

第二組

教育部化工群科課程中心
專題製作示例評選

『暖暖包』廢料變肥料

指導教師：吳詩澤

參賽組員：游勝嘉

潘筱君

江育如

普翊豪

學校：國立埔里高工

科別：化工科

中華民國九十八年五月十二日

『暖暖包』廢料變肥料

摘要

暖暖包是每個人曾經購買過的禦寒必備品，尤其是在寒流來襲的季節，暖暖包的需求量更是大增，手中握著暖呼呼的暖暖包，整個人全身就會溫暖了起來，精神與心情都會得到一種通體舒暢的快感，而工作效率也會大為提高；但是當暖暖包放熱一段時間其反應完全後，該產物即無法回收再利用，在講求節能減碳的今天，將暖暖包廢料轉變成肥料有效再利用，將可減少對地球的傷害。

本實驗依據暖暖包所組成之成份，再加入適當比例之肥料三要素來改質，並針對其產品自製包裝袋此兩方面著手，蒐集肥料種類與特性，了解其加入暖暖包該份量與性質對溫度之影響，最後再鋪放種植小白菜之盆栽中，瞭解該改質成分對小白菜成長之影響，希望以回收再利用的觀點，達成節能減碳的最大效果。

壹、研究動機

因為近來全球提倡節能減碳，看到同學人手一包暖暖包，但是使用完即丟棄，讓我覺得這種作法是對環境的一大破壞(普化單元：大氣與土壤)，又因為我被如何將暖暖包廢料變肥料的標題吸引，也對做這樣的實驗研究甚感興趣，在幾經討論後，便開始進行研究實驗，例如：以往暖暖包成份中含有氯化鈉，放入土壤中易造成鹽化作用，但在我們能力可及的研究範圍下能把氮、磷、鉀肥都加入暖暖包中(普化單元：主族元素)，其廢料並使小白菜健康成長及含鐵量更豐(化學乙級單元：鐵含量測定)，這樣的大發現將會讓人興奮不已，但因可供我們實驗的物品種類繁多，便找了多種市面上較易購得的器材藥品加以研究，希望能以不失暖暖包之主要功能情形下，達到廢料當肥料之主要目的。

貳、研究目的

- 一、蒐集各方面的資訊，尋求肥料之種類與特性。
- 二、探討暖暖包中各成份的功能，找出其對延長溫度的效果。
- 三、實驗各類肥料與暖暖包之交互影響，考量溫度再做深入研究。
- 四、自製暖暖包之包裝袋，以達延長溫度的最佳效果。
- 五、研究暖暖包對小白菜之生長影響，並加以深入探討。
- 六、探討較方便且精確的方法以將人為變因降至最低。

參、研究設備及器材

- 一、物品：市售暖暖包、不織布、防水膠膜、鐵粉、氯化鈉、活性炭、蛭石、氯化鉀、硫酸鉀、磷酸鉀、尿素、三聚氰胺、硫酸胺、磷酐、硝酸鉀、磷酸二氫鈣、咖啡粉、茶葉粉、水、小白菜種子、培養土、草酸鈉、過錳酸鉀、硫酸、氯化亞錫、鹽酸、氯化汞、磷酸、Zimmermann-Rinhardt(Z-R)試劑。

二、器材：稱量紙、電子天平、封口機、電熨斗、溫度計、量筒、研鉢、刮杓、研磨機、塑膠盆栽、燒杯、滴定管、錐形瓶、玻棒、刻度吸量管、漏斗、本生燈、洗瓶、滴定管架。

肆、研究過程

一、實驗裝置

(一) 將市售暖暖包剪開(如下左圖)，倒出內容物後即成實驗所需之包裝袋。



(二) 把自製暖暖包各種配方放入包裝袋中，再用封口機密合(如上右圖)即完成自製成品。

(三) 實驗中溫度之測量方式，是將溫度計放在包裝袋外側測量(如下左圖)，如此較符合身體與暖暖包接觸時之實際溫度。



(四) 自製包裝袋之規格，以與市售暖暖包之相同面積計算(如上右圖)後封口完成。

(五) 種植小白菜是先將其種子放在培養盤中生長，待發芽後才移至盆栽中種植(如下圖)，並加入各暖暖包組成平鋪在土壤表面比較之。



(六) 小白菜含鐵量實驗是依據乙級化學技術士試題「以過錳酸鉀定量褐鐵礦中之鐵含量」之方法來檢測。

二、溫度記錄的標準

- 1.量測方式以測包裝袋外側之中心溫度為主，以貼近身體的感受。
- 2.每 30 分鐘測量一次溫度，以 8 小時為量測基準，

伍、研究結果

一、實驗第一階段

先由所蒐集到的資料分析，加上化工課程所學到的「氧化還原」與「肥料三要素」觀念，先選擇鉀肥三項藥品進行探討與實驗。

(一)方法：

- 1.分析市售暖暖包之組成如下表：(單位：克)

