

以動態表面張力及接觸角變化評估 展著劑之功效

何明勳^{1,2*} 吳智遠¹ 陳妙娟¹ 馮海東¹

1 台中縣霧峰鄉 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所農藥化學組

2 台北市 國立台灣大學農業化學所

(接受日期：2005 年 1 月 7 日)

摘 要

何明勳*、吳智遠、陳妙娟、馮海東 2005 以動態表面張力及接觸角變化評估展著劑之功效 植保會刊 47：59-68

為評估植物保護藥劑添加展著劑之功能與效果，分別測試八種登記使用方法之藥劑及展著劑（代號：A1~A8），在使用稀釋倍數下，分別比較添加展著劑與否，藥液之動態表面張力及接觸角變化，結果顯示兩種測定之結果相當一致，添加 A8 並無潤濕、展佈或滲透效果，而動態表面張力降低之幅度與速度越大，顯示噴液霧化及迅速附著葉面、潤濕之效果越好，本研究結果以 A3 最好、其次依序為：A6、A7、A1、A5、A2 及 A4；接觸角降低之程度與速度，可代表液滴附著葉面後之入滲及自動擴展能力，其促進之效果依序為：A6、A3、A7、A5、A4、A2 及 A1。

(關鍵詞：展著劑、動態表面張力、接觸角、潤濕、擴展)

緒 言

植物保護藥劑之田間施用效果，取決於兩個因素，一為標的害物對藥劑之暴露量，另一為標的害物對藥劑之感受性⁽¹⁾，故除主成分之效果（感受性）外，利用界面活性劑以改善藥液之物理性質，增加標的害物對藥劑之暴露，亦為增加藥效之重要方法，除配

方內含之界面活性劑外，常見於田間桶混之展著劑，用以增加藥液噴灑時，液滴之細緻均勻性、附著力及於植體上之擴展（spreading）、滲透（penetration）能力⁽¹³⁾，以增加藥液之接觸及吸收面積⁽¹⁶⁾。

由於國內之市售展著劑廠牌及種類繁多，迄今尚未有一合適之檢驗或品管方法可有效評估其品質與效果，而非但農民習

* 通訊作者。E-mail: homhpcd@tactri.gov.tw

慣於田間施藥時添加展著劑，且業者申請登記之田間試驗，亦常要求添加特定之展著劑以達增效之效果，然而，由於缺乏適當之對照，添加之效果頗值得探討。

文獻上常見以靜態表面張力 (static surface tension)⁽²¹⁾、動態表面張力 (dynamic surface tension)^(17, 25) 及接觸角 (contact angle)^(9, 15, 21) 變化等，評估展著劑對植保藥劑藥效之影響，包括：降低表面張力及接觸角、提高藥液之潤濕力 (wettability) 及擴展能力、減低藥液霧滴撞擊葉面時之反彈、增加藥液於葉面之滯留量及提高藥液經由氣孔之入滲力 (infiltration) 等^(1, 2, 14)，本文根據植物保護手冊中登記使用藥劑與添加展著劑之組合，分別由其動態表面張力與接觸角之變化，評估該藥劑添加展著劑之影響。

材料與方法

試驗藥劑

展著劑分別購自市面如表一，與各藥

劑之搭配及使用稀釋倍數，如表二⁽²⁾。

展著劑之有效成分含量測定

以乾重百分比法測定市售展著劑之有效成分含量⁽³⁾，根據 ASTM D 176 及 D972^(4, 5, 6) 之方法，修正如下：精確稱取 1.00 g 之樣品於一已知重量之蒸發皿中，於 50°C 烘箱烘至恆重，最後之重量扣除蒸發皿重，計算樣品乾重及所佔百分比。

動態表面張力之測定⁽¹⁴⁾

分別依各藥劑之稀釋倍數及登記添加之展著劑稀釋倍數，以去離子水 (18.0 MΩ · cm) 配製各 100ml (w/v) 之添加展著劑藥液與未添加展著劑藥液，置於 20°C 恆溫水浴中平衡 30 分鐘，然後取 60 ml 置入泡壓張力計 (Bubble Pressure Tensiometer, KRÜSS BP2, Hamburg, Germany) 之恆溫測定槽中，連續測定自 10ms 至 6000 ms 之表面年齡 (surface age) 下之表面張力，並比較添加展著劑對藥液動態表面張力之影響。

