

各種市販および自家製木酢液・竹酢液の 主要成分と抗菌活性

駒形 修・本山直樹

千葉大学園芸学部

(受領: 2004年 3月18日; 受理: 2004年 3月29日)

I S S N 0915-4698

環 動 昆

Jpn. J. Environ.
Entomol. Zool.

環動昆 Vol. 15 No. 2 (2004) 別刷

JAPANESE SOCIETY OF ENVIRONMENTAL ENTOMOLOGY AND ZOOLOGY

Seiyu Bldg., Nishi-Honmachi 1-12-19, Nishi-ku, Osaka 550, JAPAN.

各種市販および自家製木酢液・竹酢液の 主要成分と抗菌活性

駒形 修・本山直樹

千葉大学園芸学部

(受領: 2004年3月18日; 受理: 2004年3月29日)

Major Components and Fungicidal Activity of Various Commercial and Home-made Pyroligneous Acid Products. Osamu Komagata and Naoki Motoyama (Faculty of Horticulture, Chiba University, 648 Matsudo, Matsudo, Chiba 271-8510, Japan). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* **15** : 83-94 (2004).

The major components and fungicidal activities of commercial pyroligneous acids, bamboo vinegar, and home-made crude pyroligneous acids collected from a charcoal production facility were determined. Large variations in concentrations of the major components were found among the commercial products. In case of home-made crude pyroligneous acids, the quality changed depending upon temperatures at which the acids were collected, being especially remarkable at high temperatures. Toxic substances such as methanol, formaldehyde, and phenols were also detected along with acetic acid. Variations in concentrations of toxic components made it difficult to do risk assessment of pyroligneous acids as a whole. Although some anti-microbial activity was observed against Downy mildew on a culturing medium, little effect was demonstrated on actual plants in controlling against three plant pathogens; downy mildew, botrytis rot, and mildew.

Key words: Pyroligneous acid, Downy mildew, Botrytis rot, Mildew, Major components, Fungicidal activity.

市販されている木酢液、竹酢液および木炭生産現場より採取した自家製粗木酢液について、主要成分の分析と植物病原菌に対する抗菌活性の検定を行った。含有成分とそれらの濃度は、市販品では製品によって大きな違いが見られた。また自家製粗木酢液の品質は採取温度によって異なり、特に煙の採取温度が高いものについては大きな違いが見られた。供試した木酢液からは、酢酸の他に、メタノールやホル

ムアルデヒド、およびフェノール類等の毒性物質も検出された。木酢液一般としての安全性の評価は、資材によって品質に差があるために困難であると判断された。培地上の灰色かび病については室内試験で抗菌活性を示すものも見られたが、いずれの資材についても実際の植物体上では、灰色かび病、べと病、うどんこ病に対する防除活性はほとんど認められなかった。

はじめに

生産性を重視する近代農業において病害虫・雑草の発生は不可避であり、農薬はそれらの防除を通して、食料の安定生産に大きく貢献している。特に化学農薬については、元々自然界には存在しない合成化学物質であるということから、農薬取締法によって薬効だけでなく安全性を確保するために多くの試験が要求されている（梅津，2003）。

それにもかかわらず、一部マスコミとそれに影響された消費者の化学農薬に対する不信感は根強く、無農薬・減農薬栽培農産物の差別化（高価格商品化）をもたらしてきた。そのような背景から、化学合成農薬の代替資材として、いわゆる天然植物抽出液と称する資材が登場した。しかし、実際には、これらの資材には化学農薬が混入されていたことが明らかにされ、登録外資材についても何らかの規制が必要であることが提唱された。（本山ら，1996；駒形・本山，1998；駒形・本山，1999）。2003年に農薬取締法が改正され、農薬取締法の「農薬」の定義に当てはまる全ての資材について登録が必要となった。ただし例外として、安全性が認められ、その資材が「特定農薬」に指定されれば登録の必要なく自由に使用することができるということになった。

多くの資材が「特定農薬」の候補として挙げられたが、2003年の第6回農業資材審議会農薬分科会において、食酢、重曹、使用場所の付近で採取された天敵の3種類のみが指定され、他の資材は情報不足であるとして判定が保留された。

判定が保留された資材の中で、特に注目を集めたものに木酢液がある。木酢液は木炭生産時の副

産物で年間6～7000klが生産されており、殺虫、消臭、抗菌作用、植物成長促進作用等多様な用途をもつと言われている（農山漁村文化協会，2003）。木酢液は林業用の苗木に対する土壌殺菌剤として1973年に登録された（農薬登録番号第12850号）が、1979年に失効している。現在では、無農薬・減農薬栽培や有機栽培において化学農薬の代替資材、あるいは化学農薬の共力資材として用いられている。

木酢液を「特定農薬」に指定することに関しては、(1)木酢液には原料・製法が多く存在するが一括して効力や安全性を評価できるのか、(2)どのように使用すれば何に対してどの程度の効果があるのか、(3)長期的曝露あるいは摂取を考えた場合その使用は安全といえるか、といったことを明らかにしなければならないと思われる。

木酢液の効力に関しては、これまでも試験が行われてきているが、使用した木酢液の品質（含有成分とその濃度）が不明である場合がほとんどである。木酢液の含有成分とその濃度について調査した報告はいくつかあるが（木材工業ハンドブック編集委員会，1982；農山漁村文化協会，1991；大幸TEC，未発表）、品質と効力の関係を明らかにした研究は十分とは云えない。

本報は、木酢液市販品12種類、および炭焼き窯から直接採取した粗木酢液7種類に含まれる主要成分を分析し品質を比較すると共に、数種植物病原菌に対する抗菌活性を室内試験で検定し、木酢液の防除資材としての可能性について検討した。

材料および方法

1. 供試木酢液

実験に供した市販品12種類, 自家製7種類の木酢液, 竹酢液は表1にまとめて示した。市販品はホームセンター, 農業資材店などで購入したものであり, 自家製は千葉県大多喜町の林業者に依頼して採取したものである。炭窯は黒炭土窯で炭化室の容積は約7m³であった。木酢液採取の際の炭の原料は, カシ(50%), タケ(10%), シイ・サクラ等(40%)であった(体積比)。炭焼き開始5日目から11日目までの7日間, 連日1Lずつ粗木酢液を採取した。また採取時には煙の温度を水銀温度計で測定した。

供試した資材の中には木酢液以外に竹酢液等も含まれているが, 本論文では便宜上, 木酢液と総称することにする。

2. 試薬類

ホルムアルデヒドの定量キットであるホルムアルデヒド-テストワコー, およびフェノール類の

定量キットであるフェノール-テストワコーは和光純薬工業株式会社から購入した。

また生物検定の対照農薬としてダコニール1000フロアブル製剤(有効成分:TPN40.0%, 武田薬品工業株式会社)およびロブラール水和剤(有効成分:イプロジオン50.0%, 日産化学工業株式会社)を用いた。

その他の試薬は市販の特級品を使用した。

3. 供試菌類

検定に供した3種の植物病原菌は圃場から採集され単離された系統を三井化学株式会社ライフサイエンス研究所より譲渡されたものである。インゲン灰色カビ病の病原菌(*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.)は, 直径9cmのシャーレのジャガイモ・ショ糖煎汁寒天(PSA)培地(pH7.0)上において23℃で培養し, 10℃で保存したものをを用いた。キュウリうどんこ病菌(*Sphaerotheca fuliginea* (Schltld.) Pollacci)は, 20℃に保たれた室内でキュウリ *Cucumis sativus* (Linn.) (品種 相模半白)本葉上において継代培養しているものをを用いた。

表1 供試木酢液

分類	名称	記号	製造/販売元又は採取温度
市販木酢液	蒸留木酢液	A	株式会社ケイヨー(マレーシア産)
	蒸留・精製備長炭木酢液	B	株式会社アプロット
	蒸留竹酢原液	C	KAMIMURA SEITOHJO CO,LTD(中国産)
	特撰竹酢液	D	株式会社アプロット
	木酢原液	E	ヨーキ産業株式会社
	四国こんぴら様麓産竹酢液	F	有限会社 四国テクノ
	純生木酢液	G	和光木材株式会社
	木竹酢液	H	昭平庵(千葉県大多喜町)
市販木酢液 (希釈液)	よもぎ酢液	I	アイリスオーヤマ株式会社
	300倍液木酢液	J	タクトCO.,LTD.
	植物木酢いきいきスプレー	K	シマダ商事株式会社
	植物竹酢いきいきスプレー	L	シマダ商事株式会社
自家製粗木酢液 (大多喜)		M1	採取温度 84℃
		M2	82℃
		M3	86℃
		M4	97℃
		M5	122℃
		M6	186℃
		M7	200℃

べと病菌 (*Pseudoperonospora cubensis* (Berk. et Curtis)) は、うどんこ病と同様にキュウリの本葉上だが、高湿度を保つため苗をビニール袋内に入れた状態で、継代培養しているものを用いた。

4. 成分分析

pHはガラス電極法で測定を行った。溶解性タール量は松永ら (1999) の方法に準じて、20mlの試料を蒸発皿に採り、120℃の電気炉で恒量になるまで乾燥後、重量を測定し、残分を溶解性タールと見なした。酢酸およびメタノール量はFID付ガスクロマトグラフ (GC14A, 株式会社島津製作所) を用いた。カラムは信和化学工業株式会社HR-20M (内径0.53mm x 30m, 膜厚3.0 μ m), カラム設定温度は50℃ \rightarrow 昇温10℃/min \rightarrow 250℃ (hold) である。キャリアガスはHe (線速度40cm/s), 注入口 (スプリットレス, ベント時間1min) および検出器温度250℃で測定した。この条件下でのメタノールの保持時間 (RT) は3.2min, 検出限界は0.01% (w/v) であり, 酢酸のRTは9.6min, 検出限界は50ng/lであった (図1)。

ホルムアルデヒドの定量は、ホルムアルデヒド-テストワコーを用いて行った。木酢液の蒸留水希釈液2.0mlにアルカリ試薬2.0ml, 発色試薬2.0mlを順に加え21℃で15min発色させた後、酸化試薬2.0mlを加え発泡が止むまで振り混ぜた後、同様

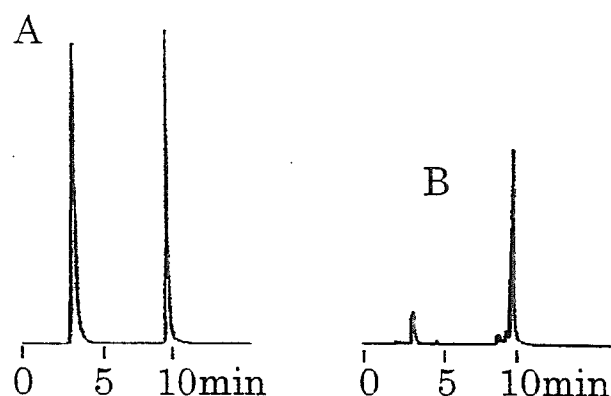


図1 酢酸及びメタノールのGC-FIDクロマトグラム。A: 酢酸5% (RT:9.6min) 及びメタノール5% (RT:3.2min) 含有標準水溶液 (1 μ l注入)。B: 木酢液C (原液を1 μ l注入)。

に処理した蒸留水を対照として分光光度計 (UV-160A, 島津製作所) で波長550nmの吸光度を測定した。ホルムアルデヒドの蒸留水希釈液を同様の方法で処理して発色させて作成した検量線を用いて、吸光度をホルムアルデヒド量に換算した。

フェノール類の定量には、フェノール-テストワコーを用いた。木酢液の蒸留水希釈液10mlにフェノール発色試薬1錠を加えて攪拌し溶解させて発色させた。同様に処理した蒸留水を対照として、分光光度計で波長460nmの吸光度を測定した。フェノールの蒸留水希釈液を同様の方法で処理して作成した検量線を用いて、フェノール濃度に換算したものをフェノール類濃度とした。

各木酢液について、ガスクロマトグラフ質量分析計 (島津GCMS-QP2000GF) を用いて分析し、フルフラール、フルフリルアルコール、フェノール、*o*-クレゾール、*p*-クレゾール、グアヤコール、*o*-メチルフェノール、*p*-メチルフェノール、メトキシフェノールについては定量を行った。測定条件は、オンカラム注入口温度250℃, カラム (Agilent DB-1) 温度50℃ (5min) \rightarrow 250℃ (Hold) (10℃/min昇温), イオン化方式: EI, インターフェイスおよびイオン源温度250℃である。木酢液は原液を、標準物質はアセトン希釈液を1 μ l注入した。

5. 抗菌活性の検定

1) インゲン灰色カビ病菌に対する活性

インゲン灰色カビ病の病原菌は、継代培養している菌を直径9cmのシャーレのPSA培地に移植してBLB (NIPPO, FL20SBLB, 20W) 照射下で、20℃で5日間培養した後、PS培地を20ml加え、筆で十分にこすることで胞子を懸濁させた液を2重のガーゼでろ過し、胞子懸濁液とした。胞子懸濁液には $1 \times 10^6 \sim 10^7$ /mlの胞子が含まれるように調整した。

人工培地上での抗菌検定は、バイオオートグラフ (株式会社いわしや, 320mm x 240mm x 20mm) 上で行った。5mmの厚さのPSA培地上に、胞子懸濁液を5ml塗布した。各木酢液と、対照として蒸留水および殺菌剤ロブラール水和剤を蒸留水で

1000倍に希釈した液に、直径8mm厚さ1.5mmの抗生物質検定用ろ紙（アドバンテック東洋株式会社）をそれぞれ浸し、上記のバイオオートグラフ上に載せた。BLB照射下で、20°Cで5日間培養した後、形成された阻止円の直径を測定した。

植物体上での抗菌活性は、1株毎に直径8cmのポットを用いて、培養土（有限会社 桑谷商店）で栽培し子葉が完全に展開したインゲン *Dolichos lablab*（品種 トップクロープ菜豆）苗上で検定した。希釈品を除く各木酢液を井水で10倍希釈し、ハンドスプレーを用いて子葉1枚当たり表裏に1mlずつ計2ml散布した。対照として井水およびロブルール水和剤1000倍希釈液を同様に処理した。3h風乾の後、上記と同様の抗生物質検定用紙を孢子懸濁液に浸したものをインゲン子葉上に載せた。20°Cに保たれた実験室内の窓辺に4日間保持後、形成された病斑の直径を測定した。

2) キュウリべと病およびうどんこ病に対する活性

キュウリはインゲンの場合と同様の容器、培養土で栽培し、検定は本葉2葉目が展開を始めた植物体上で行った。木酢液および対照である蒸留水および殺菌剤ダコニール1000フロアブル製剤の1000倍希釈液はインゲンへの処理と同様の方法で処理し風乾した。べと病の接種は、継代培養している植物体の検定用本葉（接種後約10日）を蒸留水で懸濁し2重のガーゼでろ過した分生子懸濁液（分生子を約 1×10^5 /ml含む）を本葉1枚あたり1ml葉裏に散布することで行った。接種後の苗はビニール袋に入れ加湿状態を保ち20°Cで7日間栽培後、発病指数を用いて感染の程度を数値化した。うどんこ病の接種は、継代培養している植物体の本葉（接種後約7日）から振り払い法で接種し、20°Cで7日間栽培後、発病指数を用いて感染の程度を数値化した。発病指数は、べと病、うどんこ病ともに、0:発病なし、1:発病面積5%以下、2:発病面積6~25%、3:発病面積26~50%、4:発病面積50%以上、という基準である。

