

評估稻稈煙燻水抑制番茄早疫病病原菌效果

李明樺¹⁾ 黃三光²⁾ 林慧玲³⁾

關鍵字：煙燻水、早疫病、茄鏈格孢菌

摘要：本研究以台灣水稻種植常見之廢棄物稻稈製成稻稈煙燻水以作為病害防治資材。透過 GC-MS 分析稻稈煙燻水之有機揮發成分，並測試其對早疫病病原菌之菌絲生長及孢子發芽的抑制效果。結果顯示，稻稈煙燻水主要成分為酚類物質，相對含量 57%，其中以愈創木酚 (Guaiacol) 含量最高。含 7% (v/v) 煙燻水之 V8 培養基可 100% 抑制菌絲生長。濃度 1% (v/v) 煙燻水對早疫病孢子發芽抑制效果達 97%。研究結果顯示稻稈煙燻水具有潛力發展為防治番茄早疫病之非化學合成之防治資材。

前 言

番茄 (*Solanum lycopersicum* L.) 為茄科 (Solanaceae) 之一、二年生蔓性草本植物。果實可鮮食及加工利用之。果實富含茄紅素和維生素等營養成分。台灣番茄種植面積於 2011-2018 年皆超過四千公頃，且每年產量皆超過十萬公噸 (糧食供需年報，2018)。

台灣位於高溫且高濕環境之熱帶與亞熱帶地區，栽培番茄期間植株容易因病蟲危害致使產量或品質降低。其中 *Alternaria solani* 所引起之番茄早疫病 (early blight) 為常發生的真菌性病害，危害嚴重時會引起提早落葉。番茄早疫病之防治多採用化學藥劑防治，易造成抗藥性而降低防治效果。因此，研發非化學合成之防治資材並且建立有效率之病害防制策略為重要研究課題。

煙燻水 (smoke-water) 為收集燃燒植物體過程所產生的煙霧，並導入水中而得之溶液。研究指出，煙燻水具廣效防治病害效果。因此，本研究欲以稻稈作為燒燒之材料，測試稻稈煙燻水對番茄早疫病病原菌 *Alternaria solani* 之防治效果，並透過分析其有機揮發成分、探討於培養基上之菌絲生長、孢子發芽抑制效果之主要成分，以評估稻稈煙燻水對病原菌之防治效果，作為評估稻稈煙燻水應用於早疫病病害之非化學合成防治資材的潛力。

-
- 1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。
 - 2) 國立中興大學園藝系副教授。
 - 3) 國立中興大學園藝系教授，通訊作者。

材料與方法

一、試驗材料

本試驗使用之病害防治資材稻稈煙燻水，來源為位於臺中市霧峰區之國立中興大學園藝學系試驗農場葡萄中心之煙燻水製造機。每次裝入約 2 公斤之乾燥稻稈，燃燒時溫度達約 143°C，燃燒過程會利用真空壓縮機將燃燒產生之氣體抽出，使氣體中可溶於水之成分有效率的溶於水中。最終收集 500 ml 液體即為稻稈煙燻水。隨後以濾紙 (filter paper, Whatman No.1) 過濾並保存於 1°C 恆溫箱。

供試病原菌為番茄早疫病病原菌 *Alternaria solani*，菌株來源為於 2018 年 11 月於台中新社之番茄溫室採集之具早疫病病徵的葉片。將切取之小塊罹病組織葉片，經消毒後即以三道無菌水漂洗，並於 Water agar 培養 3 日後，切取培養基邊緣之菌絲塊，並接續培養於 10% V8 瓊脂培養基 (10% V8 juice, 0.2% CaCO₃ and 2% agar)，於 25°C 恆溫箱培養 7 天後，鏡檢確定為 *Alternaria solani* 進行單孢分離純化。將三個單孢分離之菌株接種於番茄植株上作病原性測試，以確定發病情形，最後選定對植物感病力最高之菌株作為試驗菌株。

