

## 摘要

利用射頻加熱真空包裝精白米，當溫度超過60°C時，白米中害蟲的成蟲和蟲卵將被殺死，射頻加熱常發生包裝袋中白米內部的溫度較表層的溫度為高，故本研究之目的是藉由5 kW射頻外加50°C熱風設備以改善不同重量的真空包裝米在升溫情形和溫度分布的均勻性以評估米蟲致死之操作條件。本實驗使用2 kg真空包裝白米(高雄145號)，厚度約為4 cm，分別分成1、2和3包即為2、4和6 kg白米放置於射頻-熱風設備中，隨著白米重量增加，射頻電極板間距也要增加，功率亦隨之增加，但白米升溫速度和裝載的重量呈負相關，且白米的溫度分布以中間大於表面和底部，熱風設備有助於改善溫度分布不均勻的情形。當白米的重量為2、4和6 kg時，分別控制射頻電極板間距在4.5、9和14 cm時的功率分別為2.13、3.22和3.41 kW，只需要40、60和90 s可使表面溫度達到60°C。最後將20隻米象分別放於每包2 kg包裝的白米中，則此時進行1、2和3包白米的射頻-熱風殺蟲條件評估，其分別需要60、90和150s以上，才可達到100%米蟲致死率。

## 前言

白米在儲藏、加工及銷售時常因米蟲的問題而導致產品品質下降；真空包裝白米雖能防治米蟲及延長保存期限，但在打開包裝袋後，害蟲的蟲卵即可能孵化。但當溫度超過60°C時，白米中害蟲的成蟲和蟲卵將會被加熱致死，故本研究利用射頻設備結合熱風以使白米的加熱溫度較均勻，對不同重量之白米進行升溫測試，以達到殺蟲的效果，並降低成本和食品安全的目標。

## 結果與討論

由於1個2 kg的真空包裝白米的厚度為4 cm，裝載量變成4 kg和6 kg，堆積真空包裝白米的厚度亦隨之增加，也會造成射頻電極板間距要調高，而隨著射頻電極板間距增大，其加熱功率會變小(圖1)。由圖2(a)、(b)、(c)可知，在射頻電極板間距為4.5~5.5 cm時，2 kg白米加熱約50~80s後、另外在射頻間距為9.0~10.0 cm時，4 kg白米加熱約60~120s、及在射頻間距為13.5~14.5 cm時，6 kg白米加熱約90~160s後，白米的溫度可超過60°C。將上述升溫曲線進行線性回歸得知不同重量白米在不同射頻電極板間距處理下的升溫速率(表1)，找出2、4和6 kg白米在射頻電極板間距4.0、9.5和14.0 cm時有最大升溫速率。由表2可得知調整射頻電極板間距，在4.5 cm下，2 kg白米處理60s、在9.0 cm下，4 kg白米處理90s即可達到100%的蟲致死率，但在14.0 cm下，6 kg白米處理120s，只能達到87%的蟲致死率，因此改用150 s，方能達到98%。探討6 kg白米不同部位射頻加熱處理後的平均終溫雖達60°C以上，但卻發現三包白米堆疊時，在最上層和最下層的表面溫度卻不達60°C，此為其冷點，故未來需將射頻結合熱風以使白米的表面溫度能夠升高，使溫度更均勻，才可以更快達到100%殺蟲率。