結果と考察

1. 主要成分濃度の比較

各種木酢液のpHと主要成分濃度を調べた結果は表2に示した。市販木酢液（A~H）のpHは2.6~3.6、希釈品（I~L）は4.4~7.6の範囲であった。希釈品のpHの上昇は基本的に希釈によるものと考えられる。市販品の木酢液10種類を林野庁が過去に調査した結果、pHは1.97~3.62であった（農山漁村文化協会, 1991）。林野庁の支援のもとに日本木酢液協会によって作成された規格では、木酢液のpHは1.5~3.7であることとされている（谷田貝, 2001）。一方、自家製粗木酢液（M1~M7）のpHは2.5~4.9の範囲であり採取した排煙温度が高くなると、pHが高くなる傾向が見られた。ただし、粗木酢液は炭化の過程で発生する煙全部から採取されるのではなく、特に有毒であるベンゾピレン等の混入を防ぐためには、採取口の温度が80~120°Cの時のみを採取するのが望ましいとされる（農山漁村文化協会, 2003）。これは表1のM1~M4に相当し、その場合のpH範囲は2.5~2.7である。従って、今回供試した粗木酢液は、pHについてはM6とM7以外は規格の範囲に収まっていると考えられる。

一方、溶解性タール量は、市販木酢液（A~H）では、ほとんどが0.1~0.5%の範囲であったがFは0.82%と若干高く、Gは1.95%と特に高かった。Gのタール濃度がまったく精製を行っていない自家製粗木酢液（M1~M7）と比べても異常に高いことの原因は不明である。希釈品（I~L）の溶解性タール量は0.02~0.11%と低く、自家製粗木酢液（M1~M7）については0.19~0.50%の範囲であったが、排煙温度が186°CのM6と200°C以上のM7ではタール量は各々0.46および0.50と比較的高かった。上記で引用した林野庁の調査では、市販10種類の木酢液の溶解タール量は、0.02~2.6%と100倍以上の濃度差を示している。ただし、タール量の高いものは実際には再精製して販売されているとのことである。

表2 各種木酢液のpHと主要成分濃度

種類	記号	pH	溶解性タール (%)	酢酸 (%)	メタノール (%)	フェノール類 (g/l)	ホルムアルデヒド (g/l)
市販木酢液	A	2.7	0.12	4.2	0.45	1.2	0.09
	B	2.8	0.14	1.1	0.01	0.1	ND ³⁾
	C	2.7	0.48	3.1	0.42	1.1	0.05
	D	3.0	0.21	0.8	0.06	0.2	ND ³⁾
	E	3.6	0.37	0.6	0.07	0.1	ND ³⁾
	F	2.7	0.82	2.1	0.05	1.1	0.67
	G	2.6	1.95	6.2	0.51	1.6	ND ³⁾
	H	2.6	0.15	3.9	0.14	1.9	ND ³⁾
市販木酢液 (希釈液)	I	7.6	0.16	0.008	ND ¹⁾	ND ²⁾	ND ³⁾
	J	7.5	0.02	0.004	ND ¹⁾	ND ²⁾	ND ³⁾
	K	4.4	0.11	0.05	ND ¹⁾	ND ²⁾	ND ³⁾
	L	4.4	0.11	0.04	ND ¹⁾	ND ²⁾	ND ³⁾
自家製粗木酢液 (大多喜)	M1	2.5	0.25	6.2	0.27	0.5	0.32
	M2	2.5	0.25	5.6	0.20	1.6	0.34
	M3	2.6	0.24	4.5	0.15	1.9	0.33
	M4	2.7	0.19	4.5	0.15	1.3	0.31
	M5	3.0	0.25	4.0	0.13	0.9	0.39
	M6	4.0	0.46	5.7	0.13	0.7	0.39
	M7	4.9	0.50	5.6	ND ²⁾	1.5	0.52

- 1) 0.01%>.
- 2) 0.1g/l>.
- 3) 0.05g/l>.

また、タールは混合物であるが、安全性評価等を行うためには、個々の木酢液の各含有成分についての情報が必要となる。木酢液および木タールに含有される成分は200種類以上とも言われている(木材工業ハンドブック編集委員会, 1982)。

本研究では、酢酸とメタノールはGC-FIDで分析した。

一例として、蒸留竹酢原液(C)で得られたクロマトグラムを図1に示した。主要成分である酢酸は、供試した市販品(A-H)および自家製粗木酢液(M1~M7)において、0.6~6.2%と10倍以上の濃度差がある。過去に大幸TEC株式会社が19種類の市販木酢液について分析を行った結果でも2製品(ただし1製品は700倍希釈液)では酢酸濃度は検出限界以下であり、最高濃度は約15%と大きな濃度差が見られた(未発表データ)。日本木酢液協会の規格では、酢酸以外の酸も含めた濃度

指標である酸度を基準としており、1~18%を適正值としている。

メタノールは、希釈液4製品を除いて、全ての市販品および自家製木酢液から0.01%以上の濃度で検出された。特に純正木酢液Gは0.51%と高く、蒸留木酢液Aと蒸留木酢液Cは各々0.45%、0.42%と比較的高かった。上記の大幸TECの分析でもメタノールは19製品全てから検出されたが、濃度は0.5%以下であった。メタノールは、労働安全衛生法により濃度1%を超える場合は、第2種有機溶剤として規制される。木酢液が1%を超えるメタノールを含むこともある(木材工業ハンドブック編集委員会, 1982)ので、法的には抵触する可能性がある。フェノール類は、一般に酢酸濃度の高い木酢液では比較的高い濃度(1,000mg/l以上)を示す傾向が認められた。フェノール類には、水質について臭味発生防止の観点から

0.005 mg/l という基準値が設定されている。水質基準値であるため単純な比較はできないが、市販品の中でも1,000 mg/l を越えるものが存在し、最も濃度の高かったHとM3では1,900 mg/l であり、これは水質基準値の約400,000倍と高濃度である。また水質基準設定に関しては、フェノール類は、本来天然水中には存在しないとされており、木酢液が水系近くで大量に使われる場合には特に注意が必要であろう。

ホルムアルデヒド濃度は市販木酢液Fでは669 mg/l と高濃度であったが、他には2つの木酢液から検出されたのみであった。一方、粗木酢液についてはM1~M7の全てから300 mg/l 以上で検出され、特に排煙温度200℃で採取されたM7では520 mg/l と最も高かった。ただし、自家製木酢液の市販品に相当する木酢液Hではホルムアルデヒドが検出されなかったことから、タールを除去する過程でホルムアルデヒドも除去されたものと考えられる。ホルムアルデヒドは水質の監視項目基準値として0.08 mg/l という濃度が設定されていることから、ホルムアルデヒドの濃度に関しても水系近くでの大量の使用には注意が必要であろう。

またメタノールやホルムアルデヒドを始めとして木酢液には多くの揮発性有機化合物が含まれており（木材工業ハンドブック編集委員会, 1982）、施設栽培などの密閉性が高い空間での使用については、作業者に対する安全性上の問題があると思われる。

木酢液の有機成分をGC-MSで分析して得られたクロマトグラム (TIC) を図2および図3に示した。市販木酢液ではピークの数および大きさが製品毎に異なり、Eのようにほとんどピークのないものも、GやHのように多くの有機成分が含まれているものもあった。自家製粗木酢液では、一般的な木酢採取温度で採取したM1~M5についてはピークのサイズは異なるが概ね同形状のTICを示した。しかしそれより高温のM6, M7ではTICの形状が異なっており、含有する有機成分がM1~M5とは異なっていた。このことは採取温度を制限することである程度の品質の確保ができる可能性を示していると思われる。

しかし200種類に及ぶといわれる木酢液成分の中には毒性の憂慮されるべきものも多く（梅津憲治, 2003）、安全性の検証には微量有害成分の検出

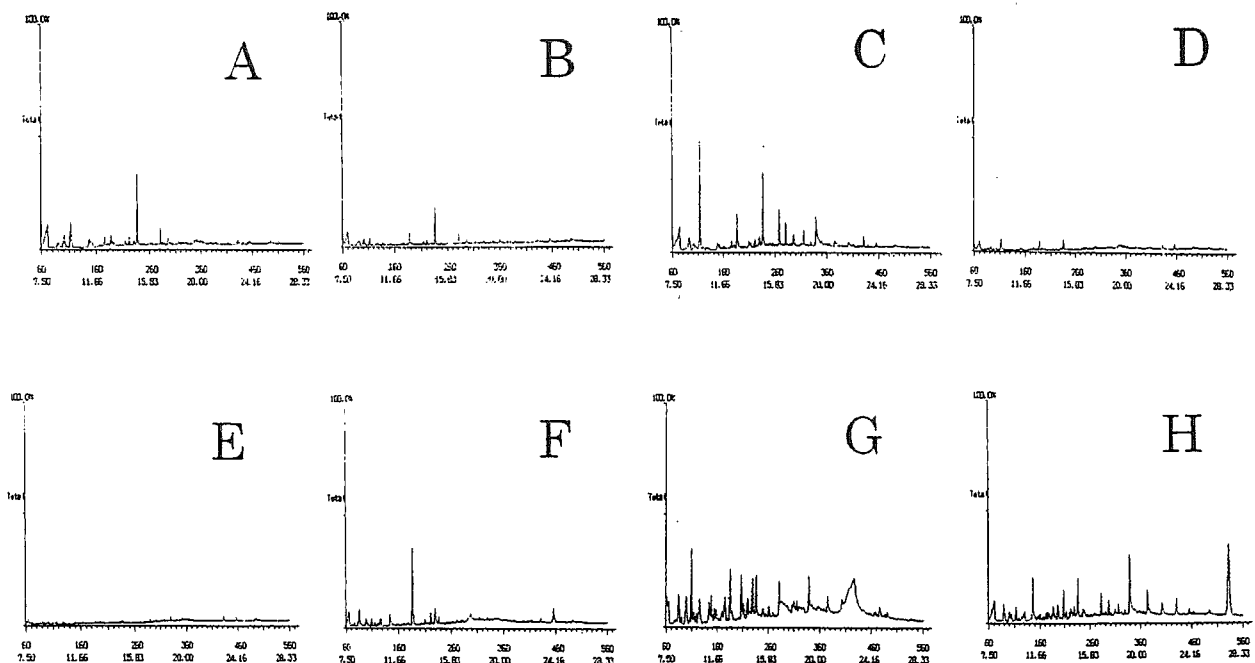


図2 市販木酢液のTIC (原液を1 μ l 注入)。X軸: scan number (60-560) & min (7.5~28.33 min)。

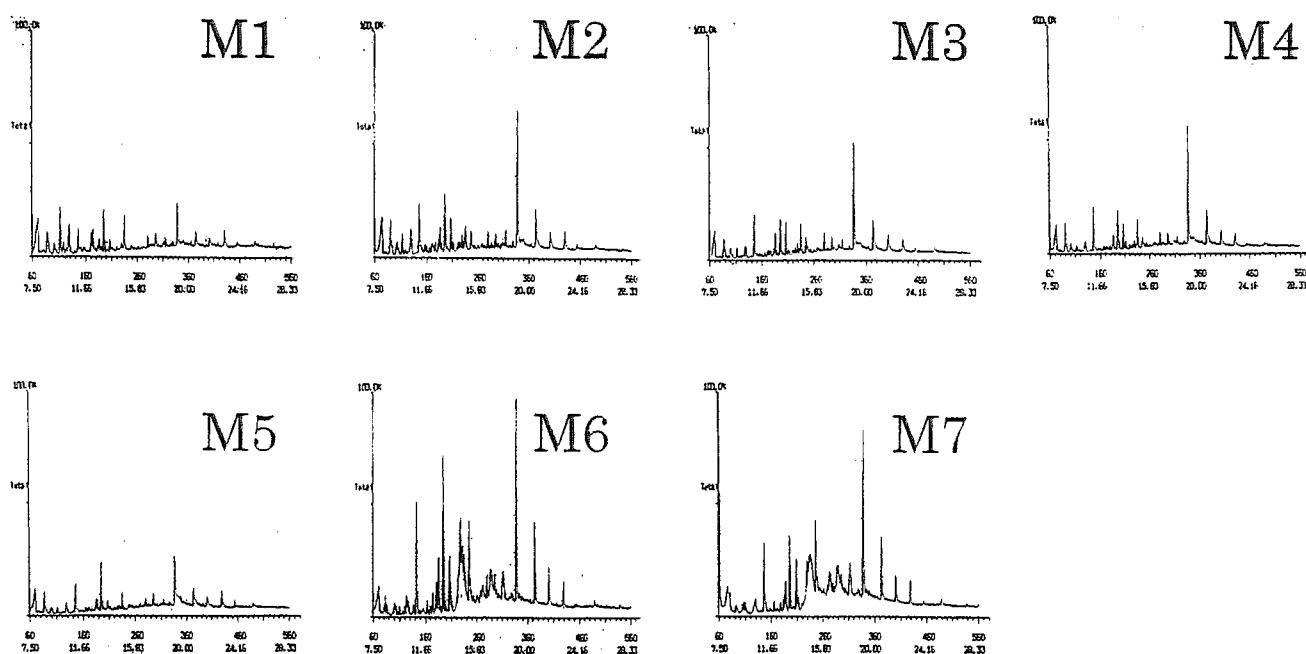


図3 自家製粗木酢液のTIC (原液を1 μ l注入). X軸: scan number (60-560) & min (7.5~28.33 min).

も含む精密な分析が必要となるであろう。

含まれている有機成分の種類のうち幾つかの成分について定量を行った際の標準物質のクロマトグラムを図4に、定量結果を表3、表4に示した。どの木酢液にも、フェノール、*o*-クレゾール、*p*-クレゾール、グアヤコールが共通して含まれていた。フェノール、*o*-クレゾール、*p*-クレゾールは環境省により要調査項目に指定されており、木酢液が

大量に使用されるような場合にはリスクアセスメントが必要となるだろう。その他の成分の含有量は製品により異なっていた。また自家製粗木酢液についてはM1, M2にM3~M7に見られないフルフリルアルコールが検出され、また他の成分も温度変化に伴い緩やかな変化を見せているが、M6, M7ではM1~M5と比較してフェノールや*p*-クレゾールの濃度が高いなどの特徴があり成分の

表3 市販木酢液に含まれる有機成分濃度

分析対象成分	原液中濃度 (ppm)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
フルフラール	77.1	7.8	2117.2	34.3		8.3		25.9
フルフリルアルコール	9.4		37.5			14.9	28.6	51.7
フェノール	15.2	15.1	46.6	8.4	2.6	86.8		17.3
<i>o</i> -クレゾール	6.0	4.0	5.2	1.5	0.8	12.9	20.2	4.7
<i>p</i> -クレゾール	8.0	2.6	12.2	2.4	1.2	28.7	1.8	8.9
グアヤコール	64.1	36.4	71.0	1.6	4.9	5.0	31.3	42.3
<i>o</i> -メチルフェノール				2.4				
<i>p</i> -メチルフェノール	3.1		40.0			6.0		3.3
メトキシフェノール						22.8	143.1	

注: 空欄は検出限界以下 (1ppm>).

