

間歇式施藥技術的研究

盛 中 德

國立中興大學教授

摘 要

在農作物之栽培過程中，病蟲害的發生是無法避免的。早期一直都採用全面覆蓋式來進行噴藥作業，造成過度用藥，破壞生態環境，且嚴重的危害到施藥者的健康。例如目前在國內平地果園作業的動力噴藥車，施藥效果介於5~30%，絕大部份的農藥都進入了環境成爲污染源，而作物空白區域的施藥量約佔施藥總量的30~50%，視栽培作物的種類和方式而定。因此如何減少作物空白區域的農藥浪費，一直是施藥作業的研究重點之一。雖然在工業界能自動偵測障礙物存在的感測系統已研究多時且有相當成熟的技術。但爲了要滿足田間作業環境的多變化特性，工業上的偵測技術大多均需經過一番修改方能引用於農業上。超音波測距與障礙物偵測已是一項蠻成熟的技術，許多學者在這方面的研究均得到豐碩的成果，它是一種非接觸式且高信賴度的偵測技術。而針對去年度所完成之作物辨識系統，配合改良之市售超音波感測模組，現已將系統之有效辨識距離提升至3m，辨識系統對樹幹及樹葉的辨識率在3m以內可達到100%。而且裝設作物辨識系統後，其覆蓋率非但沒有降低反而增加。因而此辨識系統在藥效方面有顯著的增加。此外，13度的指向角除了可得知此辨識系統之有效辨識範圍外，在獲知株距、平均樹冠半徑、平均空白區域之先決條件下，尙可由其來決定噴藥車作業時應與作物相距之距離，以提高此系統之可信賴度以及節省更多之噴藥量，降低作業成本與減少環境污染。

一、前 言

在農作物之栽培過程中，病蟲害的發生是必然的。直至目前爲止，雖有一些生物防治技術與物理性防治技術可資使用，但仍無法完全取代而放棄利用農藥來防治病蟲害。從早期的人工機械式施藥到利用各種動力機具進行噴藥，一直都是採用全面覆蓋式來進行噴藥作業。此種噴藥作業方式常會造成過度用藥的情形發生，亦造成嚴重的環境污染。

目前在平地果園作業的動力噴藥車，施藥效果介於5~30%，絕大部份的農藥都進入了環境成爲污染源，而作物空白區域的施藥量約佔施藥總量的30~50%，視栽培作物的種類和方式而定。由此可見，大部份所施的農藥並未發揮病蟲害防治的效果。仔細研究，原因頗多，缺少有效的藥量管制技術其爲重要的原因。因此如何減少作物空白區域的農藥浪費，一直是施藥作業的研究重點之一。雖然在工業界能自動偵測障礙物存在的感測系統已研究多時且有相當成熟的技術。但爲了要滿足田間作業環境的多變化特性，工業上的偵測技術大多均需經過一番修改方能引用於農業上。目前雖有少部份商品化的間歇性施藥系統，但適用範圍有限，並沒有普遍的被應用，仍舊得採用全面性的噴藥作業方式。全面性施藥的作業方式不僅破壞生態環境，且嚴重的危害到施藥者的健康。目前國民的生活水準日益提高，在農業生產的過程中，爲了保護施藥者、植物和環境以

及在環保意識抬頭、作業成本降低的多重要求下，利用作物辨識系統來進行施藥控制，以達到將作業模式由面噴改為點噴的要求，已是一件刻不容緩的工作。隨著科技的日益進步，各種更有效率、更敏銳的感測器不斷的問市，其中超音波、紅外線以及影像技術等皆可用以偵測作物。唯影像擷取技術過程複雜、設備昂貴，易受農藥侵害且農藥飄積現象會影響其取像等因素，尚不太適用於施藥場合。紅外線易受外界光源干擾和陰影影響，又易受空氣中塵埃顆粒的影響使其性能產生退化的現象，故有待進一步的探討。超音波測距與障礙物偵測則已是一項蠻成熟的技術，許多學者在這方面的研究均得到豐碩的成果，它是一種非接觸式且高信賴度的偵測技術。

二、文獻探討

Giles等(1987)以超音波偵測作物的存在，用做進行間歇性噴藥的依據，其指出，若只使用單一超音波感測，在桃子和蘋果園中用藥量可分別減少10~17%及21~28%，若在三種不同高度分別裝設超音波，則上述兩種果園可減少28~35%及36~52%的用藥量，在農藥飄積現象上也有某種程度的減少。

