

# 柳杉木醋液對皺葉萵苣種子發芽及胚根生長之促進作用

莊純琄<sup>1</sup> 盧崑宗<sup>1,\*</sup>

**摘要** 本研究係將柳杉 (*Cryptomeria japonica*) 以機械窯依升溫速率 100°C/hr，加熱至 500°C，並持溫 1hr 製造粗木醋液，再將粗木醋液靜置 3 個月所得之木醋液，以乙醚、碳酸氫鈉溶液、硫酸溶液及氫氧化鈉溶液等藥劑，以分配法 (Partition method) 將木醋液分離成乙醚萃取木醋液及酸性、酚性與中性物質，除以 GC-MS 鑑定其有機成分外，並探討各物質經稀釋後對皺葉萵苣 (*Lactuca sativa* L.) 種子發芽及胚根與胚軸生長之促進作用。結果顯示，乙醚萃取木醋液的有機成分以醋酸含量最多；酸性物質中均以醋酸含量最高，丙酸及丁酸次之；酚性物質均以酚含量最高，其他尚有 2-甲氧基酚、3-甲基酚等；中性物質之主要成分為呋喃類及環戊烯酮類衍生物，其中以 2-呋喃甲醇 (2-Furanmethanol) 與糠醛 (Furfural) 為主。稀釋 10 及 10<sup>2</sup> 之乙醚萃取木醋液、酸性物質、酚性物質及中性物質均會完全抑制皺葉萵苣種子之發芽。而稀釋 10<sup>5</sup> 倍以上者雖多能促進種子發芽率，尤以稀釋 10<sup>5</sup> 及 10<sup>7</sup> 倍者最佳，但於統計上均無顯著之促進作用。又由試驗結果得知，酚性物質具有抑制種子發芽作用，但發芽後之胚根及胚軸生長並不會受到影響；整體而言，低濃度 (稀釋 10<sup>5</sup> 倍以上者) 之乙醚萃取木醋液、酸性物質、中性物質均可以促進種子發芽與胚根及胚軸生長。

**關鍵詞：**柳杉、木醋液、皺葉萵苣、種子發芽、胚根生長。

## Promotion Effect of *Cryptomeria japonica*

## Wood Vinegar on the Germination and Radical Growth of *Lactuca sativa* L. Seed

Chuen-Li Juang<sup>1</sup> Kun-Tsung Lu<sup>1,\*</sup>

**ABSTRACT** In this study, the crude wood vinegar was made from *Cryptomeria japonica* by using steel kiln heated to 500°C under the heating rate of 100°C/hr and holding time of 1 hr. The ether-extracted wood vinegar and acidic, phenolic and neutral fractions were obtained from wood vinegar which has been stood for 3 months of the crude wood vinegar by partition method using ether, NaHCO<sub>3(aq)</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4(aq)</sub> and NaOH<sub>(aq)</sub> as a chemical agent. The organic ingredients of ether-extracted wood vinegar acidic, phenolic compounds and neutral fractions as well as the germination of *Lactuca sativa* L seeds were examined. The results showed that the main organic compound of ether-extracted wood vinegar was acetic acid; the main compound in acidic fractions was acetic acid, followed by propanoic acid and butanoic acid; in phenolic fraction was phenol, followed by 2-methoxy-phenol and 3-methy-lphenol; in the neutral fractions was furfural and cyclopentenone derivatives and 2-furanmethanol and furfural were the major compounds in the neutral fractions. The promotion effect also indicated that the ether-extracted wood vinegars, acidic, phenolic and neutral fractions which were diluted 10 and 10<sup>2</sup> times could inhibit the germination of *L. sativa* seeds. However the dilutions of more than 10<sup>5</sup> could accelerate germination of the seeds mentioned, especially for the dilutions of 10<sup>6</sup> and 10<sup>7</sup> times. The results also founded that the phenolic fraction inhibited the seeds germination, but which did not affect the growth of radical and hypocotyl. Generally speaking, the low concentration (dilutions more than 10<sup>5</sup> times) of ether-extracted wood vinegars, acidic and neutral compounds could increase the germination of *L. sativa* seeds and

<sup>1</sup> 國立中興大學森林學系。

Dept. of Forestry, National Chung Hsing University.

\* Corresponding author, email: lukt @nchu.edu.tw

promote the radical and hypocotyls growth.

**Key Words:** *Cryptomeria japonica*, Wood vinegars, *Lactuca sativa* L, Germination of seed, Growth of radical.

## 前言

近年由於化石資源短日漸枯竭，利用天然可再生性的木質材料替代化石資源為今後必然的趨勢，其中將木質材料進行熱解是最具可行性及代表性的方法，而傳統熱解 (Pyrolysis) (炭化) 過程可得到大量之炭材及醋液，其產品可作為各種民生、醫藥及農業用途，極具發展潛能。

木醋液 (Wood vinger) 為製備木炭過程中，將所產生之濕煙加以冷凝收集之液體，呈現透明黃褐色液體，主要成分中 80-90% 為水，其它尚包含 10-20% 有機成分，其中又以醋酸為主，其餘約 200 種有機成分<sup>[13,17]</sup>，大致可分為酸性物質 (Acidic compounds)、酚性物質 (Phenolic compounds) 及中性物質 (Neutral compounds) 等三大類。依據文獻指出，木醋液之用途相當廣泛，其中作為植物生長促進劑有諸多文獻報導；例如，上原等人<sup>[3]</sup>、谷田貝與雲林院<sup>[4,5,6,7]</sup>均有研究各類木醋液對促進植物種子發芽及生根的功效，或促進植物生長的效果，而與木醋液之製造與成分相似的竹醋液 (Bamboo vinegar)，亦有多篇研究作為植物生長促進劑的效用<sup>[2,13,14,15]</sup>；可見組成分複雜的木、竹醋液，本身具有類似植物荷爾蒙，如生長激素 (Auxin) 或激勃素 (Gibberellin) 的效用，值得開發作為植物生長促進劑的用途。