二、試驗方法

(一) GC-MS 分析鑑定: 萃取與分析條件

將經濾紙 (filter paper, Whatman No.1) 過濾後之稻稈煙燻水以固相微萃取 (Solid-phase microextraction, SPME) 取樣完成，接著於氣相層析儀注射口以熱脫附方式將吸附在纖維的分析物脫附並進行分析。取樣方式為利用微量吸管吸取 5 ml 煙燻水樣品並加入頂空瓶 (24ml)，放置平衡 10 分鐘，再將吸附纖維 (纖維固定相: DVB/CAR/PDMS) 放出吸附，萃取 30 分鐘後即完成取樣。

本試驗使用 GC-MS 設備與條件如下：

GC：Agilent，7890B (USA)；MS：Agilent，5977B MSD (USA)；Liner：5190-3983 Splitless；Column：HP-5 MS Ultra。升溫條件：起始溫度 40°C 維持 1 分鐘後，每分鐘上升 5°C，至 150°C 維持 1 分鐘後，每分鐘上升 10°C，並在溫度 250°C 時維持 11 分鐘。進樣口溫度：250°C，檢測器溫度：300°C；纖維熱脫附時間：20 分鐘；SPME 注入方式：不分流模式。

(二) 稻稈煙燻水於培養基上對番茄早疫病病原菌之抑菌效果試驗

使用 6mm 之不銹鋼打孔器取培養 3 日菌絲圓塊接種至依煙燻水處理濃度配製而成之 10% V8 瓊脂培養基 (10% V8 juice, 0.2% CaCO₃ and 2% agar)，將培養皿以石蠟膜封緊後，置於 25°C 恆溫箱，每日光照 12 小時，黑暗 12 小時。每日測量菌絲直徑，於對照組菌絲生長至培養皿邊緣時，測量最後一次菌絲直徑，並計算菌絲抑制率。病原真菌菌絲生長抑制率 (%) = $\frac{(\text{對照組平均直徑} - \text{處理組平均直徑})}{\text{對照組平均直徑}} \times 100\%$ 。每處理 5 重覆。

(三) 稻稈煙燻水於玻片上對番茄早疫病孢子發芽抑制效果試驗

本試驗以微量吸管分別吸取 45 μ L 煙燻水處理液及 45 μ L 含 1% glucose 之孢子懸浮液至雙凹載玻片上，並抽吸數次使其均勻混和，蓋上蓋玻片後置於高濕之密閉容器內，置於 25°C 恆溫箱，四小時後確定對照組發芽率達 90% 以上後，開始計算所有處理之孢子發芽率與抑制率。病原真菌孢子生長抑制率(%)=【(對照組平均孢子發芽數-處理組平均孢子發芽數)/對照組平均孢子發芽數】 \times 100%。每處理 5 重覆。

結 果

一、稻稈煙燻水之有機揮發成分

透過頂空固相微萃取法 (SPME) 萃取煙燻水並以氣相層析質譜儀 (GC-MS) 進行分析稻稈煙燻水之有機揮發成分，分析結果顯示其有機揮發成分共有 26 種，酚類占了 16 種，占總有機揮發成分之 57.1%；呋喃類占 3 種，相對含量為 10.1%；烴類占 3 種，相對含量為 5.1%；酯類占 1 種，相對含量為 2.4%；酮類占 1 種，相對含量為 0.8%；醚類則含 1 種，相對含量為 0.8%；另含一種其他物質，相對含量為 0.1%；而無法由 GC-MS 鑑定之未知成分共占 23.6% (表 1)。