表一、八種市售展著劑標示成分含量與乾重測定值

Table 1. Labeled active ingredients and their percentages measured as dry weight of 8 commercial spreaders

Spreader	Active ingredient	Content (%)	
		Labeled	Measured
A1	Polyalkylene oxide derivative of synthetic alcohol	15	14.72
A2	Alkyl ethoxylate	15	24.93 ²⁾
	Ethoxylate resin acid ester	5	
	Polynaphthlene methane sulfonate sodium salt	5	
A3	Alkylphenol ethoxylate	25	59.23
A4	Nonylphenol ethoxylate	10	30.02 ²⁾
	Calcium salt of lignin sulphonate	20	
A5	Alkyl aryl polyglycol ether	30	15.65
A6	Blend of alkyl aryl ethoxylate and sodium salt of alkylsulfonated alkylate	60	60.28
A7	Blend of alkyl aryl ethoxylate and sodium salt of alkylsulfonated alkylate	60	60.22
A8	N.A. ¹⁾	N.A.	1.92

¹⁾ Not available.

²⁾ Calculated by total dry weight.

表二、八種市售展著劑與藥劑及稀釋倍數

Table 2. Registered use of 8 commercial spreaders and their application

Spreader			Pesticide ²⁾	
Code	Dilution factor	Concentration ¹⁾ ×10 ⁻⁵ (g/ml)	Formulation	Dilution factor
A1	2000	7.4	Azoxystrobin 23% SC	2000
A2	3000	8.3	<i>Bacillus thuringiensis</i> 3.8% WP	1000
A3	1000	59.0	Bromuconazole 8.93% SC	3000
A4	3000	10.0	Buprofezin 25% WP	1500
A5	2000	7.8	Cyproconazole 8.8% SL	3000
A6	2000	30.0	Pyridaben 20% WP	3000
A7	3000	20.0	Tebufenozide 19.7% SC	2000
A8	1200	1.6	Thiabendazole 40% WP	1200

¹⁾ Calculated by measuring the dry weight and the dilution factor.

²⁾ Azoxystrobin (亞托敏, methyl (E) -2-{2-[6-(2-cyanophenoxy)pyrimidin-4-yloxy]phenyl}-3-methoxyacrylate, 23% SC, Syngenta, England); Bromuconazole (溴克座, 1-[(2RS,4RS:2RS,4SR)-4-bromo-2-(2,4-dichlorophenyl) tetrahydrofurfuryl]-1H-1,2,4-triazole, 8.93% SC, Aventis Crop, France); *Bacillus thuringiensis* (蘇力菌, 3.8% WP, Certis., USA); Tebufenozide (得芬諾, *N-tert-butyl-N'-(4-ethylbenzoyl)-3,5-dimethylbenzohydrazide*, 19.7% SC, Dow Chem., Japan); Buprofezin (布芬淨, 2-*tert-butylimino-3-isopropyl-5-phenyl-1,3,5-thiadiazinan-4-one*, 25% WP, Nihon Nohyaku, Japan); Thiabendazole (腐絕, 2-(thiazol-4-yl)benzimidazole; 2-(1,3-thiazol-4-yl)benzimidazole, 40% WP, Anglia Chem. Prod., England); Pyridaben (畢達本, 2-*tert-butyl-5-(4-tert-butylbenzylthio)-4-chloropyridazin-3(2H)-one*, 20% WP, Nissan Chem., Japan); Cyproconazole (環克座, (2RS,3RS;2RS,3SR)-2-(4-chlorophenyl)-3-cyclopropyl -1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl) butan-2-ol, 8.8% SL, Sandoz, Switzerland).

接觸角之測定

藥液之配製同動態表面張力測定，取 1 ml 於接觸角測量儀 (Contact Angle Meter, FACE CA-A, Kyowa Kaimenkagaku, Japan) 之針筒內，滴 1 滴 (5 μ l) 於載物檯之標準壓克力板上，自顯微觀測鏡中觀察、量測液滴之接觸角，分別量測自液滴接觸測定表面後第 0、30、60、180、300 及 600 秒時之接觸角，並比較添加展著劑對藥液接觸角之影響。