## 材料與方法

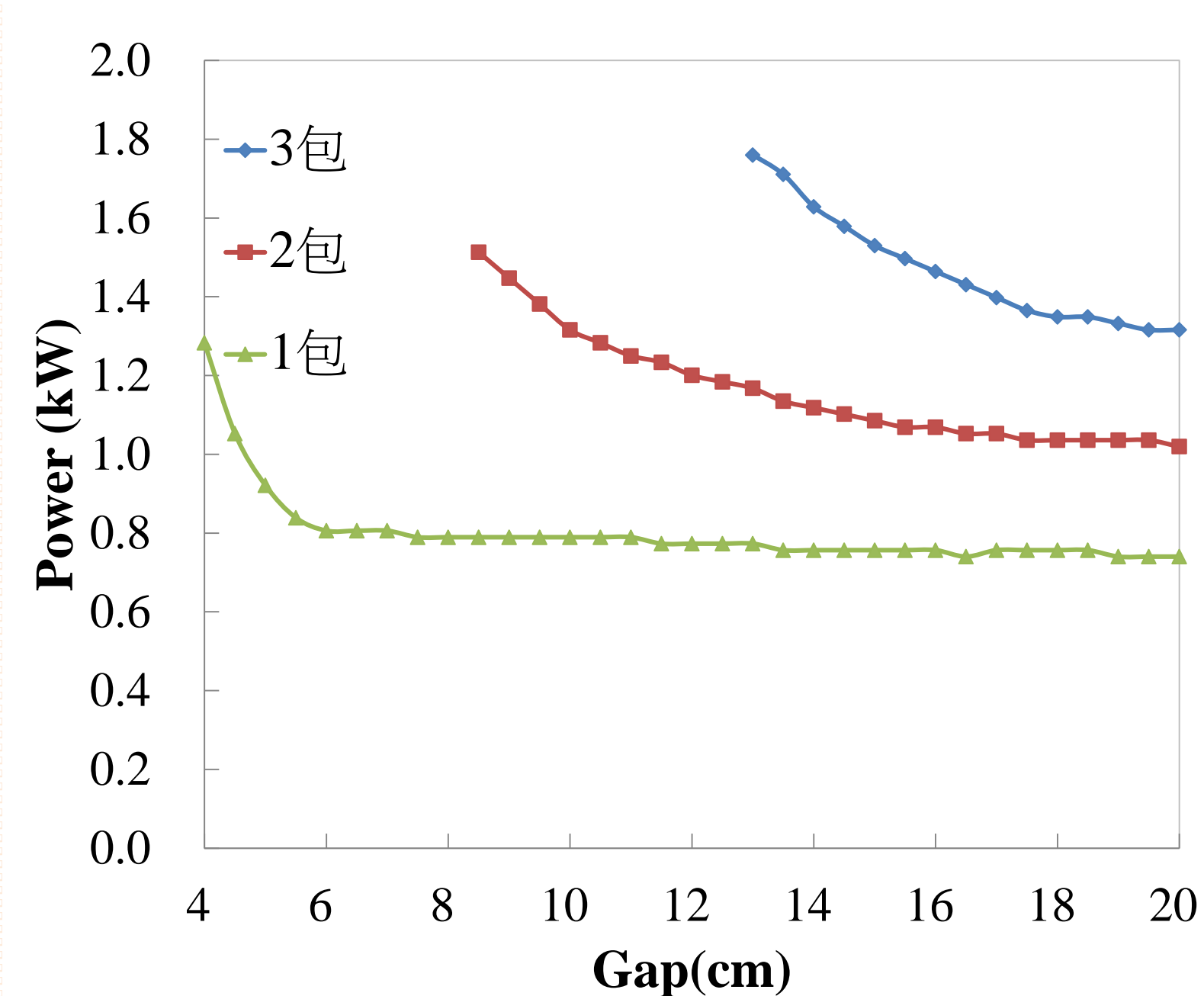
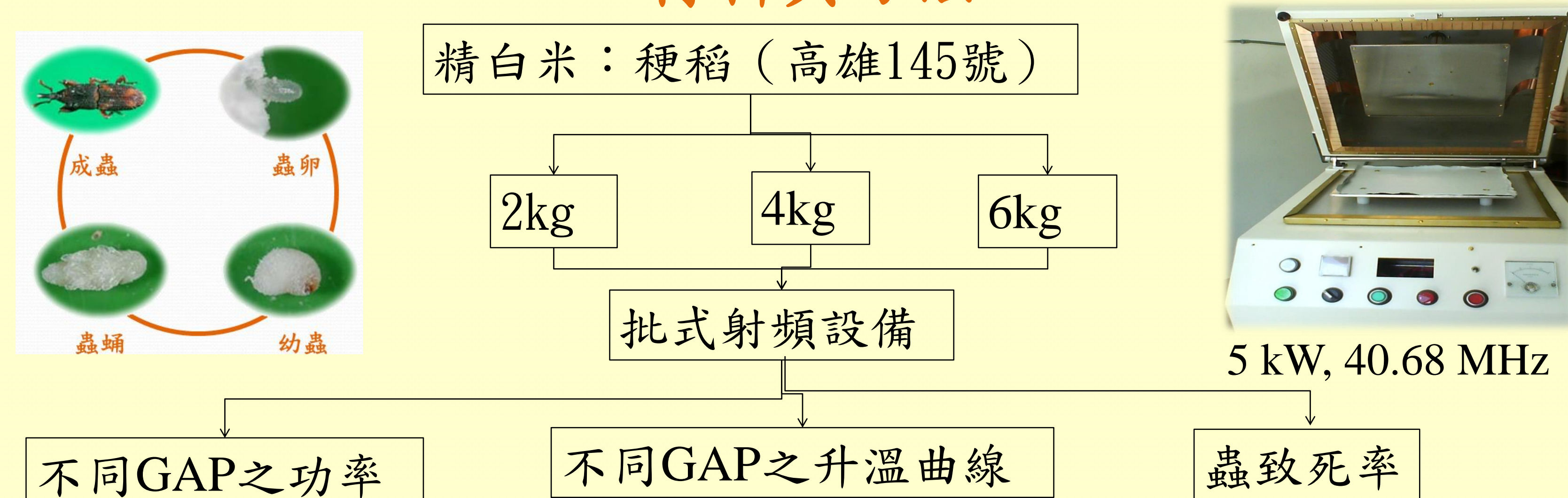


