

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1,000mg/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1,900mg/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300mg/l以上で検出され、特に排煙温度200℃で採取されたM7では520mg/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0.08mg/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

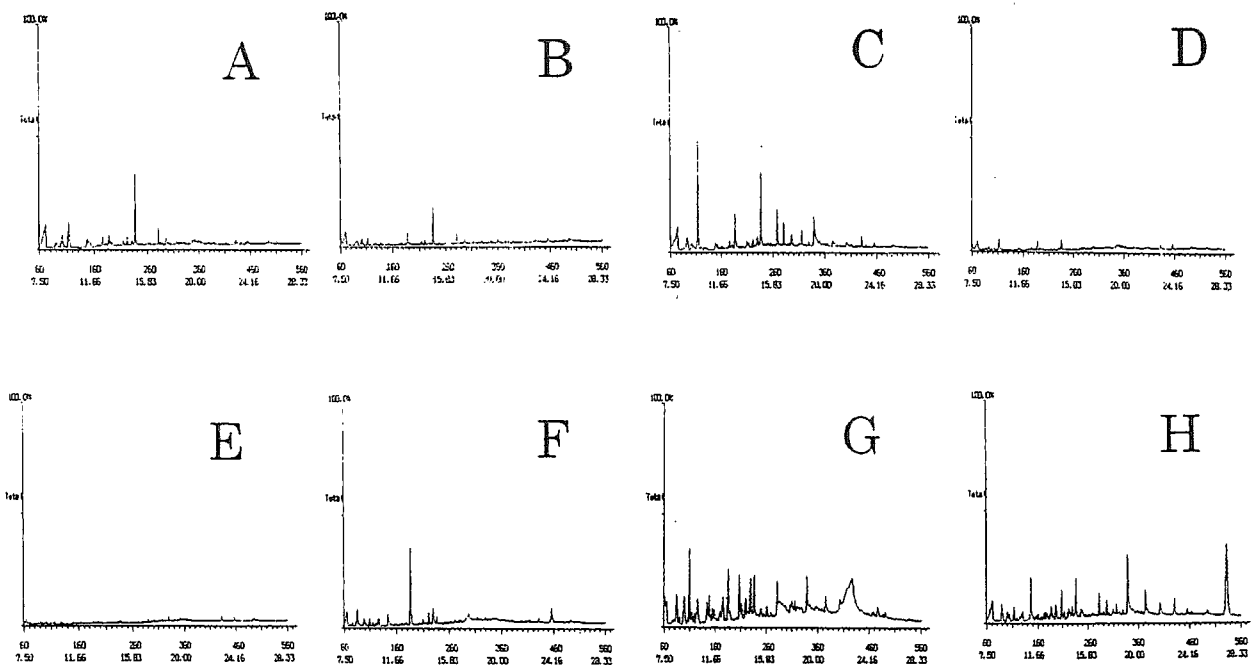


図2 市販木酢液のTIC（原液を1μl注入）。X軸：scan number (60-560) & min (7.5~28.33 min)。