結果與討論

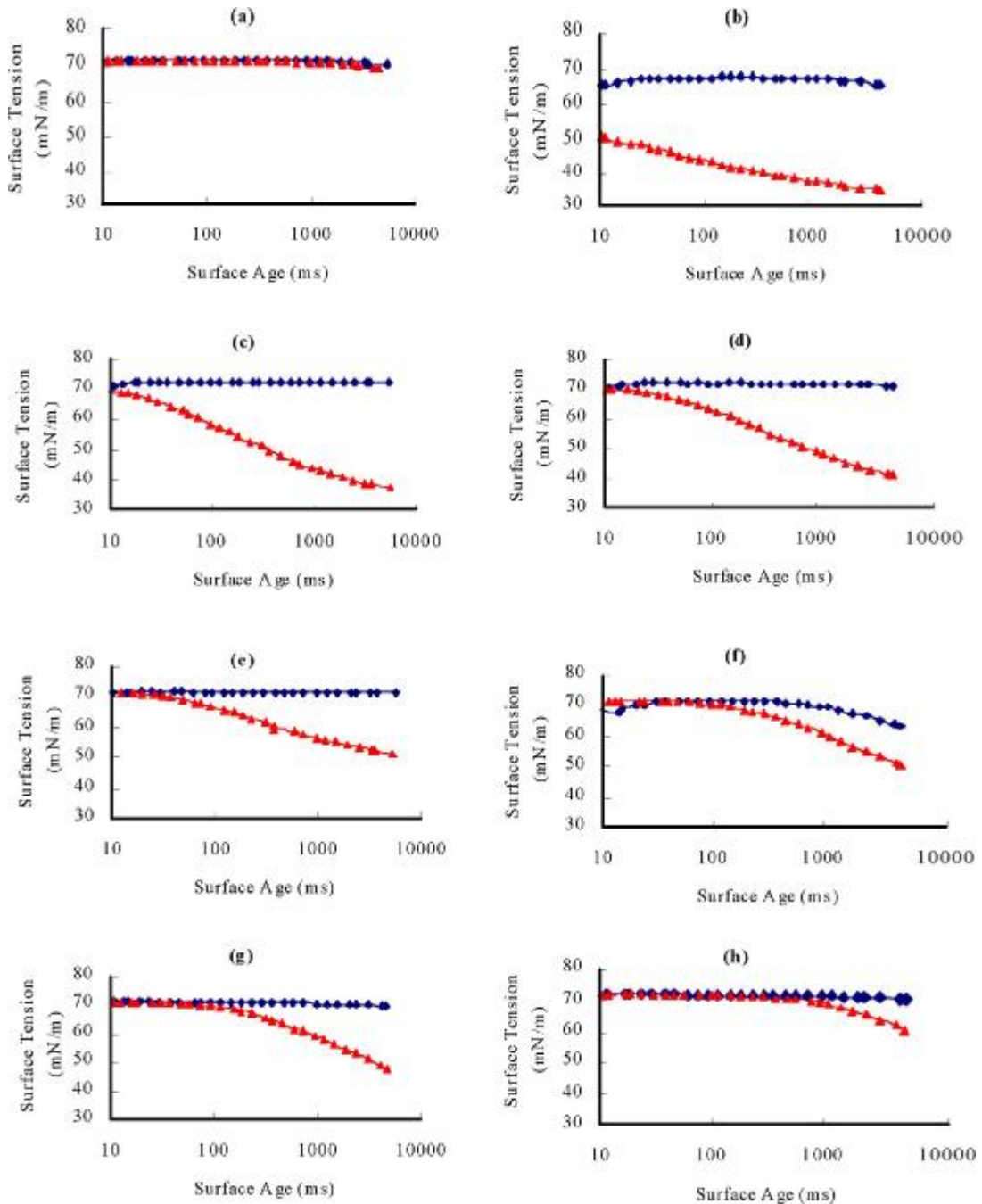
展著劑之有效成分含量

市售 8 種展著劑之有效成分含量測定結果如表一，其中 A3 含量較標示者為高，A5 只有標示含量之一半，而 A8 未標示其

成分及含量，但測定之結果只有 1.92%，其餘測定之結果與標示值接近。

動態表面張力之影響

動態表面張力測定之結果，由表面張力對表面年齡作圖，比較添加展著劑與否之曲線，可看出表面張力降低之速度和大小，除腐絕添加 A8 (圖一 a) 外，添加展著劑均具有降低藥液表面張力之效果，其中以溴克座添加 A3 (圖一 b) 之效果最明顯，於 10ms 時便可將藥液表面張力自 65.8 mN/m 降至 51.5 mN/m，4.5 秒以後則可降至 35.5 mN/m，其次依序為畢達本加 A6 (圖一 c)、得芬諾加 A7 (圖一 d)、亞托敏加 A1 (圖一 e)、環克座加 A5 (圖一 f)、蘇力菌加 A2 (圖一 g) 及布芬淨加 A4 (圖一 h)。