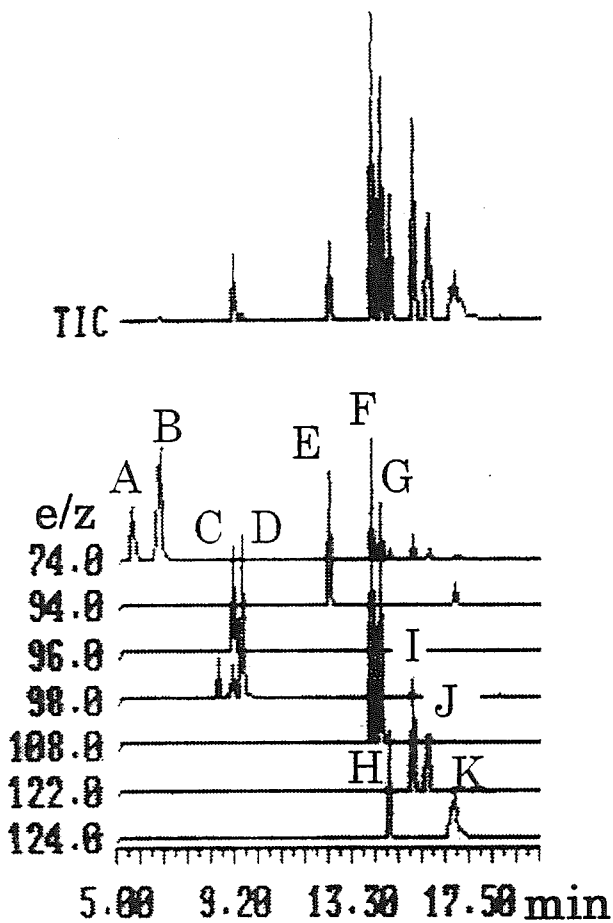


図4 標準物質 (各10ng) のGC-MSクロマトグラム. A: プロピオン酸, B: アセトール, C: フルフラール, D: フルフリルアルコール, E: フェノール, F: *o*-クレゾール, G: *p*-クレゾール, H: グアヤコール, I: *o*-メチルフェノール, J: *p*-メチルフェノール, K: メトキシフェノール.

パターンが異なるというTICの結果と一致した。しかし、フェノール等については、比色法で測定したフェノール類の傾向と一致していないものもある(表2, 表3)。これは、GC-MS法では全てのフェノール類を定量していないということも一因と考えられるが、本報では比色法、GC-MS法共に簡易法であり、前処理を行っていないため測定が夾雑物の影響を受けた可能性もある。厳密な定量を行うには適切な前処理が必要であろう。木酢液を含めた天然物起源の資材は多数の成分を含み、全ての成分を分析することは困難である。それをどこまで明らかにする必要があるかは今後の検討課題である。

2. 抗菌活性

木酢液の抗菌活性の検定結果は表5～表7に示した。インゲン灰色カビ病に対してはPSA培地上の阻止円形成による抗菌活性が認められたが、実際のインゲン子葉上の病斑形成阻害で見ると無処理と同程度であり、全く活性は認められなかった(表5)。一方、対照薬剤のイプロジオン50%製剤の1,000倍希釈液は、PSA培地上でも植物体上でも本病原菌に対して明確な殺菌活性を示した。

キュウリべと病(表6)とキュウリうどんこ病(表7)に対しては発病指数で判断したが、無処理と同程度であり、実用防除効果としては抗菌活性は無いと思われた。しかし、過去には木酢液であ

表4 自家製粗木酢液に含まれる有機成分濃度

分析対象成分	原液中濃度 (ppm)						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
フルフラール	103.3	50.1	28.0	19.3	16.2	8.1	2.4
フルフリルアルコール	15.6	4.1					
フェノール	15.5	30.0	23.9	20.1	19.4	44.8	37.5
<i>o</i> -クレゾール	4.4	4.4	3.6	3.2	2.0	8.9	6.6
<i>p</i> -クレゾール	9.6	11.6	11.9	8.4	6.7	30.1	27.0
グアヤコール	50.0	47.6	38.6	29.3	18.5	27.7	15.8
<i>o</i> -メチルフェノール							
<i>p</i> -メチルフェノール	2.6	3.8	3.5	3.2	2.1		
メトキシフェノール							4.2

注: 空欄は検出限界以下 (1ppm>).

表5 各種木酢液の灰色カビ病に対する抗菌活性

供試資材	PSA 培地上の病斑			インゲン子葉上の病斑			
	直径 (mm)	±	SD	直径 (mm)	±	SD	
無処理 対照薬剤 ¹⁾		— ²⁾		19.3	±	1.3	
	19.0	±	2.1	8.5	±	1.0	
市販木酢液	A	8.7	±	0.7	22.8	±	1.1
	B		— ²⁾		24.7	±	2.5
	C	11.7	±	1.5	26.0	±	1.9
	D		— ²⁾		26.7	±	1.5
	E	8.7	±	0.7	36.0	±	3.8
	F	22.4	±	2.2	25.8	±	2.4
	G	15.3	±	2.6	26.3	±	1.7
	H	14.9	±	3.4	33.0	±	2.6
市販木酢液 (希釈品)	I		— ²⁾		25.5	±	2.7
	J	8.3	±	0.5	27.4	±	2.5
	K	8.1	±	0.1	31.5	±	3.2
	L	10.6	±	2.3	25.3	±	2.8
自家製粗木酢液 (大多喜)	M1	15.5	±	1.5	23.8	±	1.8
	M2	15.2	±	1.5	25.7	±	3.5
	M3	14.1	±	1.4	27.7	±	0.8
	M4	12.8	±	0.5	26.0	±	1.0
	M5	12.7	±	0.8	27.2	±	3.9
	M6	13.8	±	0.8	24.1	±	1.1
	M7	12.1	±	1.7	27.8	±	5.6

1) イプロジオン50%製剤1000倍希釈液。

2) 阻止円の形成なし。

る程度の抗菌活性が見られた例が存在する。この違いが何によるものかを考察すると、例えば、科学技術庁研究調整局(1964)の研究では木酢液には抗菌活性があるが、殺菌剂的な効力を得るためには原液に近い高濃度の木酢液を施用する必要がある、その場合は薬害の恐れがあることが指摘されている。金磯・大植(1995)、金磯ら(2002)も圃場試験を行った結果、竹酢液の10倍希釈液がイチゴうどんこ病に、50倍希釈がキュウリうどんこ病に対して、ある程度の病害防除効果を認めているが、10倍液希釈液ではイチゴの薬害を観察している。木酢液が1973(昭和48年)に農薬登録がされた際は、森林苗圃の土壤消毒剤として2.5倍希釈液を5~8L/m²で土壤に処理するという高濃度、高薬量の処理が必要とされていた(井筒屋化学、私信)。その場合も、処理直後に苗を移植する

と薬害が生じるので、処理後しばらく放置して土壤を耕転後、移植をするという方法がとられていた。このように論文によって木酢液の抗菌活性に振れが見られる原因の一つは各々の研究で用いた木酢液の成分の違いによることが想像されるが、さらに処理方法の違いも結果の違いに影響している可能性がある。本研究では植物体上の試験においては木酢液を処理し、3h風乾後に菌の接種を行ったが、風乾に伴って一部成分が揮発してしまい、そのために抗菌活性を失った可能性も推察される。すでに発病している植物体に木酢液を直接散布した場合の効果については不明である。いずれにしても今までの知見を総合して判断すると、木酢液を用いて化学殺菌剂的な防除効果を得るためには高濃度の処理が必要であり、成分の揮発による抗菌活性の消失、薬害等が生じる可能性を考

表6 各種木酢液のキュウリべと病に対する抗菌活性

供試資材	発病指数 ²⁾					Σ	
	0	1	2	3	4		
無処理 対照薬剤 ¹⁾	+ ³⁾	++	+	++		8	
市販木酢液	A		++		+	8	
	B				++	+	10
	C	+			++		6
	D			+	+	+	9
	E				++	+	10
	F	+			++		6
	G					+++	12
	H				+	++	11
市販木酢液 (希釈品)	I		+		++	7	
	J			+		++	10
	K			+		++	10
	L			+	++		8
自家製粗木酢液 (大多喜)	M1			+	+	+	9
	M2				+	++	11
	M3				+++		9
	M4			++	+		7
	M5			+	++		8
	M6			+	++		8
	M7			++	+		7

1) TPN40%製剤1000倍希釈液。

2) 発病指数(発病面積): 0(0%), 1(0~5%), 2(6~25%), 3(26~50%), 4(50%以上)。

3) +: 1株, ++: 2株, +++: 3株。

えれば、使用方法は土壌灌注や種子消毒等限られた用途に限定されると思われる。

一方で木酢液には化学農薬的な効力はなく、病害に対して天敵カビを増やす等の穏やかな効力があるとの指摘もあるが(農山漁村文化協会, 2003), そうした穏やかな効果については公的試験における確認はされていない。今後、農薬取締法の改正に伴う「特定農薬」の指定等に際して木酢液をはじめとした有機農業用資材等で、こうした穏やかな防除効果を検証する機会は増加するものと考えられるが、そのための試験・評価方法の確立は今後の検討課題である。

また試験に供する木酢液の品質も問題となる。これは木酢液に限らず個人等、小規模でも生産できる資材については同様の問題が存在する。この

ように生産方法が一定でない資材は、含有成分を化学農薬のように0.1%以下の精度で規格化することは現実的ではない。しかし、例えば木酢液について言えば材料や製法、採取後のタール除去の処理方法等を規格化することにより、主要な成分を一定の範囲に収めることは可能かもしれない。その範囲を定めた上で、効力・安全性について試験を行えば、成分の異なる木酢液についてもある程度リスク評価は可能であろう。

引用文献

- 科学技術庁研究調整局(1964) 木酢液利用に関する特別研究報告書. 科学技術庁, 東京.
- 金磯泰雄・菅 愛・高石喜久(2002) 竹酢液によるイチゴおよびキュウリの数種病害に対する

表7 各種木酢液のキュウリうどんこ病に対する抗菌活性

供試資材	発病指数 ²⁾					Σ	
	0	1	2	3	4		
無処理 対照薬剤 ¹⁾	+ ³⁾	++			+++	12 2	
市販木酢液	A			+	++	11	
	B			+	++	11	
	C			+	++	11	
	D			+	++	11	
	E			+	++	11	
	F			+	++	11	
	G			+	++	11	
	H				++	+	10
市販木酢液 (希釈品)	I			+	++	11	
	J			+	++	11	
	K			+	++	11	
	L			+	++	11	
自家製粗木酢液 (大多喜)	M1				+++	12	
	M2			+	++	11	
	M3			+	++	11	
	M4			+	++	11	
	M5				++	+	10
	M6					+++	12
	M7				++	+	10

1) TPN40%製剤1000倍希釈液.

2) 発病指数(発病面積): 0(0%), 1(0~5%), 2(6~25%), 3(26~50%), 4(50%以上).

3) +: 1株, ++: 2株, +++: 3株.

防除効果. 37:37-42.

金磯泰雄・大植美香(1995) 農薬登録外資材による病害防除効果. 徳島農試研報 31: 26-30.

駒形 修・本山直樹(1998) 有機農業用資材「ニュームシギエ」の殺虫活性と有効成分. 千葉大園学報 52:13-16.

駒形 修・本山直樹(1999) 有機農業用資材「健草源・地」の除草活性と有効成分. 千葉大園学報 52:15-18.

松永一彦・新村孝善・西 一枝・神野好孝・國生徹郎(1999) モウソウチクの炭化生成物と竹酢液の物性について. 鹿工技セ研報 13:23-30.

木材工業ハンドブック編集委員会(1982) 木材工業ハンドブック, 丸善株式会社, 東京, 904-

908.

本山直樹, 呉 鴻圭, 駒形 修, Tariq MAHMOOD(1996) 有機農業用資材として用いられるいわゆる天然・植物抽出液「夢草」に含まれる殺虫活性成分. 農薬誌 21(1):73-79.

農山漁村文化協会(1991) 木酢・炭で減農薬. 農山漁村文化協会, 東京.

農山漁村文化協会(2003) 木酢はやっぱりスゴイ. 現代農業 82(4):54-107.

梅津憲治(2003) 農薬と食. ソフトサイエンス社, 東京, 99-116.

谷田貝光克(2001) 木酢液規格作成と木酢液による農業害虫等の防除. New Food Industry 43(6):4-8.

各種市販および自家製木酢液・竹酢液の 殺虫活性と水生生物に対する影響

駒形 修・本山直樹

千葉大学園芸学部

(受領：2003年12月26日；受理：2004年3月29日)

I S S N 0915-4698

環 動 昆

Jpn. J. Environ.

Entomol. Zool.

環動昆 Vol. 15 No. 2 (2004) 別刷

JAPANESE SOCIETY OF ENVIRONMENTAL ENTOMOLOGY AND ZOOLOGY

Seiyu Bldg., Nishi-Honmachi 1-12-19, Nishi-ku, Osaka 550, JAPAN.

各種市販および自家製木酢液・竹酢液の 殺虫活性と水生生物に対する影響

駒形 修・本山直樹

千葉大学園芸学部

(受領 : 2003年12月26日 ; 受理 : 2004年3月29日)

Insecticidal Activity and the Effects of Various Commercial and Home-made Pyroligneous Acid Products on Aquatic Organisms. Osamu Komagata and Naoki Motoyama (Faculty of Horticulture, Chiba University, 648 Matsudo, Matsudo, Chiba 271-8510, Japan). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* **15** : 95–105 (2004)

Pyroligneous acid products did not show an insecticidal activity even at a high concentration against housefly (*Musca Domestica* (Linn.)), green peach aphid (*Myzus persicae* (Sulzer)), and bean bug (*Riptortus clavatus* (Thunberg)), suggesting little if any potential for insect control by the products as compared to chemical insecticides. Laboratory testing of the repellent effect against the housefly demonstrated one of the products effective right after application; although the effect was lost in a short period of time after standing at room temperature. A pyroligneous acid formulation introduced to an experimental pond did not result in a significant change in the relative population of water fleas and midges. The LC_{50} s of the formulation were determined in the laboratory as 0.27% and 0.25%, respectively, against medaka fish and bullfrog tadpoles. A comparison of the LC_{50} value converted to acetic acid concentration with that of pure acetic acid indicated that most of the toxicity was due to the acetic acid with a little additional contribution by other components in the formulation.

