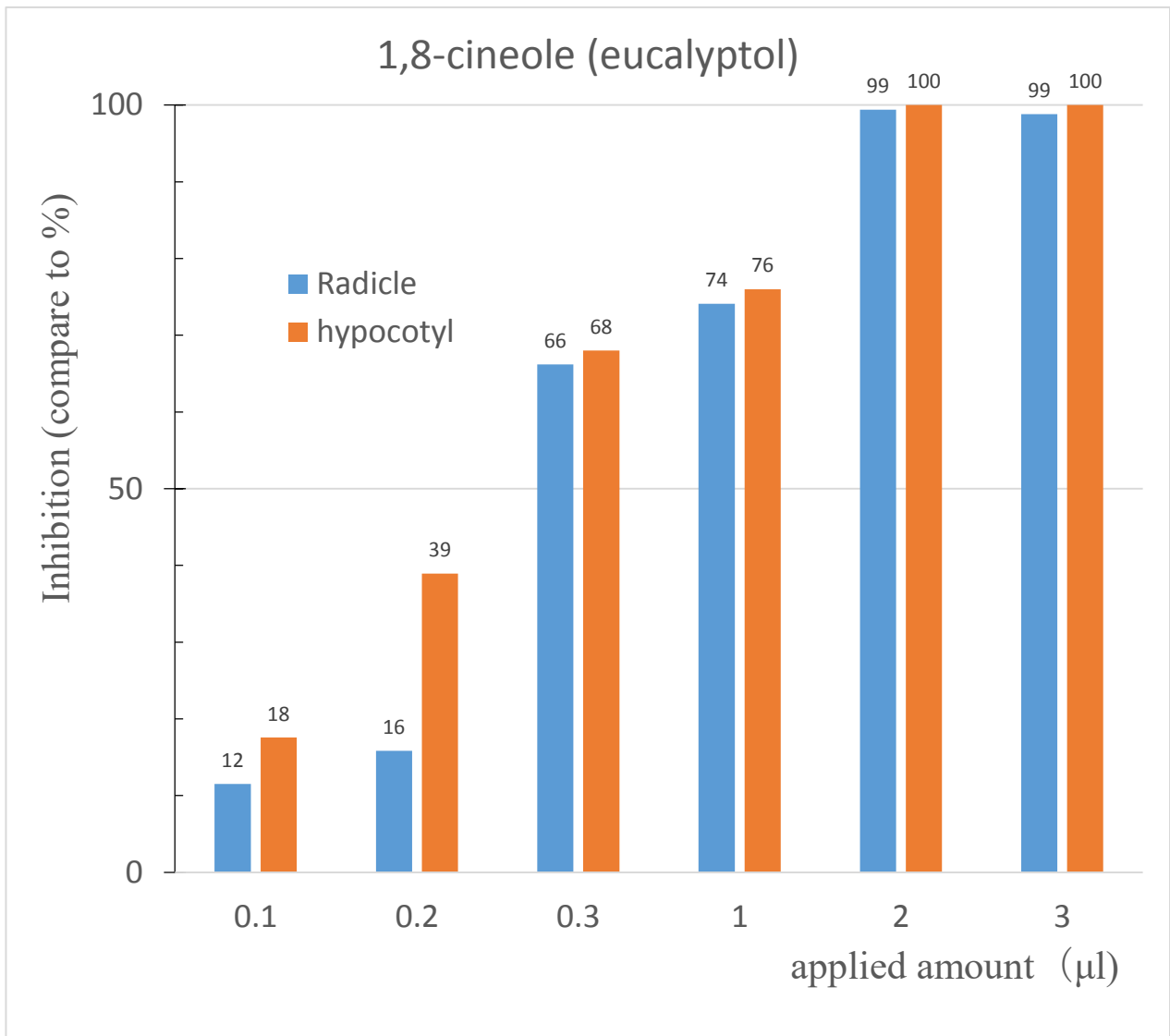


図 4 - 7 1,8 シネオール の純品の揮発性物質の阻害率のグラフ

1,8 シネオール の場合、レタスの生育を 50% 阻害する量は、0.2~0.3 μ L であった。

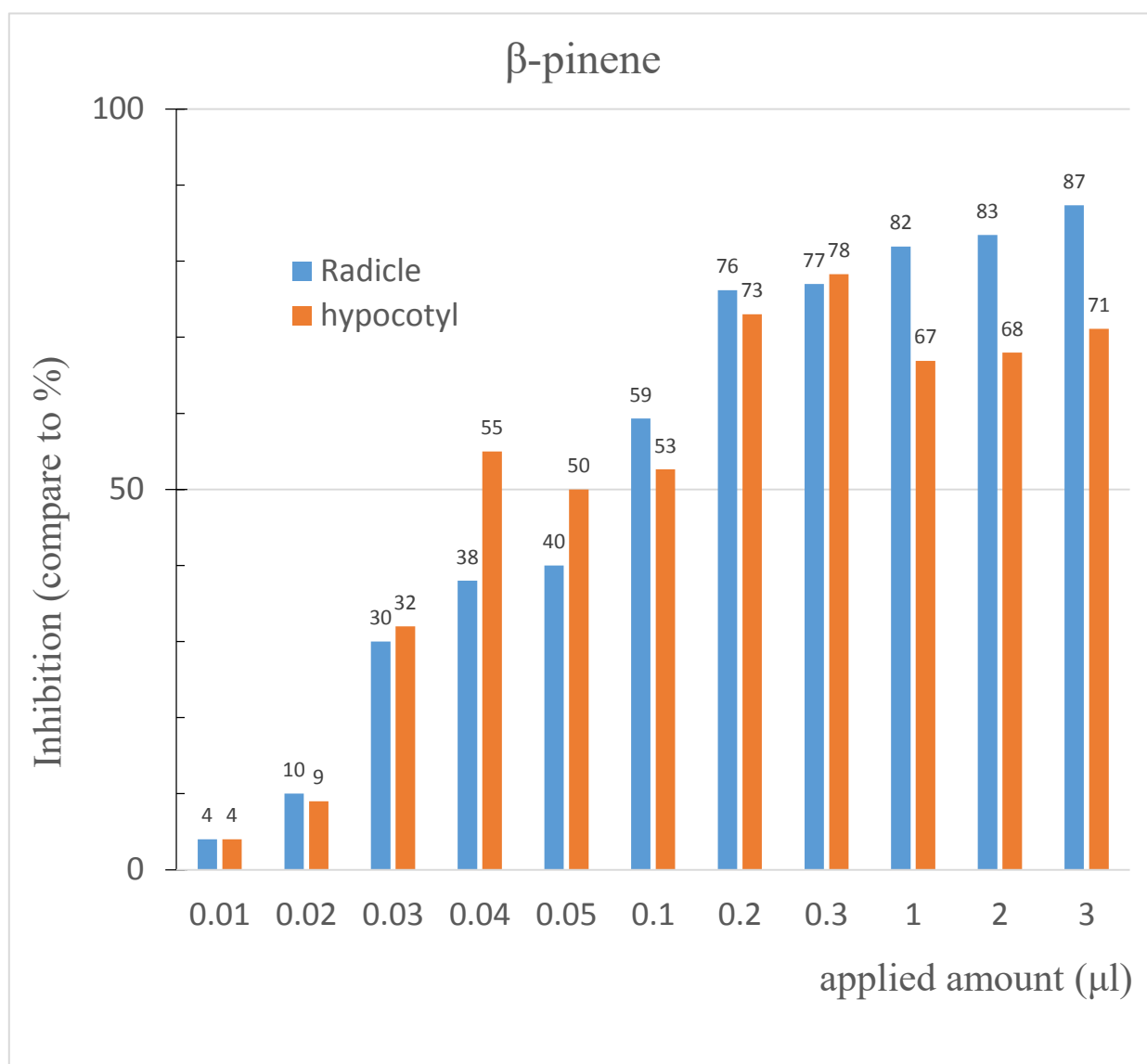


図 4 - 8 β -ピネン純品の揮発性物質の阻害率のグラフ

β -ピネンの場合、レタスの生育を 50% 阻害する量は、0.05 ~ 0.1 μ L であった。

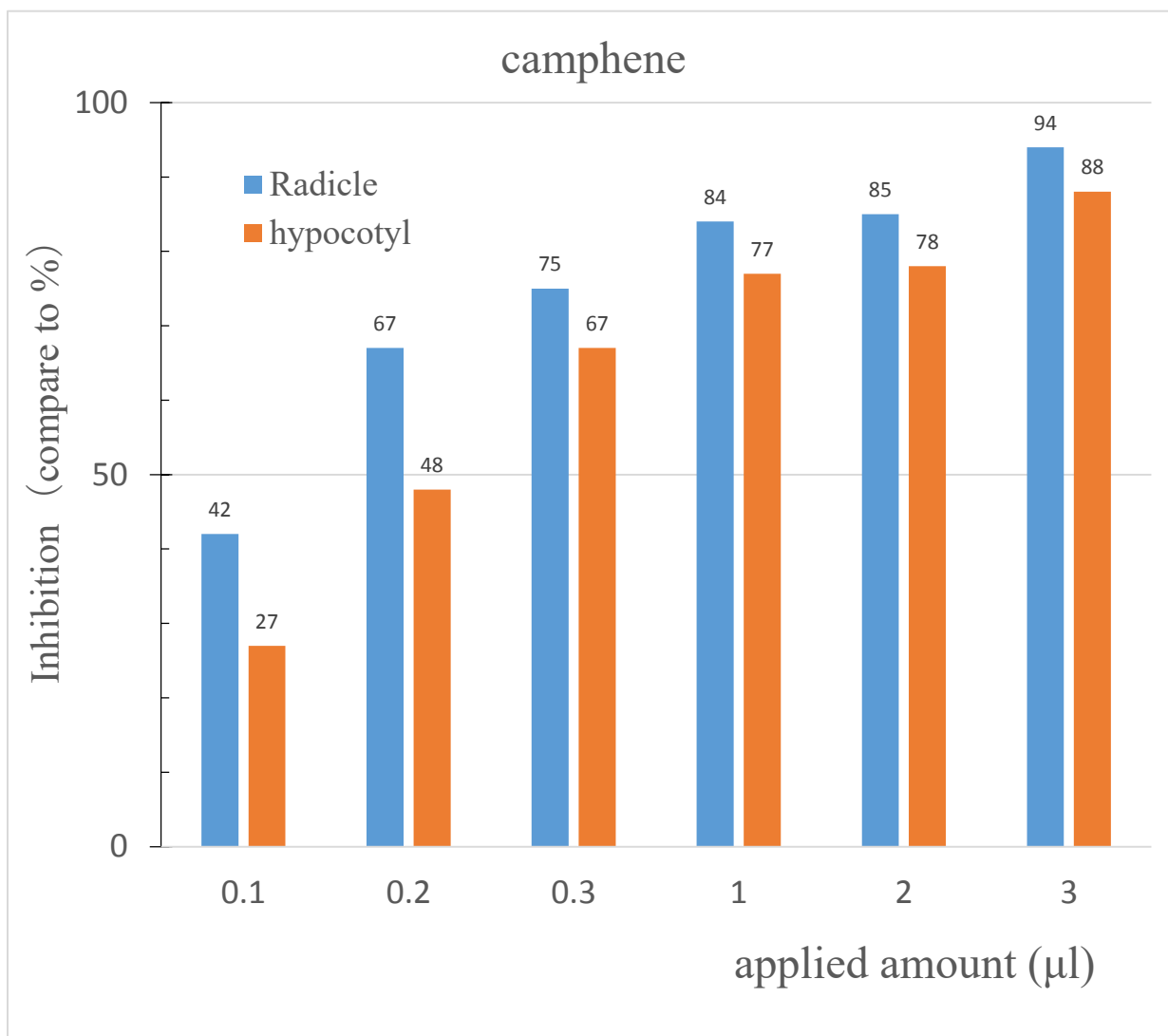