圖一、八種農藥添加(▲)與不添加(◆)展著劑之動態表面張力比較：(a)腐絕及 A8；(b)溴克座及 A3；(c)畢達苯及 A6；(d)得芬諾及 A7；(e)亞托敏及 A1；(f)蘇力菌及 A2；(g)環克座及 A5；(h)布芬淨及 A4。

Fig. 1. Comparison of dynamic surface tension between pesticide spray solutions with (▲) and without (◆) the spreader: (a) thiabendazole and A8, (b) bromuconazole and A3, (c) pyridaben and A6, (d) tebufenozide and A7, (e) azoxystrobin and A1, (f) *Bacillus thuringiensis* and A2, (g) cyproconazole and A5, and (h) buprofezin and A4.

展著劑降低藥液表面張力之能力，視展著劑內含之界面活性劑濃度及界面活性劑分子之性質而定，界面活性劑分子特性影響其臨界微胞濃度（critical micell concentrate, CMC）、最終之表面張力及分子之擴散係數⁽²⁵⁾，由於溶液中之界面活性劑須於界面形成穩定之定向排列，方可降低表面張力⁽⁷⁾，而界面活性劑之擴散係數決定其分子在溶液內之移動速度，當田間施藥時，藥液自噴嘴噴出之剎那，原已平衡之分子排列遭到破壞，液滴在到達葉面之前，界面活性劑分子須能迅速重新排列，方能有效降低表面張力，此能力可明顯由動態表面張力對表面年齡之曲線圖觀察到，表面張力於越短時間內降得越低者，越能增加液滴對葉片之潤濕、附著，減少液滴撞擊葉面後反彈之現象^(7, 22, 25)，由動態表面張力之觀察，A3、A6 及 A7 對於所添加之藥劑，均可在 10 ms 即開始降低表面張力，效果較為明顯，A1 則約於 50 ms 開始降低表面張力，但到 100 ms 時降低表面張力仍未低於 60 mN/m，而添加 A2 及 A5 之藥液則在 100 ms 左右開始降低，A4 之反應最慢，表面張力約於 1 秒後才開始降低，可見其界面活性劑分子之移動性最慢，其對布芬淨藥液於噴施時，液滴之細緻均勻及接觸葉面時之潤濕附著，增進之效果應不如 A3、A6 及 A7 對於所添加藥劑之效果，如根據 Wirth 等人（1991）之研究⁽²⁵⁾，噴液霧滴自噴嘴噴出至接觸葉面，於空中飛行之時間約 100-200 ms，故其測定 100 ms 時之動態表面張力與噴液於葉面上之相對滯留量間具有良好之相關，如依此標準，則本試驗中藥液在 100ms 以後才開始降低表面張力者，如：A2、A5、A4 及 A8 等應屬效果不佳，另諸多文獻亦顯示噴施藥液之動態表面張力與增進藥效之間，具有良好的相關^(10, 18, 22, 23)；Wang and Wu（1995）⁽²⁴⁾研究藥液之表面張力對藥液潤濕棉花葉片能力之影響，結果指出，藥液之表面張力至少要降至 40 mN/m 以下，才有潤濕效果，據此而言，

