

農機具性能測定報告

樂飛牌 A610 型植保無人噴藥機



行政院農業委員會農業試驗所

中華民國一〇九年十二月

附註：本測定報告未加蓋本所性能測定圖章者無效

樂飛牌A610型植保無人噴藥機性能測定報告

一、依據：

- (一) 行政院農業委員會96.2.13.(96)農糧字第0961060160 號令修正之『農機性能測定要點』。
- (二) 樂飛創新國際股份有限公司109年8月13日樂字1090813號申請書。

二、農用無人飛行載具噴藥機性能測定方法及暫行基準(TS108)：

- (一) 適用範圍：本基準適用於單旋翼、雙旋翼或多旋翼無人飛行載具噴藥機。
- (二) 採樣：接受測試之測定機(具)需由廠商提供至少3部商品機中隨機抽樣，不得為特製品或特選品。

(三) 調查項目：

1. 本機部份：

- (1) 機體規格：長、寬、高、材質、重量、最大起飛重量及機身號碼等。
- (2) 動力源：
 - ① 引擎：廠牌型式、編號、最大馬力與對應轉速、油箱容量及標稱續航力。
 - ② 電動機：廠牌型式、編號、額定電壓、額定功率及轉速；電池之廠牌型式、容量(Ah)、數量、充電方式、充電時間及標稱續航力。
- (3) 動力傳動方式、飛行控制(高度、速度、轉向及方位等)方式、控制器之廠牌型式規格及其他附屬裝置等。
- (4) 旋翼數量及規格：螺距、槳葉數、直徑、長、寬、材質、各軸心幾何位置、最低離地距離及最大轉速等。
- (5) 交通部「遙控無人機管理規則」施行後，測定機型需符合民航局有關檢驗或認可之規定，並檢附證明(如適用)。

2. 噴藥機具部份：

- (1) 動力源：
 - ① 引擎：廠牌型式、編號、最大馬力與對應轉速及油箱容量等。
 - ② 電動機：廠牌型式、編號、額定電壓、額定功率、轉速；電池之廠牌型式、容量(Ah)、數量、充電方式及充電時間。
- (2) 噴藥幫浦之廠牌型式、迴轉速、噴霧壓力及流量。
- (3) 噴嘴之型式、規格、數量、配置位置與距離；噴桿折疊方式及安全設計。
- (4) 藥液桶之材質及標稱最大(裝滿)容量、現存藥液量及安全操作時間之顯示方式。
- (5) 噴藥控制閥(電磁閥或比例式針閥等)之數量、型式及規格。
- (6) 噴藥量調整方式、最適作業高度及有效噴幅。

3. 飛行遙控部分：

- (1) 面板規格、顯示與操作功能及資料傳輸模式。
- (2) 電池之廠牌規格型式及數量。
- (3) 最遠遙控距離。

- (4)工作頻率與避免信號干擾功能。
- (5)射頻識別功能。
- (6)衛星定位系統飛行軌跡紀錄及作業資訊輸出功能。
- (7)自動飛航或噴藥功能。

4.標稱作業能力。

5. 作業環境限制、安全裝置、飛行高度限制功能與避障功能。

(四) 測試項目及方法：

測試作業時需進行相關作業環境及作物調查：溫度、相對濕度、風速、風向、作物品項及植株高度、栽植密度及行株距等。

1. 飛控性能測定：於無噴藥作業之狀態進行下列性能測試項目，至少重複試驗 3 次：

(1)最高飛行速度測定：在空機及滿載兩種情況下，操作於廠商標稱作業高度範圍內，以全速飛行以測定其最高速度(km/h)。

(2)平均偏移量(m)：於平坦之試驗場域擇定標定點位，包含起飛點位及 4 個中繼點位及其順序，各點位距離至少 100m 以上，在正常作業情況下，以衛星定位系統為信號接收之自動飛行模式，於起飛點位起飛後依序降落於標定之中繼點位後返航，量測各降落點位與標定點位之偏移量，取其平均值。