木材為一有機物，係由纖維素、半纖維素、木質素三大成分所組成，其中纖維素為葡萄糖組成的天然物，約佔木材組成分之 40-50% 左右，半纖維素的成分為木糖 (Xylose)、甘露糖 (Mannose)、樹膠醛糖 (Arabinose) 及半乳糖 (Galactose) 等組合而成，約佔木材組成分之 25-35% 左右，而木質素則以苯基丙烷 (Phenyl propane) 為組成單元，約佔木材組成分之 18-35% 左右，其間含有不同鍵結及官能基所構成芳香族化合物<sup>[12]</sup>。因此，木材在炭化過程中，木質材料之組成分具有不同之化學結構及熱解溫度，加上複雜的炭化條件如升溫速率、最終溫度、原料種類以及是否添加催化劑等，皆會影響產物之性質與組成<sup>[9,10,11,16]</sup>。我國柳杉蓄積量豐富，本研究將柳杉以機械窯製造之粗木醋液靜置 3 個月後，再經乙醚萃取後之不含水分木醋液，及將木醋液以鹽析及酸鹼中和之分配法 (Partition method)<sup>[8]</sup> 純化成酸性物質、酚性物質與中性物質等分離部，分析乙醚萃取木醋液及各組成分對常用蔬菜皺葉萵苣

(*Lactuca sativa* L.) 種子發芽及胚根與胚軸生長之促進作用。

## 材料與方法

### 試驗材料

1. 柳杉：本試驗使用柳杉 (*Cryptomeria japonica*) 購自竹山政新實業公司，將試材裁切成 2 cm×2 cm×10 cm (L×W×H)，並乾燥至含水率約為 10%。
2. 皺葉萵苣 (*Lactuca sativa*) 種子：購自農友種苗股份有限公司。
3. 藥品：本試驗所使用之試藥級乙醚 (純度 99.0% 以上)、氯化鈉 (純度 99.5% 以上)、碳酸氫鈉 (純度 99.6%)、硫酸 (純度 95.0% 以上) 等藥品購自聯工化學。氫氧化鈉 (純度 99.38%) 購自 Choneye Pure Chemicals 公司。二甲基亞砜 (Dimethyl sulfoxide, DMSO) 購自片山試藥株式會社。

### 試驗方法

#### 一、木醋液之製造與收集

1. 熱解設備：本試驗所使用之試驗設備為電熱式機械窯 (如圖 1 所示)，此系統由高 1 m 和直徑 1 m 之電熱爐爐體、電控加溫面板設定儀和水冷式冷凝塔所組成；電熱爐爐體由容量 0.064 m<sup>3</sup> 內鍋和耐熱級 A1 鎳鉻絲加熱器外爐構成，溫度則由電控加溫面板設定儀控制。其中，第一及第二收集桶是以空氣冷卻其濕煙，所收集之液體主要以高分子量物質最多。而第三與第四收集桶則是利用 10°C 的冷水收集，主要收集之液體多為低分子量者。
2. 木材炭化：將約 10 kg 木材置入電熱式機械窯之內鍋中，封口以防火棉密封後，將內鍋置入外爐中，以升溫速率 100°C/hr，加熱至 500°C，並持溫 1 hr。當溫度上升至 150°C 時，調整逆止閥使熱解氣體穩定釋出，經冷凝後，將第一、二、三及四收集桶中之木醋液混合可得木醋液，冷卻至室溫後，解開爐體可得木炭。

#### 二、木醋液之分離及組成分析

1. 木醋液分離法：本研究採用分配法<sup>[8]</sup>，將木醋液以乙醚+氯化鈉萃取，分成乙醚層及水層；乙醚層再以

5%  $\text{NaHCO}_3$  萃取，分成乙醚層及水層；其中，水層以 30% 硫酸及乙醚萃取可得酸性物質，乙醚層以 2 N  $\text{NaOH}$  萃取可得水層及乙醚層；水層再以 30% 硫酸及乙醚萃取可得酚類物質，而乙醚層部分則為中性物質，再以常壓蒸餾法回收乙醚，即得到酸性物質、酚性物質及中性物質。

- 有機成分分析：先將木醋液及其分離部以乙醚萃取後，再使用 Nylon 0.45  $\mu\text{m}$  過濾器過濾，取上層乙醚可溶部，接著利用 Perkin-Elmer Clarus 600D 氣相層析質譜儀 ( Gas chromatography Mass spectrometer, GC-MS ) 分析；取 1.0  $\mu\text{L}$  木醋液及其分離部注入氣相層析儀中，注射口溫度 ( Injector temperature ) 為  $250^\circ\text{C}$ ，分離管柱 ( Column ) 採用 Stabilwax-DA 毛細管柱 ( 30 m  $\times$  0.25 mm ID, 0.25  $\mu\text{m}$  film thickness )，載送氣體 ( Carrier gas ) 為 99.999% 高純氦氣 ( He )，流速 ( Flow rate ) 為 1.4 mL/min；溫度設定為起始溫度  $40^\circ\text{C}$ ，持溫 5 min 後，再以  $5^\circ\text{C}/\text{min}$  之升溫速率，由  $40^\circ\text{C}$  上升至  $110^\circ\text{C}$ ，之後再以  $3^\circ\text{C}/\text{min}$  之升溫速率上升至  $150^\circ\text{C}$ ，最後以  $5^\circ\text{C}/\text{min}$  之升溫速率上升至  $220^\circ\text{C}$ ，持溫 5 min；偵測器溫度為  $280^\circ\text{C}$ ，以 40~425  $m/z$  掃描模式進行偵測，將所得之木醋液 GC-MS 層析圖譜，以系統中 NIST library search 鑑定波峰加以比對。