	氯化鈉(鹽)	鐵粉	活性炭	蛭石	水
重量	8.5	26.5	3.0	2.0	3.0

- 2.可溶性鹽類會增加土壤溶液的滲透壓，限制植物水分吸收，損害植物的生長，因此將氯化鈉更換為氯化鉀(鉀肥)，避免鹽化作用。氯化鉀三種不同重量組成如下表：
(單位：克)

	氯化鉀	鐵粉	活性炭	蛭石	水
氯化鉀(A)	4.25	26.5	3.0	2.0	3.0
氯化鉀(B)	8.50	26.5	3.0	2.0	3.0
氯化鉀(C)	12.75	26.5	3.0	2.0	3.0

- 3.選擇氯化鉀(A)(B)(C)中之最佳組成，再以同重量更換成其他鉀肥組成：硫酸鉀、硝酸鉀並加以比較。
- 4.配合市售暖暖包包裝袋進行溫度測量。

(二)本階段結果(溫度單位：°C)

時間(小時)	暖 暖 包				
	市售	自製氯化鈉	氯化鉀(A)	氯化鉀(B)	氯化鉀(C)
0.5	42	36	39	43	41
1	41	38	38	45	40
1.5	40	38	39	47	42
2	41	40	39	43	40
2.5	41	42	38	51	41
3	42	39	40	48	43
3.5	40	41	39	48	40
4	41	42	39	50	36

暖 暖 包					
時間(小時)	市售	自製氯化鈉	氯化鉀(A)	氯化鉀(B)	氯化鉀(C)
4.5	43	42	38	50	36
5	40	41	40	46	35
5.5	46	40	41	50	38
6	45	42	43	46	42
6.5	46	42	40	49	43
7	43	40	40	50	45
7.5	40	42	38	48	44
8	42	42	39	49	39

- 1.自製氯化鈉暖暖包與市售暖暖包溫度差異性不大，8小時後自製氯化鈉配方仍可達42°C。
- 2.氯化鉀(B)配方效果最佳，8小時後可達49°C，期間高溫達51°C，也比自製氯化鈉配方效果好。

暖 暖 包 (溫度°C)			
時間(小時)	氯化鉀(B)	硫酸鉀	硝酸鉀
0.5	43	37	36
1	45	38	43
1.5	47	39	48
2	43	43	45
2.5	51	42	42
3	48	40	49
3.5	48	44	47
4	50	40	44
4.5	50	41	43
5	46	42	45
5.5	50	40	43
6	46	42	43
6.5	49	41	40
7	50	43	42
7.5	48	45	40
8	49	42	45

- 3.氯化鉀(B)配方與硫酸鉀及硝酸鉀配方相比較，溫度持續性及高溫特性，還是以氯化鉀(B)為最優。
- 4.以氯化鉀取代氯化鈉除可防止土壤鹽化，氯化鉀更是優良的鉀肥，具有強健植物根部與枝莖的效果。

(三)下階段改進措施

- 1.此階段已選出氯化鉀當作暖暖包中鉀肥成份，下階段將繼續探討氮肥的最佳成份：尿素、三聚氰胺、硫酸胺。
- 2.實驗過程中藥品是以累加的方式進行，當找出一種最佳成份即放入原配方中當成主配方，進行下一實驗。
- 3.資料分析小白菜適宜肥料之重量比例為氮肥：磷肥：鉀肥為 3：4：4，因此下階段氮肥與磷肥之配方重量，將依據此比例加以實驗。
- 4.原本使用額溫槍溫度計，但過 42°C 即無法偵測，因此全部改以酒精溫度計量測。

二、實驗第二階段

接續第一階段之配方，改良實驗之缺點及改善方法，將可變因素降至最低，選出所需藥品繼續實驗。

(一)方法

- 1.將已加入鉀肥之暖暖包，與不同比例尿素(氮肥)加以組成新配方如下表：
(單位：克)

	尿素	氯化鉀	鐵粉	活性炭	蛭石	水
尿素(A)	3.19	8.5	26.5	3.0	2.0	3.0
尿素(B)	6.38	8.5	26.5	3.0	2.0	3.0
尿素(C)	9.56	8.5	26.5	3.0	2.0	3.0