(3)有效遙控距離(m)：機台放置於標稱最遠接收距離之平坦地面，測試是否能以人工遙控方式返航。

2. 噴霧性能測定：在自然風速低於 1.0 公尺/秒以下，噴霧壓力設定在其標稱作業壓力下，測定下列作業性能：

(1)出水量均勻性測定：於標稱作業壓力下同時量測每一噴嘴之噴霧量 1 分鐘，以測定其出水量均勻性，重複 3 次。

(2)作業能力暨藥液附著度試驗：在廠商標稱適用作物及其生長期下，以水試紙進行本項測定，測定面積應在 1,000 平方公尺以上，在進行噴藥作業前，於供試田區選定 3 處作物群(每處範圍至少 2 平方公尺)，每處試區之作物葉表、葉背及株桿上均勻隨機分佈各黏貼水試紙 10 張，噴藥作業後，計算水試紙單位面積(平方公分)藥霧附著滴數，求其藥液附著度(滴/平方公分)平均值，並記錄作業時間，以計算其作業能力。

(3)最適作業高度之平均有效噴幅測定：將水試紙水平固定於 0.2 公尺高的支架上(圖一)，並排列垂直於飛行方向，間隔 20 公分設置一張水試紙，於正常作業之情況下，以標稱作業高度進行噴霧，記錄其作業噴幅，重複 3 次。

3. 續航力測定：電動機型於正常噴霧作業情形下，記錄其電池充電飽和後可作業之時間；引擎機型於正常噴霧作業情形下，記錄其加滿油後可作業之時數。

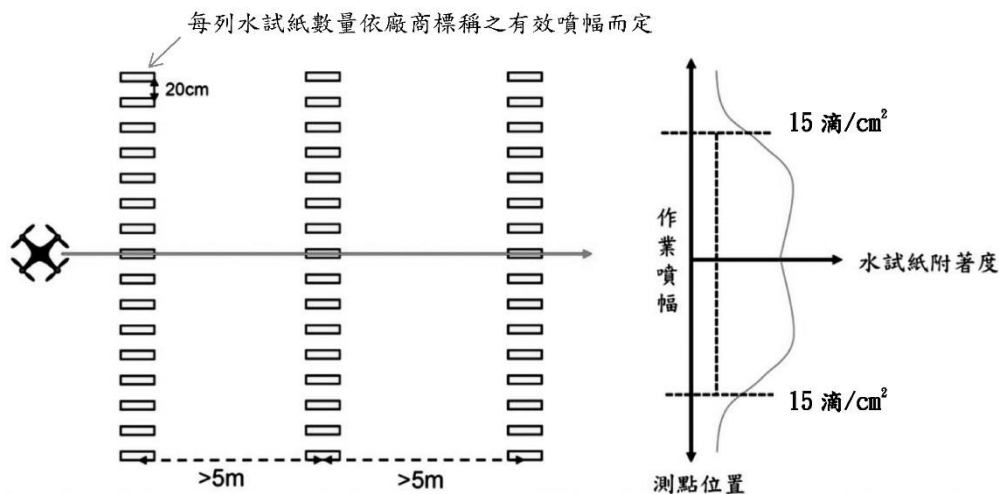
4. 連續作業試驗：於現場實際操作連續飛行及噴霧 2 小時以上(扣除返航正常更換電池或加油時間)。