### 三、種子發芽試驗

本試驗將柳杉之乙醚萃取木醋液、酸性、酚性及中性物質以乙醇溶解，調配至所需濃度後，添加 5 mL 於直徑 9 cm 培養皿，內含二張濾紙，之後以  $30^\circ\text{C}$  乾燥 24 h，使乙醇完全揮發，再加入 5 mL 的 0.05% ( v/v ) DMSO 水溶液。將 20 粒種子置於培養皿中，再以石臘膜 ( Parafilm ) 封邊，置於溫度  $20^\circ\text{C}$  及相對濕度 60% 黑暗

生長箱進行發芽試驗，並以添加 0.05% ( v/v ) DMSO 水溶液作為對照組。在播種第 1 天後及第 4 天後測定種子發芽率 ( 以胚根突破種皮 2 mm 視為發芽 )，發芽率為發芽總數佔總播種種子數之百分比，並於播種第 4 天後測定種子胚根及胚軸 ( 如圖 2 ) 之長度，試驗重複 3 次。

### 四、統計分析

本試驗採用 SPSS 套裝軟體進行變異數分析，透過 Tukey's HSD 檢定 ( Tukey's honest significant difference, HSD )，評估各組間之差異性 ( 信賴區間 95% )。

## 結果與討論

### 乙醚萃取木醋液及分離部有機成分

乙醚萃取木醋液、酸性、酚性及中性物質有機成分，以 GC-MS 分析結果將其有機成分整理如表 1。柳杉乙醚萃取木醋液有機成分則是以酚性物質含量最多，佔 37.13%，酸性物質次之，佔 31.20%，而中性物質含量最少，佔 26.25%。其中，酸性物質又以醋酸含量最高達 24.39%，丁酸 ( 3.10% ) 及丙酸 ( 2.60% ) 含量次之。酚性物質以鄰-苯二酚、酚及 2-甲氧基酚為主，分別佔 10.83、9.80、及 6.56%。中性物質以 3-甲基-1,2-環戊二酮 ( 3-Methyl-1,2-cyclopentanedione )、糠醛及 2-呋喃甲醇 ( 2-Furanmethanol ) 為主，分別佔 4.69、4.18 及 2.56%。

將柳杉乙醚萃取木醋液分離為酸性、酚性及中性物質等三大成分，其中，酸性部分之酸性物質濃度由乙醚萃取木醋液之 31.20% 提高至之 73.04%，仍以醋酸之 36.53% 含量最高，丁酸及丙酸次之，分別為 13.39% 及 10.95%，但酸性物質中仍有少量的酚性及中性物質無法進一步分離。酚類部分之酚類物質濃度由乙醚萃取木醋

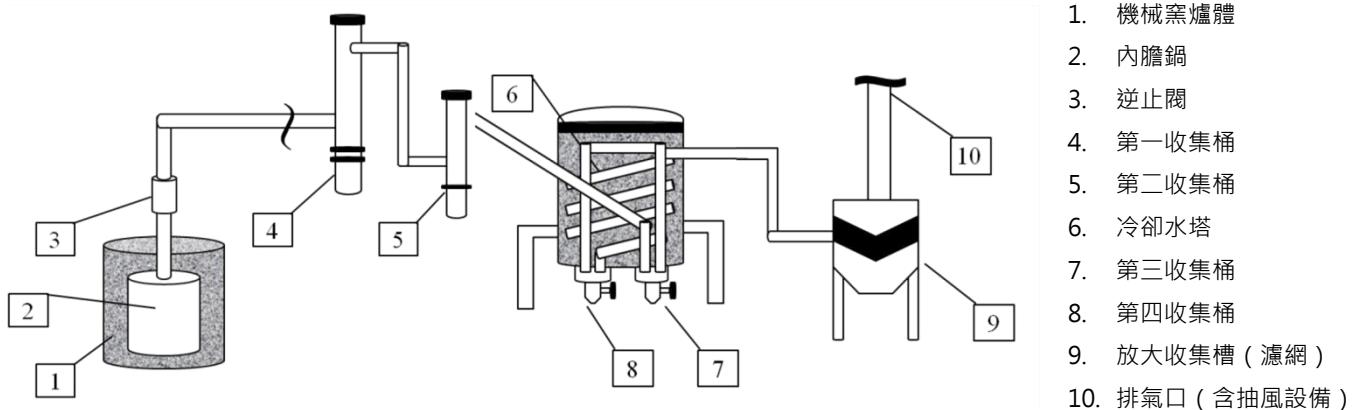


圖 1 械窯之收集及冷卻系統

Fig. 1 Collecting and cooling system of steel kiln.

液之 37.13% 提高至 82.27%，主要成分為酚、2-甲氧基酚、3-甲基酚及 2-甲氧基-6 甲基酚，濃度分別提高至 24.95、18.67、12.28 及 12.08%，但仍有少量約 1.35%



圖 2 胚根與胚軸之示意圖<sup>[1]</sup>

Fig. 2 Diagram of radical and hypocotyl.