關於超音波測距應用於導引系統的研究，Munro等人(1990)開發出一套效果不錯的無人自走式超音波導引系統，此系統可偵測角度達60度，距離達5m。Yamashita等人(1991)為了節省溫室內搬運工作的勞力，其於無人自走式搬運車的一側安裝兩個超音波感測器，利用兩個感測器的距離差並配合編碼器來修正車子，用以導引車子使其以等間距沿著植床壁與植床壁平行的行進。在Tillett(1991)的文獻中說明Bonicelli等人曾利用超音波來導引犁耕用機械人，不過此種導引方式的精確性及可靠度在文獻中並沒有很明確的說明。Tillett並同時介紹了McMahon等人利用超音波裝置感測蘋果樹樹幹的位置來導引蘋果收穫機，可量測範圍為30cm-150cm，誤差為4cm，指向角為22度。Pam Kan-Rice在1991年介紹了由Ken Giles等人完成的超音波作物偵測噴藥車，其在車頭側面裝設一排超音波感測器，分別指向不同的方向控制不同的噴頭，實驗結果顯示，在種植整齊而果實成熟的果園裡，可節省10%至12%的用藥量。

在1992年Holmberg說明超音波測距應用在機器人自動化及自動導引車輛上有很高的精確度及強健(Robust)的抗干擾能力。Satow等人(1992)則使用超音波由上而下偵測作物以控制噴桿至合適高度，其結論為，若葉面直徑對高度的比值大於0.05，則超音波可以偵測出正確的高度，另葉片形狀亦為重要影響因子，如若像小麥類細長形的葉片，就無法準確測得高度了。

Kazuhiko(1993)等人開發Fuzzy控制系統來控制溫室內的農用自律行走式車輛。其在車子的左側裝上兩個超音波感測器，以車輛之行走速度、車輛與目標線的相對位置以及車輛進行方向與目標線的角度等為主要因子，並利用幾何方法計算出車子偏離目標線的角度；右側則只裝上一個，用以偵測出車子與三種不同模擬田脊間的距離；頻率均為40KHz。Masayoshi(1993)等人在自律行走車輛的車頭，每間隔 10° 即安裝1個頻率為200KHz的超音波發射接受器，並利用Fuzzy來控制。Mckerrow(1993)於移動式機器人上安裝一圈的超音波感測器，試圖以一演算法來求取代表物體表面的圓弧輪廓線，並利用此輪廓線來繪製一個房間的地圖。

在1994年Figuroa與Mahajan利用Novel的超音波三維定位系統配合傳統的超音波距離測定器來導引和控制自走式車輛。此系統適用於結構性環境(Structured Environment)如：工廠、醫院、辦公室等以及其它對人類有害的環境如核能發電廠等，精確度為2.54mm。黃(1994)利用一5×5陣列的超音波感測器，以每隔3度變換感測器陣列的角度，針對不同作物葉片進行各個位置與方向之

測距實驗。在他的實驗中發現超音波感測器測得的距離相當的穩定且與實際距離的差值很小，為一可靠度極高的測量距離工具。

三、實驗方法

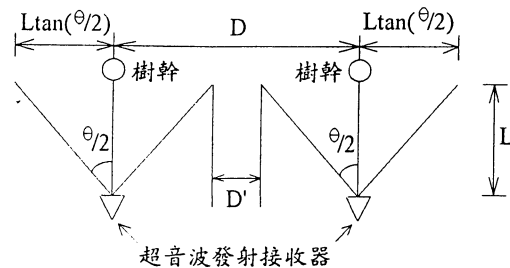
本研究即是在動力噴藥車上水平的安裝一組超音波感測器以進行作物的偵測，並將訊號與噴藥系統結合以作為噴藥與否的依據。目前此辨識系統為改良市售的超音波感測模組，利用指向角為13度、頻率為40KHz的超音波來辨識作物的存在，再配合由兩個最大適用壓力為7 kg/cm²的電磁閥和一個壓力設定為90psi的洩壓閥所組成的噴藥系統，以決定是否要進行噴藥作業，避免於作物空白區域施藥，以有效的減少環境污染及降低作業成本。由實驗得知，無論針對樹幹或樹葉，在3m以內此辨識系統皆有100%的辨識率，在3.5m時辨識率皆降為0%。另外在覆蓋率方面亦有顯著的增加。

本辨識系統之超音波模組，原是以交流電來作為其輸入電源。此交流電壓再經由變壓器降壓、整流器和濾波器的作用而得到12V的直流電壓。由於辨識系統中之電磁閥的激發電壓為12V的直流電壓，噴藥車上通常也沒有裝設供應交流電源的設備，故需將超音波感測模組電路稍做修改，把交流電輸入直接改為直流電輸入。因此只要將變壓器去除掉，將電瓶的直流電直接輸入到原是變壓器的輸出端即可。

