

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生物科

080319

我把「溶液」翻轉了!-不同酸鹼值水溶液與栽培
介質對黑豆生長之影響

學校名稱：雲林縣西螺鎮中山國民小學

作者：	指導老師：
小五 林品蓉	李偉誠
小五 廖文琪	陳怡萍
小五 林緹暄	
小五 李采靚	
小五 張婉暄	

關鍵詞：不同酸鹼值水溶液、黑豆、栽培介質

摘要

本研究經實驗結果發現，在發芽率部分，以 pH 值為 6.1 棉花培養皿種植黑豆，滴入 pH7.0 中性水溶液的發芽率最高；培養土 pH 值為 7.7，在培養土中種植黑豆，澆灑不同酸鹼值的水溶液，黑豆發芽率良好，約為 95%~100%；校園中的土壤 pH 值約為 8.2，將黑豆種植在土壤中，黑豆發芽率皆可達到 100%。

在黑豆生長高度部分，將黑豆種植在培養土中，澆灑中性水溶液的黑豆剛開始生長較為緩慢，最後高度最高。將黑豆種植在土壤中，以澆灑中性水溶液的黑豆生長最快速。而黑豆生病枯萎發生率部分，栽培介質為培養土或土壤皆是以鹼性水溶液的黑豆生病率最高。最後關於黑豆的豆莢的平均長度和平均重量以澆灑酸性水溶液的豆莢最長；豆莢數量上以澆灑鹼性水溶液的豆莢數量最多。

壹、研究動機

我們的家鄉-----西螺醬油聞名全台，黑豆是製作醬油的主要原料之一。因此我們想要透過實驗了解西螺地區的土壤是否適合種植黑豆？而我們在五年級上學期的康軒版自然與生活科技課程的第二單元學到了植物的根、莖、葉和繁殖功能，在第三單元學習了水溶液的酸鹼性。因此，希望結合課本所學知識與家鄉在地產業，透過實驗操作與觀察，研究不同酸鹼值水溶液與不同栽培介質對於黑豆生長的影響，能了解並驗證在哪一種環境下，黑豆生長情況會比較好，這是我們的研究動機。

貳、研究目的

根據上述研究動機，可將本科展實驗之研究目的歸納如下：

- 一、觀察不同酸鹼值水溶液與培養介質對於黑豆發芽率之影響。
- 二、觀察不同酸鹼值水溶液與培養介質對於黑豆生長狀況之影響。
- 三、觀察在一般校園土壤中澆灑不同酸鹼值水溶液對黑豆豆莢生長情況之影響。

參、研究設備及器材

一、操縱變因

(一)不同酸鹼值之水溶液：水溶液是指溶質加上溶劑之液體，本實驗研究的溶劑為純水。

- 1.中性水溶液：使用標榜 pH 值為 7.0 之純水，經由 pH 值測試筆與廣用石蕊試紙測試為 pH 值 7.0 中性水溶液。
- 2.酸性水溶液：採用教學用醋加入純水稀釋調配而成，經由 pH 值測試筆以及廣用石蕊測試確認 pH 值為 3.0 與 pH 值 5.5 的酸性水溶液。

3.鹼性水溶液：採用教學用小蘇打粉加入純水調配而成，經由 pH 值測試筆以及廣用石蕊測試確認 pH 值為 8.0 的鹼性水溶液。

二、控制變因

1.不同之栽培介質：


- (1)自製簡易培養皿：將棉花塞入小塑膠杯並貼上分類標籤。
- (2)培養土：以壤土、砂、腐殖質及有機肥為主體，將培養土填入黑色植栽盤中。
- (3)校園中的土壤：土壤是一種自然體，由數層不同厚度的土層所構成，主要成分是礦物質(維基百科，2017)。本實驗所使用的土壤為黃土，是一般常見的土，土壤來源為學校的中庭花圃。

2.黑豆：黑豆屬於豆科，蝶形花亞科，大豆屬。學名：Glycine max var.，為一年生草本植物(行政院農委會，2013)。黑豆的根分成主根與側根，主根由胚根伸長而成，側根上有許多細根，根部含根瘤菌極多。黑豆的莖多具有直立性，株高約 40~80 公分。黑豆播種後子葉挺出土面，出生葉生長於子葉上方，初生葉呈卵圓形，之後會長出三小複葉。黑豆的花為為典型蝶形花，花冠由五片花瓣構成，花色有紫色及白色。黑豆成熟的豆莢長約 2~7 公分，豆莢形狀是刀狀或彎月鑷刀狀，每個豆莢約有 1~7 粒黑豆種子，黑豆種子的種皮為黑色(行政院農委會，2013)。黑豆最適合生長的溫度為 20~30℃，屬於短日照作物。黑豆種子發芽最適宜的土壤最大持水量為 50~60%，最適黑豆發育的土壤 pH 值在 6~7.5 之間(行政院農委會，2013)。

三、研究設備和器材

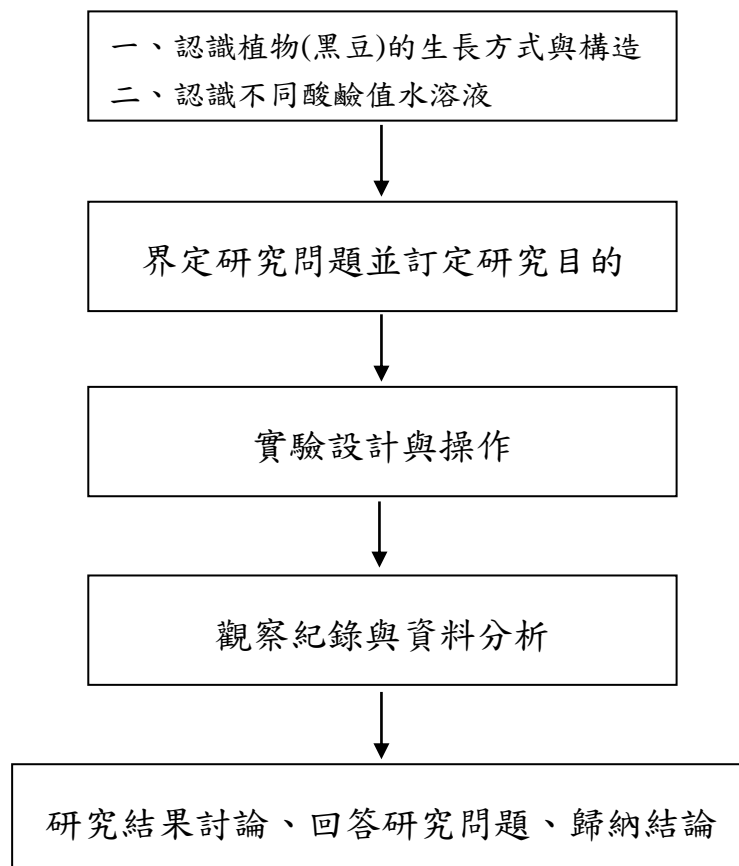
本實驗所使用之研究器材或設備，如下表所示：

表 3-1 本研究所使用之研究器材一覽表

黑豆	簡易培養皿	棉花	培養土	培養植栽盤	校園裡的土壤
					
中性純水	醋	小蘇打粉	量杯	滴管	攪拌棒/湯匙
					
澆水桶	鏟子	磅秤	皮尺	廣用石蕊試紙	pH 值測試筆
					

肆、研究過程或方法

一、研究架構與流程



二、研究方法

本研究採用實驗設計研究法與觀察研究法，分成三階段進行。第一個階段將黑豆種子放置於培養皿，每個培養皿放置一顆黑豆種子，並依照滴入中性水溶液、酸性水溶液與鹼性水溶液的不同操作分成三類，每一類計有 20 顆黑豆種子進行實驗。每天分別依照類別滴入不同酸鹼值水溶液，觀察並記錄種子的發芽狀況與生長情況，之後統計滴入不同酸鹼值水溶液之黑豆發芽率，此階段完成實驗。