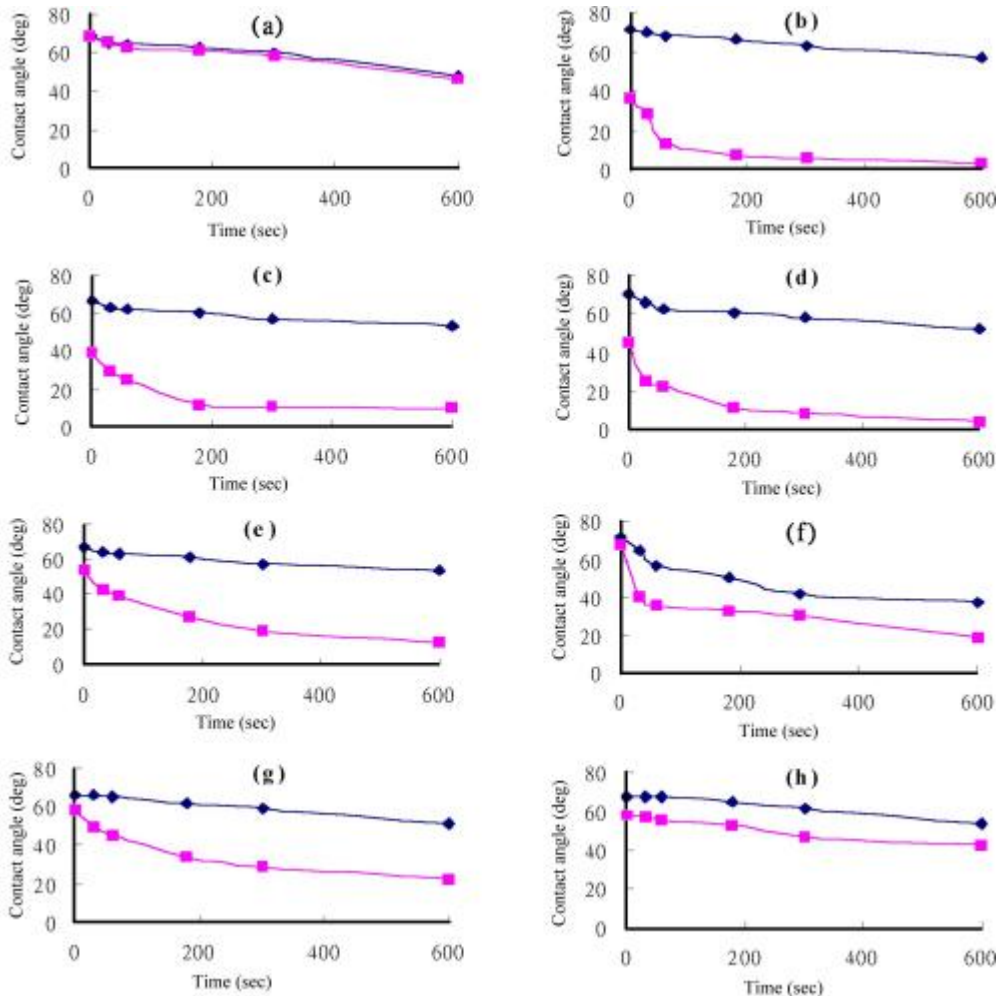
在所選試之 8 種農藥中其降低表面張力之能力確實不足（皆大於 60 mN/m），故於田間調配時，添加展著劑以增加噴施效果確有必要，但由試驗之結果最後所達表面張力，亦可看出 A8 毫無幫助藥液展佈之效果，對蘇力菌及佈芬淨而言，添加 A2 及 A4 亦無太大幫助。

添加展著劑使用時，稀釋藥液中界面活性劑之濃度是否達到臨界微胞濃度以上，亦是能否發揮添加效果的重要關鍵⁽¹⁵⁾，圖（一 a）之結果顯示：腐絕添加與不添加 A8，其動態表面張力並無差別，表示 A8 對於噴液霧化之效果或液滴於葉面潤濕及附著之效果並無幫助，經進一步以乾重檢測其有效成分時，發現 A8 之界面活性劑含量只有 1.92%（見表一），而水份含量高達 97%（未發表數據），使用時，經稀釋 1200 倍後，其濃度（ 1.6×10^{-5} g/ml）遠低於臨界微胞濃度值（ 5×10^{-4} g/ml，未發表數據），可見其效果不佳之原因，應是所含界面活性劑不足所造成；另由表一所列之展著劑成分觀之，可知國內展著劑成分多屬非離子型之聚合環氧乙烷或聚合環氧丙烷衍生物（polyethylene / polypropylene oxide derivatives），或部份混合烷基磺酸鹽類（alkylsulfonates）、木質素磺酸鹽類（lignin sulfonates）或其他烷基芳香基磺酸鹽類（alkyl arylsulfonates）等陰離子，一般此類非離子型界面活性劑之臨界微胞濃度約為 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ （g/ml），陰離子型則為 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ （g/ml）⁽¹⁾，由表二中，各展著劑依其含量與稀釋倍數換算施用濃度之結果，以 A3 最高，其次依序為 A6 > A7 > A4 > A2 > A5，A1，對照動態表面張力測定結果之順序，除 A2 及 A4 外，頗為吻合，其中 A5 與 A1 可視為無差異，而 A2 及 A4 在降低動態表面張力之效果上卻較 A5 及 A1 差，究其原因可發現：A1 及 A5 兩者為單一成分之非離子型界面活性劑，性質接近，含量亦相近，故表現無差異，而 A2 及 A4 乾重濃度