Key words : Pyroligneous acid, Insecticidal activity, Repellent effect, Fish toxicity

木酢液は高濃度でもイエバエ、モモアカアブラムシに対しては殺虫活性を示さなかった。ホソヘリカメムシに対しても殺虫活性は見られず木酢液には化学殺虫剤のような効力はないものと推察された。イエバエに対する忌避効果を室内試験で検定したが、忌避効果は木酢液の種類によっては処理直後には観察されたが、短時間の風乾処理によってその効果は消失した。木酢液の1つを実験池に投与し、水生生物に及ぼす影響を調査したが、ミジンコ、ユスリカ幼虫ともに相対密度に影響はなかった。室内検定で求めた当該木酢液のヒメダカ、ウシガエルの幼生に対する LC_{50} は各々0.27%と0.25%であり、これを酢酸濃度に換算し、純粋酢酸の LC_{50} 値と比較すると、木酢液の方が若干毒性が高い傾向が見られたので、酢酸以外の成分も少しは毒性に關与している可能性が推察された。

はじめに

著者らは前報(駒形・本山, 2004)において、木酢液(竹酢液を含む)市販品および炭焼き窯から直接採取した木酢原液のそれぞれについて主要成分の分析を行った。その結果、市販の木酢液の品質にはばらつきがあり、成分によっては10倍以上の濃度差が見られた。また数種植物病原菌に対する抗菌活性については、培地上では阻止円を形成し抗菌活性を示す場合も見られたが、実際の植物体上では実用防除効果を示すほどの抗菌活性を示すものはなかったということを報告した。

木酢液・竹酢液は抗菌活性の他にも、害虫に対する忌避効果や殺虫活性があることが指摘されている(谷田貝, 2001)。しかし、その他には、イエバエやナメクジ(竹井・林, 1968)、ヤマビル(千葉県衛生研究所, 1997)を除き、木酢液の殺虫活性や忌避効果を科学的なデータで証明した報告は、ほとんど見当たらない。

また、現行の農薬のように安全性に関する厳しい審査を経ていないために、防除対象外の生物への影響に関しても過去の研究は乏しい。

本報では、木酢液市販品、および炭焼き窯から直接採取した木酢原液について、数種昆虫に対する殺虫活性と忌避効果、および環境影響評価の一環として水生生物への影響について調べた結果について報告する。

材料および方法

1. 供試木酢液

供試した木酢液の一覧を表1に示した。これらの資材に含まれる主要成分とその濃度については、前報(駒形・本山, 2004)に述べた通りである。供試した資材の中には木酢液以外に竹酢液等も含まれているが、本論文では便宜上、木酢液と総称することにする。

2. 試薬類

生物検定の対照農薬としてアディオン乳剤(有効成分ペルメトリン20%, 住友化学工業株式会社)およびアグロスリン乳剤(有効成分シペルメトリン6%, 住友化学工業株式会社)を農業資材店から購入して用いた。

その他の試薬は市販の特級品を使用した。

3. 供試生物

イエバエ *Musca domestica* (Linn.) は、当研究室で薬剤感受性の標準系統として累代飼育しているCSMA系を用いた(本山ら, 1996)。飼育は25℃の恒温室で行い、幼虫はラット・マウス・ハムスタ用粉末試料CE-2(日本クレア株式会社)を与え、成虫にはザラメ砂糖、粉末ミルクを与えた。試験には羽化後1週間の成虫を供した。モモアカアブラムシ *Myzus persicae* (Sulzer) は、日本曹達株式会社小田原研究所から入手し、当研究室でカイワレダイコンの芽出しを餌として累代飼育してい

表 1 供試木酢液

分類	名称	記号	製造/販売元又は採取温度	酢酸濃度 (%) ¹⁾
市販木酢液	蒸留木酢液	A	株式会社ケイヨー (マレーシア産)	4.2
	蒸留・精製備長炭木酢液	B	株式会社アプロット	1.1
	蒸留竹酢原液	C	KAMIMURA SEITOHJO CO,LTD (中国産)	3.1
	特撰竹酢液	D	株式会社アプロット	0.8
	木酢原液	E	ヨーキ産業株式会社	0.6
	四国こんぴら様麓産竹酢液	F	有限会社 四国テクノ	2.1
	純生木酢液	G	和光木材株式会社	6.2
	木竹酢液	H	昭平庵 (千葉県大多喜町)	3.9
市販木酢液 (希釈液)	よもぎ酢液	I	アイリスオーヤマ株式会社	0.008
	300倍液木酢液	J	タクトCO.,LTD.	0.004
	植物木酢いきいきスプレー	K	シマダ商事株式会社	0.05
	植物竹酢いきいきスプレー	L	シマダ商事株式会社	0.04
自家製粗木酢液 (大多喜)	M1	採取温度	84℃	6.2
	M2		82℃	5.6
	M3		86℃	4.5
	M4		97℃	4.5
	M5		122℃	4.0
	M6		186℃	5.7
	M7		200℃	5.6

1) 駒形・本山 (2004).

る薬剤感受性のクローン小田原系を用いた。試験には無翅胎生雌成虫を供した。ホソヘリカメムシ *Riptortus clavatus* (Thunberg) は千葉大学園芸学部構内の大豆畑で2003年9月に採集した個体群(成虫)をそのまま用いた。

ヒメダカ *Oryzias latipes* (Temminck et Schlegel) (体長約3 cm) は養殖業者から購入し、ウシガエル *Rana catesbeiana* (Shaw) の幼生(体長約5 cm) は後述の実験池から採集した。両者とも飼育室で1週間順化させた後、毒性試験に供した。

4. 殺虫活性の検定

各種木酢液のイエバエに対する殺虫活性は浸漬法で検定した。すなわち木酢液を蒸留水で10倍に希釈(希釈品I~Lについては原液のまま)した液20 mlにCO₂で麻酔したイエバエを10s間浸漬した後、底にろ紙(東洋アドバンテックNo.3)を敷いたプラスチックカップ(直径5 cm, 高さ3 cm)1個につき10頭ずつ入れ、通気孔を空けた蓋をした。また餌として脱脂綿に含ませた20%ショ

糖水を蓋の上から与えた。試験は10頭3反復で行い、25℃下で保持し24h後に死亡数を確認した。各種木酢液のモモアカアブラムシに対する殺虫活性は浸漬法で検定した。すなわち木酢液の10倍希釈液(希釈品I~Lについては原液のまま)20 mlにアブラムシを接種し定着しているカイワレダイコンの芽出しを10s間浸漬し、イエバエの場合と同様のプラスチックカップ1個につき10頭分入れ、キムワイプ(株式会社クレシア)で蓋をした。実験は10頭3反復で行い、処理後は25℃で24hr保持後に死亡数を確認した。

イエバエとモモアカアブラムシの試験については、蒸留水を処理した区を無処理区、アグロスリン乳剤の1000倍希釈液を処理した区を対照区として設けた。

各種木酢液のホソヘリカメムシに対する殺虫活性は2つの方法で検定した。ろ紙接触法では、直径9 cmのシャーレにろ紙(東洋アドバンテックNo.3)を敷き、3種類の木酢液C, G, Lの原液を

各々0.1mlずつ滴下し1h風乾した後、ホソヘリカメムシ5頭を入れた。密閉の効果を見るために、シャーレに蓋をしてパラフィルムで密閉したものと、蓋のかわりにナイロンメッシュで覆った区を設定した。直接散布法では、直径9cm高さ5cmのプラスチックカップにろ紙接触法と同様のろ紙を敷いたものにCO₂で麻酔したホソヘリカメムシ5頭を入れ、20cmの距離からハンドスプレーを用いて木酢液C、G、Lの原液1mlを散布した。散布後は供試虫の逃亡を防ぐためにナイロンメッシュで覆った。実験はどちらも5頭3反復で行い、24h保持後に死亡数を観察した。また無処理区として蒸留水を同様に処理した区を、対照薬剤区としてはアディオン乳剤700倍希釈液を処理した区を設けた。

5. 忌避効果の検定

木酢液CとGのイエバエ成虫に対する忌避効果は、図1に示す手製の装置を用いて検定した。すなわち500ml容量のPETボトル（一辺6.5cmの角型）の2本は上端を、1本は両端をカッターナイフで切断し、セロテープ接続した。装置は直径125mmのろ紙（東洋アドバンテック、No.2）を

漏斗状に丸めて接続部分2箇所固定し3区画に区切った。真中に位置する容器には供試虫を投入できるように、2cm x 1cmの窓を設けた。両端にイエバエの餌として、コンデンスミルク（森永乳業株式会社）を水に溶かし、直径3cm、深さ1.3cmの容器（バイアルの蓋）に詰めたキムワイプにしみ込ませたものをおいた。両端の容器の片方には、木酢液C又はGの原液2mlを直径125mmのろ紙に染み込ませた後、ただちに、あるいは室温で3h風乾させた後2つ折りにして置き。反対側の容器には対照として井水を同様に処理したろ紙を置いた。イエバエ成虫を約3h絶食させた後、CO₂で弱く麻酔し、30頭（雌雄混合）ずつ投入した。小窓を塞ぎ、室温下で遮光状態に24h保持し、1h、3h、6h、12h、24h後にそれぞれの区画に分布しているイエバエの数を記録した。

6. 水生生物に及ぼす影響調査

木酢液Cを用いて水生生物に対する影響を野外と室内で検定した。野外実験は当研究室が2002年8月に農薬の生態リスク評価のために千葉県山武郡大網白里町瑞穂地区砂田の谷津田に造成した実験池（図2）を用いて行った。

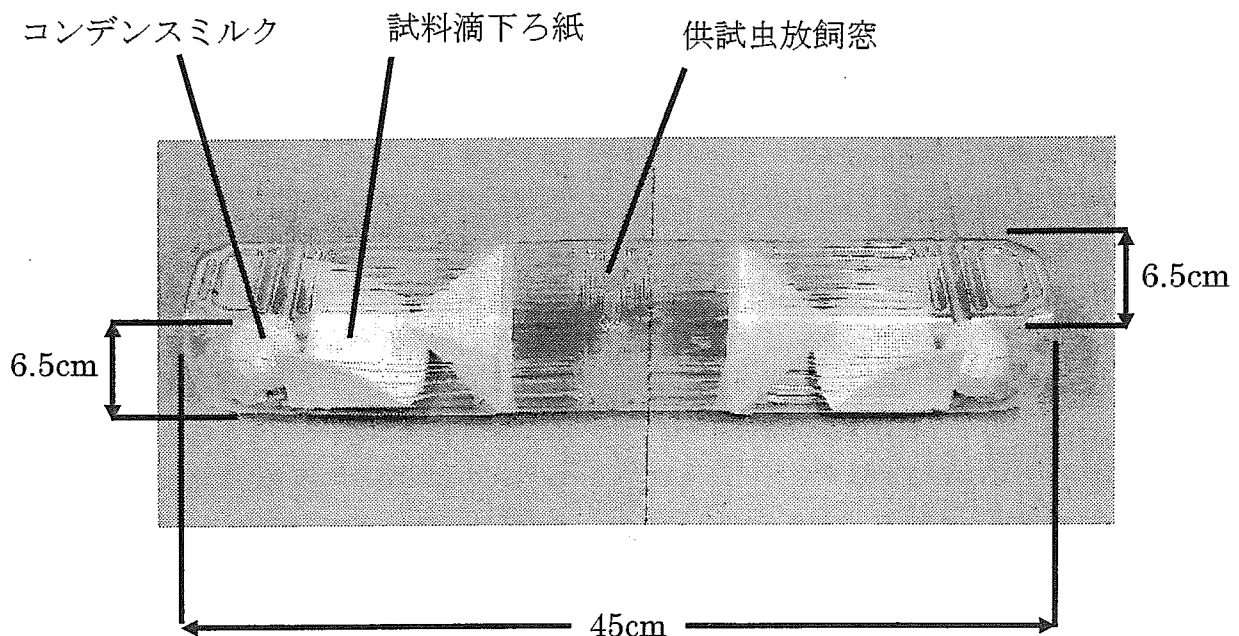


図1 イエバエに対する忌避効果の検定に用いた装置。

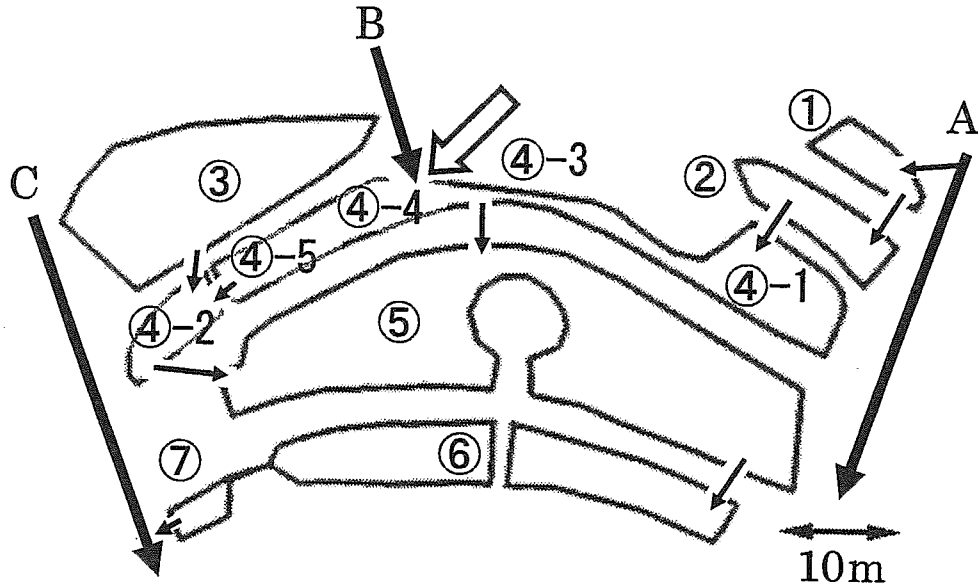


図2 木酢液の生態影響調査を行った実験池の略図。A～Cは背後の台地からの絞り水による水路，黒矢印は水の流れ，白矢印は木酢液の投入地点，①～⑦は池と調査地点。

2003年9月13日に木酢液Cの原液4.5lを水路Bから池4への流入口から投入した。この投入量は池4の水の容積から計算して木酢液が池全体に均一に拡散すると仮定した場合に約10,000倍の希釈が生じる量に相当する。投入直前および1日後，7日後に水中のミジンコおよび底質中のユスリカ幼虫の相対的密度の変化を調査した。調査には直径31.5cm高さ60cmの塩ビ製円筒をコドラートとして用いた。調査地点数は池1～3と7は面積が小さいので1ヶ所，池4は5ヶ所，池5～6は2ヶ所ずつ取った。円筒を調査地点に深く差し込み，コドラート内部の水を小型電気掃除機を用いてトラップに採取し，水は現場で直ちにプランクトンネットでろ過した後，濃縮水を100ml容のガラスビンに入れて研究室に持ち帰り，実体顕微鏡下でミジンコ類 (*Daphnia*)，ケンミジンコ類 (*Cyclops*)，マルミジンコ類 (*Chydorus*) に分けて計数した。採水後，コドラート内の底質の表層5cmを玉杓子を用いてプラスチック容器に採取し研究室に持ち帰った。それを井水に懸濁して，篩 (4.75mmと0.85mm) を2段に重ねてろ過し篩上にトラップされたユスリカ幼虫を計数した。ユスリカの種の

分類は行わなかった。木酢液を投入した池4については，生物調査と同時に水質の変化についても調査を行った。pHおよび電気伝導度 (EC) はpH-EC計 (WM-22-EP, 東亜ディーケーケー)，溶存酸素量 (DO) はDO計 (DO-24P, 東亜ディーケーケー) を用いて現場で測定した。

木酢液の水生生物に対する影響を調べる室内検定では1l容のガラス容器に木酢液Cの井水希釈液 (濃度0.01～10%) 1lを入れ，ヒメダカ又はウシガエル幼生を容器当たり5頭ずつ放飼した。25℃の室内でエアレーションおよび餌の供給なしで，止水で飼育し48時間後に死亡数を観察した。対照には井水のみを用いた。死亡率はプロビット変換し最尤法を用いてLC₅₀を算出した。また比較のために試薬特級の酢酸 (和光純薬株式会社) についても同様に試験をした。