図 4 - 9 カンフェンの純品の揮発性物質の阻害率のグラフ

カンフェンの場合、レタスの生育を 50% 阻害する量は、約 0.2 μL であった。

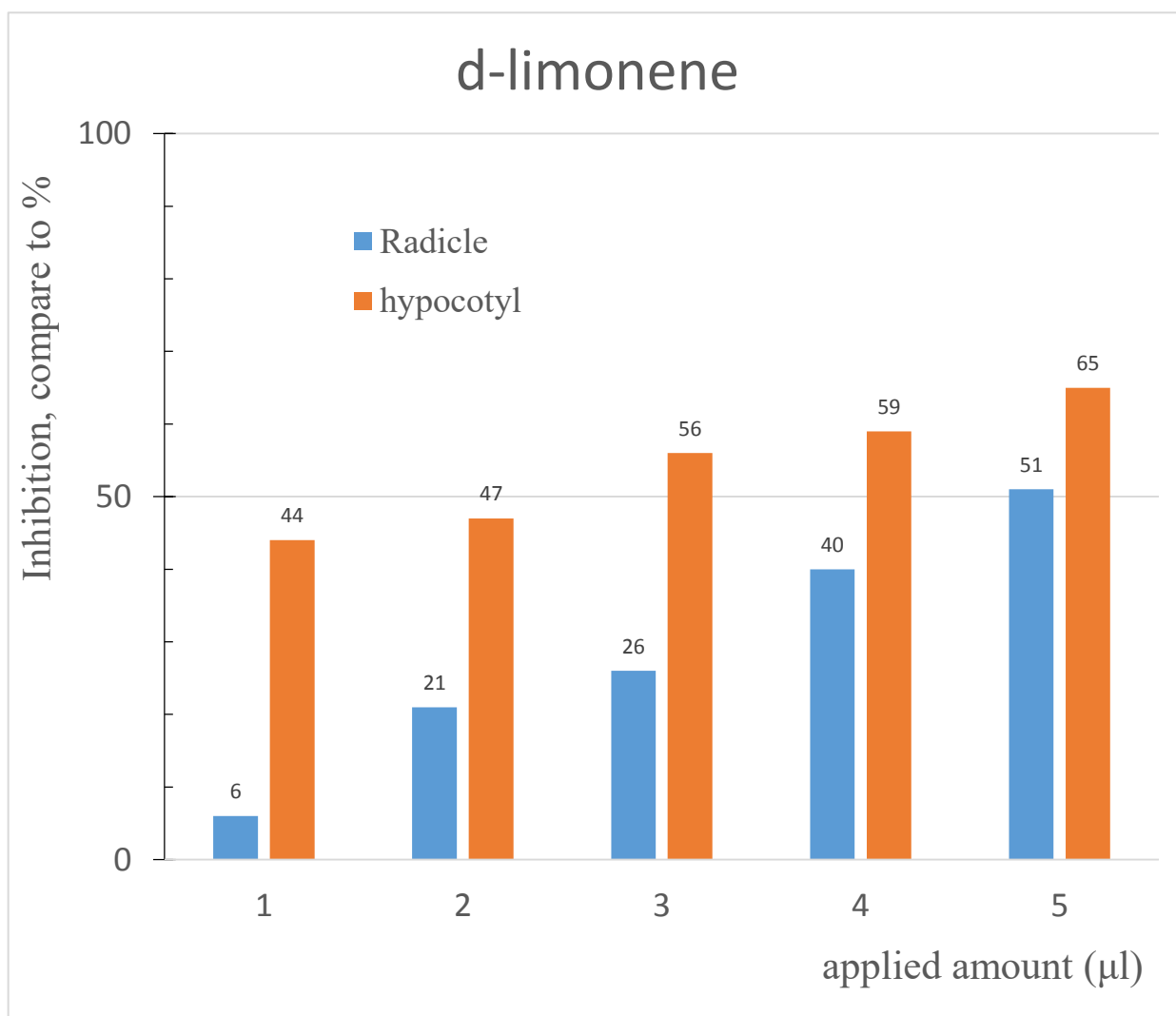


図 4 - 1 0 d-リモネン純品の揮発性物質の阻害率のグラフ

d-リモネンの場合、レタスの生育を 50% 阻害する量は、4~5 μL であった。

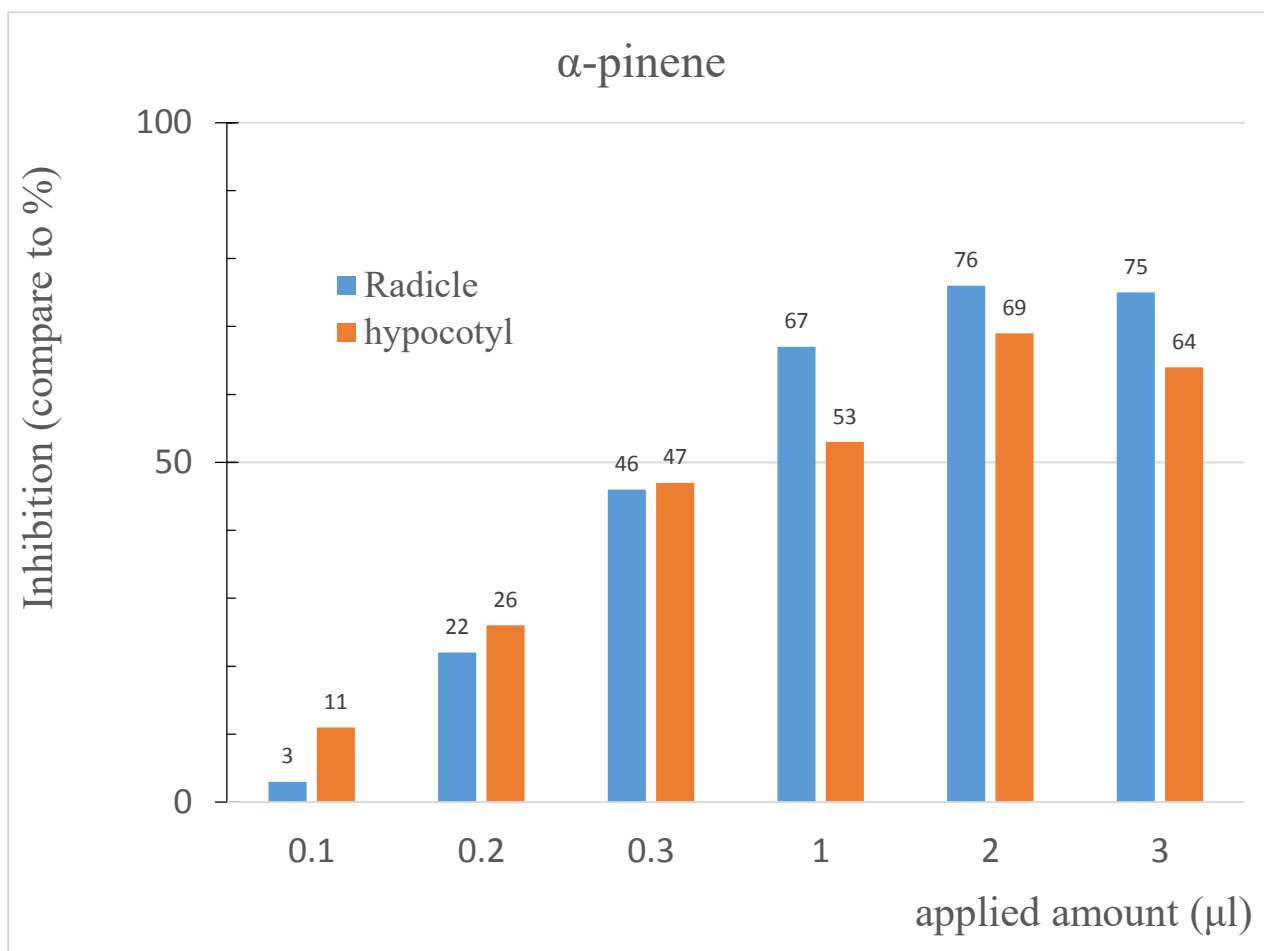


図 4 - 1 1 α -ピネン純品の揮発性物質の阻害率のグラフ