雖較 A5 及 A1 高，但兩者皆為混合型界面活性劑，所含非離子型成分較少，故表現反較 A5 及 A1 差，其中所含陰離子型界面活性劑，為農藥中常用之分散劑，常用於稀釋後含固體懸浮顆粒之劑型，以幫助顆粒均勻分散和懸浮，因離子較易溶解或分散於水中，較不易形成微胞，固其對降低表面張力之貢獻較小。

接觸角之影響

液滴於一平面上接觸時，展著劑中界面活性劑降低液滴之表面張力，相對使液滴與平面之接觸面積擴展變大，而接觸角則變小，各藥劑添加推薦之展著劑前後，其接觸角之測定結果及比較分別見圖二(a)至(h)，由圖二(a)顯示腐絕添 A8，與不添加之效果並無差異，如同動態表面張力測定



圖二、八種農藥添加(■)與不添加(◆)展著劑之接觸角比較：(a)腐絕及 A8；(b)畢達苯及 A6；(c)溴克座及 A3；(d)得芬諾及 A7；(e)環克座及 A5；(f)蘇力菌及 A2；(g)布芬淨及 A4；(h)亞托敏及 A1。

Fig. 2. Comparison of the contact angle between the pesticide spray solution with (■) and without (◆) the spreader: (a) thiabendazole and A8, (b) pyridaben and A6, (c) bromuconazole and A3, (d) tebufenozide and A7, (e) cyproconazole and A5, (f) *Bacillus thuringiensis* and A2, (g) buprofezin and A4, and (h) azoxystrobin and A1.

之結果，由於其界面活性成分不足，所以添加於藥液中並無幫助，但觀察液滴經較長時間後接觸角之變化，顯示腐絕液滴之接觸角仍有逐漸變小之趨勢，表示原配方中之界面活性劑仍有使藥液擴展之功能，惟擴展之能力和速度並不大。

為觀察液滴之自動擴展能力，分別量測自液滴接觸測定表面後，接觸角之經時變化，接觸角隨時間增加而降低者，表示液滴於接觸表面上具有自動擴展之能力，另，比較添加及不添加展著劑兩曲線之起點（0 秒鐘位置）距離，可代表液滴與接觸面接觸初期之潤濕力，其中除腐絕與 A8（圖二 a）外，畢達本與 A6（圖二 b）、溴克座與 A3（圖二 c）及得芬諾與 A7（圖二 d）等三組是屬於在起始點接觸角即明顯降低之組合，而蘇力菌與 A2（圖二 f）之起點重疊，布芬淨與 A4（圖二 g）、亞托敏與 A1（圖二 h）及環克座與 A5（圖二 e）之組合，開始時添加展著劑對接觸角降低不多，然後隨時間增加，接觸角逐漸降低，與未添加者差距拉大，顯示接觸角降低之速度亦與界面活性劑分子之移動和重新排列速度有關，故起點時，接觸角之降低程度與動態表面張力測定之結果相吻合，即，動態表面張力降低愈快、幅度愈大者，起始點之接觸角亦降得愈多，由 A1 動態表面張力降低速率快於 A2、A5、A4 對照其起始接觸角亦小於 A2 而與 A5、A4 無差異，但經長時間後，A1 之接觸角降低程度反不如 A5、A4 甚至 A2，此可由理論上之楊氏公式（Young's equation）得到解答，楊氏敘述接觸角與平衡後之表面張力之關係如下式：

$$\cos\theta = \frac{\gamma_{sg} - \gamma_{sl}}{\gamma_g}$$

式中， θ 為接觸角， γ_{sg} 為固-氣相界面張力、 γ_{sl} 為固-液相界面張力及 γ_g 為液-氣

相界面張力，在量測之條件下 γ_{sg} 為固定值，本試驗中藥液於固體平面之 θ 值皆小於 90 度，設 γ_{sl} 亦為定值時，表面張力（ γ_g ）愈小， $\cos\theta$ 值愈大， θ 值也就愈小，此為多數情形下，接觸角與表面張力之趨勢相吻合的原因，但有時因界面活性劑特性上之差異（如：分子結構、鏈長、分支、極性、離子性等）及接觸表面不同，其對「氣-液」界面與「固-液」界面張力之影響不同，將造成不同藥液間接觸角與表面張力測定結果不一致。