結果と考察

1. 殺虫活性

各種木酢液のイエバエ成虫およびモモアカアブラムシに対する殺虫活性を虫体浸漬法で検定した結果は表2に示した。イエバエ，アブラムシ共に

表2 各種木酢液のイエバエおよびモモアカアブラムシに対する殺虫活性

供試資材	試験濃度	供試虫数	24h後死虫数								
			イエバエ				モモアカアブラムシ				
			反復 1	2	3	平均	反復 1	2	3	平均	
無処理 (水)	—	10頭 x3	0	0	0	0	0	0	1	1	0.7
アグロスリン乳剤	1000倍希釈液	10頭 x3	10	10	10	10	10	10	10	10	10
市販品 木酢液	A	10倍希釈液	10頭 x3	1	1	0	0.7	1	1	0	0.7
	B	10倍希釈液	10頭 x3	1	0	0	0.3	0	0	0	0
	C	10倍希釈液	10頭 x3	1	1	0	0.7	2	1	0	1
	D	10倍希釈液	10頭 x3	1	0	0	0.3	1	0	0	0.3
	E	10倍希釈液	10頭 x3	1	0	0	0.3	1	0	0	0.3
	F	10倍希釈液	10頭 x3	0	0	0	0	1	1	0	0.7
	G	10倍希釈液	10頭 x3	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	10倍希釈液	10頭 x3	0	0	0	0	1	1	1	1
市販品 木酢液 (希釈品)	I	原液	10頭 x3	0	0	0	0	1	0	0	0.3
	J	原液	10頭 x3	2	0	0	0.7	2	0	0	0.7
	K	原液	10頭 x3	1	0	0	0.3	2	1	1	1.3
	L	原液	10頭 x3	1	0	0	0.3	3	0	0	1
自家製 木酢液 (大多喜)	M1	10倍希釈液	10頭 x3	1	1	0	0.7	1	0	0	0.3
	M2	10倍希釈液	10頭 x3	1	0	0	0.3	0	0	0	0
	M3	10倍希釈液	10頭 x3	0	0	0	0	1	0	0	0.3
	M4	10倍希釈液	10頭 x3	0	0	0	0	2	1	0	1
	M5	10倍希釈液	10頭 x3	2	1	0	1	1	1	0	0.7
	M6	10倍希釈液	10頭 x3	0	0	0	0	1	0	0	0.3
	M7	10倍希釈液	10頭 x3	1	0	0	0.3	2	0	0	0.7

無処理区の死亡率はほぼ0%であり、対照薬剤として用いたアグロスリン乳剤1000倍希釈液ではいずれの害虫に対しても100%の死亡率が得られた。一方、全ての供試した木酢液を10倍希釈または原液という高濃度で処理したにもかかわらず、どの資材も死亡率は誤差の範囲内で、明確な再現性のある殺虫活性を示さなかった。従って供試した木酢液では、これらの害虫に対する実用的な防除効果はほとんど期待できないことを示唆した。数種木酢液のホソヘリカメムシに対する殺虫活性を2つの方法、すなわちろ紙接触法と散布法で検定した結果は表3に示した。市販品の中でも総合的に見て、含有成分の濃度が高いと思われる木酢液C, G, H (駒形・本山, 2004) の3種類を供試した。カメムシは一般にストレスを受けた場合に悪臭のある匂い物質を放出し、自家中毒を起こす可能性

があるために、通常の試験では密閉性の高い容器を避けるのが普通である。しかし、開放性が高い容器では、木酢液の成分中、揮発しやすい物質が揮発してしまい殺虫力が低下することも考えられる。そこで本研究では、ろ紙接触法の試験では容器を開放した場合と密閉した場合の両方で試験を行った。無処理区では死亡率0%、対照薬剤として用いたアディオン乳剤の700倍希釈液では100%の死亡率が得られたのに対して、供試した木酢液は容器の密閉、開放にかかわらず、いずれも全く殺虫活性を示さなかった。また、いずれの木酢液とも虫体に対して直接散布した場合でも殺虫活性は全く見られなかった。谷田貝 (2001) は、数種のカメムシとヤマトシロアリ *Reticulitermes speratus* (Kolbe) について木酢液に殺虫活性と忌避活性があることを示し、カメムシについては種

表3 数種木酢液のホソヘリカメムシに対する殺虫活性

供試資材	試験濃度	供試虫数	24h後死虫数											
			ろ紙接触法											
			密閉				非密閉				散布法			
			反復1	2	3	平均	反復1	2	3	平均	反復1	2	3	平均
無処理(水)	—	5頭x3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
アディオン乳剤	700倍希釈液	5頭x3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
市販品 木酢液	C	原液	5頭x3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G	原液	5頭x3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	原液	5頭x3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

毎の感受性が異なる可能性を指摘している。谷田貝(2001)ではカメムシに対する殺虫活性の検定に蓋をしたガラスシャーレを用いているが、本研究の結果と全く異なる結果が得られた理由としては、(1)供試したカメムシの種が異なるので、種間で木酢液に対する感受性が異なった、あるいは(2)供試した木酢液に含まれる成分に大きな違いがあった可能性が考えられるが、本研究では、ろ紙に木酢液を滴下し1h風乾してから供試虫に暴露させているので、(3)揮発によって活性成分の揮発が起り殺虫活性が消失した可能性も考えられる。本研究ではホソヘリカメムシの虫体に木酢液を直接散布した場合も全く殺虫活性が見られなかったが、この場合も処理後の容器はメッシュで覆って通気できる状態で保持したので、活性成分が揮発によって速やかに消失した可能性がある。

また、シロアリについては本研究では扱わなかったが、山野(1993)がシロアリに対する木酢液の効力試験を行い、シロアリは木酢液をとくに忌避することなく、食害防止効果も認められなかったと述べており、効果があったとする谷田貝(2001)の報告と異なる結果を報告している。この場合も両方の研究で供試した木酢液に含まれる成分とその濃度についての情報がないので、単純に比較することはできない。しかし、木酢液の種類によって殺虫活性がこれほど大きな影響を受けるとすれば、木酢液を害虫防除目的に使用する場

合は、用いる木酢液の品質について厳しいチェックが必要ということになる。また、揮発によって活性成分が簡単に消失するとすれば、野外での害虫防除における実用的効果は期待できないということになる。なお、Rahman and Motoyama(1998)は、有機農業で使用されていた“ナースグリーン(緑の看護婦さん)”と称する木酢液が高い殺虫効果を示すことを確認したが、その有効成分は混入されていた合成ピレスロイドのシペルメトリンであることを明らかにしている。従って、農家が市販の木酢液を使って高い防除効果が得られたと証言する場合は、化学殺虫剤混入の可能性を疑ってみる必要がある。

2. 忌避効果

三枝(農山漁村文化協会, 2003)は、雑誌の取材に対し、木酢液は殺虫、殺菌活性はないので農薬の替わりとしては使えないが、アブラムシの圃場への侵入を1週間遅らせたり、植物の葉が立つために葉裏に日光が当たり害虫が寄生しにくくなる等の穏やかな効力がある、と主張している。そこで本研究ではイエバエを用いて木酢液CとGの忌避効果を調べた。ろ紙に木酢液を滴下後、ただちに試験をした結果は各々図3のAとBに示した通り、木酢液Cには統計的に有意(Fisher's Exact Test, $p < 0.05$)な忌避効果は認められなかったが、木酢液Gには明確な忌避効果が見られた。しかし、木酢液をろ紙に滴下後室温で3h風乾させると、

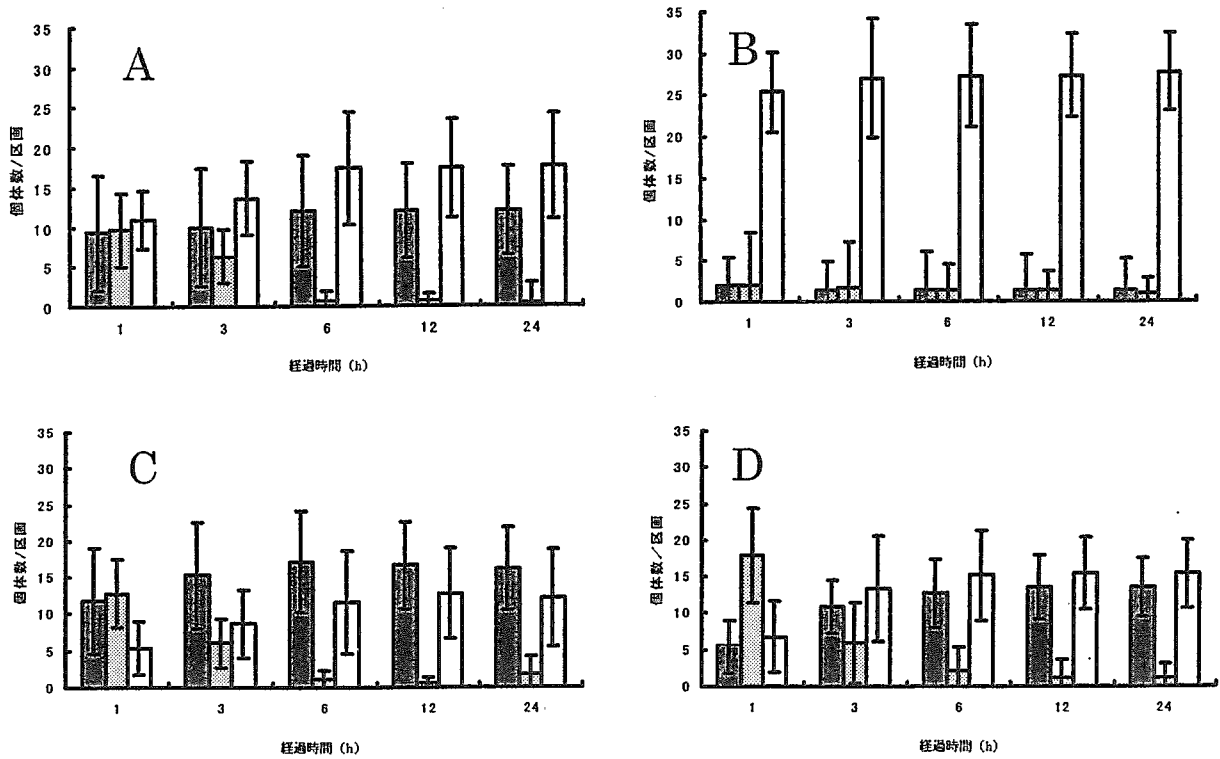


図3 木酢液2種のイエバエに対する忌避効果, 検定装置内各区画内のイエバエ分布個体数. A: 木酢液C (滴下直後). B: 木酢液G (滴下直後). C: 木酢液C (3h風乾後), D: 木酢液G (3h風乾後)
 ■ 木酢液処理区画 □ その他(真中)の区画 □ 無処理区画.

図3のCとDに示した通り, 木酢液Gの忌避効果は消失した.

竹井・林(1968)は魚肉でハエを誘引し, 木酢液を処理すると誘引数が減少することから木酢液に忌避効果があると述べている. 彼らの試験方法では魚肉と木酢液は密閉に近いガラス容器の中に入れられているため忌避効果が観察できたものと思われる. 竹井・林(1968)の研究においては木酢液の品質によって効果にはかなりのばらつきがあることが観察されており, 木酢液の分画を試みたところ, 中性区, 塩基性区, フェノール区が忌避効果に関与していることを報告している. しかし, 忌避効果に関与する成分の特定までは行われていない. 前報(駒形・本山, 2004)で報告したごとく, 木酢液CとGは分析を行った市販木酢液の中で総合的に含有成分濃度が最も高い資材であったが, GがCよりも明らかに高い成分は, 溶解性

タール, 酢酸, およびフェノール類の中で特にメトキシフェノール等であった. これらの中のどの成分がイエバエに対する忌避効果に関与しているかは今後の興味深い研究課題である.

これらの結果は木酢液の害虫忌避効果には偏りがあることを示したが, 偏りの原因には木酢液の品質と試験方法の両方が関わっていると思われる. しかし, 木酢液の忌避効果が室温下で揮発によって簡単に失われるとすれば, 野外で害虫に対して持続的な防除効果を発揮するのは困難と推察される.

3. 水生生物に対する影響

木酢液の使用方法として, 水田で田面水施用する場合が考えられる(農山漁村文化協会, 2003). そのような場合は非標的生物, 特に水生生物に対する毒性を評価しておく必要がある. 千葉県大網白里町瑞穂地区砂田の谷津田の休耕田を利用して

造成した池に、木酢液Cを水路を通して直接投入して、ミジンコおよびユスリカ幼虫の相対密度に及ぼす影響を調べた結果は、各々表4と表5に示した。木酢液投入量は田面水での施用を参考に、それと同様になるように設定したものである。ミジンコについては調査を実施した時期には主として3つのグループ、すなわちミジンコ類、ケンミジンコ類およびマルミジンコ類が捕獲されたが、それ以下の種の同定は行わなかった。池①～③は木酢液を投入した池④の上流に位置するので対照区として用いた。池④は細長い形状だったので、サンプリングによるデータの偏りを平均化するために調査点数を5ヶ所取った。池⑤から⑦は池④の下流に位置し池④の水が順に流入する配置になっていた。表4の結果を見ると、ミジンコの分布は調査地点やミジンコの種類によって偏りがあったが、対照区の池①から③のコドラート当たりの平

均個体数で判断すると、投入直前に比べて1日後には若干減少し、7日後には回復～増加という傾向が見られた。木酢液を投入した池④についてもほぼ同様の傾向が見られたので、これは自然変動の範囲内であり、木酢液の影響はなかったことを示唆した。下流に位置する池⑤～⑦についても同様の傾向があった。池⑤～⑦については、木酢液投入直前の平均個体数が 229 ± 345 と異常に多いのは、池⑦の845頭/コドラートの影響であり、傾向としては池①～③あるいは池④と大差ないと思われる。

ユスリカについても(表5)、池①～③、池④および池⑤～⑦の相対密度の比較から、木酢液の影響はなかったものと思われる。従って、木酢液Cに関しては、10,000倍希釈程度の濃度では、ミジンコやユスリカ幼虫に対しての影響はないものと考えられる。また池④について木酢液投入前後の

表4 野外実験池のミジンコ類の相対的密度に及ぼす木酢液C投入の影響

池 地点	個体数/コドラート											
	ミジンコ類			ケンミジンコ類			マルミジンコ類			計		
	直前	1日後	7日後	直前	1日後	7日後	直前	1日後	7日後	直前	1日後	7日後
①	0	0	0	28	20	0	0	0	0	28	20	0
②	0	0	0	0	71	0	0	23	0	0	94	0
③	0	0	0	97	0	193	32	0	0	129	0	193
平均	0	0	0	42	30	64	11	8	0	52	38	64
SD	0	0	0	50	37	111	18	13	0	68	50	111
1	0	0	0	170	0	142	34	0	0	204	0	142
2	0	0	21	103	179	367	34	205	0	137	384	388
④ 3	0	0	0	32	0	66	32	0	0	64	0	66
4	0	0	0	0	34	23	0	34	0	0	68	23
5	0	0	0	140	47	0	0	0	0	140	47	0
平均	0	0	4	89	52	120	20	48	0	109	100	124
SD	0	0	9	72	74	149	18	89	0	79	162	157
⑤ 1	0	0	0	77	136	140	0	59	0	77	195	140
2	0	0	0	28	20	68	59	0	0	87	20	68
⑥ 1	0	0	0	71	69	97	0	0	0	71	69	97
2	0	0	0	64	77	133	0	0	0	64	77	133
⑦	65	0	41	647	69	183	133	23	0	845	92	224
平均	13	0	8	177	74	124	38	16	0	229	91	132
SD	29	0	18	263	41	44	59	26	0	345	64	59