α -ピネンの場合、レタスの生育を 50% 阻害する量は、0.3 μ L であつた。

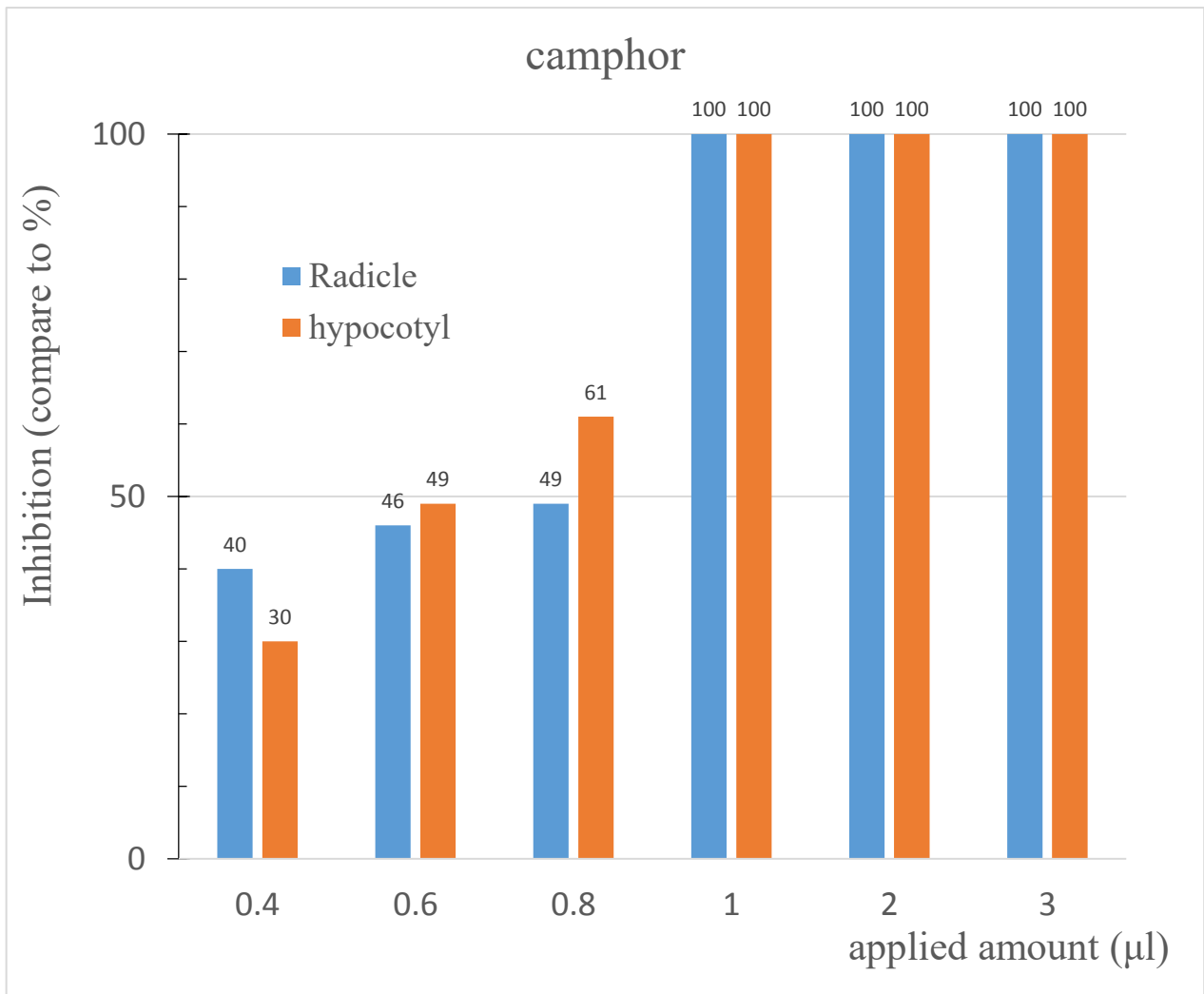


図 4 - 1 2 カンファー純品の揮発性物質の阻害率のグラフ

カンファーの場合、レタスの生育を 50% 阻害する量は、 $0.6 \mu\text{L}$ であった。

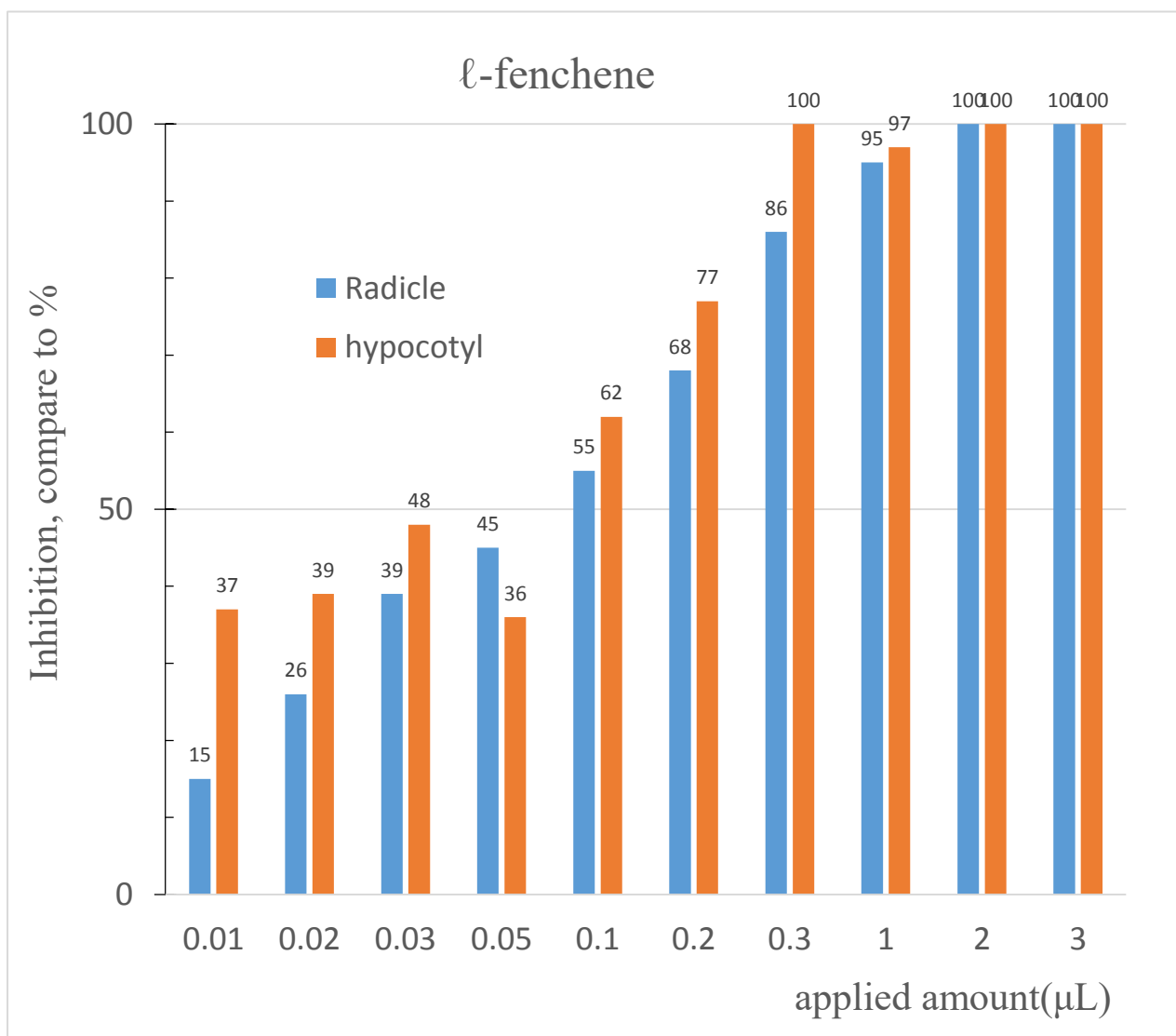


図 4 - 1 3 *l*-フェンコン純品の揮発性物質の阻害率のグラフ