之後進行第二階段：黑豆種子在培養土中澆灑不同酸鹼值水溶液的實驗，先將培養土填入在黑色植栽盤中，總共分成澆灑中性水溶液、酸性水溶液與鹼性水溶液三個培養土植栽盤。每個植栽盤種植黑豆種子二十顆，每隔兩天澆灑一次不同酸鹼值水溶液，觀察並記錄不同酸鹼值水溶液植栽盤的黑豆發芽破土率與生長發育狀況，一直到鹼性水溶液全部生病枯死為止，結束第二階段的實驗觀察。

第三階段則是將黑豆種子種於校園一般土壤，並澆灑不同酸鹼值水溶液的實驗。先在校園中找一塊陽光充足的土地，經由除草和翻土後，分成日後澆灑不同酸鹼值水溶液之三個區







塊，因為實驗過程樣豆樣本數量的流失，決定在澆灑中性水溶液土壤中種植黑豆 19 顆、在澆灑酸性水溶液與鹼性水溶液的土壤中各種植黑豆 15 顆。一個禮拜中的星期一、三和五澆灑經過調配的不同酸鹼值水溶液，星期二和四則是澆灑自來水，觀察並記錄黑豆的發芽率與生長狀況，直至採收豆莢為止，結束第三階段的實驗觀察。

三、觀察記錄表

經由老師指導如何操作後，我們做了詳細的觀察，將每日觀察資料一一彙整，下表為我們對本研究之觀察的詳細記錄表。

(一)第一階段—利用培養皿進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽的觀察

1.不同酸鹼值水溶液對黑豆發芽率之實驗

105.11.07 星期一	 認識不同酸鹼值水溶液	 認識黑豆	 製作簡易培養皿	 各類別培養皿編號 1-20 號，三種不同酸鹼值水溶液總共為樣本 60 個
105.11.08 星期二	 1.利用培養皿培養黑豆 2.中性、酸性、鹼性水溶液培養皿 3.三種不同酸鹼值水溶液各 20 顆黑豆	 將 pH 值測試筆的電極完成 pH 測試筆之校正程序	 利用 pH 測試筆測試中性純水的 pH 值是否為 7.0	 利用醋加純水稀釋調配酸性水溶液，直到經 pH 值測試筆測試 pH 值為 3.0 即完成酸性水溶液
	 利用小蘇打粉加純水調配鹼性水溶液，經 pH 值測試筆調配 pH 值為 8.0 即表示完成弱鹼性水溶液。	 使用滴管分別將不同酸鹼值水溶液滴入不同水酸鹼值之培養皿中	 將已滴入不同酸鹼值水溶液的 60 個培養皿放置於黑色植栽盤中。依照不同酸鹼值分為中性水溶液、酸性水溶液與鹼性水溶液各一盤，每盤 20 個培養皿黑豆樣本	
105.11.11 星期四	 實驗第四天(11/8 種植)	 酸性水溶液	 鹼性水溶液	




	pH 值 7.0 中性水溶液 培養皿之編號 2、4、7、8、10、13、14、16、17、18 與 20 之黑豆已發芽，總共 11 顆黑豆發芽，發芽率為 55%	20 顆滴入 pH 值 3.0 酸性水溶液之黑豆種子皆未發芽	20 顆滴入 pH 值 8.0 鹼性水溶液之黑豆樣本尚未發芽	
105.11.14 星期一	 中性水溶液 總計有 13 顆發芽，未發芽 7 顆，發芽率為 65%	 酸性水溶液 發芽率為 0%。	 鹼性水溶液 發芽率為 0%。	

表 4-1 利用**培養皿**進行不同**酸鹼值水溶液**對於黑豆發芽率之觀察記錄表

2.酸性水溶液與鹼性水溶液的黑豆重新種植



由於使用 pH3.0 酸性水溶液疑似過酸了，導致滴入酸性水溶液的黑豆種子全部腐爛，未發芽，所以我們重新調整酸性水溶液至 pH 值為 5.5 重新種植，因為鹼性水溶液也疑似受到汙染而全部發霉，所以我們也重新播種鹼性水溶液之黑豆種子。







表 4-2 利用**培養皿**重新調整酸性與鹼性水溶液對於黑豆發芽率之觀察記錄表

105.11.14 星期一	 酸性水溶液 將酸性水溶液調整為 pH 值 5.5，針對 20 顆黑豆樣本重新試驗	 鹼性水溶液 鹼性水溶液維持 8.0 的弱鹼性，重新針對 20 顆黑豆滴入進行實驗	
105.11.17 星期四	 酸性水溶液 調整 pH 值 5.5 後 編號 3、9、12、13、17、19、20 已發芽，發芽率為 35%	 鹼性水溶液 編號 1、7、18、20 已發芽，發芽率為 20%	
105.11.22 星期二	 酸性水溶液 編號 3 高度為 17 公分、編號 9 為 26.5 公分、編號 12 為 13.6 公分、編號 13 為 22.8 公分	 鹼性水溶液 編號 7 高度為 2 公分、編號 20 為 1.7 公分；編號 1 與編號 18 僅發芽，未繼續生長	

	分、編號 17 為 5.8 公分、編號 19 為 4.2 公分、編號 20 則為 3.8 公分		
--	---	--	--

(二)第二階段—利用植栽盤培養土進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽率與生長情形之實驗









105.12.5 星期一				
	填補培養土於黑色植栽盤裡，並依照中性水溶液、酸性水溶液與鹼性水溶液分別種入黑豆種子各 20 顆	經 pH 值測試筆測試過之酸鹼性水溶液再經由廣用石蕊試紙測試以求中性水溶液、酸性水溶液與鹼性水溶液之準確度		
105.12.9 星期五				
	滴入中性水溶液 編號 2、10、14、15 發芽，發芽率為 20%	滴入酸性水溶液 編號 2、3、4、5、6、8、10、11、12、13、14、15、16、18、19 皆已發芽，發芽率為 75%	滴入鹼性水溶液 編號 5、6、8、13、14、16、17、19、20 皆已發芽，發芽率為 45%	
105.12.13 星期二				
	滴入中性水溶液 編號 1、3、4、5、8、9、11、12、13、16、19、20 已發芽，累計發芽率為 80% (編號 2 高度為 3.5 公分、編號 10 為 4 公分、編號 14 為 4.6 公分、編號 15 為 6 公分)	滴入酸性水溶液 編號 7 與編號 17 開始發芽，累計發芽率 85%，(其中編號 2 高度為 6 公分、編號 3 為 8 公分、編號 4 為 6 公分、編號 5 為 4.5 公分、編號 6 為 3.6 公分、編號 8 為 4 公分、編號 10 為 6.3 公分、編號 11 為 6.2 公分、編號 12 為 7 公分、編號 13 為 5 公分、編號 14 為 5.5 公分、編號 15 為 3.5 公分、編號 16 為 5 公分、編號 17 為 2.5 公分、編號 18 為 6 公分、編號 19 為 7 公分)	滴入鹼性水溶液 20 顆黑豆種子皆已發芽，發芽率已達 100%，(其中編號 1 為 2 公分、編號 2 為 2 公分、編號 3 為 2.2 公分、編號 4 為 2.0 公分、編號 5 為 3.9 公分、編號 6 為 4.5 公分、編號 7 為 2 公分、編號 8 為 4.5 公分、編號 9 為 1.8 公分、編號 10 為 2.1 公分、編號 11 為 2.3 公分、編號 12 為 2.9 公分、編號 13 為 3.3 公分、編號 14 為 3.9 公分、編號 15 為 2.0 公分、編號 17 為 2.8 公分、編號 18 為 2.7 公分、編號 19 為 5.5 公分、編號 20 為 4.5 公分)	