四、結果與討論

- (1)針對去年度所完成之作物辨識系統，配合改良之市售超音波感測模組，現已將系統之有效辨識距離提升至3m。
- (2)對平均直徑為15.6cm、平均相距3.44m之樹幹，系統之辨識率在3m以內為100%，在3.2m時為91.25%，在3.3m時為31.25%，而在3.5m時則已降至0%。
- (3)系統對於樹葉之偵測，在平均樹冠半徑為0.895m，平均株距為2.28m，平均空白區域約為0.62m時，系統之辨識率在3m以內皆為100%，在3.4m時為12.5%，而相距約3.5m時降為0%，所得之辨識率與系統對樹幹之辨識率極為相近。
- (4)在計算此超音波作物辨識系統之可辨識範圍時，由圖表中可算出此超音波之指向角，且此指向角與利用公式所計算出來之值極為接近，為13度。由此指向角除了可得知此辨識系統之有效辨識範圍外，在獲知株距、平均樹冠半徑、平均空白區域之先決條件下，尚可由其來決定噴藥車作業時應與作物相距之距離，以提高此系統之可信賴度以及節省更多之噴藥量，降低作業成本與減少環境污染。
- (5)在辨識系統與樹平均相距0.605m，洩壓閥設定壓力為90psi之覆蓋率實驗中得知，裝設作物辨識系統後，其覆蓋率非但沒有降低反而增加。因而此辨識系統在藥效方面有顯著的增加。
- (6)當噴藥車與作物間之距離為L，株距為D，超音波指向角為 $\Theta/2$ ，則此辨識系統之超音波空間辨識比例可由此式求得：

$$\begin{aligned} & \text{超音波空間辨識比例} \\ & = 1 - (2L/D)(\tan(\Theta/2)) \text{-----(1)} \end{aligned}$$



圖(一)

由圖一可得知 $D'=D-2L(\tan(\theta/2))$ ，故超音波辨識比例 $=D'/D$ 而得式(1)。

五、結論與建議

- ①此辨識系統僅有一組超音波感測器，水平的安裝於噴藥車上。由實驗執行結果得知具有滿意的效果。由於此辨識系統是以辨識障礙物的有無來決定是否要進行噴藥作業，由各實驗結果，可知只要一組超音波感測器即可得到不錯的結果。不過，為滿足田間多變化的特性，建議安裝一個以上的感測器以確保作業的穩定性。
- ②若要做到更精確的噴藥作業，此辨識系統之超音波感測器必須具有良好的測距能力，以算出噴藥車與作物間之距離，再根據此距離來控制噴藥壓力，以節省用藥量和提升覆蓋率，增加藥效。因此，超音波感測器的數目和裝設位置有須再加以研究的必要。
- ③由一些文獻中得知，良好的超音波發射和接收室有助於作業靈敏度之提升，增加其指向性並增進有效辨識距離。超音波發射和接收室的開口愈寬，其長度愈長，則其指向性愈好。因此應再進一步研究，以設計出適用於農業環境的發射和接收室。
- ④由於本辨識系統是裝設於噴藥車上，不同於靜置式辨識，故車速與辨識率之相關性應加以深入探討。
- ⑤應針對不同作物，探討此辨識系統在辨識率、覆蓋率和用藥量之間的變化。

六、參考文獻

1. 黃振祖。1994。超音波技術應用於葉片距離量測之研究。碩士論文。台中：國立中興大學農業機械工程學系。
2. Figueroa, F and A. Mahajan. 1994. A robust navigation system for autonomous vehicles using ultrasonic. Control Engineering Practice 2(1) : 49-50.
3. Giles, D. K., M. J. Delwiche and R. B. Dodd. 1987. Control of orchard spraying based on electronic sensing of target characteristic. Transactions of the ASAE 30(6) : 1624-1630, 1636.
4. Holmberg, P. 1992. Robust ultrasonic range finder-an FFT analysis. Measurement Science & Technology 3(11) : 1025-1037.
5. Kazuhiko, K., N. Kazuhiro, K. Masahiko and A. Hitoshi. 1993. Studies on the control systems of

- agricultural autonomous vehicles(Part 1)-Fuzzy control systems using ultrasonic sensor. Journal Of The Japanese Society For Agricultural Machinery 55(2) : 23-32.
6. Masayoshi, T., K. Osamu, O. Tsuguo and T. Tohru. 1993. Studies on autonomous vehicle(part 1)-application of Fuzzy model. Journal Of The Japanese Society For Agricultural Machinery 55(4) : 99-105.
 7. Mckerrow, P. J. 1993. Echolocation-from range to outline segments. Robotics And Autonomous Systems 11 : 205-211.
 8. Munro, W. S., H. S. Pomeroy, M. Rafiq, H. R. Williams and M. D. Wybrow. 1990. Ultrasonic vehicle guidance transducer. Ultrasonic 28(6):350-354.
 9. Pam Kan-Rice. 1991. Seeing between the trees. Agricultural Engineering 72(1) : 14-15.
 10. Satow, T., K. Miyamoto, and K. Matsuda, 1992. Control of spraying height with Ultrasonic for boom sprayer. Journal Of Japanese Society Of Agricultural Machinery 54(2):31-39.
 11. Tillett, N. D. 1991. Automatic guidance sensors for agricultural field machines : a review. Journal Of Agricultural Engineering Research 50:167-187.
 12. Yamashita, J., K. Satou, M. Hikita, T. Imoto and T. Abe. 1991. Development of the electric driven automatic guided vehicle for use in greenhouses and its travelling performance. IFAC Mathematical And Control Applications In Agriculture And Horticulture 237-242.