表5 野外実験池のユスリカ幼虫の相対密度に及ぼす木酢液C投入の影響

池 地点	個体数/コドラート		
	直前	1日後	7日後
①	8	2	21
②	4	12	1
③	12	8	6
平均±SD	8±4	7±5	9±10
1	12	0	0
2	2	5	10
④ 3	4	18	2
4	12	10	6
5	3	1	3
平均±SD	7±5	7±7	4±4
⑤ 1	5	29	13
2	3	12	5
3	39	15	35
⑥ 4	53	41	31
⑦	4	14	8
平均±SD	21±24	22±12	18±14

水質について調べた結果は表6に示したが、水質についても顕著な変化は認められなかった。これらの池の水は常に流れていたため、当然予想された結果であった。ただし、木酢液Cを水路Bを通して池④に投入した時に、投入地点付近では一時的に濃度の高い部分ができることが予想されるが、その付近に分布していたウシガエルの幼生が明らかな回避行動を示すことが観察された。そこで、回避行動を見せたウシガエルの幼生およびOECDの化学物質の魚毒性試験の検定生物として採用されたヒメダカを対象に室内の容器内の実験で木酢液Cの毒性を検定した(表7)。ヒメダカとウシガエル幼生に対するLC₅₀は製剤濃度で0.27%および0.25%であり、これらは含まれる酢酸の割合3.1%(駒形・本山, 2004)を用いて換算すると、酢酸濃度で各々83.7ppmおよび77.5ppmであった。この値は純粋の酢酸自体のLC₅₀値121ppmおよび114ppmよりも若干低かった。従って、木酢液Cのヒメダカとウシガエル幼生に対する毒性は大部分が酢酸によるものの、一部は木酢液に

表6 木酢液Cの投入が野外実験池4の水質に及ぼす影響

地点	pH			EC (mS/m)			DO (mgO ₂ /l)		
	直前	1日後	7日後	直前	1日後	7日後	直前	1日後	7日後
1	8.3	7.8	7.2	22.2	24.1	24.0	7.32	6.23	4.22
2	7.9	7.6	7.5	20.7	19.2	20.9	5.61	5.50	5.66
3	7.8	7.5	—	19.6	24.4	—	6.01	7.65	—
4	7.7	7.4	—	20.0	20.4	—	4.81	4.80	—
5	7.8	7.3	—	20.3	21.3	—	4.02	3.79	—

注：—：未測定。

表7 木酢液1)と純酢酸のヒメダカとウシガエル(幼生)に対する毒性

供試生物	LC ₅₀ (木酢液)		LC ₅₀ (酢酸)
	% (製剤)	ppm (酢酸濃度換算2))	(ppm)
ヒメダカ	0.27 (95%CL: 0.20 << 0.35)	83.7 (95%CL: 62.0 << 108)	121 (95%CL: 94.1 << 146)
ウシガエル (幼生)	0.25 (95%CL: 0.17 << 0.33)	77.5 (95%CL: 52.7 << 102)	114 (95%CL: 79.8 << 145)

1) 木酢液C(表1)。

2) 木酢液Cの酢酸濃度3.1%(駒形・本山, 2004)を用いて換算。

含まれる酢酸以外の成分が影響した可能性がある。木酢液の魚毒性については、過去に木酢液の登録が有効であった時期に西内(1973)による報告がある。その中でヒメダカに対する木酢液(製剤として)の LC_{50} は70ppm以上であった。当該実験で使用した木酢液中の酢酸濃度が登録(農薬登録番号第12850号)申請値である1.2%と仮定すると、酢酸濃度としての LC_{50} は0.84ppmであり、約80ppmという本研究の結果よりも毒性が高く、酢酸以外の成分の影響が顕著である。西内は、木酢液に含まれている主要な成分毎の毒性値も報告しているが、毒性値が一番高いのはフェノール(30ppm)であり、次いで蟻酸(73ppm)、酢酸等他の成分は100ppm以上であった。日本における魚毒性の分類は主としてコイ(*Cyprinus carpio*)とミジンコ(*Daphnia pulex*)によって定められる。安全性の一番高い魚毒性A類に分類されるためには、コイについては TLM が10ppm以上であることが要求される。本試験ではコイを用いていないが、上記で引用した試験ではコイについても試験が行われており、フェノールに対する感受性はヒメダカよりも高く17ppmである。フェノールは海洋汚染防止法、PRTR法を始めとして多くの法律で規制を受けている物質である。木酢液にはフェノールの他にもフェノールの類縁化合物、アルデヒド類、アルコール類、多環性化合物等多くの化合物が含まれることが知られている(木材工業ハンドブック編集委員会, 1982)。これらの中には、人体に対する毒性がはっきりしているものが多数含まれているが(梅津, 2003)、アルデヒド類やフェノール類のように環境汚染物質として法律の規制対象となる化学物質も含まれている。前報(駒形・本山, 2004)の結果から明らかなように、製剤としてみた場合はその含量は必ずしも高いとは言えない毒性が高い物質が含まれていても濃度が低ければ人や環境に対して安全といえるのか、またその低い濃度が製法を問わず常に保障され得るのかということ、木酢液を特定農薬として指定するかどうかを判断する際に問題になるところであろう。

引用文献

- 千葉県衛生研究所(1997) ヤマビル生態と防除に関する調査報告書. 千葉県衛生研究所, 千葉.
- 駒形 修, 本山直樹(2004) 各種市販および自家製木酢液・竹酢液の主要成分と抗菌活性. 環動昆 15(2): 83-95
- 木材工業ハンドブック編集委員会(1982) 木材工業ハンドブック. 丸善株式会社, 東京, 904-908.
- 本山直樹, 呉 鴻圭, 駒形 修, Tariq MAHMOOD(1996) 有機農業用資材として用いられるいわゆる天然・植物抽出液「夢草」に含まれる殺虫活性成分. 農薬誌 21(1): 73-79.
- 西内康浩(1973) 農薬製剤の数種淡水生物に対する毒性-XVII. 水産増殖 21(1): 8-13.
- 農山漁村文化協会(1991) 木酢・炭で減農薬. 農山漁村文化協会, 東京, 141pp.
- 農山漁村文化協会(2003) 木酢はやっぱりスゴイ. 現代農業 82(4): 54-107.
- Rahman, G. K. M. N. and Motoyama. N. (1998) A synthetic pyrethroid found as the active ingredient of "Nurse Green", a so-called natural-plant extract-formulation used for organic agriculture. *Tech. Bull. Hort. Chiba Univ.* 52: 7-12.
- 竹井 誠, 林 晃史(1968) ハエ並びにナメクジに対する木酢液の効果について. 衛生動物 19(4): 252-257.
- 梅津憲治(2003) 農薬と食. ソフトサイエンス社, 東京, 99-116.
- 山野勝次(1993) 木酢液の防蟻効力について. しるあり 94: 28-31.
- 谷田貝光克(2001) 木酢液規格作成と木酢液による農業害虫等の防除. *New Food Industry* 43(6): 4-8.

各種市販および自家製木酢液・竹酢液の変異原性

駒形 修¹⁾・本山 直樹

千葉大学園芸学部生態制御化学研究室

1) 現在国立感染症研究所)

(受領：2004年5月6日；受理：2004年9月14日)

ISSN 0915-4698

環 動 昆

Jpn. J. Environ.
Entomol. Zool.

環動昆 Vol. 15 No. 4 (2004) 別刷

JAPANESE SOCIETY OF ENVIRONMENTAL ENTOMOLOGY AND ZOOLOGY

Seiyu Bldg., Nishi-Honmachi 1-12-19, Nishi-ku, Osaka 550, JAPAN.

各種市販および自家製木酢液・竹酢液の変異原性

駒形 修¹⁾・本山 直樹

千葉大学園芸学部生態制御化学研究室

1) 現在国立感染症研究所)

(受領 : 2004年 5月 6日 ; 受理 : 2004年 9月 14日)*

Mutagenicity of various commercial and home-made Pyrolygneous Acid products
Osamu Komagata¹⁾ and Naoki Motoyama (Laboratory of Pesticide Toxicology,
Faculty of Horticulture, Chiba University, 648 Matsudo, Matsudo-shi, Chiba 271-8510,
¹⁾Present Address: Department of Medical Entomology, National Institute of
Infectious Diseases, Toyama, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8640, Japan). *Jpn. J. Environ.
Entomol. Zool.* **15** : 231-238(2004)

Attempts to evaluate the mutagenicity of twelve commercial and seven home-made pyrolygneous acid (PA) products employing the *umu* test were unsuccessful because of the presence of anti-bacterial components in the products, which inhibited the growth of *S. typhimurium*, the bacteria used for the test. When the assay was conducted with diluted solutions of three selected products in the range 1~10⁶ ppm, positive reactions were obtained in the presence of metabolic activator S-9 Mix, although the A₆₃₀ values obtained were too low to confirm their mutagenicity. However, when several PA products were subjected to the *umu* test after removal of the anti-bacterial components on Sep-pak tC18 column, they all showed a positive reaction for mutagenicity. The simple clean-up method employed in the present study appears useful for evaluations of mutagenicity of samples such as PA products that consist of multiple components.

Key words : Mutagenicity, Pyrolygneous acid, *umu* test, *S. typhimurium*, S-9 Mix

市販木酢液12種と自家製木酢液7種の各々の原液について *umu* 試験により変異原性を検定したが、木酢液の検定菌に対する抗菌活性のために評価ができなかった。そこで木酢液3種を選んで、検定菌に対する影響を軽減するために1~10⁶ ppmに希釈し同様に変異原性を検定した。検定菌への影響は減少し、S-9 Mix 処理条件下

で陽性反応を示したが、得られた吸光度は陽性対照と比較して低いレベルであり、変異原性は確認できなかった。一方、数種木酢液をSep-pak tC18カラムを用いて部分的に抗菌物質を除去した後で同様の検定を行った場合は、供試した木酢液全てがS-9 Mix 処理によって明確な変異原性陽性反応を示した。本研究で用いた部分精製方法は、木酢液のような混合成分からなる資材の変異原性を簡便に検定する方法として有用であると考えられる。

はじめに

木酢液・竹酢液（以下木酢液と称する）は木・竹炭生産時の副産物であり、病虫害防除目的で農薬代替資材として宣伝され販売されている（岸本, 1996; 農文協, 2004）。木酢液にはイエバエ（竹井・林, 1968）やヤマビル（千葉県衛生研究所, 1997）に対して忌避効果があるという報告や、数種カメムシ類（谷田貝, 2001）に対して殺虫活性があるという報告がある。

また木酢液は、有機農業ブームに伴ってすでに広く普及していることから、平成15年の農薬取締法改正に伴って新設された農薬登録を要しない特定農薬（特定防除資材）の候補としても注目を集めている（日本農業新聞, 2004）。

一方著者らは木酢液の薬効について、著しい害虫防除活性を示した資材には合成ピレスロイドのシペルメトリンが混入されていたことから（本山・Rahman, 2004; Rahman and Motoyama, 1998）、害虫防除効果があるという農家の体験談には、合成化学農薬が混入されていたいわゆる漢方農薬の場合と同様に（駒形・本山, 1998; 1999）、疑義が存在することを暗示した。さらに、実際に各種市販品および自家製木酢液を供試して、通常推奨されている数100倍希釈液ではなく、10倍希釈液という濃厚液を処理しても植物体上の数種植物病原菌に対して防除効果が認められず、数種害虫に対しても10倍希釈液～原液を処理しても防除効果が認められないこと（駒形・本山, 2004a; 2004b）を確認した。従って、木酢液の農薬代替資材としての実用効果には疑問がある。

また、木酢液を農薬代替資材として使用する場合の安全性については、科学的な知見がほとんど見当たらない。

木酢液、木タールには200を超える成分が含まれているとされており、それらの成分は、有機酸、フェノール類、カルボニル、アルコール、その他中性成分、塩基等に分類できる（木材工業ハンドブック編集委員会, 1982年）。

梅津（2003）はこれらの成分中に、多数の変異原性、刺激性、生殖毒性、発ガン性をもつものがあることを指摘している。

著者らは上述した研究（駒形・本山, 2004a）において、各種木・竹酢液市販品および炭焼き窯から直接採取した木酢原液について主要成分の分析を行った結果、梅津（2003）が指摘した有害物質も含まれていることを確認した。ただし、市販の木酢液の品質にはばらつきがあり、成分によっては10倍以上の差が見られた。

各成分の単体での毒性については既に多くの情報があり、例えば発ガン性に関していえばIARC（International Agency for Research on Cancer）のような国際機関で発ガン性の評価がなされている。しかし、木酢液については混合物であるということの他に品質のばらつきもあり、また世界的に見て主要な資材とはいえないため、従来マウスに対する急性毒性（池田ら, 1964）以外、毒性評価の対象にはされてこなかった。

本論文では、前報（駒形・本山, 2004a; 2004b）で用いたのと同じ木酢液市販品、および炭焼き窯から直接採取した木酢原液について、毒性評価の一つとして変異原性試験であるumu試験を行っ

た結果を報告する。

材料と方法

1. 供試木酢液

供試した木酢液を表1に示した。これらの木酢液・竹酢液の主要成分と抗菌活性ならびに殺虫活性と水生生物に対する影響については前報(駒形・本山, 2004a; 2004b)に記載した通りである。

2. 試薬類

umu 試験は株式会社日本抗体研究所の試験キット, ウムラック[®]を用いた。検定菌 (*S. typhimurium*), 培養液, S-9 Mix, 陽性対照物質 (Furyl-furamide と 2-Aminoanthracene), 発色基質, 停止液はキットに付属のものを使用した。その他の試薬は市販の特級品を使用した。

3. 木酢液の部分精製

一部の木酢液 (C, F, G, H, M7) について固相抽出を行った。供試木酢液の pH は 2.6~4.7 の範

囲だったので (駒形・本山, 2004a), 固相カラムは Waters 社の Sep-pak tC18 (1g) を用いた。固相カラムはアセトン10mlを通液した後, 蒸留水10mlを通液しコンディショニングを行った。その後, 検体である木酢液の原液若しくは対照である蒸留水を100ml通液した。その後, 蒸留水50mlを通液してカラムを洗浄した後, 約10分間空気を吸引して乾燥させ, アセトン10mlで吸着物を溶出した。抽出液は40°C以下の湯浴で保温しながら窒素気流下でアセトンを乾固させて1mlのジメチルスルホキシド (DMSO) を加えて濃縮物を溶解させた後に, 蒸留水を加えて10mlとした。本液 (原液の10倍濃縮相当濃度) および更に蒸留水を用いて10倍 (原液相当濃度), 100倍希釈した液 (原液の10倍希釈相当濃度) を精製検体とした。なお, 通液速度は各液とも約1 ml/minであった。

4. 変異原性試験 (*umu* 試験)