Wang and Wu (1995) ⁽²⁴⁾ 保守認為藥液接觸角至少要低於 50 度方有潤濕擴展之作用，由未添加展著劑藥劑之曲線可見，除蘇力菌原配方可將藥液接觸角降至 50 度以下外，其他藥劑之原配方均在 50 度以上，顯示其擴展性能均不佳，而除腐絕外，經添加展著劑後，均有明顯改善自動擴展之功能。

由於植體表面構造不同，施用展著劑之效果亦不相同 ^(7, 12, 15, 17, 25)，葉面具有絨毛或結晶蠟質者，水滴之接觸角常大於 90 度，不易被潤濕 ⁽⁹⁾，甚至液滴被反彈而無法附著，故無論配方內含或外加展著劑，均需能適度降低接觸角及表面張力，以增加潤濕力及附著力方能提高施藥之效果，但當表面張力降得太低時，可能引起葉面逕流，反而減少藥液之滯留而減低藥效 ^(7, 25)，有時甚至引起藥害 ⁽²⁰⁾，因此，當添加展著劑獲得表面張力及接觸角明顯降低時，意味著可適度降低噴施之藥量，以符經濟和環保原則。

文獻指出低表面張力和接觸角，除有助於表面之潤濕、擴展外，亦有助於藥液經由葉面之氣孔入滲至葉肉組織而提高除草劑之藥效，甚至於可促進藥劑之穿透（penetration）和吸收（absorption）^(8, 12, 13, 17, 19)，故，藉由動態表面張力及接觸角變化之觀察，不失為快速評估添加展著劑功能與效果之簡易方法。

結 論

動態表面張力可看出展著劑於噴霧狀態下迅速降低表面張力之能力，可用以評估液滴初接觸葉面時，對葉面之潤濕、擴展能力。接觸角測定之結果與動態表面張力之測定結果一致，均能顯示液滴之潤濕、擴展或自動擴展能力，尤其本實驗中，接觸角測定之觀察時間較長，用以描述液滴附著於葉面後之自動擴展現象更為生動。由試驗結果評估植保手冊上八種推薦展著劑對所添加藥劑之效果，以 A3、A6 及 A7 之效果最好，其次為 A1、A5、A4 及 A2，而 A8 則毫無效果。

謝 辭

本研究經費來自行政院農委會 91 農科-1.2.1-藥-P7 計畫。

引 用 文 獻

1. 林清安、林德培、丁 葦 編。1982。界面活性劑化學。2 版。書恒出版社。臺中。477 頁。
2. 費雪綺、王 玉 琪 編。2002。植物保護手冊。農委會藥物所。臺中。791 頁。
3. Helena Chemical Company. 2004. Adjuvant guide. <http://www.helenachemical.com/proprietary/products/adjuvants/measurement.htm>
4. ASTM D 6. 1995. Standard test method for loss on heating of oil and asphaltic compounds. America Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pennsylvania, USA. 6 pp.
5. ASTM D 176. 2000. Standard test method for solid filling and treating compounds used for electrical insulation. America Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pennsylvania, USA. 10 pp.
6. ASTM D 972. 1997. Standard test method for evaporation loss of lubricating greases and oils. America Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pennsylvania, USA. 4 pp.
7. Brazee, R. D., Bukovac, M. J., Cooper, J. A., Zhu, H., Reichard, D. L., and Fox, R. D. 1994. Surfactant diffusion and dynamic surface tension in spray solutions. Transactions of the ASAE 37: 51-58.
8. Buick, R. D., Buchan, G. D., and Field, R. J. 1993. The role of surface tension of spreading droplets in absorption of a herbicide formulation via leaf stomata. Pestic. Sci. 38: 227-235.
9. Chachalis, D., Paddy, K. N., Elmore, C. D., and Steele, M. L. 2001. Herbicidal efficacy, leaf structure, and spray droplet contact angle among Ipomoea species and small flower morningglory. Weed Sci. 49: 628-634.
10. Green, G. M. 1997. Varying surfactant type changes quizalofop-P herbicidal activity. Weed Technol. 11: 298-302.
11. Jepson, P. C. 1989. The temporal and spatial dynamics of pesticide side-effects on non-target invertebrates, pp. 95-127. In: P. C. Jepson [ed.], Pesticides and Non-Target Invertebrates, Wimborne, Dorset, UK. 240 pp.
12. Knoche, M., and Bukovac, M. J. 1993. Interaction of surfactant and leaf surface in glyphosate absorption. Weed Sci. 41: 87-93.
13. Köcher, H., and Kocur, J. 1993. Influence of wetting agents on the foliar uptake and herbicidal activity of