l-フェンコンの場合、レタスの生育を 50% 阻害する量は、0.05~0.1 μL であった。今回調べた中では、フェンコンの活性が一番強かった

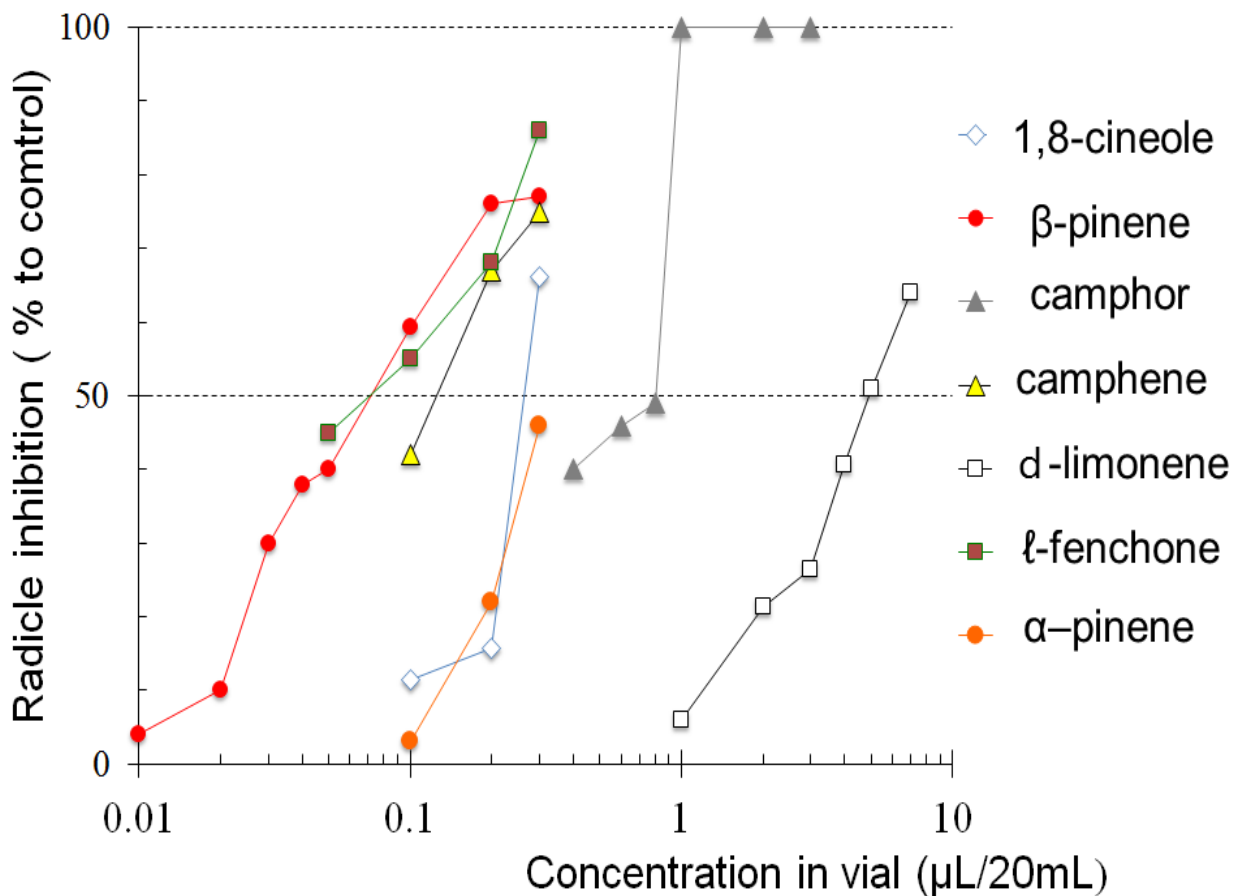


図 4 - 1 4 トウシキミの葉から放出される主要な揮発性物質の
レタス幼根伸長阻害活性の測定

図 4 - 1 4 は、トウシキミから放出される主な成分である 1,8-cineole (eucalyptol), β-pinene, camphene, d-linmoene, l-fenchonen, α-pinene, comphor の純品の濃度のそれぞれの幼根の阻害活性率を表したグラフである。