(五) 暫行基準：

- 1. 需具備衛星定位系統飛行軌跡紀錄及作業資訊輸出功能。
- 2. 最高飛行速度不得超過 20km/h。

3. 平均偏移量：裝設 RTK 系統之機型不得超過 0.5 公尺；裝設一般衛星定位系統之機型不得超過 2.0 公尺。
4. 有效遙控距離需達廠商標稱值以上。
5. 續航力：電動機型於充電飽和後作業之時數需達廠商標稱值以上；引擎機型於加滿油後作業之時數需達廠商標稱值以上。
6. 出水量均勻性：每一噴嘴之噴霧出水量誤差應在平均值之 $\pm 10\%$ 以內。
7. 藥液附著度：葉表及株桿之藥液附著度達 30 滴/平方公分以上者佔總樣本數 90% 以上，葉背達 20 滴/平方公分以上者佔總樣本數 90% 以上。
8. 作業能力需達廠商標稱值以上。
9. 最適作業高度之平均有效噴幅需達廠商標稱值以上。
10. 連續作業試驗中，機械不得有異常故障，且故障排除時間不得高於總作業時間之 10%。試驗後，機械經檢查不得有異常磨耗及損壞之現象。

備註：RTK 為 Real-time kinematic 之縮寫。



圖一、有效噴幅設定

三、樂飛牌 A610 型植保無人噴藥機概要說明：

本次測定係由三台樂飛牌 A610 型植保無人噴藥機商品機機身號碼 A610TW0018、A610TW0019 及 A610TW0020 中，隨機抽出機身號碼 A610TW0020 之商品機作為此次之測定機(以下簡稱本機)。

本機主要結構係由飛行旋翼動力系統、噴藥系統、飛行遙控系統及主機體機架承載結構等 4 部份所組成。飛行旋翼動力系統部分共有 8 個旋翼驅動馬達、8 組雙翼螺旋槳及 1 個電池所構成，本機共裝置有 6 組飛行旋翼軸臂，並在其中 2 個對角線的飛行旋翼軸臂的末端上下兩側各裝置有 1 組雙翼螺旋槳；噴藥系統部分則包括 1 個標稱容量為 5 公升之藥液桶、1 組動力噴霧幫浦、控制閥、噴霧管路、噴桿及 5 個噴嘴等機件所組成，飛行遙控系統則包括手持式飛行操作遙控器及平板電腦與自動飛行控制軟體程式。

本機之飛行動力源係由 8 個額定功率為 2.7kW/8,600rpm 的馬達各自連接直接驅動雙翼螺旋槳，分別控制 8 個不同螺旋槳的轉速，進行前進後退與轉向等飛行方向的調控。噴霧作業方式則由 1 個噴霧幫浦產生壓力並藉由控制閥的開啟來控制藥液之輸出，將藥液從旋翼軸臂下方的 5 個噴嘴噴出，並透過螺旋槳所產生的氣流將噴霧微粒強制往下方推送。當藥液桶內的液位計感測到藥液低於所設定液位時，便會由飛行主機端連續產生訊號與飛行控制器進行通訊，並由飛控系統操控進行手動返航(先設定懸停模式)或自動返航進行藥液補充作業。

本機之飛航遙控方式採用衛星定位系統(GPS)進行飛航操控，控制系統硬體部分為一具手持式的控制器，左右兩邊各具有控制推桿，左右推桿控制內容分為日本模式、美國模式、中國模式與自訂模式等 4 種選項。本機測試時採用美國模式進行操控，控制器中間上方為安裝有可顯示飛航衛星影像圖資與各項飛航設定參數等資料之平板電腦顯示介面，飛航模式可切換為手動或衛星定位系統(GPS)自動飛行兩種模式，飛航控制距離可達 500 公尺以上，可選配具有高度限制功能與避障功能之模組。

四、測定結果：

- (一)樂飛牌A610型植保無人噴藥機主要規格如附表一。
- (二)樂飛牌A610型植保無人噴藥機性能測定結果如附表二。
- (三)樂飛牌A610型植保無人噴藥機連續作業試驗結果如附表三。