之酸性物質以及 7.89% 之中性物質未能分離。中性部分的中性物質濃度可由乙醚萃取木醋液之 26.25% 提高至 81.83%，仍以呋喃類及環戊烯酮類為主，其中以 2-呋喃甲醇、糠醛、2-甲基-2-環戊烯-1-酮及 2-甲氧基四氫呋喃為主，分別佔 23.41、11.14、7.71 及 6.44%，但仍有約 3.60% 之酚類物質無法分離。

### 乙醚萃取木醋液對促進種子發芽之影響

對照處皺葉萵苣種子於播種第 1 天後及第 4 天後之實際發芽率分別為 66.7% 及 95.0% (表 2 中未顯示)。不同稀釋倍數之乙醚萃取木醋液對皺葉萵苣種子發芽之影響如表 2 所示。為便於比較，將對照組之發芽率定為 100%，其他濃度處理者則依此換算發芽率，以下其他藥劑處理者亦同。結果顯示播種後第 1 天，稀釋 10、10<sup>2</sup>

表 1 柳杉乙醚萃取木醋液、酸性物質、酚性物質及中性物質之有機成分

Table 1 Organic components of ether-extracted wood vinegars, acidic, phenolic and neutral fractions of *C. japonica*

R.T. (min)	Component	Ether-extracted wood vinegar	Acidic fraction	Phenolic fraction	Neutral fraction
<b>Acidic compounds*</b>		<b>31.20</b>	<b>73.04</b>	<b>1.35</b>	—
19.07	acetic acid	24.39	36.53	1.06	—
21.58	propanoic acid	2.60	10.95	0.29	—
22.44	2-methyl-propanoic acid	0.51	2.17	—	—
24.22	butanoic acid	3.10	13.39	—	—
24.63	2-propenoic acid	—	0.46	—	—
25.49	2-methyl-butanoic acid	—	0.99	—	—
27.62	pentanoic acid	—	1.14	—	—
28.83	isocrotonic acid	0.60	4.27	—	—
29.92	4-pentenoic acid	—	0.68	—	—
32.00	2-pentenoic acid	—	2.46	—	—
<b>Phenolic compounds*</b>		<b>37.13</b>	<b>9.23</b>	<b>82.27</b>	<b>3.60</b>
31.42	2-methoxy-phenol	6.56	2.64	18.67	—
33.02	2,6-dimethyl-phenol	—	—	—	0.65
34.31	2-methoxy-6-methyl-phenol	3.48	—	12.08	0.94
35.70	phenol	9.80	1.13	24.95	—
36.25	4-ethyl-2-methoxy-phenol	0.68	—	2.46	0.52
37.75	3-methyl-phenol	4.58	—	12.28	0.49
39.43	2-ethyl-6-methyl-phenol	—	—	—	0.66
39.62	4-ethyl-phenol	—	—	1.75	0.34
46.83	vanillin	0.45	0.69	—	—
49.06	3-methyl-1,2-benzenediol	0.75	4.77	—	—
49.73	1,2-benzenediol	10.83	—	6.30	—

50.36	2-methyl-1,4-benzenediol	—	—	3.78	—
<b>Neutral compounds*</b>		<b>26.25</b>	<b>13.80</b>	<b>7.89</b>	<b>81.83</b>
5.03	3-methyl-3-buten-2-one	0.38	2.10	—	1.22
5.74	2-methoxytetrahydrofuran	0.65	—	1.27	6.44
6.99	2,5-dihydro-furan	—	—	—	0.35
7.26	2,3-pentanedione	0.36	—	—	—
8.20	2-methyl-2-butenal	—	—	—	0.29
8.28	2-propen-1-ol	—	—	—	0.24
9.29	3-methyl-3-buten-2-one	—	—	—	0.93
11.10	cyclopentanone	0.61	0.68	0.29	2.10
11.41	tetrahydro-2,5- dimethoxy-furan	—	—	—	1.61
12.01	2-methyl-cyclopentanone	—	—	—	0.44
14.81	1-hydroxy-2-propanone	1.97	—	—	—
16.39	2-cyclopenten-1-one	1.50	0.73	—	—
16.47	1-hydroxy-3-methyl-2-butanone	0.26	—	—	—
16.75	2-methyl-2-cyclopenten-1-one	1.07	0.92	—	7.71
16.95	1-hydroxy-2-butanone	0.46	—	—	—
19.52	furfural	4.18	2.70	0.35	11.14
19.81	3,4-dimethyl-2-cyclopenten-1-one	—	—	—	2.26
19.92	tetrahydro-2-furanol	0.28	—	—	—
20.23	2,3,4-trimethyl-2-cyclopenten-1-one	—	—	—	0.89
20.60	1-(2-furanyl)-ethanone	0.70	0.46	—	6.00
20.86	3-methyl-2-cyclopenten-1-one	0.80	0.49	—	2.71
21.29	ethenyl ester propanoic acid	0.42	—	—	—
21.46	2,3-dimethyl-2-cyclopenten-1-one	—	—	—	4.56
22.59	5-methyl-2-furancarboxaldehyde	0.60	—	—	5.46
22.71	methyl ester 3-furancarboxylic acid	—	—	—	0.75
23.76	2-acetyl-5-methylfuran	—	—	—	0.62
24.80	2,5-dihydro-3,5-dimethyl- 2-furanone	0.49	0.39	—	1.23
25.16	2-furanmethanol	2.56	—	—	23.41
26.93	4-methyl-5H-furan-2-one	0.33	—	—	—
28.56	2-hydroxy-2-cyclopenten-1-one	0.87	—	—	—
29.80	3,4-dimethoxytoluene	—	—	—	0.55
30.36	3-methyl-1,2-cyclopentanedione	4.69	4.06	3.13	—
32.41	3-ethyl-2-hydroxy-2-cyclopenten-1-one	0.61	—	1.10	0.92
34.48	maltol	0.26	—	—	—
45.77	5-(hydroxymethyl)-2-furancarboxaldehyde	0.35	—	—	—
48.23	1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-ethanone	0.39	—	1.75	—
48.60	1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-2-propanone	1.46	1.27	—	—
<b>Total</b>		<b>94.58</b>	<b>96.07</b>	<b>91.51</b>	<b>85.43</b>

\*Description in rows are sum of percents of components.