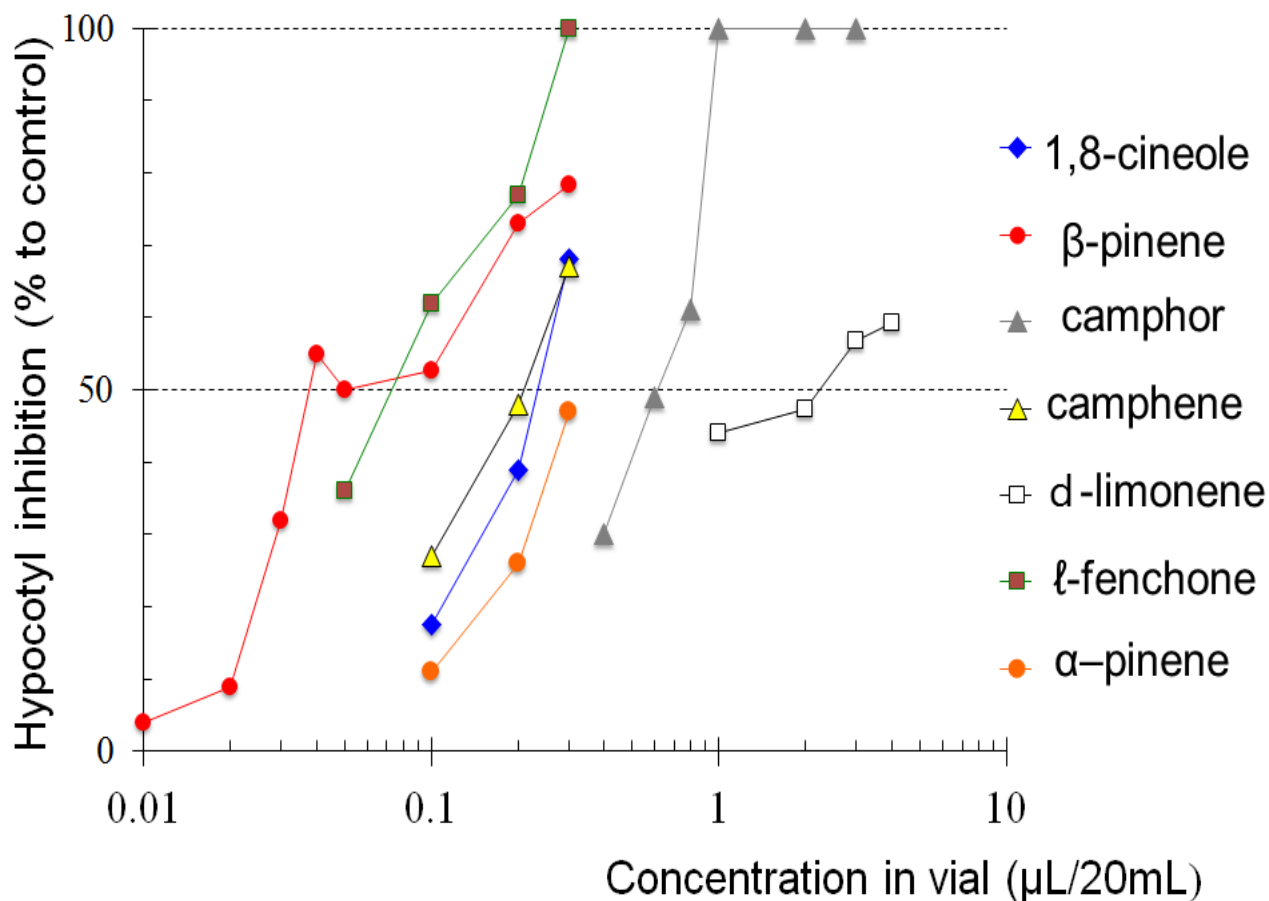


図 4 - 1 5 トウシキミの葉から放出される主要な揮発性物質の
レタス下胚軸伸長阻害活性の測定

図 4 - 1 5 は、トウシキミから放出される主な成分である 1,8-cineole (eucalyptol), β-pinene, camphene, d-linmoene, l-fenchenon, α-pinene, comphor の純品の濃度のそれぞれの下胚軸の阻害活性率を表したグラフである。。

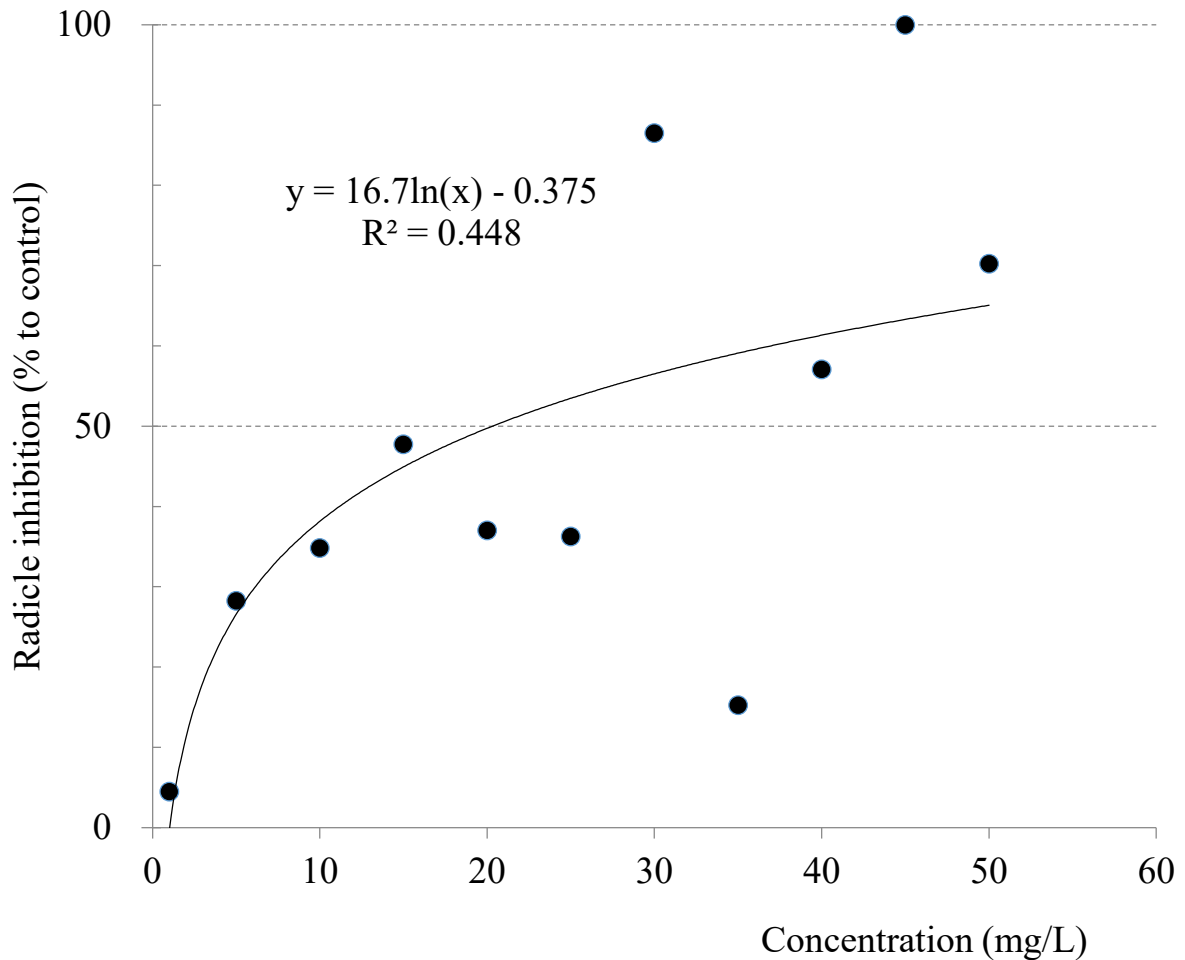


図 4 - 1 6 トウシキミから放出される揮発性物質による幼根の阻害率

図 4 - 1 6 はトウシキミの葉を綿棒法で検定したときのレタスの幼根伸長阻害活性を示したものである。トウシキミが多いほど阻害活性が強い。それぞれのトウシキミの葉の量のとときのバイアル内の揮発性物質の濃度を、ヘッドスペース法で GC-MS で分析して実測した。