五、討論與建議：

本次測定之性能結果與暫行基準之比較如下：

項目 / 比較項	暫行基準	本次測定
衛星定位系統飛行軌跡紀錄及作業資訊輸出	需具備衛星定位系統飛行軌跡紀錄及作業資訊輸出功能。	本機具有衛星定位系統飛行軌跡紀錄及作業資訊輸出功能。
最高飛行速度 (km/h)	最高飛行速度不得超過 20 km/h。	測試3次空載時平均值為17.2、滿載(5L)時平均值為16.6，最高飛行速度均無超過20 km/h。
平均偏移量 (m)	裝設RTK系統之機型不得超過0.5公尺；裝設一般衛星定位系統之機型不得超過2.0公尺。	標定5個點位(起飛點與4個中繼點)，兩點之間距離為100m以上，測試3次，各中繼點及返航起飛點之平均偏移量分別為0.60、0.65、0.39、0.92及0.41m，本機裝設一般衛星定位系統(GPS)，平均偏移量均無超過2.0公尺。
有效遙控距離 (m)	需達廠商標稱值(500m)以上。	測試3次分別為531、528及534m，平均值為531m，均達廠商標稱值(500m)以上。
電池續航力	電動機型於充電飽和後作業之時數需達廠商標稱值(7min)以上；引擎機型於加滿油後作業之時數需達廠商標稱值以上。	電池充電飽和後作業之時間為11.48min，達廠商標稱值(7min)以上。

噴嘴出水量均勻性 (mL)	每一噴嘴之噴霧出水量誤差應在平均值之±10%以內。	測試3次5個噴嘴之噴霧出水量平均值分別為 795.8、802.0 及 798.6mL；誤差值範圍為 -0.98~1.28%、-0.50~0.87% 及 -0.83~0.80%，誤差值均在平均值之 ±10%以內。
藥液附著度 (%)	葉表及株桿之藥液附著度達30滴/平方公分以上者佔總樣本數90%以上，葉背達20滴/平方公分以上者佔總樣本數90%以上。	測試3次葉表及株桿藥液附著度達30滴/平方公分以上者佔總樣本數96.7及100%；葉背達20滴/平方公分以上者佔總樣本數96.7%，均符合基準。
作業能力 (ha/h)	需達廠商標稱值(3ha/h)以上。	作業能力為3.04ha/h，達廠商標稱值(3ha/h)以上。
平均有效噴幅 (m)	最適作業高度之平均有效噴幅達廠商標稱值(3m)以上。	測定3次之平均有效噴幅分別為 3.73、4.00及3.27 m，均達廠商標稱值(3m)以上。
連續作業試驗	機機械不得有異常故障，且故障排除時間不得高於總作業時間之10%。試驗後，機械經檢查不得有異常磨耗及損壞之現象。	機械經檢查無異常磨耗及損壞之現象發生。