酚類物質，以愈創木酚 (Guaiacol) 相對含量最高，達 11.9%；其次為苯酚 (Phenol)，達 11.3%；第三和第四分別為 3-甲基苯酚 (m-Cresol) 與 2-甲基苯酚 (o-Cresol)，各占 6.8% 與 6.5%。而其他酚類物質依序以相對含量排序則分別為：4-乙基苯酚 (4-Ethylphenol)，占 3.9%；2,3-二甲基苯 (2,3-Dimethylphenol)，占 3.5%；4-甲基愈創木酚 (2-Methoxy-4-methylphenol)，占 2.9%；2,5-二甲基苯酚 (2,5-Xylenol)，占 2.8%；4-乙基愈創木酚 (4-Ethylguaiacol)，占 2.7%；2-乙基苯酚 (2-Ethylphenol)，占 2.4%；2-異丙基苯酚 (2-Isopropylphenol)，占 1%；2,3,5-三甲基苯酚 (2,3,5-Trimethylphenol)，占 0.7%；2,6-二甲氧基苯酚 (2,6-Dimethoxyphenol)，占 0.4%；丁香酚 (Eugenol)，占 0.1%；二氫丁香酚 (Dihydro eugenol)，占 0.1%；4-烯丙基苯酚 (4-Allylphenol)，占 0.1%。

除上述酚類物質外，10 種有機揮發物質包含：3 種呋喃類之相對含量為 10.1%，依其相對含量高至低排序分別為糠醛 (Furfural)，相對含量為 7.3%；Benzofuran, 2,3-dihydro-，相對含量為 1.5%；糠醇 (Furfuryl alcohol)，相對含量為 1.3%。；3 種烴類相對含量共占 5.1%，依相對含量高至低排序分別為：2,4-Hexadiene, 2,5-dimethyl- (4.4%)；6-Methyltetralin (0.4%)；2-甲基萘 (2-Methylnaphthalene)，相對含量為 0.3%；酯類 1 種，乙酸 4-甲基苯酯 (p-Tolyl acetate)，含 2.4%；酮類 1 種，乙基環戊烯醇酮 (3-Ethylcyclopentan-1,2-dione)，相對含量為 0.8%；醚類 1 種，對-甲基苯甲醚 (1-Methoxy-4-methylbenzene)，相對含量為 0.8%；另含一種物質，為 trans-Isoeugenol (相對含量為 0.2%)；無法由 GC-MS 鑑定之未知成分共占 23.6%。

表 1. 稻稈煙燻水 GC-MS 分析結果。

Table 1. Component identification of smoke-water.

No.	Retention time (min)	Area Pct	Peak Identifications	Quality Assurance (%)	Molecular Formula
1	5.3244	7.2688	2-Furancarbaldehyde	86	C ₅ H ₄ O ₂
2	6.1264	1.3055	2-Furanmethanol	90	C ₅ H ₆ O ₂
3	7.3092	4.4163	2,4-Hexadiene, 2,5-dimethyl-	72	C ₈ H ₁₄
4	9.7369	11.2707	Phenol	90	C ₆ H ₆ O
5	10.4104	0.7912	1-Methoxy-4-methylbenzene	93	C ₈ H ₁₀ O
6	11.7202	6.516	o-Cresol	95	C ₇ H ₈ O
7	12.3789	6.753	m-Cresol	95	C ₇ H ₈ O
8	12.6842	11.8517	Guaiacol	95	C ₇ H ₈ O ₂
9	13.0717	2.7625	Phenol, 2,5-dimethyl-	89	C ₈ H ₁₀ O
10	13.492	0.8009	3-Ethyl-2-hydroxy-2-cyclopenten-1-one	92	C ₇ H ₁₀ O ₂
11	13.9903	2.4099	Phenol, 2-ethyl-	93	C ₈ H ₁₀ O
12	14.3058	3.5159	2,3-Dimethylphenol	95	C ₈ H ₁₀ O
13	14.8288	3.9379	4-Ethylphenol	93	C ₈ H ₁₀ O
14	15.5348	2.8588	2-Methoxy-4-methylphenol	93	C ₈ H ₁₀ O ₂
15	16.2565	1.4906	Benzofuran, 2,3-dihydro-	72	C ₈ H ₈ O
16	16.5618	0.6777	2,3,5-Trimethylphenol	91	C ₉ H ₁₂ O
17	16.7732	1.0246	2-Isopropylpheno	87	C ₉ H ₁₂ O
18	17.9136	2.7257	4-Ethylguaiacol	94	C ₉ H ₁₂ O ₂
19	18.2333	0.2933	2-Methylnaphthalene	90	C ₁₁ H ₁₀
20	18.6059	0.3665	6-Methyltetralin	72	C ₁₁ H ₁₄
21	18.86	2.4425	Acetic acid, 4-methylphenyl ester	90	C ₉ H ₁₀ O ₂
22	19.4874	0.0707	Phenol, 4-(2-propenyl)-	86	C ₉ H ₁₀ O
23	19.7965	0.4008	Phenol, 2,6-dimethoxy-	90	C ₈ H ₁₀ O ₃
24	19.9568	0.1837	Eugenol	97	C ₁₀ H ₁₂ O ₂
25	20.2111	0.1202	Phenol, 2-methoxy-4-propyl	74	C ₁₀ H ₁₄ O ₂
26	21.2609	0.1445	trans-Isoeugenol	95	C ₁₀ H ₁₂ O ₂