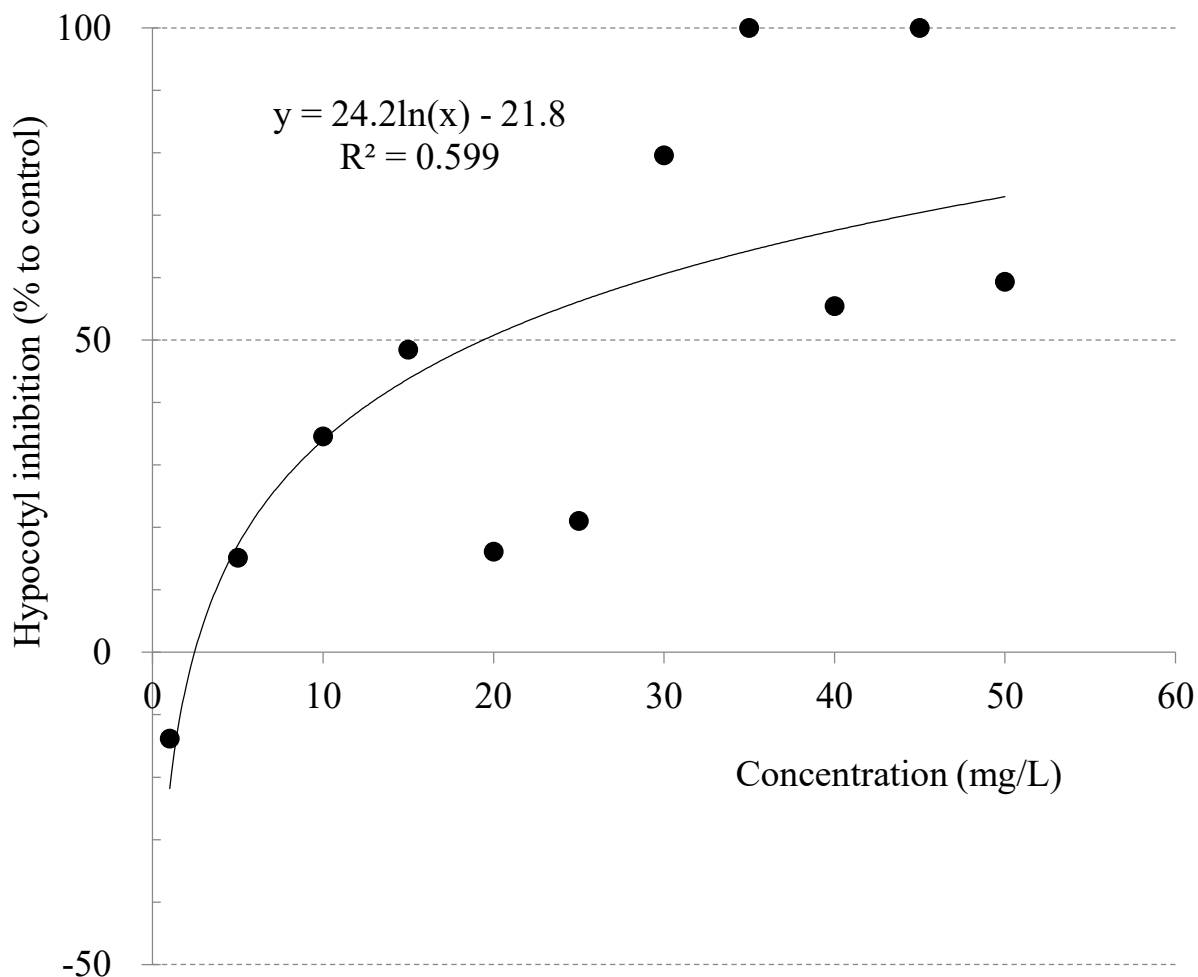


図 4 - 1 7 トウシキミから放出される揮発性物質による下胚軸阻害率

図 4 - 1 7 はトウシキミの葉を綿棒法で検定したときのレタスの下胚軸伸長阻害活性を示したものである。トウシキミが多いほど阻害活性が強い。それぞれのトウシキミの葉の量のとときのバイアル内の揮発性物質の濃度を、ヘッドスペース法で GC-MS で分析して実測した。

トウシキミに含まれる揮発性物質の比活性を EC₅₀ で評価

表 4 - 1 トウシキミから同定された主要な揮発性物質の阻害活性

保持時間 (min)	揮発性化合物名	EC ₅₀ [ng/mL]		
		濃度 (%)	幼根長 (Radicle)	下胚軸長 (Hypocotyl)
9.43	α -pinene	5.2	19.7±8.2	16.2±11.3
9.78	camphene	7.8	4.6±0.2	5.7±0.7
10.47	β -pinene	13.4	7.7±3.5	6.5±1.1
11.61	d-limonene	7.2	106±67.6	24.0±10.2
11.66	1,8-cineole	17.9	3.7±0.6	3.8±1.6
12.80	ℓ -fenchone	6.9	1.0±0.2	1.0±0.3
13.86	camphor	7.2	13.0±3.6	7.6±1.5

値は 4 連の結果の平均値と標準偏差

表 4 - 1 に測定結果をまとめた。純粋な市販の揮発性物質を用いて検定した植物の生育阻害活性を、50% 阻害する濃度 (EC₅₀) を求めた結果、d-リモネンでは、EC₅₀ は胚軸と根でそれぞれ 106 ng/mL および 25 ng/mL、であり、活性は強くなかったが、 ℓ -フェンコンでは、EC₅₀ は根と胚軸で 1.0 ng/mL であり、今回検定した中で最強の植物阻害活性を示した

この研究と同様に、クスノキ、1,8-シネオール、 α -ピネン、および

β -ピネンを含む揮発性テルペンは、侵入性多年生雑草ヨモギ (*Artemisia vulgaris*) から同定され、ヨモギの定着と導入における増殖における潜在的な役割はそれらの植物毒性の結果であると示唆された (Barney、2005)。Kaur ら (Kaur、2011) は、ユーカリ・テレティコルニスのエッセンシャルオイルからの揮発性物質 (α -ピネン (32.5%) および 1,8-シネオール (22.4%) を含む) が、*Amaranthus viridis* の初期の苗の成長と活力を著しく抑制したことを報告している。これまでに、1,8-シネオールは強力な植物成長阻害物質であることが知られており、成長異常をもたらす有糸分裂を阻害し、単離されたミトコンドリアの呼吸を阻害し、アスパラギン酸シンターゼを阻害すると報告されている (Puke、2004)。

一方、フェネルの種子では、 l -フェンコンが大量に存在することが知られているが、 l -フェンコンが強力な植物成長阻害剤として報告されたことはない。今回、 l -フェンコンがトウシキミの葉からの重要な揮発性アレロケミカルであり、揮発性の蒸気の状態では植物の成長を阻害する可能性があることを見出したのは新しい発見である。

ヘッドスペース内の各揮発性化合物の実際の濃度と EC_{50} 値から、トウシキミの場合、1,8-シネオール、 β -ピネン、カンフェン、および l -フェンコンの 4 つの揮発性化合物 (図 4-18) が植物の成長に最も重要

であると結論した。

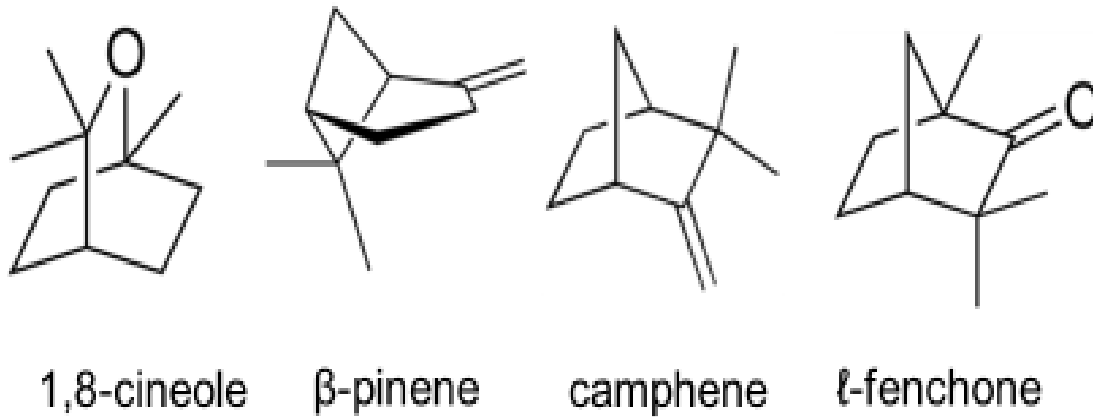


図 4 - 1 8 トウシキミの揮発性アレロケミカルの化学構造

これまでに、東京農工大学の藤井らのグループにおいて、同様の揮発性のアレロケミカルに関する先行研究がある。

セリ科オオハナウドに類縁の侵略的大型雑草であり、ロシア全土からベラルーシ、極東ロシアにまで広がっているヘラクレウム・シヤスノフスキー (*H. sosnowskyi*) の果実には、酢酸オクチルとオクタナールが含まれ、レタスを用いて検定したときの EC_{50} 値は、それぞれ 20 および 9 ng/mL であり、濃度と活性の関係から、オクタナールが、この植物のアレロパシー活性の主要因であることが示唆された (Mishyna ら、2015)。

イランで世界の 9 割を生産するサフランの揮発性アレロケミカルを

研究した結果、主要な揮発性物質であるサフラナールの EC_{50} 値が 1.2 ng/mL (ppb) であり、揮発性アレロケミカルの本体であることが報告されている (Mardani ら、2015)。

また、最近、アフリカ大陸で、食料、飲料、材木など多様な価値を持つ伝統的な遺伝資源である樹木バオバブの葉から放出されるアレロケミカルを分析した結果、1-デシンという末端に三重結合を持つ特異な炭化水素が大量に含まれており、その EC_{50} 値が 0.5 ng/mL とたいへん強く、バオバブの揮発性アレロケミカルの本体であることを報告している (Elmadni ら、2019)。

今回の本研究において、 θ -フェンコンの EC_{50} 値は、1.0 ng/mL であり、これらに匹敵する強力な揮発性の植物生育阻害物質であることが明らかになった。 EC_{50} 値から比較をすると最も強い生育抑制が見られたのは θ -フェンコンであるが、トウシキミの揮発性阻害物質としては、この他に、1,8-シネオール、 β -ピネンとカンフェンも寄与していると考えられる。