- glufosinate. *Pestic. Sci.* 37: 155-158.
14. Jr. Miller, T. E., and Meyer, W. C. 1984. Method for the measurement of dynamic surface tension. *American Laboratory*, Feb.
 15. Norsworthy, J. K., Burgos, N. R., and Oliver, L. R. 2001. Differences in weed tolerance to glyphosate involve different mechanisms. *Weed Technol.* 15: 725-731.
 16. Prasad, R. 1992. Some factors affecting herbicidal activity of glyphosate in retention to adjuvants and droplet size, pp. 247-257. *In*: L. E. Bode, and D. G. Chasin. [eds.], *Pesticide Formulations and Application Systems*, American Society for Testing Materials, Philadelphia, Pennsylvania, USA. 294pp.
 17. Reddy, K., Locke, M. A., and Howard, K. D. 1995. Bentazon spray retention, activity, and foliar washoff in weed species. *Weed Technol.* 9: 773-778.
 18. Rutter, H. D., Uffing, A. J. M., Meinen, E., and Prins, A. 1990. Influence of surfactants and plant species on leaf retention of spray solutions. *Weed Sci.* 38: 567-572.
 19. Sharma, S. D., and Singh, M. 2000. Optimizing folia activity of glyphosate on *Bidens frondosa* and *Panicum maximum* with different adjuvant types. *Weed Res.* 40: 523-533.
 20. Sherrick, S. L., Holt, H. A., and Hess, F. D. 1986. Effects of adjuvants and environment during plant development on glyphosate absorption and translocation in field bindweed (*convolvulus arvensis*). *Weed Sci.* 34: 811-816.
 21. Singh, M., Orsenigo, J. R., and Shah, D. O. 1984. Surface tension and contact angle of herbicide solutions affected by surfactants. *J. AOCS* 61: 596-599.
 22. Stevens, P. J. G., and Kimberley, M. O. 1993. Adhesion of spray droplets to foliage: the role of dynamic surface tension and advantages of organosilicone surfactants. *Pestic. Sci.* 38: 237-245.
 23. Thacker, J. R. M., Hall, F. R., and Downer, R. A. 1992. The interactions between routes of exposure and physicochemical properties of four water-dilutable permethrin formulations in relation to their activities against *Trichoplusia ni* (Hubner). *Pestic. Sci.* 36: 239-246.
 24. Wang, Y., Bian, S., and Wu, D. 1995. A simplified method for measuring dilute emulsion stability. *Pestic. Sci.* 44: 201-203.
 25. Wirth, W., Siegfried, S., and Jacobsen, W. 1991. Mechanism controlling leaf retention of agricultural spray solutions. *Pestic. Sci.* 33: 411-420.

ABSTRACT

Ho, M. H.^{1, 2*}, Wu, C. Y.¹, Chen, M. C.¹, and Feng, H. T.¹ 2005. Functional evaluation of spreaders by dynamic surface tension and contact angle. Plant Prot. Bull. 47: 59-68. (¹ Division of Pesticide Chemistry, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan 413, ROC; ² Graduate School of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan 106, ROC)

The functions of 8 commercial spreaders were evaluated. Dynamic surface tension and the contact angle of 8 pesticide spray solutions were determined both with and without the spreader under field trials. Results of both dynamic surface tension and contact angle measurement show that 1 of the spreaders, A8, was functionless when applied at the recommended concentration. Based on the reduction in the dynamic surface tension, the ability of spreaders to nebulize a spray solution and improve the wettability and adhesion of droplets onto leaf surfaces can be predicted. The spreading and infiltration ability of droplets on target surfaces can also be estimated by contact angle observations.

(Key words: spreaders, dynamic surface tension, contact angle, wetting, spreading)

*Corresponding author. E-mail: homhpcd@tactri.gov.tw