- 2.選擇尿素(A)(B)(C)中之最佳組成，再以同重量更換成其他氮肥組成：三聚氰胺、硫酸胺並加以比較。
- 3.配合市售暖暖包包裝袋進行溫度測量。

(二)本階段結果

時間(小時)	暖 暖 包		
	尿素(A)	尿素(B)	尿素(C)
0.5	36	36	34
1	37	34	32
1.5	36	35	33
2	35	33	32
2.5	38	34	32
3	37	35	33
3.5	35	32	31
4	36	33	30
4.5	37	32	30

暖 暖 包			
時間(小時)	尿素(A)	尿素(B)	尿素(C)
5	37	30	30
5.5	36	31	31
6	35	32	30
6.5	37	31	30
7	35	30	30
7.5	34	31	31
8	37	32	30

(溫度單位：℃)

1. 尿素(A)配方效果最佳，8小時後可達 37℃。

暖 暖 包			
時間(小時)	尿素(A)	三聚氰胺	硫酸胺
0.5	36	43	36
1	37	41	39
1.5	36	40	42
2	35	42	38
2.5	38	38	37
3	37	40	38
3.5	35	41	38
4	36	42	37
4.5	37	41	38
5	37	41	39
5.5	36	43	38
6	35	42	39
6.5	37	41	37
7	35	42	40
7.5	34	43	39
8	37	43	39

(溫度單位：℃)

2. 尿素(A)配方與三聚氰胺及硫酸胺配方相比較，三聚氰胺效果最優，8小時後可達 43℃。

3. 三聚氰胺是此階段最佳之氮肥配方，而氮肥可助植物葉子生長繁茂。

(三) 下階段改進措施

1. 此階段又選出三聚氰胺當做暖暖包中氮肥成份，因此暖暖包中已有鉀肥與氮肥之成份，下階段將繼續探討磷肥的最佳成份：磷酸鉀、磷酐、磷酸二氫鈣。

2.因實驗藥品是以累加的方式進行，因此暖暖包中成份含量越來越多，為求溫度測量精確，藥品在每測一次溫度後，都有將暖暖包搖和均勻。

三、實驗第三階段

接續第二階段之配方，改善實驗人為操作方法之誤差，選出所需藥品繼續實驗。

(一)方法

1.將已加入鉀肥及氮肥之暖暖包，與不同比例磷酸鉀(磷肥)加以組成新配方如下表：
(單位：克)

	磷酸鉀	三聚氰胺	氯化鉀	鐵粉	活性炭	蛭石	水
磷酸鉀(A)	4.25	3.19	8.5	26.5	3.0	2.0	3.0
磷酸鉀(B)	8.50	3.19	8.5	26.5	3.0	2.0	3.0
磷酸鉀(C)	12.75	3.19	8.5	26.5	3.0	2.0	3.0

- 2.選擇磷酸鉀(A)(B)(C)中之最佳組成，再以同重量更換成其他磷肥組成：磷酐、磷酸二氫鈣並加以比較。
- 3.配合市售暖暖包包裝袋進行溫度測量。

(二)本階段結果

時間(小時)	暖 暖 包		
	磷酸鉀(A)	磷酸鉀(B)	磷酸鉀(C)
0.5	40	36	38
1	41	38	41
1.5	43	39	42
2	40	40	41
2.5	42	36	39
3	44	38	41
3.5	43	40	38
4	46	41	43
4.5	44	37	40
5	43	39	37
5.5	48	38	40
6	52	40	42
6.5	46	40	41
7	42	37	38
7.5	45	37	42
8	45	35	39

(溫度單位：℃)

1.磷酸鉀(A)配方效果最佳，8 小時後仍可達 45°C，最高溫可達 52°C。

時間(小時)	暖 暖 包	
	磷酸鉀(A)	磷酸二氫鈣
0.5	40	24
1	41	22
1.5	43	24
2	40	25
2.5	42	24
3	44	25
3.5	43	26
4	46	25
4.5	44	26
5	43	26
5.5	48	27
6	52	24
6.5	46	25
7	42	24
7.5	45	25
8	45	25

(溫度單位：°C)