第5章 まとめ

これまでの研究で、薬用植物は高いアレロパシー活性が示めし、とくにアジアの薬用植物に多くのアレロパシー植物が見出されている。そこで、日本で収集できる薬用植物のアレロパシーについて、次の3つの研究を行った。1つは、サンドイッチ法による葉から出る物質によるアレロパシー活性の検索であり、2つめは、ディッシュパック法による揮発性物質によるアレロパシー活性の検索であり、3つめは、これらの検索の結果、確認できたアレロパシー活性の強い植物の化学成分の分析である。

まず、昭和薬科大学の薬用植物園において、324種類の薬用植物を採取した。これらの植物のアレロパシー活性を用いてサンドイッチ法により検定した結果、高い活性を示した植物は、タマリンド、ヤブラン、ラクウショウ、アセンヤクノキ、ハマビシであった。最も高い活性を示したタマリンドのアレロパシー活性は既に報告済みである。次いで活性の高いヤブランの成分も既に研究されており、アゼチジン-2-カルボン酸であることが既に明らかにされている。これに次いで高い活性があったのは、ラクウショウであった。ラクウショウは、ヌマスギ属に属し、生きた化石として知られ、日本列島では中生代から新生代の古第三紀・新第

三紀にかけての化石として多く発見されている。この成分は明らかではない。アセンヤクノキはマメ科に属し、カテキンやタンニンなどを多く含むことが報告されているが、アレロパシーに関する報告はない。ハマビシも、これまでにアレロパシーへの関与の報告があまりない植物であり、今後これらの薬用植物から新たなアレロケミカルの発見が期待される。

次に、ディッシュパック法で 139 種の薬用植物を検定した結果、生育抑制作用が最も強かったのは、トウシキミ (*Illicium verum*) であった。トウシキミの実は、中国の漢方薬の「八角」として知られており、インフルエンザの特効薬であるタミフルの原料として近年注目されている。

そこで、ガスクロマトグラフ質量分析計を用いて、トウシキミに含まれる揮発性物質の分析を行った。その結果、トウシキミから放出される主な成分として、 α -ピネン (5.2%)、 β -ピネン (13.4%)、カンフェン (7.8%)、d-リモネン (7.2%)、1,8-シネオール (17.9%)、 θ -フェンコン (6.9%) が検出された。これらの揮発性物質に関して、植物生育阻害作用について、バイアル瓶を用いた生物試験 (綿棒法) によりレタスを用いて検定し、生育抑制作用の強さを EC_{50} 値 (生育を 50% 阻害する濃度) で比較した結果、 θ -フェンコンの EC_{50} 値は根と胚軸でともに

1ng/mL と最も強力であり、1,8-シネオールがそれぞれ 3.7 および 3.8ng/mL でこれに次ぎ、カンフェンが 4.6 および 5.7 ng/mL でその次に強く、検出された 7 つの揮発性物質のうち、*l*-フェンコンが最も強力なであり、続いて 1,8-シネオールおよびカンフェンであることが判明した。1,8-シネオールは強力な植物成長調節剤であることが知られている。しかし、*l*-フェンコンが強力な植物成長阻害剤として報告されたことはこれまでになく、本研究が、*l*-フェンコンがトウシキミからの重要な揮発性アレロケミカルであり、揮発性物質として周辺の他の植物の成長を阻害する可能性があることを示した最初の報告である。

発表論文

Gaowa Kang, Maryia Mishyna, Kwame Sarpong Appiah,
Masaaki Yamada, Akihito Takano, Valery Prokhorov and
Yoshiharu Fujii

Screening for Plant Volatile Emissions with Allelopathic
Activity and the Identification of L-Fenchone and 1,8-Cineole
from Star Anise (*Illicium verum*) Leaves

Plants, Vol.8, No.9, pp.457~466, 2019

2019年10月28日発行

DOI: 10.3390/plants8110457

謝 辞

本研究の実験及び本論の作成にあたり、主指導教員の東京農工大学国際環境農学生物生産資源学の藤井義晴教授には、終始御指導、御助言を頂きました。ここに御礼申し上げます。

また、東京農工大学の夏目雅裕教授、宇都宮大学の小笠原勝教授には、副主査として研究にご指導ご助言いただきましたことを感謝致します。

用いた植物につきましては、東京農工大学の山田祐彰先生にご助言いただき、昭和薬科大学にお連れいただきましたことを感謝いたします。薬用植物の採取につきましては、昭和薬科大学植物園の高野昭人先生から快くいただくことが出来ました。また、薬用植物とその学名について多くのことを教わりました。心より感謝致します。

国際生物生産資源学研究室の院生の方々、とくにマリア・ミシナ (Maryia Mishyna) 博士からは、揮発性物質の分析法を教わり、多くの助言を戴きました。また、Appiah Kwame Sarpong 博士と Mardani Hossein 博士からも、GC-MS の分析をお手伝いいただき、いろいろなアドバイスをいただきました。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献・資料

- Barney, J.N.; Hay, A.G.; Weston, L.A. (2005) Isolation and characterization of allelopathic volatiles from mugwort (*Artemisia vulgaris*). **J. Chem. Ecol.**, 31, 247-265.
- Bhowmik PC, Doll DJ. (1983) Growth analysis of corn and soybean response to allelopathic effects of weed residues at various temperature and photosynthetic flux densities. **J. Chem. Ecol.**, 9, 1263-1280.
- Callaway RM, Aschehoug ET. (2000) Invasive plant versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion. **Science**, 290, 521 -523.
- Chen PK, Leather GR. (1990) Plant growth regulatory activities of artemisinin and its related compounds. **J. Chem. Ecol.**, 16, 1867-1876.
- Chiluwal, K. Kim, J. Bae, S. Do, Park, C.G. (2017) Essential oils from selected wooden species and their major components as repellents and oviposition deterrents of *Callosobruchus chinensis* L.. **J. Asia. Pac. Entomol.** 20, 1447-1453.
- Connick, W.J., Bradow, J.M., Legendre, M.G. (1989) Identification and bioactivity of volatile allelochemicals from amaranth residues. **J. Agric. Food Chem.** 1989, 37, 792-796.

- da Rocha Neto, A.C., Navarro, B.B., Canton, L., Maraschin, M., Di Piero, R.M. (2019) Antifungal activity of palmarosa (*Cymbopogon martinii*), tea tree (*Melaleuca alternifolia*) and star anise (*Illicium verum*) essential oils against *Penicillium expansum* and their mechanisms of action. **LWT**, 105, 385-392.
- De, M.; De, A.K.; Sen, P.; Banerjee, A.B. (2002) Antimicrobial properties of star anise (*Illicium verum* Hook f). **Phytother. Res.**, 16, 94-95.
- Dudareva, N., Negre, F., Nagegowda, D.A., Orlova, I. (2006) Plant Volatiles: Recent Advances and Future Perspectives. **Crit. Rev. Plant. Sci.**, 25: 417-440.
- Duke, S.; Oliva, A. (2004) Mode of action of phytotoxic terpenoids. In **Allelopathy, Chemistry and Mode of Action of Allelochemicals**; Macias, F., Galindo, J., Molinillo, J., Cutler, H., Eds.; Boca Raton: CRC Press.
- Elmadani, H.S.A.M.; Mishyna, M.; Fujii, Y. (2019) Identification of 1-decyne as a new volatile allelochemical in baobab (*Adansonia digitata*) from Sudan. **African J. Agric. Res.**, 907-914.
- Friedman J. (1987). Allelopathy in desert ecosystems. **ACS Symposium Series 330**, 53-68.

- Fujii, Y., Matsuyama, M., Hiradate, S., Shimosawa, H. (2005) Dish pack method: a new bioassay for volatile allelopathy. **Proc. 4th World Congr. Allelopathy.** 1, 493-497.
- Fujii, Y.; Parvez, S.S.; Parvez, M.M.; Ohmae, Y.; Iida, O. (2003) Screening of 239 medicinal plant species for allelopathic activity using the sandwich method. **Weed Biol. Manag.**, 3, 233-241.
- Gholivand, M.B.; Rahimi-Nasrabadi, M.; Chalabi, H. (2009) Determination of essential oil components of star anise (*Illicium verum*) using simultaneous hydrodistillation–static headspace liquid-phase microextraction–gas chromatography mass spectrometry. **Anal. Lett.**, 42, 1382-1397.
- Howe, G.A; Schillmiller, A.L. (2002) Oxylin metabolism in response to stress. **Curr. Opin. Plant Biol.**, 5, 230-236.
- Huang, B., Liang, J., Wang, G., Qin, L. (2012) Comparison of the Volatile Components of *Illicium verum* and *I. lanceolatum* from East China. **J. Essent. Oil Bear. Plants**, 15, 467-475.
- Huang, Y.; Zhao, J., Zhou, L., Wang, J., Gong, Y., Chen, X., Guo, Z., Wang, Q., Jiang, W. (2010) Antifungal activity of the essential oil of *Illicium verum* fruit and its main component trans-anethole. **Molecules**, 15,

7558-7569.