木酢液の変異原性を *umu* 試験で検定した。検

表1 供試木酢液

Group	Product Code	Trade Name	Manufacturer, Dealer, or Temperature at which product was collected
Commercial Product	A	Joryu-Mokusakueki	Keiyo Co. Ltd. (Made in Malaysia)
	B	Joryu Seisei Binchotan-Mokusakueki	Apurotto Co. Ltd.
	C	Joryu Chikusaku Geneki	Kamimura Seitohjo Co, Ltd. (Made in China)
	D	Tokusan Chikusakueki	Apurotto Co. Ltd.
	E	Mokusaku Geneki	Yoki Sangyo Co. Ltd.
	F	Shikoku Konpirasama Fumotosan Chikusakueki	Shikoku Tekuno Inc.
	G	Junsei Mokusakueki	Wako Mokuzai Co. Ltd.
	H	Mokuchikusakueki	Made in Otaki, Chiba Prefecture
Commercial Diluted Product	I	Yomogi Sakueki	Airisu Oyama Co. Ltd.
	J	300-fold Diluted Mokusakueki	Takuto Co. Ltd.
	K	Shokubutsu Mokusaku Ikiiki-spray	Shimada Shoji Co. Ltd.
	L	Shokubutsu Chikusaku Ikiiki-spray	Shimada Shoji Co. Ltd.
Home-made Product	M1		(Temperature) 84 °C
	M2		82 °C
	M3		86 °C
	M4		97 °C
	M5		122 °C
	M6		186 °C
	M7		200 °C

定はキットに添付されているマニュアルに従って以下の手順で行った。冷凍されている検定菌 (*S. typhimurium*) 用培養液を室温に戻し、1 mlを菌凍結乾燥品に入れ、静かに攪拌し、室温で10分間静置した後、37°Cで3時間静置培養した。代謝活性化試験用のS-9 Mixは、凍結乾燥品に蒸留水1 mlを入れ、よく攪拌した。検体である木酢液は、実験1では原液を、実験2では公比10の蒸留水希釈液 ($1 \sim 10^5$ ppm) を、実験3では前述した方法で部分精製した木酢液を試料として96穴マイクロタイタープレートの各ウェルにそれぞれ10 μ lずつ分注した。またS-9 Mixによる代謝活性化を必要としない陽性対照物質として、キットに同包のFurylfuramideを、代謝活性化を必要とする陽性対照物質として同じくキットに同包されている2-Aminoanthraceneを各々DMSOに溶解させた後、蒸留水で希釈し、木酢液と同様に10 μ lずつ分注した。調製した菌液を代謝活性化を必要としないウェルに100 μ lずつ分注した。残りの菌液には、その10%に相当する量のS-9 Mixを加え、代謝活性化を必要とするウェルに100 μ lずつ分注し、プレートを37°C、遮光の条件下で2時間培養した。37°Cに予熱しておいた発色基質を全ウェルに100 μ lずつ分注し、37°Cで1時間インキュベーションした後、反応停止液を全ウェルに100 μ lずつ分注した。3分後、色調が安定した後、マイクロプレートリーダー (Elx808, Bio-Tek Inst.) を用いて、発色度合いを波長630nmの吸光度 (A_{630}) で測定した。吸光度は各々に該当する対照ウェルの吸光度を引くことにより補正した。なお、Sep-pak tC18カラムで部分精製した木酢液の対照ウェルには、蒸留水100 mlをカラムに通液して同様に処理したサンプルを用いた。

結果と考察

陽性対照の濃度-発色 (A_{630}) 曲線は図1に示した。

実験1：原液に対する試験

各種木酢液の原液を用いたumu試験の結果は

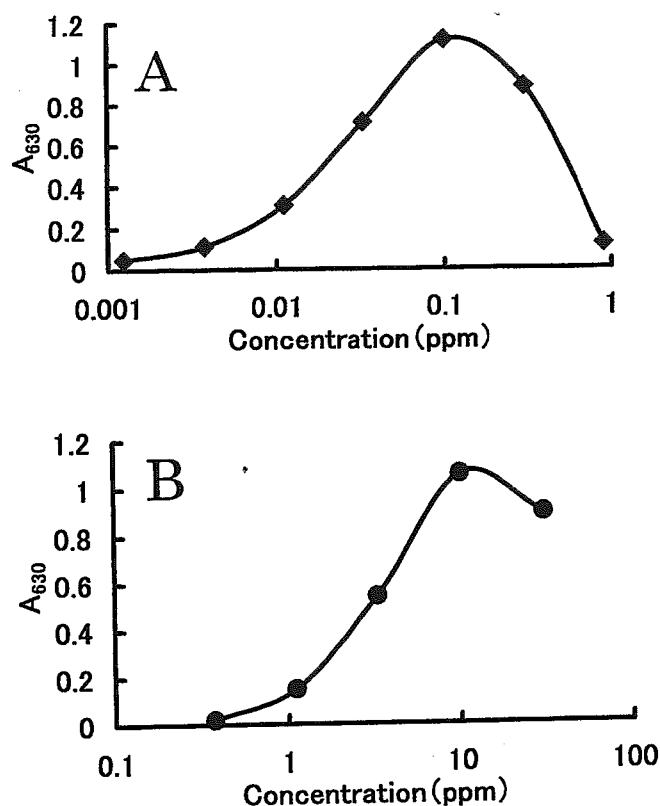


図1 変異原性試験における陽性対照の濃度-発色程度 (A_{630}) 曲線。A: Furylfuramide (S-9 Mix 非処理), B: 2-Aminoanthracene (S-9 Mix 処理)

表2に示した。希釈品 (I~L) とS-9 Mix非処理下での木酢液Cを除いた市販木酢液、自家製木酢液はともに吸光度が負の値となった。これはumu試験で用いた検定菌*S. typhimurium*の生育が阻害されたことを示している。なお、ここで供試した木酢液の多くは、前報 (駒形・本山, 2004a) で述べたごとく、原液に近い濃度ではPS培地上の灰色かび病に対して抗菌活性を示したということと、また木酢液からは酢酸やホルムアルデヒドなどが検出されていることから、検定菌に対する生育阻害は当然予想されることである。希釈品 (I~L) の場合は酢酸をはじめとする成分濃度が著しく低いために生育阻害が起らなかったであろう。しかし、これらについても吸光度は低く、陽性対照の最小検出濃度程度もしくはそれ以下 (図1) であった。なお、S-9 Mix存在下での木

表2 *umu* 試験で検定した各種木酢液の S-9 Mix 処理および非処理下における変異原性

Product Code	Concentration Tested	Mutagenicity (A ₆₃₀)					
		without S-9 Mix			With S-9 Mix		
		Rep. 1	2	X	Rep. 1	2	X
A	Original Solution	-0.376	-0.364	-0.370	-0.392	-0.410	-0.401
B	ibid.	-0.372	0.326	-0.023	-0.471	-0.503	-0.487
C	ibid.	N.D.	N.D.	N.D.	-0.442	-0.493	-0.468
D	ibid.	-0.381	-0.381	-0.381	-0.441	-0.453	-0.447
E	ibid.	-0.358	-0.373	-0.366	-0.436	-0.478	-0.457
F	ibid.	-0.353	-0.364	-0.359	-0.502	-0.506	-0.504
G	ibid.	-0.385	-0.385	-0.385	-0.476	-0.486	-0.481
H	ibid.	-0.369	-0.379	-0.374	-0.474	-0.499	-0.487
I	ibid.	0.039	0.045	0.042	0.110	0.096	0.103
J	ibid.	0.080	0.085	0.083	0.221	0.098	0.160
K	ibid.	0.030	0.073	0.052	-0.433	-0.478	-0.456
L	ibid.	0.016	0.077	0.047	-0.452	-0.471	-0.462
M1	ibid.	-0.377	-0.372	-0.375	-0.512	-0.514	-0.513
M2	ibid.	-0.437	-0.437	-0.437	-0.493	-0.493	-0.493
M3	ibid.	-0.390	-0.386	-0.388	-0.522	-0.517	-0.520
M4	ibid.	-0.375	-0.379	-0.377	-0.480	-0.485	-0.483
M5	ibid.	-0.387	-0.379	-0.383	-0.496	-0.488	-0.492
M6	ibid.	-0.378	-0.384	-0.381	-0.471	-0.492	-0.482
M7	ibid.	-0.391	-0.395	-0.393	-0.517	-0.512	-0.515

N. D.: No data due to experimental error

酢液Cについては操作上のミスにより信頼できるデータが得られなかったが、後述する実験（実験2, 図2）において木酢液CはS-9 Mix非処理下では菌の生育阻害を示すことが確認されている。

実験2：希釈液に対する試験

総合的に成分濃度が濃いと思われる（駒形・本山, 2004a）木酢液3種類すなわちC, G, Hについて、検定菌に対する抗菌作用の影響を減ずるために希釈液を作成しS-9 Mix処理および非処理下で検定を行った。S-9 Mix非処理下では、いずれの木酢液でも最高濃度である 10^5 ppm（すなわち原液の10倍希釈液）では、検定菌に対する生育阻害が見られた（図2）。しかし、S-9 Mix処理下では生育阻害が見られないことから、生育阻害にはS-9 Mixに含まれる酵素系によって分解される基質が関与するものと推察される。しかし、得ら

れた発色程度（A₆₃₀値）は陽性対象の検量線の値と比較して著しく低く、変異原性陽性であると判断するのは困難であった。

実験3：部分精製した木酢液に対する試験

前報（駒形・本山, 2004a）で報告したごとく、今回供試した木酢液から検出された成分の中には、明らかに変異原性を示すと思われる成分が含まれている。しかし、実験1, 実験2において結果が陰性となった理由は2つ推察される。一つは変異原性を示す物質の濃度が低いため、もう一つは木酢液に抗菌活性があるためである。

*umu*試験では、変異原性の検定菌に*S. typhimurium*を用いるために、抗菌作用の高い化学物質では陰性になりやすい。通常、変異原性の試験では、水溶解度等の物理化学的条件が許す限り、最高濃度で試験を行うことになっている。しかし、濃度

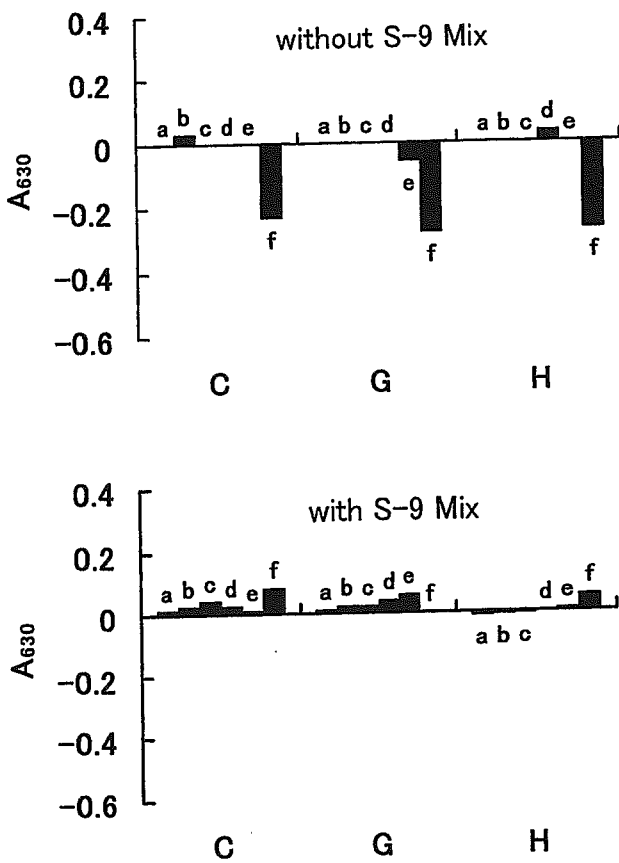


図2 S-9 Mix 処理および非処理下における木酢液C, G, H希釈液の変異原性, (供試濃度) a: 1 ppm, b: 10 ppm, c: 10^2 ppm, d: 10^3 ppm, e: 10^4 ppm, f: 10^5 ppm.

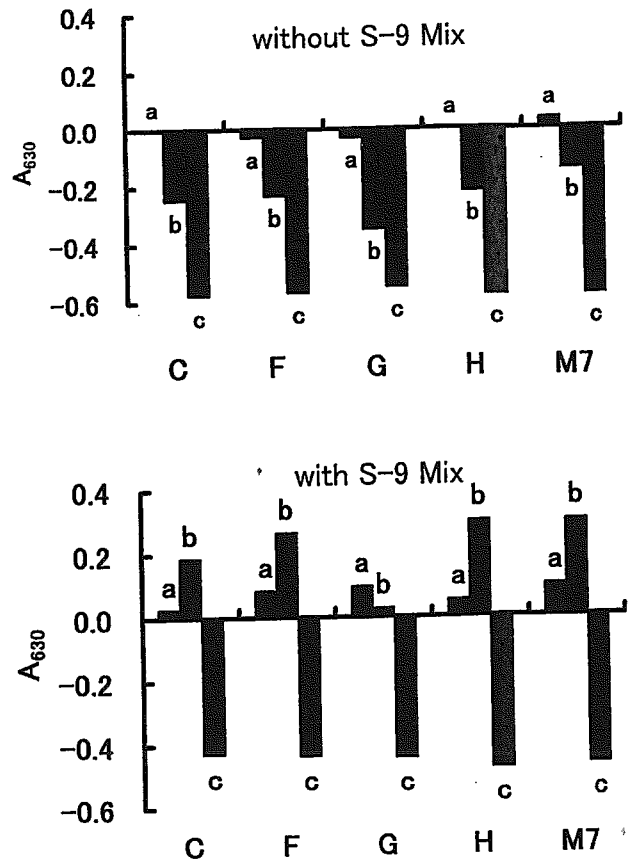


図3 部分精製した木酢液C, F, G, H, M7のS-9 Mix 処理および非処理下における変異原性 (供試濃度) a: 10倍希釈液相当, b: 原液相当, c: 10倍濃縮液相当

が高くなれば生育阻害の起こる確率も高くなる。特に木酢液の場合はすでに言及したごとく多くの成分が含まれているため(木材工業ハンドブック編集委員会, 1982), 変異原性のある物質が含まれていても, 抗菌活性のある物質が共存していれば見かけ上陰性反応を示す可能性もある。

そこで木酢液5種, すなわちC, F, G, H, M7について固相カラムを用いてカラムに吸着されない抗菌活性物質をある程度除去した試料について同様に変異原性試験を行ったところ, S-9 Mix 処理下で全ての供試木酢液は正の吸光度を示し, 陽性反応が得られた(図3)。

今回の部分精製では, 固相カラムを通すことによって木酢液に含まれていた酢酸, アルコール類等の試験系を妨害する抗菌物質は除かれているこ

とが推察されるが, 木酢液に含まれる成分は多いため個々の成分の回収率については未検討である。さらに本研究では逆相系のカラムを用いているため, 木酢液に含まれているアルコール類等の濃度によっては他の成分の回収率が変化することも推察される。このように本研究では必ずしも変異原性物質を精製する為の条件が最適化されているわけではないにも関わらず, 部分精製した木酢液は全てS-9 Mix 処理によって吸光度が正となり, 検量線と比較して, 変異原性を有することを強く示唆した。

一方, 木酢液の種類によって陽性反応を示した濃度が異なることは興味深い。例えば, 木酢液C, F, H, M7は原液相当濃度で最も高い陽性反応を示したが, 木酢液Gは原液の10倍希釈液相当濃度