2.磷酸鉀(A)配方與磷酐及磷酸二氫鈣配方相比較，還是磷酸鉀(A)效果最佳。

3.磷酐配方在加入包裝袋中後，即將袋子融破一個大洞(如下左圖)，且不斷冒出綠色具酸味的煙(如下右圖)，因此無法量測溫度。



4.磷酸二氫鈣配方則是溫度平均保持在 25°C 左右，較感覺不到有發熱的現象。

5.磷酸鉀(A)是此階段最佳之磷肥配方，而磷肥可助植物開花與結果。

(三)下階段改進措施

1. 此階段又選出磷酸鉀(A)為暖暖包中磷肥成份，因此目前暖暖包中鉀肥(氯化鉀)、氮肥(三聚氰胺)、磷肥(磷酸鉀)已完全選出最佳組成。

2.將(1)市售暖暖包(2)自製氯化鈉配方(3)自製肥料暖暖包(最佳組成)，此三種配方經反應完全後來做為小白菜肥料，並依其生長情形加以比較分析。

四、實驗第四階段

此階段要將一些不同成份所組成之暖暖包做為小白菜肥料，進而觀察小白菜之生長情形。

(一)方法

- 1.先將小白菜種子種植在培養盤中，待發芽後才移至各盆栽中。
- 2.把各種暖暖包在反應完全後，平鋪一整包在盆栽之土壤表面。
- 3.每日按時澆水，每兩天記錄一次小白菜高度，為避免人為誤差，量測工作為同一人操作。

(二)本階段結果(高度單位：公分)

天數	暖 暖 包		
	只用培養土	市售	肥料(最佳組成)
2	1.8	1.8	1.8
4	2.5	2.5	2.6
6	2.7	2.9	3.1
8	2.9	3.0	3.3
10	3.3	3.0	3.6
12	3.5	3.3	3.9
14	3.8	3.6	4.5
16	4.1	3.7	5.2
18	4.7	3.9	5.8
20	5.3	4.2	6.5
22	5.8	4.4	7.0
24	6.3	4.5	7.7
26	6.8	4.7	8.5
28	7.2	4.8	8.7
30	7.8	5.1	9.3

1.肥料暖暖包使用 30 天後(如下圖左)，小白菜高度為 9.3 公分，比只用培養土(如下圖中)及市售暖暖包(如下圖右)當肥料效果都來得好。



2.市售暖暖包比只用培養土效果差，研判應是氯化鈉成份造成土壤有少許鹽化現象。

(三)下階段改進措施

- 1.將本階段四種暖暖包當肥料所種植之小白菜，經研磨過濾後，依照乙級化學技術士試題「以過錳酸鉀定量褐鐵礦中之鐵含量」的方法來測定小白菜所含之鐵質含量。
- 2.小白菜沾染之土壤需洗滌乾淨，以排除測量干擾因素。

五、實驗第五階段

此階段要將小白菜研磨成汁，利用過錳酸鉀定量小白菜中之鐵含量。

(一)方法

- 1.以「以過錳酸鉀定量褐鐵礦中之鐵含量」實驗步驟，來檢測小白菜之鐵含量。
- 2.先標定出 0.00201M 過錳酸鉀溶液，取 2 ml 小白菜溶液，以去離子水稀釋至 10 ml，加入 15 ml 濃鹽酸及 1 ml 0.125M SnCl₂ 溶液混合均勻。再加入 0.125M SnCl₂ 溶液，使溶液由黃色還原為無色。
- 3.接續步驟 2，將無色溶液加入 10 ml 5% HgCl₂ 靜置 3 分鐘，再加 25 ml Z-R 試劑及 15 ml 85% 磷酸溶液，並稀釋至 100 ml。以 0.00201M 過錳酸鉀溶液滴定，以計算小白菜中鐵之含量。

(二)本階段結果

比較以下三種組成其小白菜之鐵含量：

	暖 暖 包		
	只用培養土	市售	肥料(最佳組成)
鐵含量 %	0.00099	0.00159	0.00163
ppm	9.9	15.9	16.3

- 1.由肥料暖暖包測得 16.3 ppm 鐵含量，是三種配方中含鐵量最多。
- 2.市售暖暖包含鐵量接近肥料暖暖包，研判是兩者的成份中有鐵粉存在，因而被吸收。
- 3.身體鐵質不足時，易導致貧血、削弱免疫系統功能、易疲倦，因此如能實驗出高鐵質含量的小白菜，將可幫助身體植物性鐵質的吸收。