<p>105.12.16</p> <p>星期五</p>																																																																																																																																
<p>滴入中性水溶液 pH 值 7.0 20 顆滴入中性水溶液的黑豆樣本中，只有編號 6 與編號 17 未發芽，發芽率為 90%。</p> <table border="1" data-bbox="312 526 577 1220"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>2</td><td>8</td></tr> <tr><td>3</td><td>3.7</td></tr> <tr><td>4</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.9</td></tr> <tr><td>6</td><td>未發芽</td></tr> <tr><td>7</td><td>2</td></tr> <tr><td>8</td><td>5</td></tr> <tr><td>9</td><td>2</td></tr> <tr><td>10</td><td>5</td></tr> <tr><td>11</td><td>4</td></tr> <tr><td>12</td><td>1</td></tr> <tr><td>13</td><td>6</td></tr> <tr><td>14</td><td>7</td></tr> <tr><td>15</td><td>6 (葉子開始捲曲)</td></tr> <tr><td>16</td><td>2</td></tr> <tr><td>17</td><td>未發芽</td></tr> <tr><td>18</td><td>9</td></tr> <tr><td>19</td><td>8.7</td></tr> <tr><td>20</td><td>10.7</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況 (cm)	1	2	2	8	3	3.7	4	4	5	2.9	6	未發芽	7	2	8	5	9	2	10	5	11	4	12	1	13	6	14	7	15	6 (葉子開始捲曲)	16	2	17	未發芽	18	9	19	8.7	20	10.7	<p>滴入酸性水溶液 pH 值 5.5 編號 1 開始發芽，編號 20 未發芽，總計發芽率為 95%，編號 5 與編號 7 長出的葉子開始變小、捲曲，疑似生長不良。</p> <table border="1" data-bbox="600 633 868 1332"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況(cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>剛發芽</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td></tr> <tr><td>4</td><td>6</td></tr> <tr><td>5</td><td>6.3 (葉子變黃捲曲)</td></tr> <tr><td>6</td><td>5</td></tr> <tr><td>7</td><td>4.5</td></tr> <tr><td>8</td><td>5.2</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.4</td></tr> <tr><td>10</td><td>7</td></tr> <tr><td>11</td><td>7</td></tr> <tr><td>12</td><td>7</td></tr> <tr><td>13</td><td>7 (葉子變黃捲曲)</td></tr> <tr><td>14</td><td>6</td></tr> <tr><td>15</td><td>6</td></tr> <tr><td>16</td><td>5</td></tr> <tr><td>17</td><td>3</td></tr> <tr><td>18</td><td>7</td></tr> <tr><td>19</td><td>7</td></tr> <tr><td>20</td><td>未發芽</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況(cm)	1	剛發芽	2	7	3	8	4	6	5	6.3 (葉子變黃捲曲)	6	5	7	4.5	8	5.2	9	2.4	10	7	11	7	12	7	13	7 (葉子變黃捲曲)	14	6	15	6	16	5	17	3	18	7	19	7	20	未發芽	<p>滴入鹼性水溶液 pH 值 8.0 20 顆滴入 pH 值 8.0 的弱鹼性水溶液之黑豆樣本全數發芽，發芽率達到 100%。但是有十幾株黑豆的葉片開始變黃並且枯萎，疑似生病。</p> <table border="1" data-bbox="887 633 1155 1332"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>4</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>4.1</td></tr> <tr><td>4</td><td>5.6</td></tr> <tr><td>5</td><td>7.5</td></tr> <tr><td>6</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>5.4</td></tr> <tr><td>8</td><td>6.3</td></tr> <tr><td>9</td><td>4.5</td></tr> <tr><td>10</td><td>5</td></tr> <tr><td>11</td><td>6.3</td></tr> <tr><td>12</td><td>5.4</td></tr> <tr><td>13</td><td>4.3</td></tr> <tr><td>14</td><td>4.9</td></tr> <tr><td>15</td><td>5</td></tr> <tr><td>16</td><td>5.8</td></tr> <tr><td>17</td><td>7</td></tr> <tr><td>18</td><td>7.8</td></tr> <tr><td>19</td><td>8.5</td></tr> <tr><td>20</td><td>6.3</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況 (cm)	1	4	2	4	3	4.1	4	5.6	5	7.5	6	6	7	5.4	8	6.3	9	4.5	10	5	11	6.3	12	5.4	13	4.3	14	4.9	15	5	16	5.8	17	7	18	7.8	19	8.5	20	6.3
樣本編號	生長狀況 (cm)																																																																																																																															
1	2																																																																																																																															
2	8																																																																																																																															
3	3.7																																																																																																																															
4	4																																																																																																																															
5	2.9																																																																																																																															
6	未發芽																																																																																																																															
7	2																																																																																																																															
8	5																																																																																																																															
9	2																																																																																																																															
10	5																																																																																																																															
11	4																																																																																																																															
12	1																																																																																																																															
13	6																																																																																																																															
14	7																																																																																																																															
15	6 (葉子開始捲曲)																																																																																																																															
16	2																																																																																																																															
17	未發芽																																																																																																																															
18	9																																																																																																																															
19	8.7																																																																																																																															
20	10.7																																																																																																																															
樣本編號	生長狀況(cm)																																																																																																																															
1	剛發芽																																																																																																																															
2	7																																																																																																																															
3	8																																																																																																																															
4	6																																																																																																																															
5	6.3 (葉子變黃捲曲)																																																																																																																															
6	5																																																																																																																															
7	4.5																																																																																																																															
8	5.2																																																																																																																															
9	2.4																																																																																																																															
10	7																																																																																																																															
11	7																																																																																																																															
12	7																																																																																																																															
13	7 (葉子變黃捲曲)																																																																																																																															
14	6																																																																																																																															
15	6																																																																																																																															
16	5																																																																																																																															
17	3																																																																																																																															
18	7																																																																																																																															
19	7																																																																																																																															
20	未發芽																																																																																																																															
樣本編號	生長狀況 (cm)																																																																																																																															
1	4																																																																																																																															
2	4																																																																																																																															
3	4.1																																																																																																																															
4	5.6																																																																																																																															
5	7.5																																																																																																																															
6	6																																																																																																																															
7	5.4																																																																																																																															
8	6.3																																																																																																																															
9	4.5																																																																																																																															
10	5																																																																																																																															
11	6.3																																																																																																																															
12	5.4																																																																																																																															
13	4.3																																																																																																																															
14	4.9																																																																																																																															
15	5																																																																																																																															
16	5.8																																																																																																																															
17	7																																																																																																																															
18	7.8																																																																																																																															
19	8.5																																																																																																																															
20	6.3																																																																																																																															
<p>105.12.20</p> <p>星期二</p>																																																																																																																																
<p>滴入中性水溶液 pH 值 7.0 發芽率 100%</p>	<p>滴入酸性水溶液 pH 值 5.5 滴入 pH 值 5.5 弱酸性水溶液之 20 顆黑豆樣本有 19 顆發芽並繼續生長。發芽率為 95%。</p>	<p>滴入鹼性水溶液 pH 值 8.0 滴入 pH 值 8.0 的弱鹼性水溶液之 20 顆黑豆樣本，其生長狀況已開始停滯，高度與 12/16 所測量的結果差異不大。且 20 株黑豆苗的葉片逐漸變黃呈現枯萎狀態。</p>																																																																																																																														

樣本編號	生長狀況 (cm)	樣本編號	生長狀況 (cm)	樣本編號	生長狀況 (cm)
1	5.6	1	8	1	5
2	10	2	9	2	4
3	9	3	8.3	3	4.1
4	9	4	8.5	4	7
5	5	5	7.2	5	8
6	未發芽	6	8.5	6	6
7	8	7	6.8	7	6
8	10	8	8	8	6.3
9	7	9	5.5	9	5
10	12	10	10	10	5.4
11	10	11	9.5	11	6.5
12	10	12	10.5	12	5.4
13	11	13	10	13	4.5
14	13	14	8	14	5
15	10	15	7	15	6
16	5	16	5	16	6
17	3.3(12/19 已發芽)	17	5	17	7.5
18	9	18	8	18	8
19	10	19	9	19	10
20	12	20	未發芽	20	6.5