六、結論：

樂飛牌 A610 型植保無人噴藥機之作業性能符合『農用無人飛行載具噴藥機性能測定方法及暫行基準(TS108)』之規範。

表一、樂飛牌A610型植保無人噴藥機主要規格表

申請廠商：樂飛創新國際股份有限公司
 廠牌型式：樂飛牌A610型

廠商地址：桃園市平鎮區中豐路山頂段1巷53號
 主要規格：由廠商填寫經本所查驗

本機部分	機體規格	長×寬×高 (cm)		120(含槳 175)×156×80	
		材質		鋁合金/碳纖維	
		重量(不含電池) (kg)		空載重量 14.73	
		最大起飛重量 (kg)		24.48	
		機身號碼		A610TW0020	
	動力源	電動機	廠牌型式/編號		Hobbywing / 無編號
			額定電壓 (V)		48
			額定功率 (kW)		2.7
			轉速 (rpm)		8,600
		電池	廠牌/型式		TATTU 兩燕智能電池
			容量 (Ah)		16
			數量		1 組
			充電方式		專用 AC 充電器 In100-240V Out50.4V25A
			充電時間 (h)		0.75
			標稱續航力 (min)		7
	動力傳動方式		電動直流馬達直接驅動		
	飛行控制方式		姿態/GPS/自主作業		
	控制器之廠牌/型式規格		樂飛/樂飛 A3 飛控系統		
	其它附屬裝置		仿地雷達		
	旋翼數量及規格	螺距 (cm)		23	
		槳葉數 (支)		16	
		直徑(長×寬) (cm)		29.3×5.15	
		材質		碳纖複合材質	
各軸心幾何位置(最大軸距) (cm)		129			
最低離地距離 (cm)		3			
最大轉速 (rpm)		8,600			
噴藥機具部份	噴藥幫浦	廠牌/型式/數量		A3Fun/6L 幫浦	
		迴轉速 (rpm)		4,300	
		噴霧壓力 (kg/cm ²)		6	
		流量 (mL/min)		4,000	
	噴嘴	型式/規格		扇形/IDJ120-02	
		數量 (只)		5	
		配置位置		左右噴桿各 2，藥桶下方 1	
		距離 (cm)		37.5	
		噴桿折疊方式及安全設計		噴桿不需工具即可防呆收折	
	藥	材質		HDPE	

液桶	標稱最大(裝滿)容量 (L)	5	
	藥液補充方式	混藥桶填裝	
	現存藥液量及安全時間之顯示方式	APP 螢幕顯示	
控制閥	噴藥控制閥數量 (只)	1	
	型式	電磁閥	
	規格	口徑 8mm	
最適作業高度 (m)	2		
噴藥作業調整方式	APP 調整		
標稱有效噴幅 (m)	3		
標稱作業能力 (ha/h)	3		
每次標稱藥液桶容量(5L)可作業時間 (min)	視壓力調整噴藥量，可作業約 2 min		
飛行遙控部份	規格	7	
	顯示與操作功能	飛行資訊 OSD、地圖、影像顯示與地面站功能操作	
	資料傳輸模式	無線藍芽傳輸	
	電池	廠牌規格	SIYI 3.7V 8000mAh
		數量 (只)	1
	最遠遙控距離 (m)	500(空曠無干擾空中)	
	工作頻率與避免信號干擾說明	2.400-2.483 GHz	
	射頻識別功能	自動跳頻系統	
	衛星定位系統飛行軌跡紀錄	GPS/GLonassBDS 衛星定位系統、噴灑軌跡紀錄	
	作業資訊輸出功能	飛控可匯出作業資訊	
自動飛航或噴藥功能	自動導航與自動噴藥		
作業環境限制	機場附近禁飛區禁飛		
安全裝置	馬達動力鎖定功能		
飛行高度限制功能	可設定高度(1-100 公尺出廠限定範圍)		
避障功能	避障雷達(選配)		
備註			

表二、樂飛牌A610型植保無人噴藥機性能測定結果

飛控性能測定	測試日期	109年10月21~22日						
	試驗地點	台中市大里區立善橋下廣場						
	地面狀況	水泥地						
	溫度 (°C)	25.2						
	相對濕度 (%)	65.4-68.2						
	自然風速 (m/s)	1.65-1.83						
	風向	西風至西北風						
	最高飛行速度測定	測定距離 (m)	100					
		載重量	空載			滿載(5L)		
		飛行時間 (sec)	20.1	21.5	21.2	21.5	21.6	21.8
		速度 (km/h)	17.9	16.7	17.0	16.7	16.7	16.5
		速度平均值	17.2			16.6		
	平均偏移量	各點之間距離 (m)	100m以上					
		標定5個點位	重複數				平均值	
			第1次	第2次	第3次			
		起飛點 → 中繼點1 (m)	1.05	0.52	0.22	0.60		
		中繼點1 → 中繼點2 (m)	0.42	0.87	0.67	0.65		
中繼點2 → 中繼點3 (m)		0.66	0.21	0.31	0.39			
中繼點3 → 中繼點4 (m)		1.06	0.77	0.93	0.92			
中繼點4 → 返航起飛點	0.26	0.42	0.55	0.41				
有效遙控距離	有效距離 (m)	531	528	534	531			
噴霧性能測定	測試日期	109年10月21日						
	試驗地點	台中市大雅區神林一段104巷31-1號						
	噴霧出水量 (mL)	重複數	第1次	第2次	第3次			
		806	809	805				
		792	798	792				
		788	802	799				
		788	798	797				
		805	803	800				
	平均值 (mL)	795.8	802.0	798.6				
誤差值範圍 (%)	-0.98~1.28	-0.5~0.87	-0.83~0.80					
出水量均勻性	誤差值均在平均值±10%以內							
噴霧性能測定	作業能力暨藥液附著度試驗	測試日期	109年10月22日					
	試驗地點	台中市大雅區神林一段104巷31-1號前方水稻田區						
	溫度 (°C)	25.6						
	相對濕度 (%)	69.8~71.2						
	自然風速/噴霧壓力	2.6-2.8m/s以下 / 6kg/cm ²						