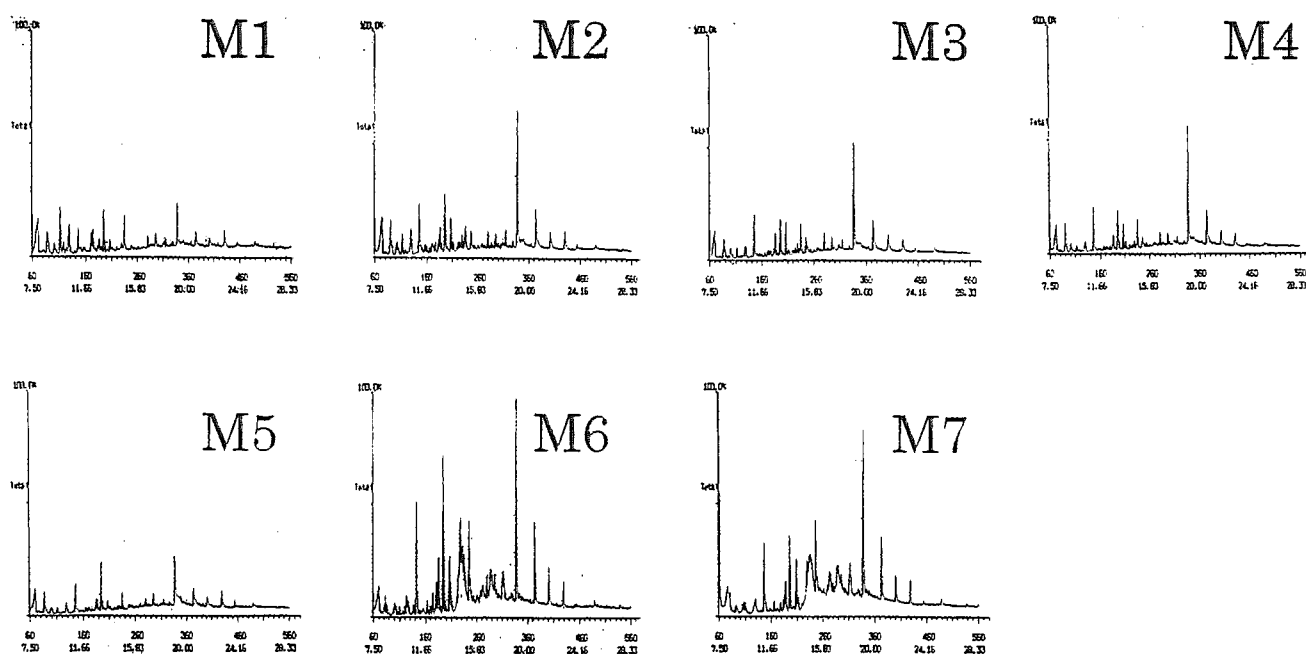


図3 自家製粗木酢液のTIC (原液を1 μ l注入). X軸: scan number (60-560) & min (7.5~28.33 min).

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>).

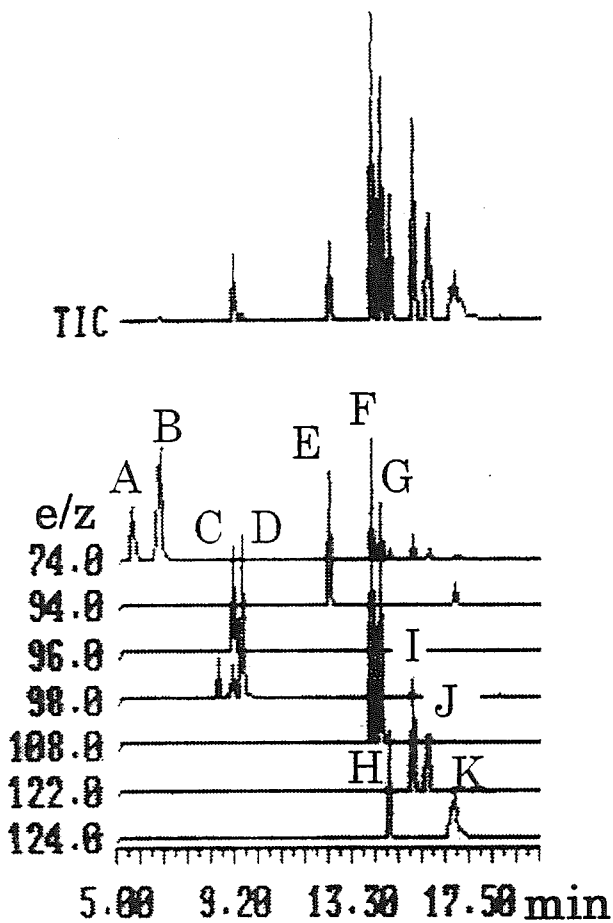


図4 標準物質 (各10ng) のGC-MSクロマトグラム. A:プロピオン酸, B:アセトール, C:フルフラール, D:フルフリルアルコール, E:フェノール, F:*o*-クレゾール, G:*p*-クレゾール, H:グアヤコール, I:*o*-メチルフェノール, J:*p*-メチルフェノール, K:メトキシフェノール.

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.