でもっとも高い陽性反応を示した。しかし、いずれの木酢液も原液の10倍濃縮液相当濃度では、明確に検定菌に対して生育阻害を示した。従って陽性反応を示した場合も、検定菌に対する生育阻害とのバランスの値に過ぎず、実際の変異原性はもっと強い可能性も考えられる。

試験方法について

一般に、植物抽出液と呼ばれる資材は、構造不明の多くの成分を含む。そのような資材に対しては、農薬等の単成分から成る化学物質の変異原性の試験方法をそのまま適用することは、必ずしも適切ではない。含有成分ごとの変異原性を検定することが望ましいが、木酢液の場合は成分そのものが不明なことに加えて、含まれる成分の種類が著しく多いために、それらの全てについて検定するのはコスト的に困難を伴う。本研究で採用した固相カラムを用いた部分精製の方法は、抗菌物質を含む混合成分から成る資材の変異原性を検定する上で、簡便かつ有用なひとつの方法と考えられる。

また、本研究で供試した5つの木酢液全てから変異原性陽性の反応が検出されたということは、木酢液を特定農薬の候補資材として考えるにあたっては、長期的摂取に伴う安全性に関して慎重な検討が必要なことを示唆するものである。

木酢液の濃度を変えた至適検定条件下における変異原性の評価、ならびに変異原性物質の単離・同定は今後の検討課題である。なお、木酢液の変異原性については、最近中島ら(2003)がAmes試験を用いて一部の木酢液から変異原性陽性の結果が得られたことを報告している。

引用文献

千葉県衛生研究所(1997)「ヤマビル生態と防除に関する調査報告書」, pp. 31-41.
現代農業(2004)「減農薬の宝物—木酢・竹酢・モミ酢—とことん活用読本」, 2004年4月号(別冊), 農文協。

池田良雄, 大森 仁, 加藤隆一, 高仲 正(1964) 昭和39年度特別研究推進調整費「木酢液利用に関する特別研究報告書」(昭和41年3月), pp. 65-80, 科学技術庁研究調整局。
岸本定吉(監修)(2004)「木酢・炭で減農薬—使い方とつくり方」, 農文協。
駒形 修, 本山直樹(1998)有機農業用資材「ニュームシギエ」の殺虫活性と有効成分. 千葉大園学報 52:13-16。
駒形 修, 本山直樹(1999)有機農業用資材「健康源・地」の除草活性と有効成分. 千葉大園学報 53:15-18。
駒形 修, 本山直樹(2004a)各種市販および自家製木酢液・竹酢液の主要成分と抗菌活性. 環動昆 15(2):83-94。
駒形 修, 本山直樹(2004b)各種市販および自家製木酢液・竹酢液の殺虫活性と水生生物に対する影響. 環動昆 15(2):95-105。
木材工業ハンドブック編集委員会(1982)「木材工業ハンドブック」. pp. 904-908, 丸善株式会社。
本山直樹, G. K. M. Mustfizur Rahman(2004)日本農薬学会第26回大会(神戸)講演要旨集, p. 90。
中島大介, 影山志保, 後藤純雄, 柴野一則, 吉澤秀治(2003)木炭抽出物及び木酢液の変異原性について. 日本環境変異原学会第32回大会プログラム/要旨集, p. 109。
日本農業新聞(2004)特定農薬を拡大, 2004年2月7日。
Rahman, G. K. M. M. and N. Motoyama(1998) A synthetic pyrethroid found as the active ingredient of “Nurse Green”, a so-called natural-plant extract-formulation used for organic agriculture. *Tech. Bull. Hort. Chiba Univ.* 52: 7-12。
竹井 誠・林 晃史(1968)ハエ並びにナメクジに対する木酢液の効果について. 衛生動物 19(4):252-257。

駒形 修 ほか

梅津憲治 (2003) 「農薬と食」, pp. 99-116, ソフトサイエンス社, 東京.

谷田貝光克 (2001) 木酢液規格作成と木酢液によ

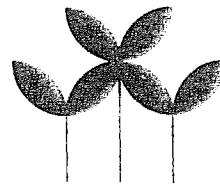
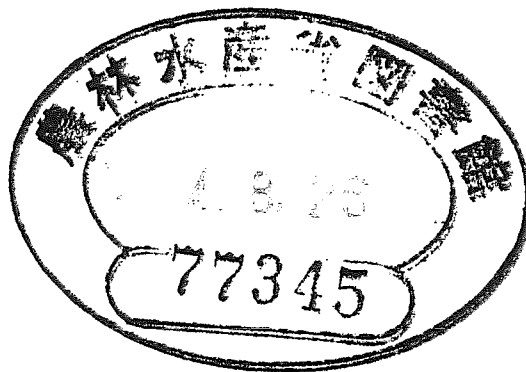
る農業害虫等の防除. *New Food Industry* 43
(6): 4-8.

農業總覽

病虫害 防除・資材編

10

防除資材便覽



農文協

S15.8
B.11

◆民間防除資材

木酢液

どんな資材か

●炭焼窯の煙突から出る白煙は、低い外気温で冷却され、水滴となる。この白煙の初めの部分を取り除き、そのあと煙が黄色味をおびるまでの液体を静置し、容器の底に沈澱した部分を取り除いた透明な淡褐色—淡褐赤色のものが木酢液である。

●木酢液は特有の臭気をもち、強酸性であるが、水で希釈して、植物の生育促進や病害虫防除、特に病害の防除に役立つ。

〈採取設備・採集法〉

●通常、大気中に流れてしまう炭窯の煙をステンレスパイプ（昔は土管や竹筒）を通して冷却させ、液化される液体を樽などの容器に誘導する。ここで重要なことは、煙が出はじめてしばらくの間（約24時間）は水蒸気が多いので、採取（冷却筒への導入）をおこなわないことと、有効成分が浸出しはじめて、2～3日（50～60時間）して採取を中止することで、これが採取のポイントである。それ以上の採取は、繊維素、リグニンの分解によるタール様成分の急増で、病害虫防除や生育促進効果が減少、薬害がでやすくなるからである。

●木酢液採取の開始時間および終了のタイミングは、炭窯の構造、製造速度、その他によって異なるが、主として煙の色と、窯から煙突に導入する部分の温度が最大の目安となる。すなわち、黄色い煙となる前、また、温度は110℃程度にとどめることが重要である。

〈木酢液の調製と有効成分〉

●採取された木酢は、さらにもう一段階の処理が必要である。それは、沈澱容器での静置で、沈澱期間は数か月間は必要である。

●上澄み液ははじめアメ色をしているが、日光の直射で次第に黒くなる。この点、木酢液を数回蒸溜して、ほぼ白色でとり出した製品でも同様である。

●木酢液の色の濃い沈澱部分よりは上澄み部分のほうが有効な成分が多いことは明らかになっている。

●木酢液の含有成分については、いまだに定性的分析しか行なわれていない。含有成分としては、200種以上の化合物が知られている。酢酸をはじめとする10数種の有機酸類が最も多く、アルコール類、エーテル類、アルデヒド類、ケトン類、フェノール類、アミン類、スルホン酸類なども多く、さらに、中性成分や塩基成分、炭化水素類も含まれている。

〈木酢液〉

●これらの成分のうち、どれが有効成分かを見出すことは困難だが、たとえば、殺菌にはアルデヒド類やアルコール類も有力と考えられる。このうち、数種の有効成分を合成して、作物での木酢液との比較試験もおこなわれているが、木酢液のほうが効果が高い結果が得られ、そのため、現在では、この複雑な成分そのものが有効であるといわざるをえないようである。

●木酢液の沈澱成分には効果が認められないこと、また、中和した木酢液の残渣ともいえる液体では殺菌力が低下すること、および水蒸気蒸溜した残液では、その原液でも菌糸を殺せないことが確認されている（寺下ら、1957）。

●コムギ萎縮病ウイルスとオオムギ縞萎縮病ウイルスの汚染土壌に対する酢酸と木酢液の効果を比較したところ、木酢液の効果は単純な作用ではないという結論もでている（宮本、1961）。

効果のあがっている病害虫

●木酢液の200～800倍水溶液の地上部散布での病害防除効果の事例は多数ある。一般的に、稚苗、幼苗時には濃度を低く（600～800倍程度）、成葉、林木などの幼苗、開花・着果後の作物には高めの濃度（200～500倍程度）で散布する。

〈食用作物・特用作物〉

●イネ 苗床に灌水代わりに1,000倍液を散布する。イネでは、いもち病、灰色菌核病、紋枯病、ごま葉枯病、小粒菌核病。ジャガイモの炭そ病、疫病（特に夏

疫病）。ダイズのべと病、さび病。インゲンの灰色かび病。エンドウの灰色かび病（ボト莢腐病）。チャの白星病（斑点病）。サトウダイコンの立枯病。

〈野菜〉

●トマトの疫病、灰色かび病、葉かび病、菌核病、実腐病、輪紋病（夏疫病）、炭そ病、うどんこ病。ナスの疫病、灰色かび病、褐斑病、菌核病、炭そ病、うどんこ病。トウガラシの軟腐病、輪紋病、菌核病。キュウリのべと病、疫病、灰色疫病、灰色かび病、菌核病、うどんこ病。ネギのべと病、さび病、灰色かび病、菌核病。

〈花き・観葉植物〉

●キクの灰色かび病、花枯病、花腐病、黒斑病、白さび病。カーネーションの灰色かび病、さび病。チューリップの灰色かび病、褐色斑点病。ユリのさび病、葉枯病。シャクヤクの灰色かび病。バラのべと病、灰色かび病。ツツジの灰色かび病、花腐菌核病。

〈牧草〉

●アカクローバのべと病。オーチャードグラス（カモガヤ）の葉腐病。ブルーグラス類（イチゴツナギ属）の葉腐病、うどんこ病。トールオートグラスの葉腐病。パーミューダグラス（ギョウギシバ）の葉腐病。

〈果樹〉

●カンキツの疫病、灰色かび病。カキの灰色かび病、炭そ病（黒斑病）、うどんこ病。リンゴのモニリア病、枝腐らん病、斑点落葉病、黒星病、炭そ病。ナン

の灰星病、葉さび病、黒斑病、炭そ病、うどんこ病。セイヨウナシの黒星病。モモの灰色かび病、黒星病。ブドウのべと病、枝枯菌核病、褐斑病、うどんこ病。

〈林木〉

●カラマツの立枯病。スギの赤枯病、立枯病。クロマツの葉枯病。アカマツの葉枯病。

〈害虫類〉

●昆虫に対して、木酢液はきわめて特異な影響をあたえる。たとえば、ミツバチには原液の入った容器に飛びこんでくるものがあるほど好まれるが、アカダニや多種類のカイガラムシをよく殺す。

●トマトに散布した直後には、駆除したようにみえたアブラムシが、一週間後に、散布しなかった株よりもよけいに集まった事例もあるが、一時期の寄生を回避したことによって、その後の被害が軽減できる効果には著しいものがある。

効果的な使用法

〈農薬との混合使用〉

●木酢液は植物体への浸透力、被覆力の高い液体である。250～500倍に希釈したものは微酸性（中性に近い）であるが、これで農薬を希釈すると効果が大きくなる。

●石灰硫黄合剤など、石灰を含むアルカリ性の農薬との混合では薬害をおこすおそれがある。また、混用する木酢液は使用直前に希釈することが必要で、水ですめて何日もおいたものは効果が不安定である。

〈土壌処理〉

●木酢液の農薬との相違で最も著しい点は、ウイルスの不活性化に効果があることである。

●コムギ萎縮病（WYMV）とオオムギ縞萎縮病（BYMV）について、ガラス室と圃場の両試験によって、木酢液の土壌処理が実用的防除法として好適であるといわれている（宮本，1963）。

●BYMVに汚染された圃場では、4～8倍に希釈して散布し、3～5日後に播種した場合に、その防除効果が認められるだけでなく、作物の生育も対象区よりも良好であった。

●木酢液10倍液が完全にトマトモザイクウイルス（TMV）を不活性化することも認められている（宮本，1965）。

●サツマイモのネコブセンチュウ被害地で、筆者は、1951年から4年間マツの木酢液（カシ、ナラなどの木酢液よりも成分濃度がやや低め）で圃場試験をおこなった。方法は、深さ15cmで、30cmの千鳥型間隔の全面原液灌注で、1孔当たり50cc、30cc、20cc処理を無処理区と比較した結果、木酢液処理区では、それぞれ75%、49%、25%の上いも重の増収を認めた。

〈株もと灌注〉

●トマト、キュウリなどの成株の急激な萎ちょうの原因は、地下部の病変によることが多い。また、徒長した株が、急激な日照により萎ちょうする。いずれの場合にも、50～200倍液の株もと灌注が萎ちょう回復に有効なことが少なくない。

〈木酢液〉

●この効果は、ネコブセンチュウによる障害、カビや細菌による組織の破壊・腐敗が加わった地下部が、少なくとも一時的には腐敗箇所を洗浄・殺菌し、腐敗の進行を止めて、水・養分の吸収機能を回復させた結果と考えられる。

●イチゴセンチュウに加害されたイチゴには、100～200倍の木酢液を株の上から充分量灌注すると有効である。

〈葉菜類などの徒長防止〉

●ネギ、ニラそのほかの葉菜類では、徒長による品質の劣化をまねくことがある。こうしたときに、早めに200倍前後の木酢液を散布することで、防ぐことができる。

●ネギ類に対しては、病害防除と同時に、葉組みの締まって揃った重量のある株が収穫できる。

●200～300倍の木酢液を散布しつづけた葉菜では、一見、剛直な感じがし、しかしながら食味は甘みをふくみやわらかく、歯ごたえがよくなる。

●ニンニク栽培（東北）では、春の雪融け後本葉4葉以降に、300倍液を1か月に2回、3か月間散布すると、葉先の枯れこみその他の病害も少なくなり、球根の肥大が著しい。

●軟弱に育った葉菜類では、濃度の高い（200～300倍）木酢液を散布すると葉に斑点を発生するおそれがあるので、一部分で試してみるか、800倍くらいから散布する。

利用上の注意点

●よい品質のものでよく管理された木酢液であるかどうか第一の重要点である。これは、一口でいえば、白煙から採取し、沈澱分を除去し、日光に当てずに保管したものである。

●原木によっても多少の成分の相違はあるが、従来、木炭として使用されている樹種間では、濃度に多少の加減をおこなう程度ですむ。広葉樹、針葉樹、竹の順で、おおまかにいって、順次、10%か20%ぐらいの成分の差と考えればよい。

●木酢液は、高濃度でウイルスを不活性化し、約100倍までの濃度では殺菌力があり、約200倍まででは殺カビ力を発揮する。昆虫に対しても200倍前後で忌避作用があるものもみうけられるが、効果はまちまちである。300倍以上の濃度で植物の活性化がみられ、100～200倍では、見かけ上の生育の抑制効果（内部は充実、肥厚）を示すこともある。

●幼苗、幼葉には一般にその効果は抑制的で、成葉では緑葉期間を延長する。そのため、果菜類などの熟期での使用は検討を要する。

●リンゴでは、8月以降に散布すると糖度は上がるが、貯蔵期間が短縮（8月までが4月までとなる）する問題がある。

■執筆 三枝敏郎（三枝線虫研究所）

（1992年）