105.12.26 星期一																																																																																						
	<p>滴入中性水溶液 pH 值 7.0 滴入 pH 值 7.0 中性水溶液的 20 顆黑豆樣本，除了編號 6 未發芽外，其餘 19 株黑豆持續生長，編號 8、17、18、19 則出現葉片萎縮現象，疑似生病。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>6.5</td></tr> <tr><td>2</td><td>13</td></tr> <tr><td>3</td><td>12</td></tr> <tr><td>4</td><td>11.5</td></tr> <tr><td>5</td><td>8.5</td></tr> <tr><td>6</td><td>未發芽</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>8</td><td>10.5</td></tr> <tr><td>9</td><td>8.1 (葉片萎縮)</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.5</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.5</td></tr> <tr><td>12</td><td>10.5</td></tr> <tr><td>13</td><td>12</td></tr> <tr><td>14</td><td>13.5</td></tr> <tr><td>15</td><td>10</td></tr> <tr><td>16</td><td>6</td></tr> <tr><td>17</td><td>5 (葉片萎縮)</td></tr> <tr><td>18</td><td>10.5 (葉片萎縮)</td></tr> <tr><td>19</td><td>11.8 (葉片萎縮)</td></tr> <tr><td>20</td><td>12.3</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況 (cm)	1	6.5	2	13	3	12	4	11.5	5	8.5	6	未發芽	7	8	8	10.5	9	8.1 (葉片萎縮)	10	12.5	11	12.5	12	10.5	13	12	14	13.5	15	10	16	6	17	5 (葉片萎縮)	18	10.5 (葉片萎縮)	19	11.8 (葉片萎縮)	20	12.3	<p>滴入酸性水溶液 滴入 pH 值 5.5 之弱酸性水溶液的 20 顆黑豆樣本中，除了編號 20 未發芽，其餘黑豆持續生長。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>8.4</td></tr> <tr><td>2</td><td>10</td></tr> <tr><td>3</td><td>10</td></tr> <tr><td>4</td><td>8.5</td></tr> <tr><td>5</td><td>9</td></tr> <tr><td>6</td><td>8.5 (葉片萎縮)</td></tr> <tr><td>7</td><td>9</td></tr> <tr><td>8</td><td>11</td></tr> <tr><td>9</td><td>10.5</td></tr> <tr><td>10</td><td>11.8</td></tr> <tr><td>11</td><td>11.5</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.5</td></tr> <tr><td>13</td><td>12 (葉片萎縮)</td></tr> <tr><td>14</td><td>12 (葉片萎縮)</td></tr> <tr><td>15</td><td>11</td></tr> <tr><td>16</td><td>6</td></tr> <tr><td>17</td><td>6</td></tr> <tr><td>18</td><td>9</td></tr> <tr><td>19</td><td>10</td></tr> <tr><td>20</td><td>未發芽</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況 (cm)	1	8.4	2	10	3	10	4	8.5	5	9	6	8.5 (葉片萎縮)	7	9	8	11	9	10.5	10	11.8	11	11.5	12	12.5	13	12 (葉片萎縮)	14	12 (葉片萎縮)	15	11	16	6	17	6	18	9	19	10	20	未發芽
樣本編號	生長狀況 (cm)																																																																																					
1	6.5																																																																																					
2	13																																																																																					
3	12																																																																																					
4	11.5																																																																																					
5	8.5																																																																																					
6	未發芽																																																																																					
7	8																																																																																					
8	10.5																																																																																					
9	8.1 (葉片萎縮)																																																																																					
10	12.5																																																																																					
11	12.5																																																																																					
12	10.5																																																																																					
13	12																																																																																					
14	13.5																																																																																					
15	10																																																																																					
16	6																																																																																					
17	5 (葉片萎縮)																																																																																					
18	10.5 (葉片萎縮)																																																																																					
19	11.8 (葉片萎縮)																																																																																					
20	12.3																																																																																					
樣本編號	生長狀況 (cm)																																																																																					
1	8.4																																																																																					
2	10																																																																																					
3	10																																																																																					
4	8.5																																																																																					
5	9																																																																																					
6	8.5 (葉片萎縮)																																																																																					
7	9																																																																																					
8	11																																																																																					
9	10.5																																																																																					
10	11.8																																																																																					
11	11.5																																																																																					
12	12.5																																																																																					
13	12 (葉片萎縮)																																																																																					
14	12 (葉片萎縮)																																																																																					
15	11																																																																																					
16	6																																																																																					
17	6																																																																																					
18	9																																																																																					
19	10																																																																																					
20	未發芽																																																																																					

(三) 第三階段—利用校園土壤種植以進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽率與生長情形之實驗

<p>105.12.27 星期二</p>																																																																																																											
	<p>進行第三階段實驗觀察-----翻土</p>	<p>依照不同酸鹼值將土壤分區並播種</p>	<p>調配不同酸鹼值的中性水溶液、酸性水溶液與鹼性水溶液</p>	<p>將觀察記錄和操作過程輸入電腦建檔</p>																																																																																																							
																																																																																																											
	<p>分類好的黑豆澆灑已經調配好的不同酸鹼值水溶液</p>																																																																																																										
<p>106.1.3 星期二</p>																																																																																																											
	<p>澆灑中性水溶液 編號 4 不小心被折斷，未繼續生長。發芽率 100%。</p>	<p>澆灑酸性水溶液 15 顆澆灑 pH 值 5.5 弱酸性水溶液的黑豆樣本全部發芽、發芽率為 100%。且持續生長。</p>	<p>澆灑鹼性水溶液 15 顆黑豆樣本全部發芽、發芽率為 100%，且持續生長。</p>																																																																																																								
	<table border="1" data-bbox="316 1214 566 1818"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>4</td></tr> <tr><td>2</td><td>4.5</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>4</td><td>--</td></tr> <tr><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>4</td></tr> <tr><td>7</td><td>6</td></tr> <tr><td>8</td><td>3</td></tr> <tr><td>9</td><td>發芽</td></tr> <tr><td>10</td><td>4</td></tr> <tr><td>11</td><td>7</td></tr> <tr><td>12</td><td>發芽</td></tr> <tr><td>13</td><td>6</td></tr> <tr><td>14</td><td>6</td></tr> <tr><td>15</td><td>5</td></tr> <tr><td>16</td><td>發芽</td></tr> <tr><td>17</td><td>3</td></tr> <tr><td>18</td><td>5</td></tr> <tr><td>19</td><td>2</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況 (cm)	1	4	2	4.5	3	4	4	--	5	5	6	4	7	6	8	3	9	發芽	10	4	11	7	12	發芽	13	6	14	6	15	5	16	發芽	17	3	18	5	19	2	<table border="1" data-bbox="603 1249 853 1742"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td></tr> <tr><td>3</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>6</td></tr> <tr><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>3</td></tr> <tr><td>7</td><td>發芽</td></tr> <tr><td>8</td><td>5</td></tr> <tr><td>9</td><td>發芽</td></tr> <tr><td>10</td><td>4</td></tr> <tr><td>11</td><td>4</td></tr> <tr><td>12</td><td>5</td></tr> <tr><td>13</td><td>5</td></tr> <tr><td>14</td><td>4</td></tr> <tr><td>15</td><td>6</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況 (cm)	1	3	2	5	3	5	4	6	5	5	6	3	7	發芽	8	5	9	發芽	10	4	11	4	12	5	13	5	14	4	15	6	<table border="1" data-bbox="890 1249 1141 1742"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>5</td><td>3</td></tr> <tr><td>6</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>5</td></tr> <tr><td>8</td><td>發芽</td></tr> <tr><td>9</td><td>5</td></tr> <tr><td>10</td><td>發芽</td></tr> <tr><td>11</td><td>5</td></tr> <tr><td>12</td><td>5</td></tr> <tr><td>13</td><td>5</td></tr> <tr><td>14</td><td>3</td></tr> <tr><td>15</td><td>3.5</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況 (cm)	1	5	2	6	3	5	4	5	5	3	6	6	7	5	8	發芽	9	5	10	發芽	11	5	12	5	13	5	14	3	15	3.5
樣本編號	生長狀況 (cm)																																																																																																										
1	4																																																																																																										
2	4.5																																																																																																										
3	4																																																																																																										
4	--																																																																																																										
5	5																																																																																																										
6	4																																																																																																										
7	6																																																																																																										
8	3																																																																																																										
9	發芽																																																																																																										
10	4																																																																																																										
11	7																																																																																																										
12	發芽																																																																																																										
13	6																																																																																																										
14	6																																																																																																										
15	5																																																																																																										
16	發芽																																																																																																										
17	3																																																																																																										
18	5																																																																																																										
19	2																																																																																																										
樣本編號	生長狀況 (cm)																																																																																																										
1	3																																																																																																										
2	5																																																																																																										
3	5																																																																																																										
4	6																																																																																																										
5	5																																																																																																										
6	3																																																																																																										
7	發芽																																																																																																										
8	5																																																																																																										
9	發芽																																																																																																										
10	4																																																																																																										
11	4																																																																																																										
12	5																																																																																																										
13	5																																																																																																										
14	4																																																																																																										
15	6																																																																																																										
樣本編號	生長狀況 (cm)																																																																																																										
1	5																																																																																																										
2	6																																																																																																										
3	5																																																																																																										
4	5																																																																																																										
5	3																																																																																																										
6	6																																																																																																										
7	5																																																																																																										
8	發芽																																																																																																										
9	5																																																																																																										
10	發芽																																																																																																										
11	5																																																																																																										
12	5																																																																																																										
13	5																																																																																																										
14	3																																																																																																										
15	3.5																																																																																																										