二、稻稈煙燻水於培養基上對番茄早疫病病原菌之抑菌效果試驗

本試驗比較不同稀釋倍率煙燻水於培養基上對番茄早疫病病原菌之抑菌效果。培養 7 日菌落正面形態可見菌落黑色沉澱 (圖 1A)，於顯微鏡下可發現孢子為具橫向與縱向的分隔之橢圓三角型態 (圖 1B)。

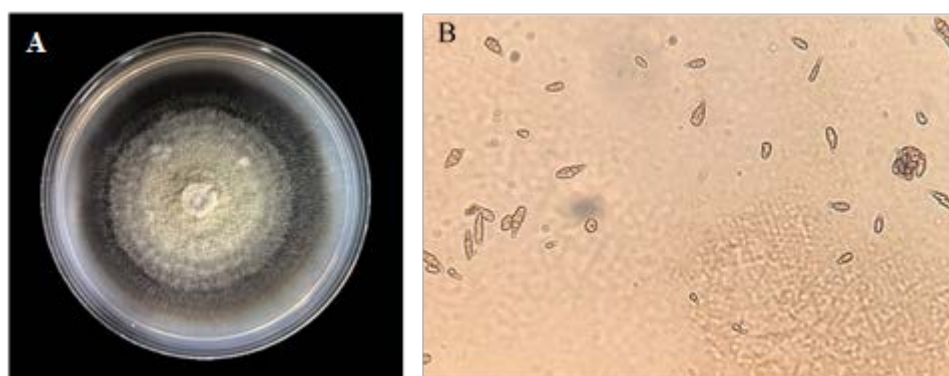


圖 1. *Alternaria solani* 之正面形態 (A)與顯微鏡下孢子形態 (B)。

Fig 1. Morphological characteristics of *Alternaria solani*.

培養的 7 日間每日菌絲生長情形之結果顯示 (圖 2)，培養後自第 1 日至第 7 日比較 1% 處理組與對照組菌落外觀無明顯抑制情形，而其餘處理濃度的菌絲大小皆明顯低於對照組，培養後第 1 日之 4% 處理或高於 4% 濃度的處理組時菌絲生長完全受到抑制，然而培養後第 2 日起至第 7 日僅剩 7% 處理有完全抑制菌絲生長之能力，且煙燻水濃度至 1% 提升至 6% 時，平均每日菌絲生長速度隨煙燻水濃度提升而下降 (圖 3)。第 7 日測量菌絲生長之結果顯示，1% 濃度處理與對照組無顯著差異，2%、3%、4%、5%、6%、7% 濃度與對照組相比具顯著差異且處理間皆有顯著差異，兩處理間皆以高濃度處理之菌絲生長速度顯著低於低濃度處理，而 7% 濃度具 100% 之菌絲抑制效果 (表 2)。於處理濃度自 1% 提升至 6%，菌絲生長抑制率亦隨煙燻水濃度提高而上升 (圖 4)。