		風向	東北風					
		作物品項	水稻田					
		植株高度 (cm)	76.2~90.5cm之間，平均高度為84.3cm					
		栽植密度/行株距	24叢/每平方米，15-23株/叢；行距30cm，株距23cm					
		作業高度 (m)	2					
		測試面積(長×寬)	1980m ² (45m×44 m)					
		供試田區取樣3處	第1處		第2處		第3處	
葉表	單位面積藥液附著滴數 (滴/cm ²)	52	67	90	108	70	51	
		83	61	118	114	76	82	
		92	100	47	51	33	86	
		104	97	27	109	55	82	
		85	58	53	78	128	76	
		平均	79.9	平均	79.5	平均	73.9	
達30滴/平方公分以上者佔總樣本數比率		96.7%						
葉背	單位面積藥液附著滴數 (滴/cm ²)	84	72	112	49	19	128	
		49	105	46	31	108	101	
		110	57	52	61	65	128	
		98	90	90	47	32	72	
		104	111	22	94	164	43	
		平均	88.0	平均	60.4	平均	78.8	
達20滴/平方公分以上者佔總樣本數比率		96.7%						
株桿	單位面積藥液附著滴數 (滴/cm ²)	98	152	142	86	84	128	
		140	94	132	57	92	109	
		61	148	128	116	168	97	
		132	120	87	92	121	104	
		41	69	124	96	135	112	
		平均	105.5	平均	106.0	平均	115.0	
達30滴/平方公分以上者佔總樣本數比率		100%						
作業時間 (min)		3.91						
作業能力 (ha/h)		3.04						
噴霧性能測定	平均有效噴幅測定	測試日期	109年10月23日					
		試驗地點	農業試驗所農機工廠前方廣場					
		溫度 (°C)	26.4					
		相對濕度 (%)	61.2~61.8					
		風速 (m/s)	0.25~1.69 m/s 以下					
		風向	北風至西北風					
		作業高度 (m)	2					
		飛行時間 (sec)	9.89	11.04	10.96			
		重複序	第1次	第2次	第3次			
		有效噴幅	第一排	3.80	3.40	3.40		

	寬度 (m)	第二排	4.00	3.80	3.40
		第三排	3.40	4.80	3.00
		平均值	3.73	4.00	3.27
電池續航力試驗		(min)	11.48(2次補充清水費時38秒)		
備		註			

表三、樂飛牌A610型植保無人噴藥機連續作業試驗結果

連續作業試驗	測定日期	109年10月29日
	測定地點	台中市大雅區神林一段104巷31-1號前方水稻田區
	開始時間	9時45分
	結束時間	13時07分
	連續作業時間	2小時11分鐘(已扣除1小時11分鐘更換電池與補液之時間)
	連續作業面積	5.22公頃
	故障排除時間	無
連續作業試驗結果		試驗後，機械經檢查無故障及損壞
備註		作業時共補充清水計63次，更換電池計12次