<p>106.1.10 星期二</p>	 <p>中性水溶液 澆灑 pH 值為 7.0 中性水溶液的 19 株黑豆，其生長情況如下</p> <table border="1" data-bbox="316 488 564 1032"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>9</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td></tr> <tr><td>3</td><td>7.5</td></tr> <tr><td>4</td><td>--</td></tr> <tr><td>5</td><td>8</td></tr> <tr><td>6</td><td>8</td></tr> <tr><td>7</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>7.5</td></tr> <tr><td>9</td><td>8.5</td></tr> <tr><td>10</td><td>9.5</td></tr> <tr><td>11</td><td>9</td></tr> <tr><td>12</td><td>9.5</td></tr> <tr><td>13</td><td>10</td></tr> <tr><td>14</td><td>9</td></tr> <tr><td>15</td><td>9</td></tr> <tr><td>16</td><td>9.5</td></tr> <tr><td>17</td><td>10</td></tr> <tr><td>18</td><td>10</td></tr> <tr><td>19</td><td>4</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況 (cm)	1	9	2	7	3	7.5	4	--	5	8	6	8	7	7	8	7.5	9	8.5	10	9.5	11	9	12	9.5	13	10	14	9	15	9	16	9.5	17	10	18	10	19	4	 <p>酸性水溶液 澆灑 pH 值為 5.5 酸性水溶液的 15 株黑豆，其生長情況如下</p> <table border="1" data-bbox="603 535 831 981"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>9</td></tr> <tr><td>2</td><td>10.5</td></tr> <tr><td>3</td><td>9</td></tr> <tr><td>4</td><td>8.5</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td></tr> <tr><td>6</td><td>10</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>9</td><td>8</td></tr> <tr><td>10</td><td>9</td></tr> <tr><td>11</td><td>9</td></tr> <tr><td>12</td><td>9</td></tr> <tr><td>13</td><td>9</td></tr> <tr><td>14</td><td>8</td></tr> <tr><td>15</td><td>8</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況 (cm)	1	9	2	10.5	3	9	4	8.5	5	10	6	10	7	8	8	9	9	8	10	9	11	9	12	9	13	9	14	8	15	8	 <p>鹼性水溶液 澆灑 pH 值為 8.0 鹼性水溶液的 15 株黑豆，其生長情況如下</p> <table border="1" data-bbox="890 479 1139 981"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td></tr> <tr><td>2</td><td>10</td></tr> <tr><td>3</td><td>9</td></tr> <tr><td>4</td><td>11</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td></tr> <tr><td>6</td><td>9.5</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>9</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>11</td><td>10</td></tr> <tr><td>12</td><td>12</td></tr> <tr><td>13</td><td>10</td></tr> <tr><td>14</td><td>9</td></tr> <tr><td>15</td><td>10</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況 (cm)	1	6	2	10	3	9	4	11	5	10	6	9.5	7	8	8	9	9	9	10	10	11	10	12	12	13	10	14	9	15	10
樣本編號	生長狀況 (cm)																																																																																																										
1	9																																																																																																										
2	7																																																																																																										
3	7.5																																																																																																										
4	--																																																																																																										
5	8																																																																																																										
6	8																																																																																																										
7	7																																																																																																										
8	7.5																																																																																																										
9	8.5																																																																																																										
10	9.5																																																																																																										
11	9																																																																																																										
12	9.5																																																																																																										
13	10																																																																																																										
14	9																																																																																																										
15	9																																																																																																										
16	9.5																																																																																																										
17	10																																																																																																										
18	10																																																																																																										
19	4																																																																																																										
樣本編號	生長狀況 (cm)																																																																																																										
1	9																																																																																																										
2	10.5																																																																																																										
3	9																																																																																																										
4	8.5																																																																																																										
5	10																																																																																																										
6	10																																																																																																										
7	8																																																																																																										
8	9																																																																																																										
9	8																																																																																																										
10	9																																																																																																										
11	9																																																																																																										
12	9																																																																																																										
13	9																																																																																																										
14	8																																																																																																										
15	8																																																																																																										
樣本編號	生長狀況 (cm)																																																																																																										
1	6																																																																																																										
2	10																																																																																																										
3	9																																																																																																										
4	11																																																																																																										
5	10																																																																																																										
6	9.5																																																																																																										
7	8																																																																																																										
8	9																																																																																																										
9	9																																																																																																										
10	10																																																																																																										
11	10																																																																																																										
12	12																																																																																																										
13	10																																																																																																										
14	9																																																																																																										
15	10																																																																																																										
<p>106.1.16 星期一</p>	 <p>中性水溶液 澆灑 pH 值為 7.0 中性水溶液的 19 株黑豆，其生長情況如下表所示:</p> <table border="1" data-bbox="316 1406 564 2022"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>13</td></tr> <tr><td>2</td><td>13.5</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.7</td></tr> <tr><td>4</td><td>--</td></tr> <tr><td>5</td><td>11</td></tr> <tr><td>6</td><td>10</td></tr> <tr><td>7</td><td>12</td></tr> <tr><td>8</td><td>13</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.5</td></tr> <tr><td>10</td><td>11</td></tr> <tr><td>11</td><td>11.8</td></tr> <tr><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><td>13</td><td>13.8</td></tr> <tr><td>14</td><td>13.5</td></tr> <tr><td>15</td><td>12.4</td></tr> <tr><td>16</td><td>12.4</td></tr> <tr><td>17</td><td>11.7</td></tr> <tr><td>18</td><td>11.8</td></tr> <tr><td>19</td><td>7.8</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況 (cm)	1	13	2	13.5	3	12.7	4	--	5	11	6	10	7	12	8	13	9	12.5	10	11	11	11.8	12	13	13	13.8	14	13.5	15	12.4	16	12.4	17	11.7	18	11.8	19	7.8	 <p>酸性水溶液 澆灑 pH 值為 5.5 酸性水溶液的 15 株黑豆，其生長情況如下表所示:</p> <table border="1" data-bbox="603 1384 852 1883"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>9.5</td></tr> <tr><td>2</td><td>11</td></tr> <tr><td>3</td><td>10</td></tr> <tr><td>4</td><td>9.6</td></tr> <tr><td>5</td><td>10.7</td></tr> <tr><td>6</td><td>12</td></tr> <tr><td>7</td><td>10</td></tr> <tr><td>8</td><td>13</td></tr> <tr><td>9</td><td>12</td></tr> <tr><td>10</td><td>11.5</td></tr> <tr><td>11</td><td>13.2</td></tr> <tr><td>12</td><td>10.7</td></tr> <tr><td>13</td><td>12.4</td></tr> <tr><td>14</td><td>13.4</td></tr> <tr><td>15</td><td>11.6</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況 (cm)	1	9.5	2	11	3	10	4	9.6	5	10.7	6	12	7	10	8	13	9	12	10	11.5	11	13.2	12	10.7	13	12.4	14	13.4	15	11.6	 <p>鹼性水溶液 澆灑 pH 值為 8.0 鹼性水溶液的 15 株黑豆，其生長情況如下表所示:</p> <table border="1" data-bbox="890 1391 1155 1888"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>7.5</td></tr> <tr><td>2</td><td>11</td></tr> <tr><td>3</td><td>10</td></tr> <tr><td>4</td><td>12</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.4</td></tr> <tr><td>7</td><td>10</td></tr> <tr><td>8</td><td>11.4</td></tr> <tr><td>9</td><td>12</td></tr> <tr><td>10</td><td>14</td></tr> <tr><td>11</td><td>11</td></tr> <tr><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><td>13</td><td>12.2</td></tr> <tr><td>14</td><td>11</td></tr> <tr><td>15</td><td>13</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況 (cm)	1	7.5	2	11	3	10	4	12	5	10	6	12.4	7	10	8	11.4	9	12	10	14	11	11	12	13	13	12.2	14	11	15	13
樣本編號	生長狀況 (cm)																																																																																																										
1	13																																																																																																										
2	13.5																																																																																																										
3	12.7																																																																																																										
4	--																																																																																																										
5	11																																																																																																										
6	10																																																																																																										
7	12																																																																																																										
8	13																																																																																																										
9	12.5																																																																																																										
10	11																																																																																																										
11	11.8																																																																																																										
12	13																																																																																																										
13	13.8																																																																																																										
14	13.5																																																																																																										
15	12.4																																																																																																										
16	12.4																																																																																																										
17	11.7																																																																																																										
18	11.8																																																																																																										
19	7.8																																																																																																										
樣本編號	生長狀況 (cm)																																																																																																										
1	9.5																																																																																																										
2	11																																																																																																										
3	10																																																																																																										
4	9.6																																																																																																										
5	10.7																																																																																																										
6	12																																																																																																										
7	10																																																																																																										
8	13																																																																																																										
9	12																																																																																																										
10	11.5																																																																																																										
11	13.2																																																																																																										
12	10.7																																																																																																										
13	12.4																																																																																																										
14	13.4																																																																																																										
15	11.6																																																																																																										
樣本編號	生長狀況 (cm)																																																																																																										
1	7.5																																																																																																										
2	11																																																																																																										
3	10																																																																																																										
4	12																																																																																																										
5	10																																																																																																										
6	12.4																																																																																																										
7	10																																																																																																										
8	11.4																																																																																																										
9	12																																																																																																										
10	14																																																																																																										
11	11																																																																																																										
12	13																																																																																																										
13	12.2																																																																																																										
14	11																																																																																																										
15	13																																																																																																										