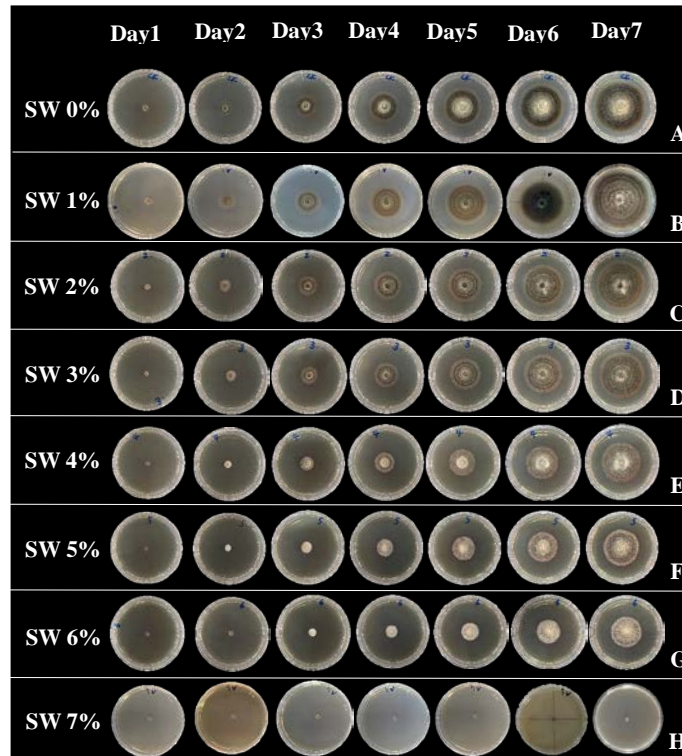


圖 2. 不同濃度煙燻水對 *Alternaria solani* 第 1-7 日菌絲生長之影響。

Fig. 2. Effect of smoke-water concentrations on mycelial growth at 1-7 day.

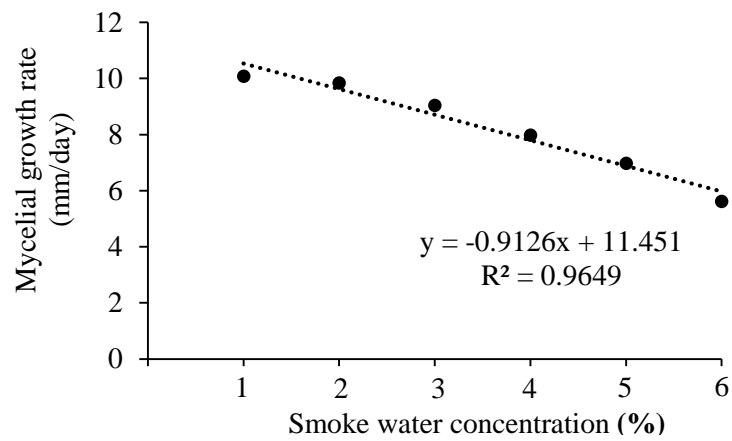


圖 3. 不同濃度煙燻水對 *Alternaria solani* 每日菌絲生長速率之影響。

Fig. 3. Effect of smoke-water concentrations on mycelial growth rate (mm/day).

表 2. 不同濃度煙燻水對 *Alternaria solani* 第 7 日菌絲生長之影響。

Table 2. Effect of smoke-water concentrations on mycelial growth at 7 day.

Smoke-water concentration	Mycelial growth (mm)	Inhibition of mycelial growth (%)
Control	71.06 a*	-
1%	67.56 a	4.93 g
2%	61.80 b	13.02 f
3%	55.56 c	21.82 e
4%	47.86 d	32.65 d
5%	41.90 e	41.03 c
6%	33.66 f	52.64 b
7%	0.00 g	100.00 a

*Means followed by the same letter are not significantly different by LSD test at $P \leq 0.05$.