圖1、不同裝載量的白米在不同射頻電極板間距高度對射頻功率之影響。  
Fig. 1. Effect of rice loading on RF power at different RF electrode gaps.

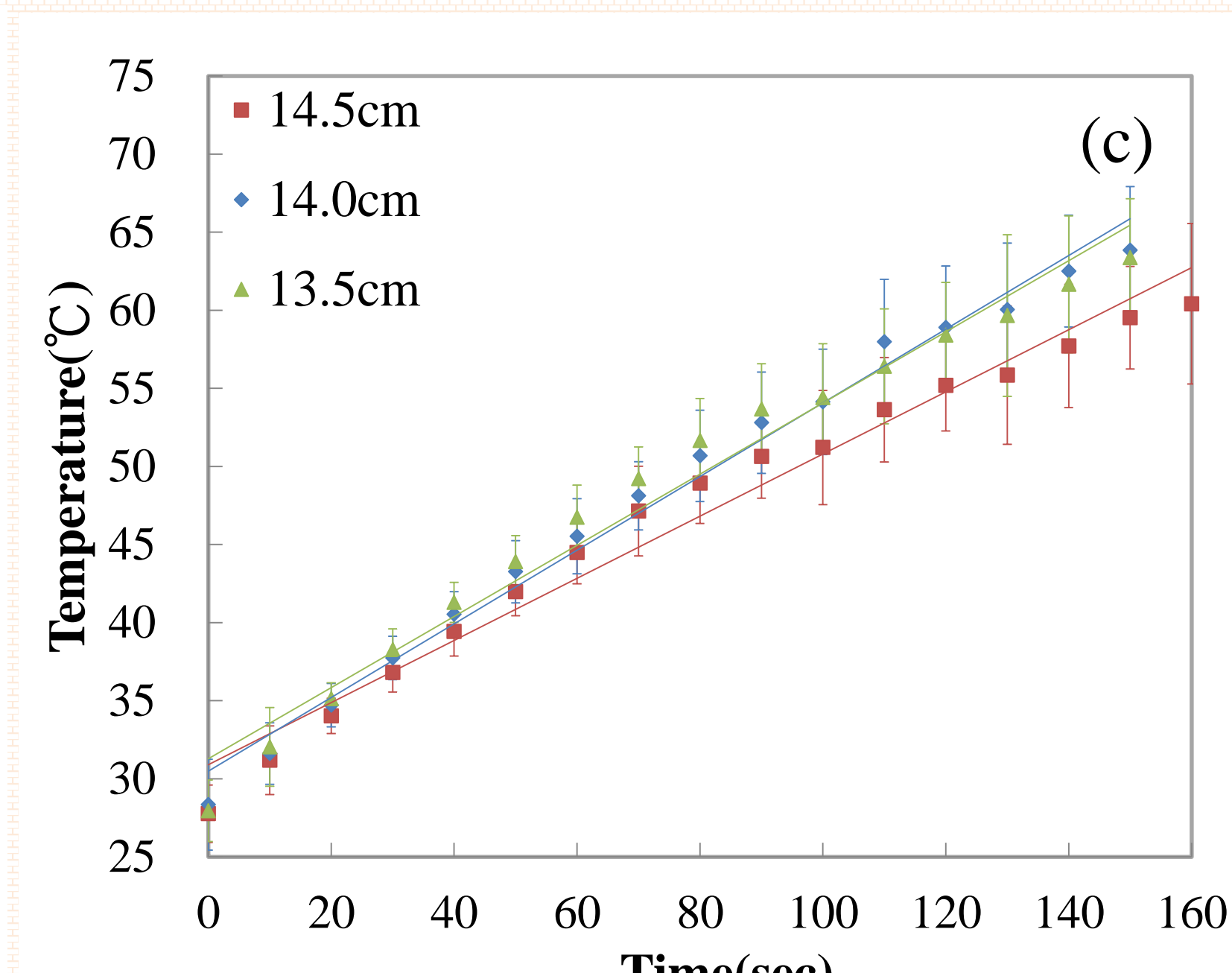