106.1.19

星期四
(寒假前
最後一
次觀察)



中性水溶液
澆灑 pH 值為 7.0 中性水溶液的 19 株黑豆，編號 5、6、10、11、12、13、18、19 的葉片縮小捲曲且枯黃，生長如下

樣本編號	生長狀況 (cm)
1	17
2	14
3	14
4	--
5	11
6	10.5
7	15
8	16
9	14.2
10	12.9
11	12.8
12	17.5
13	17
14	15.2
15	13.9
16	14
17	13
18	11.9
19	9.3



酸性水溶液
澆灑 pH 值為 5.5 酸性水溶液的 15 株黑豆，其生長情況如下表所示:







樣本編號	生長狀況 (cm)
1	10.9
2	12.5
3	12
4	11
5	11.7
6	13.1
7	11.4
8	15
9	13.7
10	12.3
11	15
12	12.6
13	13.8
14	14.9
15	12.8



鹼性水溶液
澆灑 pH 值為 8.0 鹼性水溶液的 15 株黑豆，其生長情況如下表所示:

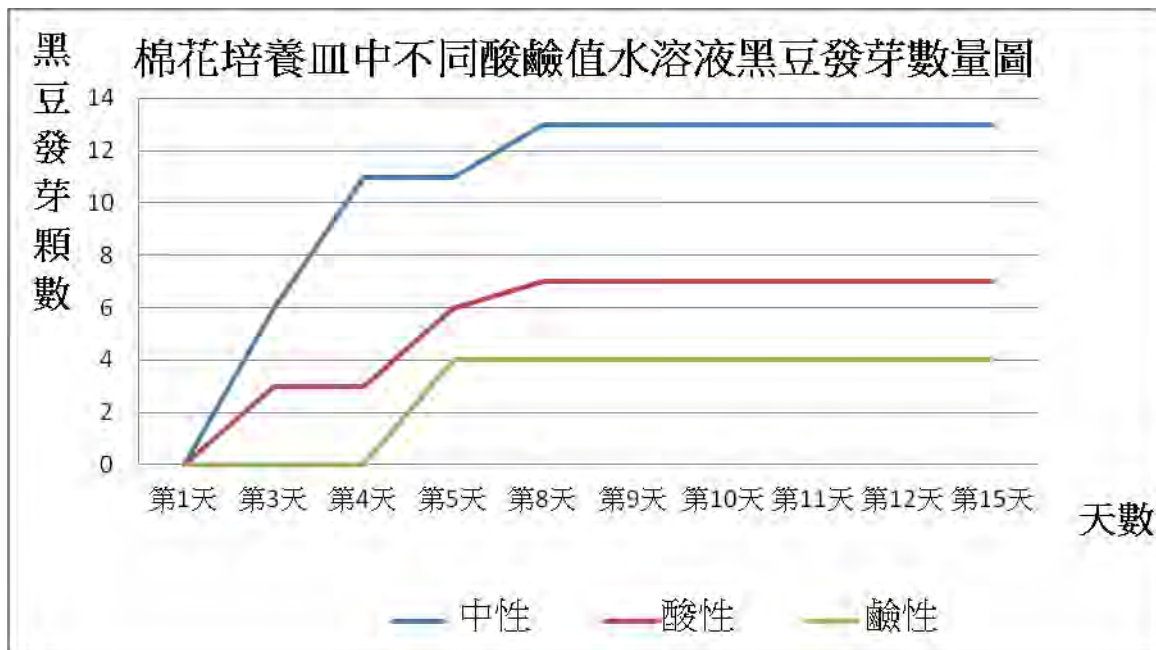
樣本編號	生長狀況 (cm)
1	8.2
2	12.4
3	11
4	13
5	10
6	14.3
7	11.1
8	12.7
9	14
10	15
11	13
12	15
13	14.5
14	13
15	14