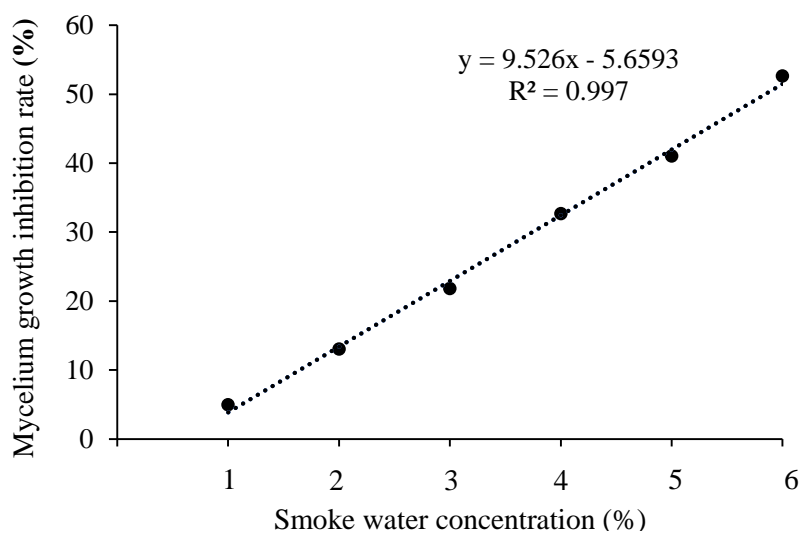
圖 4. 不同濃度煙燻水對 *Alternaria solani* 菌絲生長抑制率之影響。

Fig. 4. Effect of smoke-water concentrations on mycelium growth inhibition rate at 7 day.

三、稻稈煙燻水於玻片上對番茄早疫病孢子發芽抑制效果試驗

培養 4 小時後於顯微鏡下觀察玻片上孢子之結果顯示 (表 3)，對照組之孢子發芽率超過 90%，而所有煙燻水處理之孢子發芽率皆低於 10%，均顯著低於對照組。其中 1%、1.5% 與 2% 煙燻水處理組之孢子發芽率與抑制率於處理之間並無顯著差異，而 1% 處理之抑制率顯著高於 0.5% 處理，0.5% 處理之孢子發芽抑制率顯著高於較低濃度之 0.25% 處理。顯示 1% 之低濃度煙燻水即可抑制高達約 96.8% 之孢子發芽率，0.5% 處理抑制率較低但仍達 93.8%，而處理組抑制率效果最低的為 0.25% 之濃度處理，孢子發芽抑制率約 88.7%。

表 3. 不同濃度煙燻水對 *Alternaria solani* 孢子發芽之影響。

Table 3. Effect of smoke-water concentrations on spore germination (%).

Smoke-water concentration	Spore germination(%)	Spore germination Inhibition rate (%)
Control	95.2a*	-
0.25%	9.8b	88.7c
0.50%	5.4c	93.8b
1.00%	2.8d	96.8a
1.50%	2.8d	96.8a
2.00%	2d	97.7a

*Means followed by the same letter are not significantly different by LSD test at $P \leq 0.05$.

討 論

一、氣相層析質譜儀 (GC-MS) 分析稻稈煙燻水之有機揮發成分

分析結果顯示稻稈煙燻水含有酚、呋喃、醚、酮類、酯類等，其中酚類相對含量最高，相對含量最高之酚類為愈創木酚 (Guaiacol)，次之為苯酚 (Phenol)。莊 (2012) 指出柳杉木醋液之分析結果以酚類物質相對含量最高，其中又以愈創木酚 (Guaiacol) 及苯酚 (Phenol)