"—" represents a trace of components can't be detected.

及  $10^3$  倍之較高濃度乙醚萃取木醋液完全抑制種子發芽；稀釋至  $10^5$  及  $10^6$  倍時，其發芽率僅達到 90.0 及 80.0% (以對照組發芽率為 100%)，但與對照組無顯著差異，其它各稀釋倍率之發芽率皆低於對照組且與對照組有顯著差異。在種子播種第 4 天後，仍以稀釋 10 及  $10^2$  倍者會抑制皺葉萵苣種子發芽，而稀釋  $10^5$  及  $10^7$  倍者之種子發芽率最高，皆為對照組的 101.8%，但經 Tukey 單因子變異數分析後，與對照組並無顯著差異。在種子播種第 4 天後，皺葉萵苣之胚根及胚軸長度如表 2；結果顯示乙醚萃取木醋液稀釋 10、 $10^2$  倍因完全抑制種子發芽而無胚根及胚軸之生長，而稀釋  $10^6$  倍者，雖具有最長之胚根長度，達對照組的 109.4%，但與對照組無顯著差異。又在胚軸之生長方面，稀釋  $10^7$  倍者有最長胚軸，可達到對照組之 128.6%，且與對照組有顯著差異。

Mu *et al.* [13] 將孟宗竹與剛竹製備之竹醋液以乙醚萃取其有機成分，評估其對萵苣 (*Lactuca sativa*)、西洋菜 (*Rorippa nasturtium-aquaticum*)、鴨兒芹 (*Cryptotaenia japonica*) 及茼蒿 (*Chrysanthemum coronarium*) 之種子發芽及生長效益，由結果得知，高濃度之乙醚萃取竹醋液可完全抑制種子發芽，而稀釋至  $10^5$  倍以上者，對西洋菜、鴨兒芹種子具有促進發芽之效果，但對於萵苣種子而言，不論稀釋倍數大小，皆無顯著促進及抑制發芽效果。而在胚根生長方面，乙醚萃取竹醋液稀釋至  $10^5$  倍以上者僅對胚根生長者僅略高於對照組者。本研究以不同稀釋倍數之乙醚萃取木醋液，結果也顯示對於皺葉萵苣種子皆無促進發芽效果，但稀

釋  $10^6$  倍以上者，則有促進胚根及胚軸生長作用。

上原等人 [3] 以櫟木 (*Quercus spp.*) 木醋液分離之乙醚萃取木醋液，評估萵苣 (*L. sativa*) 種子發芽，試驗結果顯示，播種第 1 天後，稀釋  $10^5$  及  $10^6$  倍者之發芽率分別為對照組之 75% 及 73%，而播種第 4 天後皆為對照組之 98%。本試驗以稀釋  $10^5$  及  $10^6$  倍者對於萵苣種子同樣無促進發芽效果。

綜合以上結果得知，高濃度 (如稀釋 10 及  $10^2$  倍者) 之乙醚萃取木醋液會抑制皺葉萵苣種子發芽，而隨稀釋倍數之提高至  $10^5$  倍，萵苣播種第 4 天之發芽率仍與對照組幾乎相同，並無促進發芽效果，但稀釋至  $10^6$  倍以上對於萵苣胚根及胚軸長度則有促進生長作用。

### 酸性物質對促進種子發芽之影響

不同稀釋倍數之酸性物質對皺葉萵苣種子發芽之影響如表 3 所示。結果顯示，播種後第 1 天，稀釋 10、 $10^2$  及  $10^3$  倍之高濃度酸性物質完全抑制種子發芽，又稀釋至  $10^5$ - $10^7$  倍時，其發芽率僅為對照組之 70.0% 左右，並與對照組有顯著差異。在播種第 4 天後，稀釋 10 及  $10^2$  倍者仍會抑制種子發芽，而稀釋  $10^5$  及  $10^7$  倍者雖能促進種子發芽，其發芽率皆為對照組的 101.8%，但統計上並無顯著促進作用。

種子播種第 4 天後，稀釋 10 及  $10^2$  倍濃度者會完全抑制種子發芽而無胚根及胚軸之生長，而稀釋  $10^4$ - $10^7$  倍之胚根長度，為對照組的 108.0%-111.8%，且對照組有顯著差異。在胚軸之生長方面，當稀釋至  $10^4$  倍以上者則有促進皺葉萵苣胚軸生長之作用，其中稀釋

表 2 不同濃度乙醚萃取木醋液對皺葉萵苣種子發芽率及胚根與胚軸生長之影響<sup>i</sup>

Table 2 Effects of different ether-extracted wood vinegars dilutions on the germination rate, radicle and hypocotyl growth of *L. sativa*

Dilution (times)	Germination Rate (%) <sup>ii</sup>		Radicle growth (%) <sup>ii</sup>	Hypocotyl growth (%) <sup>ii</sup>
	After 1 day	After 4 days	After 4 days	
Control	100.0 <sup>e</sup>	100.0 <sup>c</sup>	100.0 <sup>cd</sup>	100.0 <sup>c</sup>
10	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>
$10^2$	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>
$10^3$	0.0 <sup>a</sup>	75.4 <sup>b</sup>	34.1 <sup>b</sup>	36.8 <sup>b</sup>
$10^4$	45.0 <sup>b</sup>	93.0 <sup>c</sup>	95.5 <sup>c</sup>	98.6 <sup>c</sup>
$10^5$	90.0 <sup>de</sup>	101.8 <sup>c</sup>	97.0 <sup>c</sup>	94.6 <sup>c</sup>
$10^6$	80.0 <sup>cd</sup>	96.5 <sup>c</sup>	109.4 <sup>e</sup>	117.5 <sup>d</sup>
$10^7$	65.0 <sup>c</sup>	101.8 <sup>c</sup>	105.6 <sup>de</sup>	128.6 <sup>d</sup>

<sup>i</sup> Each determination was performed with three replicates of twenty seeds.