<p>106.2.6</p> <p>星期一 (寒假返校觀察)</p>																																																																																																										
<p>中性水溶液 澆灑 pH 值為 7.0 中性水溶液的 19 株黑豆，生長如下表:</p> <table border="1" data-bbox="309 501 582 1131"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>開花並長豆莢</td></tr> <tr><td>2</td><td>開花並長豆莢</td></tr> <tr><td>3</td><td>開花並長豆莢</td></tr> <tr><td>4</td><td>--</td></tr> <tr><td>5</td><td>葉枯黃</td></tr> <tr><td>6</td><td>葉枯黃但是也有開花</td></tr> <tr><td>7</td><td>長出豆莢</td></tr> <tr><td>8</td><td>開花並長豆莢</td></tr> <tr><td>9</td><td>開花</td></tr> <tr><td>10</td><td>開花</td></tr> <tr><td>11</td><td>長豆莢</td></tr> <tr><td>12</td><td>開花</td></tr> <tr><td>13</td><td>開花並長豆莢</td></tr> <tr><td>14</td><td>開花</td></tr> <tr><td>15</td><td>開花</td></tr> <tr><td>16</td><td>開花</td></tr> <tr><td>17</td><td>開花</td></tr> <tr><td>18</td><td>開花</td></tr> <tr><td>19</td><td>開花</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況	1	開花並長豆莢	2	開花並長豆莢	3	開花並長豆莢	4	--	5	葉枯黃	6	葉枯黃但是也有開花	7	長出豆莢	8	開花並長豆莢	9	開花	10	開花	11	長豆莢	12	開花	13	開花並長豆莢	14	開花	15	開花	16	開花	17	開花	18	開花	19	開花	<p>酸性水溶液 澆灑 pH 值為 5.5 酸性水溶液的 15 株黑豆，其生長情況如下表</p> <table border="1" data-bbox="601 501 874 1055"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>開花並長豆莢</td></tr> <tr><td>2</td><td>開花</td></tr> <tr><td>3</td><td>開花並長豆莢</td></tr> <tr><td>4</td><td>開花並長豆莢</td></tr> <tr><td>5</td><td>開花並長豆莢</td></tr> <tr><td>6</td><td>開花並長豆莢</td></tr> <tr><td>7</td><td>開花並長豆莢</td></tr> <tr><td>8</td><td>豆莢達 6 公分</td></tr> <tr><td>9</td><td>開花</td></tr> <tr><td>10</td><td>開花</td></tr> <tr><td>11</td><td>長出豆莢</td></tr> <tr><td>12</td><td>開花</td></tr> <tr><td>13</td><td>開花且長出豆莢</td></tr> <tr><td>14</td><td>開花</td></tr> <tr><td>15</td><td>開花且長出豆莢</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況	1	開花並長豆莢	2	開花	3	開花並長豆莢	4	開花並長豆莢	5	開花並長豆莢	6	開花並長豆莢	7	開花並長豆莢	8	豆莢達 6 公分	9	開花	10	開花	11	長出豆莢	12	開花	13	開花且長出豆莢	14	開花	15	開花且長出豆莢	<p>鹼性水溶液 澆灑 pH 值為 8.0 鹼性水溶液的 15 株黑豆，其生長情況如下表</p> <table border="1" data-bbox="893 557 1166 1131"> <thead> <tr> <th>樣本編號</th> <th>生長狀況</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>開花並長出豆莢</td></tr> <tr><td>2</td><td>開花並長出豆莢</td></tr> <tr><td>3</td><td>開花</td></tr> <tr><td>4</td><td>有花苞未開花</td></tr> <tr><td>5</td><td>開花</td></tr> <tr><td>6</td><td>開花</td></tr> <tr><td>7</td><td>開花</td></tr> <tr><td>8</td><td>開花</td></tr> <tr><td>9</td><td>開花</td></tr> <tr><td>10</td><td>豆莢五公分</td></tr> <tr><td>11</td><td>豆莢 3.5 公分</td></tr> <tr><td>12</td><td>豆莢 3 公分</td></tr> <tr><td>13</td><td>開花且豆莢三公分</td></tr> <tr><td>14</td><td>有花苞未開花</td></tr> <tr><td>15</td><td>開花</td></tr> </tbody> </table>	樣本編號	生長狀況	1	開花並長出豆莢	2	開花並長出豆莢	3	開花	4	有花苞未開花	5	開花	6	開花	7	開花	8	開花	9	開花	10	豆莢五公分	11	豆莢 3.5 公分	12	豆莢 3 公分	13	開花且豆莢三公分	14	有花苞未開花	15	開花
樣本編號	生長狀況																																																																																																									
1	開花並長豆莢																																																																																																									
2	開花並長豆莢																																																																																																									
3	開花並長豆莢																																																																																																									
4	--																																																																																																									
5	葉枯黃																																																																																																									
6	葉枯黃但是也有開花																																																																																																									
7	長出豆莢																																																																																																									
8	開花並長豆莢																																																																																																									
9	開花																																																																																																									
10	開花																																																																																																									
11	長豆莢																																																																																																									
12	開花																																																																																																									
13	開花並長豆莢																																																																																																									
14	開花																																																																																																									
15	開花																																																																																																									
16	開花																																																																																																									
17	開花																																																																																																									
18	開花																																																																																																									
19	開花																																																																																																									
樣本編號	生長狀況																																																																																																									
1	開花並長豆莢																																																																																																									
2	開花																																																																																																									
3	開花並長豆莢																																																																																																									
4	開花並長豆莢																																																																																																									
5	開花並長豆莢																																																																																																									
6	開花並長豆莢																																																																																																									
7	開花並長豆莢																																																																																																									
8	豆莢達 6 公分																																																																																																									
9	開花																																																																																																									
10	開花																																																																																																									
11	長出豆莢																																																																																																									
12	開花																																																																																																									
13	開花且長出豆莢																																																																																																									
14	開花																																																																																																									
15	開花且長出豆莢																																																																																																									
樣本編號	生長狀況																																																																																																									
1	開花並長出豆莢																																																																																																									
2	開花並長出豆莢																																																																																																									
3	開花																																																																																																									
4	有花苞未開花																																																																																																									
5	開花																																																																																																									
6	開花																																																																																																									
7	開花																																																																																																									
8	開花																																																																																																									
9	開花																																																																																																									
10	豆莢五公分																																																																																																									
11	豆莢 3.5 公分																																																																																																									
12	豆莢 3 公分																																																																																																									
13	開花且豆莢三公分																																																																																																									
14	有花苞未開花																																																																																																									
15	開花																																																																																																									
<p>106.2.13</p> <p>星期一 (開學第一天)</p>																																																																																																										
<p>中性水溶液 編號 5 與編號 6 的莖與葉片持續枯萎變黃，但有開花，只是沒有長豆莢</p>	<p>酸性水溶液 開花部分逐漸凋謝，陸續從花朵凋謝的地方長出豆莢</p>	<p>鹼性水溶液 開花部分逐漸凋謝，陸續從花朵凋謝的地方長出豆莢</p>																																																																																																								
<p>106.2.18</p> <p>星期六</p>																																																																																																										
<p>中性水溶液 部分的豆莢開始由淡綠色變成淡紫褐色，除了編號 5、6，編號 2、9、10、11、12、17、18、19 的葉片也呈現枯黃萎縮現象</p>	<p>酸性水溶液 長出的豆莢逐漸由淡綠色轉變成淡紫褐色或褐色。編號 6、7、11、12、13、14 的葉片泛黃。</p>	<p>鹼性水溶液 長出的豆莢逐漸由淡綠色轉變成淡紫褐色或褐色。編號 2、4、5、6、7、11、12、13、14 的葉片枯黃萎縮。</p>																																																																																																								

106.2.23 星期四				
	採收	將採收的豆莢依照不同酸鹼值水溶液分類排好	分類好的豆莢	量豆莢長度
				
	測量黑豆重量	將測量結果記錄下來。		

伍、研究結果

一、利用棉花培養皿進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽率之研究結果



<圖 5-1>棉花培養皿中使用不同酸鹼值水溶液之黑豆發芽數量折線圖

(一)第一階段中性水溶液發芽率為 65%，酸性與鹼性水溶液發芽率為 0%

1.中性水溶液發芽率為 65%

利用棉花培養皿與 pH 值 7.0 中性水溶液所進行的黑豆培養實驗，11/7(第一天)開始於培養皿浸泡黑豆種子，每天使用滴管滴入 pH 值 7.0 中性水溶液，第四天觀察發現有 6 顆黑豆開始發芽，11/21(第 15 天)進行最後一次觀察，20 顆黑豆種子總計有 13 顆發芽，發芽比率為 65%。