- Kaur, S., Singh, H.P., Batish, D.R., Kohli, R.K. (2011) Chemical characterization and allelopathic potential of volatile oil of *Eucalyptus tereticornis* against *Amaranthus viridis*. **J. Plant Interact.**, 6, 297-302.
- Liu, Y.-N., Su, X.-H., Huo, C.-H., Zhang, X.-P., Shi, Q.-W., Gu, Y.-C. (2009) Chemical constituents of plants from the genus *Illicium*. **Chem. Biodivers.**, 6, 963-989.
- López-Gresa, M.P., Payá, C., Ozáez, M., Rodrigo, I., Conejero, V., Klee, H., Bellés, J.M., and Lisón, P. A (2018) New Role for Green Leaf Volatile Esters in Tomato Stomatal Defense Against *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*. **Front. Plant Sci.**, 9,1855.
- Macias, F.A. (1994) Allelopathy in the search for natural herbicide models, **Allelopathy**, Chapter 23, pp. 310-32.
- Macías, F.A., Mejías, F.J., Molinillo, J.M. (2019) Recent advances in allelopathy for weed control: from knowledge to applications. **Pest Manag. Sci.**,75, 2413-2436.
- Macias, F . A ., Galindo, J ., C . G ,Molinilo,. M .G. Cutler, H . G .Cedes (1999) **Recent Advances in A1lelopathy**, VoL1, Science for the future, pp.514, International Allelopathy Society

- Mardani, H., Sekine, T., Azizi, M., Mishyna, M., Fujii, Y. (2015)
 Identification of safranal as the main allelochemical from saffron
 (*Crocus sativus*). **Nat. Prod. Commun.**, 10, 775-777.
- Mishyna, M., Laman, N., Prokhorov, V., Maninang, J.S., Fujii, Y. (2015)
 Identification of octanal as plant growth inhibitory volatile compound
 released from *Heracleum sosnowskyi* fruit. **Nat. Prod. Commun.**, 10,
 771-774.
- Molisch, H. (1937): **Der Einfluss einer Pflanze auf die andere -
 Allelopathie**, Jena, Fisher
- Muller C. H., Muller W. H., Haines B. L. (1994): Volatile growth inhibitors
 produced by aromatic shrubs. **Science**, 143, 471-473.
- Qinh, N.B., Dai, D.N., Than, B. V., Dung, V.T., Hang, V.T.T., Ogunwande,
 I.A. (2016) Volatile constituents of three *Illicium* plants. **Rec. Nat.
 Prod.**, 10, 806-811.
- Rice, E.L. (1984) **Allelopathy**. 2nd Edition, Academic Press, New York, 422.
- Ruther, J., and Kleier, S. (2005) Plant-plant signaling: Ethylene synergizes
 volatile emission in *Zea mays* induced by exposure to (Z)-3-hexen-1-ol.
J. Chem. Ecol., 31, 2217-2222.
- Szczepanik, M., Szumny, (2011) A. Insecticidal activity of star anise

(*Illicium verum* Hook. F.) fruits extracts against lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae). **Allelopath. J.**, 27, 277-287.

Vaughn, S.F.; Boydston, R.A. (1997) Volatile allelochemicals released by crucifer green manures. **J. Chem. Ecol.**, 23, 2107-2116.

Visser, J. H., Van Straten, S., and Maarse, H. (1979) Isolation and identification of volatiles in the foliage of potato, *Solanum tuberosum*, a host plant of the Colorado beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. **J. Chem. Ecol.**, 5, 13-25.

Wang, G.-W., Hu, W.-T., Huang, B.-K., Qin, L.-P. (2011) *Illicium verum*: A review on its botany, traditional use, chemistry and pharmacology. **J. Ethnopharmacol.**, 136, 10–20.

Wu, H.; Pratley, J., Lemerle, D., Haig, T., An, M. (2001) Screening methods for the evaluation of crop allelopathic potential. **Bot. Rev.**, 67, 403-415.

Zhang, Y., Ji, H., Yu, (2018) Aromatic constituents and their changes of *Illicium verum* processed by different heating methods. **Ind. Crops Prod.**, 118, 362–366.

ハルボーン, B 著, 高橋英一, 深海浩訳 (1981) 化学生態学, pp.303,

文永堂

ライス, E L 著, 八巻敏雄, 安田環, 藤井義晴訳 (1991) アレロパシー,
pp.488, 学会出版センター

磯島誠一・小泉有生・藤井義晴 (2000) ソバのアレロパシーの検証と作
用物質の分析, 雑草研究, 45, Sup., 92-93.

孔垂華・胡飛・王旻著 (2016) 植物化感 (相生相克) 作用, 高等教育出
版 (北京) p.3, 142, 25, 118.

根本正之 (1995) 雑草の他感作用 (現代生態学とその周辺) pp,269-275.

斎藤和季 (2017) 植物はなぜ葉を作るのか, 文藝春秋 82 巻 4 号 pp. 211 -
219.

沼田 真 (1977) 植物群落と他感作用, 化学と生物, 15,412-418

神山恵三、B.P.トーキン(1980) 植物の不思議な力=フィトンチッド、講
談社

西村弘行 (2011) 北の健康野菜, 北海道新聞社 p.103.

中久加菜・続栄治・寺尾寛行・小瀬村誠治 (1994) アルファルファの
アレロパシーに関する研究 : 第 2 報 アルファルファのアレロパ
シー物質の産生と同定, 日本作物学会誌 63 巻 2 号 pp.278-284.

中村徹 (2007) 草原の科学への招待, 筑波大学出版, p.110.

藤井義晴(1990) 植物のアレロパシー, 化学と生物, 28 巻 7 号 pp.471-

478.

藤井義晴(1994): 雑草管理ハンドブック (草薙得一, 近内誠登, 芝山秀次郎編), pp.49-61, 朝倉書店

藤井義晴 (1994) アレロパシー検定法の確立とムクナに含まれる作用物質 L-DOPA の機能, 農業環境技術研究報告, 10 号, pp.115-218.

藤井義晴 (2000) アレロパシー—他感物質の作用と利用—, PP.230, 農山漁村文化協会

藤井義晴(2000) アレロパシー-他感物質の作用と利用-, pp.23-26

藤井義晴 (2000) アレロパシー他感物質の作用と利用, 農文協 p.30, 27.

藤井義晴 (2003) アレロパシー; 植物が放出する化学物質による他の生物との相互作用—特に植物が放出する揮発性物質が他の生物に及ぼす作用, 日本生気象学会誌, 40 巻 1 号 p.49-54.

藤井義晴(2004): アレロパシー研究の最前線、 農業環境技術研究所・研修テキスト, <http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/inovlec2004/1-3.pdf>

藤井義晴 (2009) 植物のにおい・かおり物質のアレロケミカルとしてのはたらき, におい・かおり環境学会誌, 40 巻 3 号, pp.158-165.

藤井義晴 (2016) 植物たちの静かな戦い-化学物質があやつる生存競争, 化学同人, pp.16, 25, 46, 191, 183.

藤井義晴・渋谷知子 (1991) 寒天培地を用いた他感作用検定手法, 1)落

葉・落枝の浸出物による他感作用の検索, 雑草研究 36(別) pp.150-151.

藤井義晴・松山稔・下澤秀樹・平舘俊太郎・中谷敬子 (2000) クレオメの他感作用と作用物質メチルイソチオシアネートの同定, 雑草研究 45(別) pp.78-79.

藤井義晴・平舘俊太郎・古林章弘 (2005) コンフリーのアレロパシーと植物生育阻害物質の同定, 雑草研究 50(別) 146-147.

藤井義晴・濱野満子 (2003) アレロパシー; 植物が放出する化学物質による他の生物との相互作用-とくに植物が放出する揮発性物質が他の生物に及ぼす作用-, 日本生気象学会雑誌, 40 巻 1 号 p.49-54.

馬場洋平 (2012): ウスバサイシンの発揮性物質オイカルボンの植物生育抑制作用に関する研究、筑波大学修士論文

平野暁 (1977): 作物の連作障害, pp.282, 農山漁村文化協会

敖复・于倬徳・江永敬 (1989) 中国沙棘属植物引種初報, 国際沙棘学术交流會論文集 pp.152-154.