<sup>ii</sup> Figures are percentages based on the control.

<sup>iii</sup> Difference in germination, radicle and hypocotyls growth were indicated significantly different ( $P < 0.05$ ) according to Tukey's HSD test.

10<sup>7</sup> 倍者具有最長之胚軸，可達到對照組之 142.5%，統計上亦具有顯著差異。

上原等人<sup>[3]</sup>將櫟木木醋液分離獲得酸性物質，評估其對萹葉蒿種子發芽及生長試驗之影響，結果顯示，當酸性物質稀釋 10<sup>5</sup> 及 10<sup>7</sup> 倍時，播種第 4 天後之發芽率會有提高現象，分別為對照組的 104% 及 102%，而稀釋至 10<sup>6</sup> 及 10<sup>7</sup> 倍者之胚根長度亦有明顯增長，各別為

104% 及 107%。本試驗結果亦有相似結果，當酸性物質稀釋至 10<sup>4</sup> 倍以上，對於萹葉蒿種子胚根及胚軸生長有顯著促進效果。

### 酚性物質對促進種子發芽之影響

表 4 為不同稀釋倍數之酚性物質對萹葉蒿種子發芽生長之影響。試驗結果顯示，播種後第 1 天，稀釋 10、

表 3 不同濃度酸性物質對萹葉蒿種子發芽率及胚根與胚軸生長之影響<sup>i</sup>

Table 3 Effects of different acidic compounds dilutions on the germination rate, radicle and hypocotyl growth of *L. sativa*

Dilution (times)	Germination Rate (%) <sup>ii</sup>		Radicle growth (%) <sup>ii</sup>	Hypocotyl growth (%) <sup>ii</sup>
	After 1 day	After 4 days	After 4 days	
Control	100.0 <sup>d</sup>	100.0 <sup>c</sup>	100.0 <sup>c</sup>	100.0 <sup>c</sup>
10	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>
10 <sup>2</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>
10 <sup>3</sup>	0.0 <sup>a</sup>	61.4 <sup>b</sup>	20.3 <sup>b</sup>	25.1 <sup>b</sup>
10 <sup>4</sup>	47.5 <sup>b</sup>	96.5 <sup>c</sup>	109.8 <sup>cd</sup>	123.2 <sup>de</sup>
10 <sup>5</sup>	72.5 <sup>c</sup>	101.8 <sup>c</sup>	108.0 <sup>cd</sup>	107.5 <sup>cd</sup>
10 <sup>6</sup>	70.0 <sup>c</sup>	89.5 <sup>c</sup>	108.9 <sup>cd</sup>	130.8 <sup>ef</sup>
10 <sup>7</sup>	70.0 <sup>c</sup>	101.8 <sup>c</sup>	111.8 <sup>d</sup>	142.5 <sup>f</sup>

<sup>i</sup> Each determination was performed with three replicates of twenty seeds.

<sup>ii</sup> Figures are percentages based on the control.

<sup>iii</sup> Difference in germination, radicle and hypocotyls growth were indicated significantly different ( $P < 0.05$ ) according to Tukey's HSD test.

表 4 不同濃度酚性物質對萹葉蒿種子發芽率及胚根與胚軸生長之影響<sup>i</sup>

Table 4 Effects of different phenolic compounds dilutions on the germination rate, radicle and hypocotyl growth of *L. sativa*

Dilution (times)	Germination Rate (%) <sup>ii</sup>		Radicle growth (%) <sup>ii</sup>	Hypocotyl growth (%) <sup>ii</sup>
	After 1 day	After 4 days	After 4 days	
Control	100.0 <sup>d</sup>	100.0 <sup>c</sup>	100.0 <sup>d</sup>	100.0 <sup>d</sup>
10	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>
10 <sup>2</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>
10 <sup>3</sup>	0.0 <sup>a</sup>	66.7 <sup>b</sup>	11.3 <sup>b</sup>	16.6 <sup>b</sup>
10 <sup>4</sup>	35.0 <sup>b</sup>	89.5 <sup>c</sup>	50.5 <sup>c</sup>	82.4 <sup>c</sup>
10 <sup>5</sup>	100.0 <sup>d</sup>	96.5 <sup>c</sup>	132.7 <sup>e</sup>	120.5 <sup>ef</sup>
10 <sup>6</sup>	50.0 <sup>bc</sup>	68.4 <sup>b</sup>	101.4 <sup>d</sup>	112.5 <sup>de</sup>
10 <sup>7</sup>	52.5 <sup>c</sup>	87.7 <sup>c</sup>	106.2 <sup>d</sup>	132.6 <sup>f</sup>

<sup>i</sup> Each determination was performed with three replicates of twenty seeds.

<sup>ii</sup> Figures are percentages based on the control.

<sup>iii</sup> Difference in germination, radicle and hypocotyls growth were indicated significantly different ( $P < 0.05$ ) according to Tukey's HSD test.