之相對含量占較高。孟宗竹竹醋液之酚類物質相對含量最多的為苯酚 (蔡, 2009; 陳, 2010), 分析結果與本試驗相似。Jung 等 (2007) 以氣相層析質譜儀分析對 *Alternaria mali* 病原菌有菌絲生長抑制效果之松針萃取液, 共分析出四種主要之成分, 分別為: acetol, furfural, 5-methyl furfural, terpine-4-ol, 並試驗各成分對 *Alternaria mali* 病原菌之菌絲生長抑制效果, 結果顯示 acetol, furfural, 5-methyl furfural, terpine-4-ol 的 MICs (minimum inhibitory concentrations) 分別為 6.25, 0.78, 0.78, and 12.5 (mg/ml), 而抗菌效果以糖醛與 5-methyl furfural 較佳。此外亦分析到與糖醛相關之糠醇 (furfuryl alcohol), 又名呋喃甲醇 (2-Furanmethanol), 呋喃甲醇為呋喃甲醛之下游產物。呋喃甲醇於農業上相關之應用多為提高木材品質, 呋喃甲醇可充分進入木材細胞壁且可與木材之羥基反應之特性亦能降低木材吸濕性, 達到降低白蟻食害木材之效果 (Handi *et al.*, 2005)。另分離到屬於醚類物質之對-甲基苯甲醚 (1-Methoxy-4-methylbenzene), 其對線蟲有一定毒性, Blazsó 等 (2018) 之研究結果指出加熱氧化 (thermo-oxidative) 處理菸草 (*Nicotiana tabacum*) 後, 可檢測出對-甲基苯甲醚 (1-Methoxy-4-methylbenzene) 之揮發成分。Xu 等 (2015) 提出利用固相微量萃取法 (SPME) 萃取並以氣相層析質譜儀 (GC-MS) 檢測出 53 種揮發性之有機化合物, 並選定其中 19 種作為後續之毒殺線蟲活性 (nematicidal activity), 結果顯示對-甲基苯甲醚 (1-Methoxy-4-methylbenzene) 具有毒殺秀丽隱桿線蟲 (*Caenorhabditis elegans*) 與南方根瘤線蟲 (*Meloidogyne incognita*) 之效果。而酮類, 乙基環戊烯醇酮 (3-Ethylcyclopentan-1,2-dione), 亦為山毛櫸雜酚油中 22 種主要揮發成分之一 (Ogata and Baba, 1989)。

二、稻稈煙燻水於培養基上對番茄早疫病病原菌之抑菌效果試驗

處理中表現最佳的為 7% 濃度處理, 於培養基試驗結果顯示可完全抑制病原真菌生長, 推測菌絲結構已遭到損壞而死亡 (陳, 2012)。Melching 等 (1974) 利用燃燒煙草產生的煙霧抑制病原菌孢子發芽試驗, 結果顯示燃燒煙草產生的煙霧可有效抑制培養基上的 *P. striiformis*、*Pyricularia oryzae* 以及 *Alternaria* sp. 之孢子發芽情形, 但其指出, 仍需確立其燃燒流程與方式方能與不同研究者之結果作比較。燃燒煙草之煙霧中具生物毒性之成分包含尼古丁、一氧化碳、比啶、酚類以及氰化氫, 本試驗分析稻稈煙燻水之結果亦含多種酚類物質, 但考量燃燒煙草的煙霧中被鑑定出超過 1,200 種成分 (Stedman, 1968), 因此難以就此推斷兩者抑病之相關性。然而酚類及其衍生物能夠破壞病菌細胞膜且使蛋白質變異, 進而導致細胞質滲漏、細胞融解甚至死亡, 藉此抑制真菌之生長 (Murray *et al.*, 2007)。因此推論酚類物質可能在稻稈煙燻水抑制病菌菌絲生長扮演重要角色。

三、稻稈煙燻水於玻片上對番茄早疫病孢子發芽抑制效果試驗

稻稈煙燻水於低濃度處理下對孢子發芽具良好抑制效果, 對照組孢子發芽率達 90% 以上時低濃度煙燻水處理之發芽率皆未達 10%, 與培養基上菌絲抑制情形相比, 顯示稻稈煙燻水可能對孢子的毒性較高於菌絲。但仍需考量稻稈煙燻水之主要抑菌成分為酚類

物質，可能煙燻水與培養基混合會影響揮發性物質的釋放，Fisher 與 Phillips (2008)認為培養基之結構會影響精油裡之揮發性物質的釋放，進而降低抑制菌絲生長效果。

綜合上述研究結果顯示，稻稈煙燻水對番茄早疫病病原菌具抑制效果，隨煙燻水濃度之增加抑菌效果亦隨之增加，主要抑菌成分以酚類化合物為主，因此，稻稈煙燻水具有替代部分化學農藥防治效果之潛力。