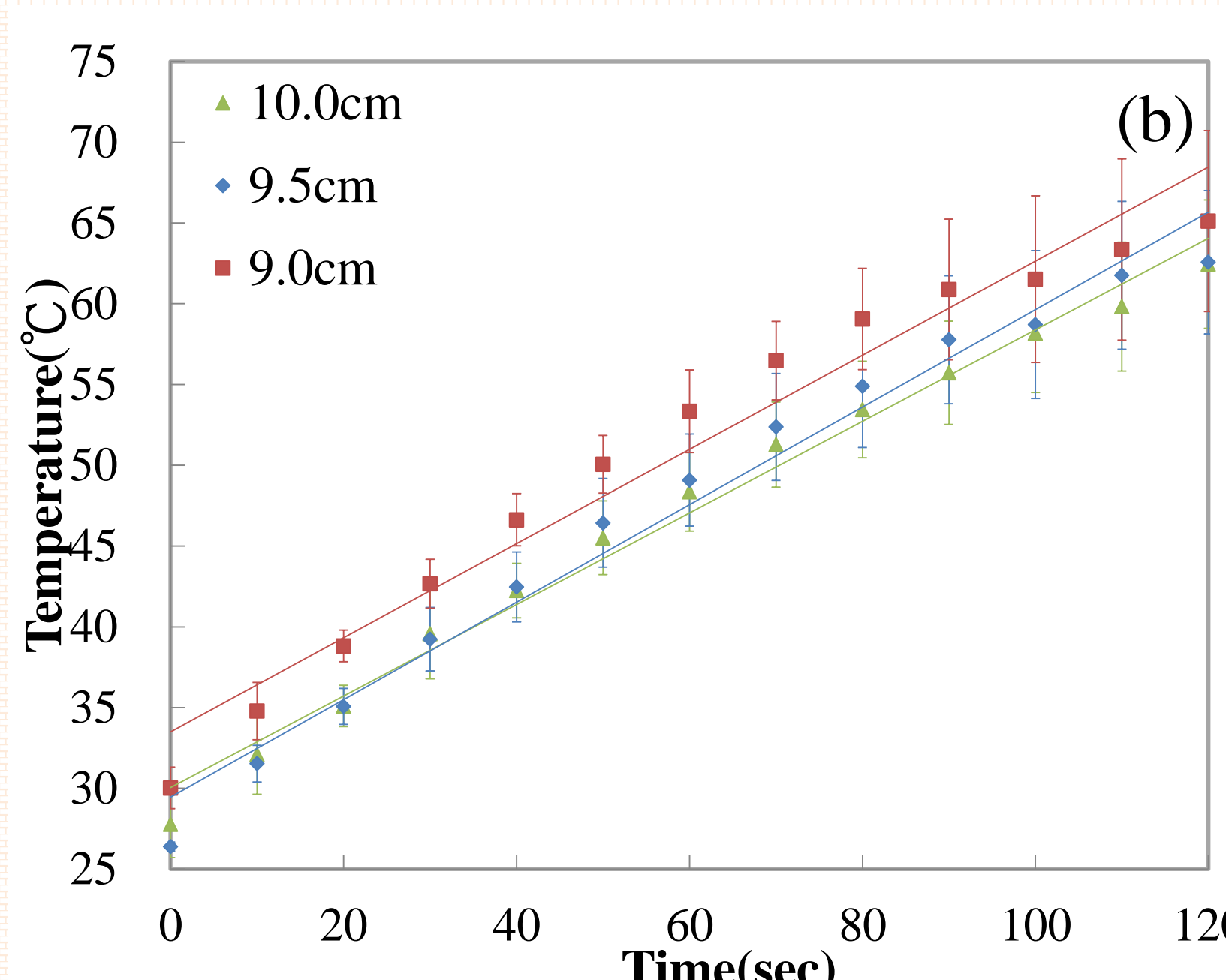
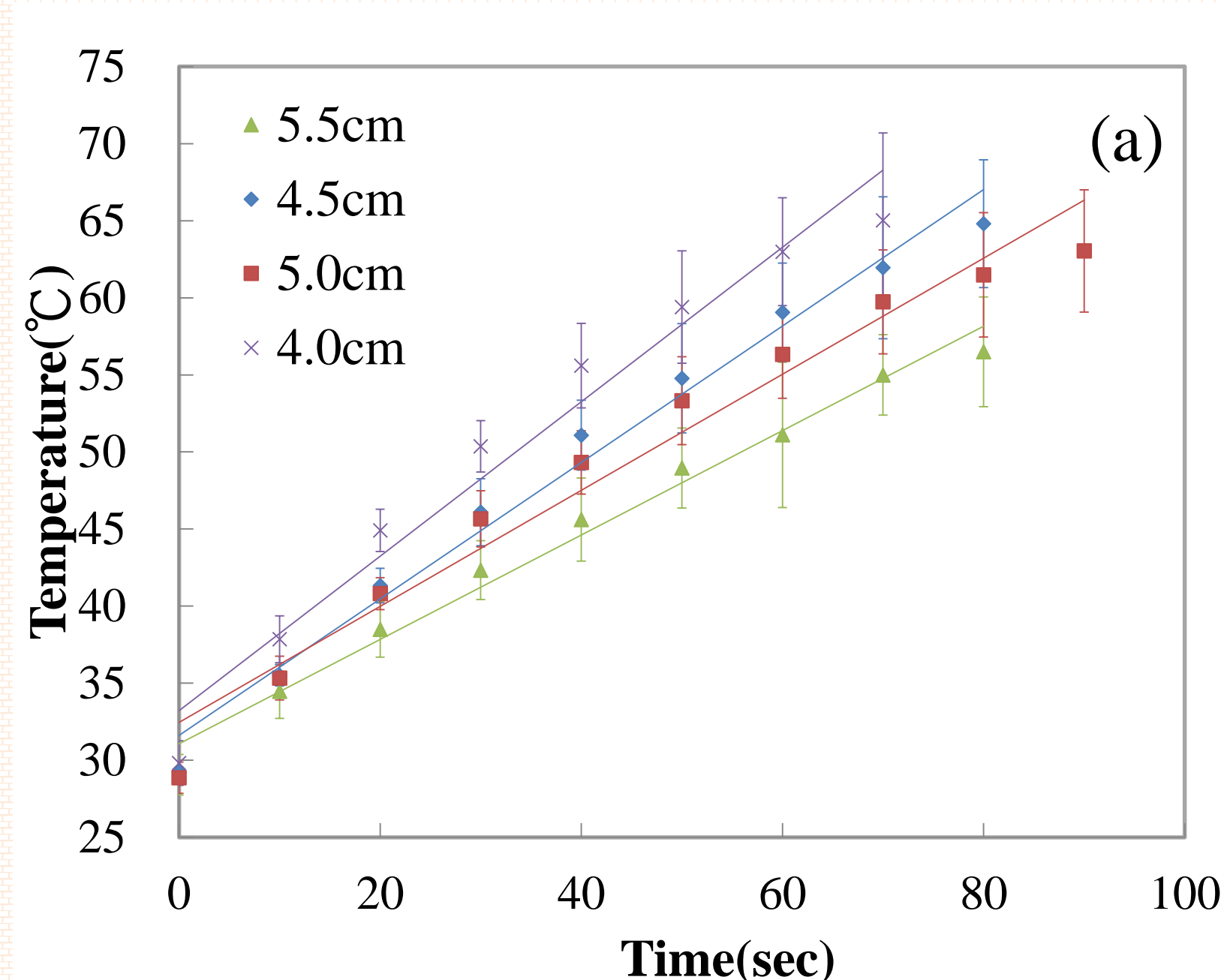