10<sup>2</sup> 及 10<sup>3</sup> 倍高濃度者會完全抑制種子發芽，而稀釋 10<sup>5</sup> 倍者之發芽率最高但與對照組相同。在播種第 4 天後，稀釋 10 及 10<sup>2</sup> 倍者仍會抑制種子發芽，而稀釋 10<sup>5</sup> 倍者之發芽率雖最高，但僅為對照組之 96.5%，並無促進發芽效果。

在胚根生長方面，當稀釋至 10<sup>5</sup> 倍以上者，對於胚根之生長皆具有促進之效果，其中又以稀釋 10<sup>5</sup> 倍者之胚根長度最長，為對照組之 132.7%，且與對照組呈現顯著差異。而在胚軸生長方面，顯示當酚性物質稀釋至 10<sup>5</sup>-10<sup>7</sup> 倍，對胚軸之生長皆有促進之效果，尤以稀釋 10<sup>7</sup> 倍者高達對照組之 132.6%，統計分析後與對照組有顯著差異。

谷田貝和雲林院<sup>[7]</sup>以試藥級鄰位-甲酚 ( *o*-Cresol )、對位-甲酚 ( *p*-Cresol )、間位-甲酚 ( *m*-Cresol )、2-甲氧基酚 ( 2-Methoxy-phenol ) 及 2,4-二甲基酚 ( 2,4-Dimethylphenol ) 等酚性物質分別進行蘿蔔 ( *Raphanus sativus* )、蕪菁 ( *Brassica rapa* ) 及結球白菜 ( *Brassica pekinensis* ) 等種子發芽及生長試驗，結果顯示，在播種後第 1 天後，以濃度 0.1% 者會抑制上述種子發芽率，而第 4 天後，任何酚性物質於濃度 0.01% 下，不論對蘿蔔、蕪菁及結球白菜種子之發芽率皆略低於對照組，其結果顯示大多酚性物質會抑制種子發芽；此外，亦發現當 0.01% 之 2-甲氧基酚，具有促進蘿蔔種子之生長，其胚根及胚軸分別為對照組之 134.1% 及 114.5%。而本研究之酚性物質組成成分中係以 2-甲氧基酚占 18.67%，致使稀釋 10<sup>5</sup> 倍以上之酚性物質對於皺

葉萵苣胚根及胚軸具有促進生長之效果，此結果與上述谷田貝和雲林院<sup>[7]</sup>之研究相似。

### 中性物質對促進種子發芽之影響

不同稀釋倍數之中性物質對皺葉萵苣種子發芽之影響如表 5 所示。試驗結果顯示，播種後第 1 天，稀釋 10-10<sup>3</sup> 倍之高濃度者會完全抑制種子發芽，又稀釋 10<sup>5</sup>-10<sup>7</sup> 倍時，其發芽率僅達到對照組之 80.0-92.5%，並無促進發芽效果。在播種第 4 天，稀釋 10 及 10<sup>2</sup> 倍者仍會抑制種子發芽，而稀釋 10<sup>7</sup> 倍者之種子發芽率最高，為對照組的 101.8%，但統計上並無顯著促進作用。而 Mu *et al.*<sup>[13]</sup>將孟宗竹及剛竹之竹醋液分離中性物質評估對高苣種子之發芽，結果顯示當播種第 4 天後，中性物質稀釋至 10<sup>5</sup> 倍以上時，其發芽率也僅與對照組相同，並無促進發芽效果。

皺葉萵苣種子播種第 4 天後，稀釋 10 及 10<sup>2</sup> 倍者會完全抑制種子發芽而無胚根及胚軸之生長，而稀釋 10<sup>4</sup>-10<sup>7</sup> 倍者之胚根長度，分別為對照組的 102.0-127.9%，且以稀釋 10<sup>5</sup> 倍者最長並與對照組有顯著差異。在胚軸之生長方面，當中性物質稀釋至 10<sup>4</sup> 以上時，有促進胚軸生長之作用，其中又以稀釋 10<sup>6</sup> 倍者具有最長之胚軸，可達到對照組之 138.9%，且與對照組有顯著差異。

谷田貝和雲林院<sup>[6]</sup>以試藥級之糠醛 ( Furfural ) 評估對蘿蔔、蕪菁及結球白菜種子生長，結果顯示當糠醛稀釋至 0.01%，對於蕪菁及結球白菜種子胚軸皆有促進生

表 5 不同濃度中性物質對皺葉萵苣種子發芽率及胚根與胚軸生長之影響<sup>i</sup>

Table 5 Effects of different neutral compounds dilutions on the germination rate, radicle and hypocotyl growth of *L. sativa*

Dilution (times)	Germination Rate (%) <sup>ii</sup>		Radicle growth (%) <sup>ii</sup>	Hypocotyl growth (%) <sup>ii</sup>
	After 1 day	After 4 days	After 4 days	
Control	100.0 <sup>d</sup>	100.0 <sup>c</sup>	100.0 <sup>c</sup>	100.0 <sup>c</sup>
10	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>
10 <sup>2</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>
10 <sup>3</sup>	0.0 <sup>a</sup>	66.7 <sup>b</sup>	23.2 <sup>b</sup>	15.2 <sup>b</sup>
10 <sup>4</sup>	35.0 <sup>b</sup>	98.2 <sup>c</sup>	102.0 <sup>c</sup>	104.8 <sup>c</sup>
10 <sup>5</sup>	92.5 <sup>d</sup>	94.8 <sup>c</sup>	127.9 <sup>e</sup>	108.9 <sup>c</sup>
10 <sup>6</sup>	80.0 <sup>c</sup>	91.2 <sup>c</sup>	105.4 <sup>cd</sup>	138.9 <sup>d</sup>
10 <sup>7</sup>	82.5 <sup>c</sup>	101.8 <sup>c</sup>	114.2 <sup>d</sup>	135.8 <sup>d</sup>

<sup>i</sup> Each determination was performed with three replicates of twenty seeds.

<sup>ii</sup> Figures are percentages based on the control.