(三)下階段改進措施

- 1.目前已實驗出肥料暖暖包的配方與成效，下階段要將肥料暖暖包配方與自製包裝袋結合，實驗出最佳的暖暖包包裝袋。

六、實驗第六階段

自製各種暖暖包包裝袋，再裝入前階段所研究得到之肥料暖暖包配方，進行溫度測量，由實驗結果再加以改良其包裝袋。

(一)方法

自製暖暖包尺寸定與市售暖暖包尺寸面積相同，並分三角形與長方形兩種尺寸(如下左圖)，不織布與防水膜用電熨斗黏合(如下右圖)，在包裝時防水膜需在外側，如此封口機才能順利封口。



(二)本階段結果

- 1.三角形暖暖包，不同類型之比較，如以下三種：
 - (A)防水膜與不織布同尺寸大小，無留縫隙。
 - (B)此款同(A)之製作，但在兩面防水膜上各扎 10 個孔(使用大頭針)。
 - (C)此款同(A)之製作，但在兩面防水膜上各扎 20 個孔。◎實驗結果：三角形(C)款最佳，溫度 40°C 以上可維持 2 小時。
- 2.長方形暖暖包，不同類型之比較，如以下四種：
 - (A)防水膜與不織布同尺寸大小，無留縫隙。
 - (B)防水膜各邊長度比不織布少 0.3 公分
 - (C)防水膜各邊長度比不織布少 0.5 公分
 - (D)防水膜各邊長度比不織布少 1.5 公分◎實驗結果：長方形(B)款最佳，溫度 40°C 以上可維持 6 小時，而也比三角形(C)款效果好。

陸、討論

- 一、暖暖包之溫度測量及成份取樣，小白菜之生長量測、暖暖包之密封...等工作，都以分工專人負責，以降低實驗誤差。
- 二、在種植小白菜過程，每天固定時間澆水一次，種植過程遇到的困擾，是有菜蟲來吃葉子(如下左圖)，因此要隨時提高警覺抓走菜蟲(如下右圖)。



- 三、肥料暖暖包配方，依計算每包其成本約為 25 元，若能大量製造，將可降低成本支出。
- 四、第一階段實驗發現，鉀肥以氯化鉀 8.5g 替代氯化鈉之暖暖包效果最佳，也可避免將氯化鈉加入土壤中造成鹽化作用。
- 五、第二階段實驗得到氮肥以三聚氰胺 3.19g 效果最好。
- 六、第三階段實驗瞭解磷肥以磷酸鉀 4.25g 效果最佳。

『肥料暖暖包最佳組成如下表』：(單位：克)

	磷酸鉀	三聚氰胺	氯化鉀	鐵粉	活性炭	蛭石	水
重量	4.25	3.19	8.5	26.5	3.0	2.0	3.0

◎肥料暖暖包 8 小時後溫度仍可達 45°C。

- 七、第四階段實驗得到小白菜使用了肥料暖暖包肥料後，生長效果比只用培養土或市售暖暖包當肥料都要好。
- 八、第五階段實驗瞭解小白菜的鐵質含量，也在使用了肥料暖暖包當肥料後有所增加。
- 九、第六階段實驗結果自製暖暖包包裝袋時，防水膜比不織布各邊少 0.3 公分組裝起來效果最好，裝入肥料暖暖包配方，6 小時後仍可達 40°C。

柒、結論

- 一、自製肥料暖暖包，內含鉀肥(氯化鉀)、氮肥(三聚氰胺)、磷肥(磷酸鉀)之肥料三要素，而在 8 小時測試下其暖暖包功能也比市售暖暖包效果佳。
- 二、在小白菜種植實驗中，加入肥料暖暖包配方當肥料，其生長效果比只有培養土的效果好；而其小白菜鐵質測定也發現加入肥料暖暖包的小白菜，其鐵含量比只有培養土的含量高。
- 三、自製暖暖包包裝袋部分，發現防水膜的尺寸大小影響空氣的進出，也就是關係鐵的氧化速率，防水膜各邊比不織布少 0.3 公分是目前得到最佳效果。

捌、未來展望

基於實驗設計性考量，故無法完成許多因素的檢驗，下列因素未來可以用實驗方式驗證其結果。

- 一、肥料的種類與比例是否可基於成本考量，尋求其他更優良的組成？
- 二、同一種肥料配方針對各種植物是否適用？
- 三、自製暖暖包包裝袋實驗，對於袋子製作是否可找出其他更好的製作方法？

玖、參考資料

- 1.蔡永昌(2008)。乙級化學必勝寶典。臺北縣：台科大。
- 2.張凱傑(2005)。熱化學極致暖暖包。
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2005/09/2005092310182683.pdf>
- 3.小白菜需要什麼？(無日期)。育英國小網。
<http://www.yies.ilc.edu.tw/IMPORTANT/nature.htm>