圖2、不同電極板間距高度對射頻處理(a)2 kg, (b) 4 kg和 (c) 6 kg 白米之升溫曲線。  
Fig. 2 Temperature profiles of different rice loading (a)2 kg, (b) 4 kg, and (c) 6 kg at different RF electrode gaps.

表1、不同白米重量及射頻電極板間距之升溫速率  
Table 1 Heating rates of different weights at different RF gaps

Rice (kg)	Gap (cm)	Line regression equation	r <sup>2</sup>	Heating rate (°C/s)
2	4.0	y = 0.5010x + 33.210	0.967	0.5010
	4.5	y = 0.4427x + 31.614	0.985	0.4427
	5.0	y = 0.3765x + 32.450	0.967	0.3765
	5.5	y = 0.3387x + 31.066	0.985	0.3387
4	9.0	y = 0.2913x + 33.505	0.964	0.2913
	9.5	y = 0.3017x + 29.462	0.979	0.3017
	10.0	y = 0.2833x + 30.050	0.988	0.2833
6	13.5	y = 0.2278x + 31.277	0.978	0.2278
	14.0	y = 0.2359x + 30.477	0.989	0.2359
	14.5	y = 0.1989x + 30.900	0.975	0.1989

表2、射頻處理不同重量白米之米蟲致死率  
Table 2 Mortality of different rice loading at RF heating

Rice (kg)	Gap (cm)	Time (s)	Initial pest (No.)	Final pest (No.)	Average mortality (%)	
2	4.5	60	18	0	100%	
4	9.0	90	上	20	0	100%
			下	19	0	
6	14.0	120	上	20	6	87%
			中	19	1	
		150	下	20	1	98%
			上	20	0	
			中	20	0	
			下	20	1	

## 結論

射頻電極板間距越低，功率增加，故會使白米的加熱升溫速率增快。放置2 kg、4 kg和6 kg白米的射頻電極板間距分別為4.5、9.0和14.0 cm時，分別需要40、60和90 s即可使平均溫度達60°C以上。故2 kg和4 kg白米在射頻電極板間距分別為4.5和9.0 cm時，只需40和60 s，即可達到100%米蟲致死率。但6 kg白米則因真空包裝白米表面的冷點問題，故在間距14 cm下150 s僅達98%米蟲致死率。建議未來可以組合射頻和熱風設備，以使米的溫度更為均勻以利於達到100%殺蟲率。