<sup>iii</sup> Difference in germination, radicle and hypocotyls growth were indicated significantly different (P < 0.05) according to Tukey's HSD test.



長效果，分別為對照組之 134.1% 及 135.3%，而本研究之中性物質組成中之糠醛含量為次高物質（占 11.14%），除此之外，可能眾多成分的中性物質其他成分對於葉萵苣胚軸具亦有相乘促進生長之效果。

## 結論

本研究是將柳杉木醋液精製成乙醚萃取木醋液，並以分配法再將木醋液分離成酸性、酚性及中性物質，除以 GC-MS 鑑定其有機成分外，亦探討其促進皺葉萵苣種子發芽之效果。在木醋液有機成分方面，乙醚萃取木醋液的有機成分以醋酸含量最多；酸性物質中均以醋酸含量最高，丙酸及丁酸次之；酚性物質均以酚含量最高，其他尚有 2-甲氧基酚、3-甲基酚等；中性物質之主要成分為呋喃類及環戊烯酮類衍生物，其中以 2-呋喃甲醇與糠醛為主。在促進皺葉萵苣種子發芽方面，高濃度（稀釋 10 及 10<sup>2</sup> 倍者）之乙醚萃取木醋液、酸性、酚性及中性物質均會抑制皺葉萵苣種子之發芽。稀釋 10<sup>5</sup> 及 10<sup>7</sup> 倍者之乙醚萃取木醋液、酸性物質及中性物質雖能促進皺葉萵苣種子發芽，尤以乙醚萃取木醋液及酸性物質效果最佳，但統計上並無顯著促進作用，而酚性物質卻無促進效果。在皺葉萵苣種子生長方面，結果顯示，稀釋 10<sup>5</sup> 倍以上之乙醚萃取木醋液、酸性物質、酚性物質及中性物質均有促進胚根及胚軸生長效果，其中，以稀釋 10<sup>7</sup> 倍之酸性物質、酚性物質及中性物質為促進皺葉萵苣種子之胚軸生長最佳，均可達對照組之 130.0% 以上。

## 參考文獻

- [1] 郭孚耀 (2003) · 國產優良品牌番茄生產管理技術作業標準 · 國產優良品牌蔬果生產管理技術作業標準 · 行政院農業委員會出版 pp. 239-252。
- [2] 陳莉鵬、盧崑宗、劉正字 (2007) · 「竹醋液對青梗白菜生長之促進作用」 · 台灣林業科學 22(2): 149-157。
- [3] 上原徹、堀尾義明、古野毅、城代進 (1993) · 「植物種子に対する木酢液の発芽、成長促進作用」 · 木材學會誌 39(12): 1415-1420。
- [4] 谷田貝光克、雲林院源治 (1987) · 「炭化副産物に関する研究 (第 4 報) 木酢液の植物種子に対する発芽、生長促進作用」 · 木材學會誌 33(6): 521-529。
- [5] 谷田貝光克、雲林院源治 (1988) · 「炭化副産物に関する研究 (第 4 報) 木酢液の成分」 · 木材學會誌 34(2): 184-188。
- [6] 谷田貝光克、雲林院源治 (1989a) · 「炭化副産物に関する研究 (第 5 報) 木酢液成分およびその関連化合物の植物種子に対する発芽、生長制御作用 - 酸および中性物質について」 · 木材學會誌 35(6): 564-571。
- [7] 谷田貝光克、雲林院源治 (1989b) · 「炭化副産物に関する研究 (第 6 報) 木酢液成分およびその関連化合物の植物種子に対する発芽、生長制御作用 - アルコールおよびフェノール類について」 · 木材學會誌 35(11): 1021-1028。
- [8] 杉浦銀治 (1995) · 「木酢液の不思議」 · 東京：全國社團法人林業改良普及學會 pp. 130-164。
- [9] Demirbaş, A. (2005). "Pyrolysis of ground beech wood in irregular heating rate conditions." *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 73: 39-43.
- [10] Demirbaş, A. (2006). "Effect of temperature on pyrolysis products from four nut shells." *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 76: 285-289.
- [11] Haykiri-Acma, H. (2006). "The role of particle size in the non-isothermal pyrolysis of hazelnut shell." *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 75(2): 211-2166.
- [12] Mohan, D., C. Pittman, U. Jr. and Steele, P. H. (2006). "Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: a critical review." *Energ Fuel* 20: 848-889.
- [13] Mu, J., Uehara, T. and Furuno, T. (2003). "Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants." *J. Wood Sci.* 49: 262-279.
- [14] Mu, J., Uehara, T. and Furuno, T. (2004). "Effect of wood vinegars on germination and radicle growth of seed plants II: composition of moso bamboo vinegar at different collection temperature and its effects." *J. Wood Sci.* 50: 470-476.
- [15] Mu, J., Yu, Z. M., Wu, W. Q. and Wu, Q. L. (2006). "Preliminary study of application effect of bamboo vinegar on vegetable growth." *For. Stud. China* 8 (3): 43-47.
- [16] Park, H. J., Hyeon, H. S., Park, Y. K., Ryu, C. K., Suh, D. J., Suh, Y. W., Yim, J. H. and Kim, S. S. (2010). "Bio-oil production from fast pyrolysis of waste furniture sawdust in a fluidized bed." *Bioresour. Technol.* 101: S91-S96.
- [17] Sulaiman, O., Murphy, R. J., Hashim, R. and Gritsch, C. S. (2005). "The inhibition of microbial growth by bamboo vinegar." *J. Bamboo Rattan.* 4(1): 71-80.

---

2015 年 07 月 29 日 收稿

2015 年 08 月 07 日 修正

2015 年 08 月 16 日 接受