參 考 文 獻

- 行政院農業委員會農糧署。2018。糧食供需年報。
- 莊純琍。2012。柳杉木醋液有機成分之分離及其木材防腐與促進種子發芽之應用。國立中興大學森林學系碩士學位論文。臺中。
- 陳柏光。2010。不同溫度採集竹/木醋液抑菌性及初步安全性之評估。國立嘉義大學農學院林產科學暨家具工程學系研究所碩士論文。嘉義。
- 陳湄禎。2012。煙燻水對台農二號番木瓜種子發芽、幼苗生長、抗真菌性病害及收後果實品質的影響。國立中興大學園藝學系博士論文。臺中。
- 蔡忠庭。2009。不同溫度採集孟宗竹竹醋液抗氧化與抗脂肪氧化能力之研究。碩士論文，國立嘉義大學農學院林產科學系研究所碩士論文。嘉義。
- Blazsó, M., B. Babinszki, Z. Czégény, E. Barta-Rajnai, Z. Sebestyén, E. Jakab, J. Nicol, C. Liu, and K. McAdam. 2018. Thermo-oxidative degradation of aromatic flavour compounds under simulated tobacco heating product condition. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*. 134: 405-414.
- Fisher, K. and C. Phillips. 2008. Potential antimicrobial uses of essential oils in food: is citrus the answer? *Trends Food Sci. Technol.* 19: 156-164.
- Handi, Y. S., M. Westin, and E. Rasyid. 2005. Resistance of furfurylated wood to termite attack. *Forest Prod. J.* 55(11): 85-88.
- Jung, K. H., S. K. You, S. K. Moon, and U. S. Lee. 2007. Furfural from pine needle extract inhibits the growth of a plant pathogenic fungus. *Alternaria Mail. Mycobiology*. 35(1): 39-43.
- Melching, J. S., J. R. Stanton, and D. L. Koogle. 1974. Deleterious effects of tobacco smoke on germination and infectivity of spores of *Puccinia graminis tritici* and on germination of spores of *Puccinia striiformis*, *Pyricularia oryzae* and an *Alternaria* species. *Phytopathology*. 64: 1143-1147.
- Murray A. R., E. Kisin, V. Castranova, C. Kommineni, M. R. Gunther, and A. A. Shvedova. 2007. Phenol induced *in vivo* oxidative stress in skin: evidence for enhanced free radical generation, thiol oxidation, and antioxidant depletion. *Chem. Res. Toxicol.* 20: 1769-1777.

- Ogata, N. and T. Baba. 1989. Analysis of beechwood creosote by gas chromatography-mass spectrometry and high-performance liquid chromatography. *Res. Commun. Chem. Pathol. Pharmacology*. 66(3): 411-423.
- Stedman, R. L. 1968. Chemical composition of tobacco and tobacco smoke. *Chem. Rev.* 68(2): 153-207.
- Xu, Y. Y., H. Lu, X. Wang, K. Q. Zhang, and G. H. Li. 2015. Effect of volatile organic compounds from bacteria on nematodes. *Chem. Biodiversity*. 12: 1415-1421.

Evaluation of Rice Straw Smoke-water of Inhibitory Effect on Tomato Early Blight

Ming-Hua Li¹⁾ San-Gwang Hwang²⁾ Huey-Ling Lin³⁾

Key words : Smoke-water, Early blight, *Alternaria solani*

Summary

In this study, rice straw, an agricultural waste of rice production, was used to produce the smoke-water solution as a disease control material. The volatile organic molecules in the smoke-water solution was analyzed by using gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) and the inhibitory effect of the smoke-water solution on the mycelial growth and spore germination of *Alternaria solani* was evaluated. Our results revealed that the major compounds in the smoke-water solution are mainly phenolics which account for 57% of all compounds. The main phenolic compound in the smoke-water solution was guaiacol. Mycelial growth was completely inhibited on V8 medium treated with 7% (v/v) smoke-water solution. Up to 97% of spore germination was inhibited with 1% (v/v) smoke-water solution. Taken together, results from this study suggested that the smoke-water solution derived from rice straw has the potential to be developed into an effective non-chemical fungicide for the control of early blight in tomato.

1) Student in M.S. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.