2. pH 值 3.0 之酸性水溶液發芽率為 0%

利用棉花培養皿與 pH 值為 3.0 之酸性水溶液進行黑豆發芽率實驗，從 11/7(第一天)浸泡黑豆種子，每天使用滴管滴入 pH 值 3.0 酸性水溶液，截至 11/11(第 5 天)為止，疑似 pH 值 3.0 過酸，導致 20 顆黑豆樣本皆未發芽，呈現黑色膨脹壞死狀態，發芽率為 0%。

3. pH 值 8.0 之鹼性水溶液發芽率為 0%

利用棉花培養皿與 pH 值為 8.0 之鹼性水溶液進行黑豆發芽率實驗，從 11/7(第一天)浸泡黑豆種子，每天使用滴管滴入 pH 值 8.0 鹼性水溶液，截至 11/11(第 5 天)為止，因不小心滴到不同酸鹼值水溶液，導致 20 顆黑豆樣本未發芽且全部發霉，發芽率為 0%。

(二)第二階段酸性水溶液黑豆發芽率比鹼性水溶液黑豆發芽率還要好

1. 中性水溶液發芽率為維持 65%

因第一階段中性水溶液種植之黑豆並未誤用受其他酸鹼值水溶液，所以我們並沒有重做中性水溶液的第二階段實驗，我們觀察到 11/21(第 15 天)發現 20 顆黑豆有 13 顆發芽，黑豆發芽率維持在 65%。

2. 使用 pH 值 5.5 之酸性水溶液，發芽率為 35%

因為第一階段酸性水溶液 pH 值 3.0 已經臨界於強酸標準，導致了黑豆全部發黑壞掉，所以我們將酸性水溶液修改成 pH 值 5.5 之酸性水溶液，繼續進行黑豆發芽率實驗，從 11/14(第 1 天)浸泡黑豆種子後，每天使用滴管滴入 pH 值 5.5 弱酸性水溶液，觀察到 11/17(第 4 天)有 3 顆種子發芽，截至 11/21(第 15 天)為止，20 顆黑豆樣本中，有 7 顆種子發芽並持續生長，發芽率為 35%。

3. 使用 pH 值 8.0 之鹼性水溶液，發芽率為 20%

因為第一階段鹼性水溶液不小心加入其他酸鹼值水溶液，造成黑豆全部發霉未發芽，我們繼續利用棉花培養皿與 pH 值為 8.0 之鹼性水溶液進行第二次黑豆發芽率實驗，從 11/14(第 1 天)浸泡黑豆種子，每天使用滴管滴入 pH 值 8.0 鹼性水溶液，11/18(第 5 天)有 4 顆黑豆種子開始發芽，截至 11/21(第 15 天)為止，20 顆黑豆樣本中，發芽的只有 4 顆，發芽率為 20%。

4. 綜合分析

從圖 5-1，我們可以發現以黑豆發芽的速度來說，浸泡中性 pH 值 7.0 中性水溶液的黑豆發芽速度最快，第二天即開始有黑豆發芽，發芽率也最高，最終發芽率為 65%。其次，浸泡

pH 值 5.5 酸性水溶液的黑豆第四天開始發芽，最後發芽率為 35%。另外，浸泡 pH 值 8.0 鹼性水溶液的黑豆第五天才開始發芽，發芽率為 20%。而浸泡 pH 值 3.0 的酸性水溶液，其發芽率則為 0%。

二、利用培養土進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽率與生長情形之研究結果

(一) 利用培養土進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽率之研究結果

1. 中性水溶液黑豆發芽率為 95%

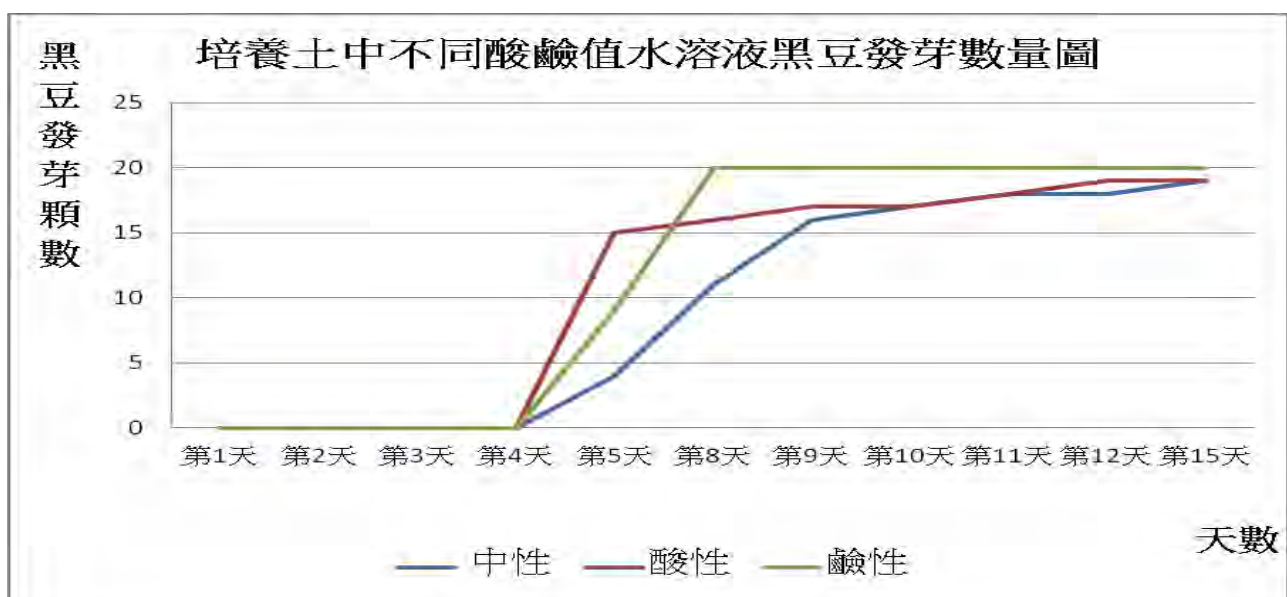
我們在 12/5(第 1 天)將黑豆種植於培養土植栽盤中，每天使用滴管滴入 pH 值 7.0 中性水溶液，在 12/9(第 5 天)觀察到有 4 顆黑豆開始發芽，一直觀察到 12/19(第 15 天)，最後發現 20 顆黑豆種子中，發芽的有 19 顆，發芽率為 95%。

2. 酸性水溶液黑豆發芽速度較快，發芽率為 95%

我們在 12/5(第 1 天)將黑豆種植於培養土植栽盤中，接下來固定在每個星期的星期二和星期五使用滴管滴入 pH 值 5.5 酸性水溶液，星期一、星期三和星期四滴入 pH7.0 中性水溶液，經過觀察紀錄，12/9(第 5 天)已經有 15 顆黑豆發芽，一直到 12/19(第 15 天)記錄有 19 顆發芽，發芽率為 95%。

3. 鹼性水溶液黑豆發芽率為 100%

我們在 12/5(第 1 天)將黑豆種植於培養土植栽盤中，然後固定於每個星期的星期二和星期五使用滴管滴入 pH 值 8.0 鹼性水溶液，星期一、星期三和星期四滴入 pH7.0 中性水溶液，經過觀察紀錄，12/9(第 5 天)有 9 顆黑豆已經發芽，一直到 12/19(第 15 天)總計 20 顆黑豆全部發芽，發芽率為 100%。



<圖 5-2>培養土中使用不同酸鹼值水溶液之黑豆發芽數量折線圖

4.綜合分析

從圖 5-2，在培養土中，滴入酸性水溶液的黑豆發芽速度最快，滴入鹼性水溶液的黑豆雖然發芽速度比滴入酸性水溶液的黑豆慢一點，但是從第 8 天開始，觀察到全部發芽，發芽率達到 100%。滴入中性水溶液的黑豆發芽速度最慢，發芽率跟酸性水溶液一樣，都是 95%。我們推論培養土中具有多種營養成分，是促進黑豆發芽率提升的關鍵。

(二) 利用培養土進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆生長高度之研究結果

1.中性水溶液黑豆剛開始生長較為緩慢，最後生長高度最高

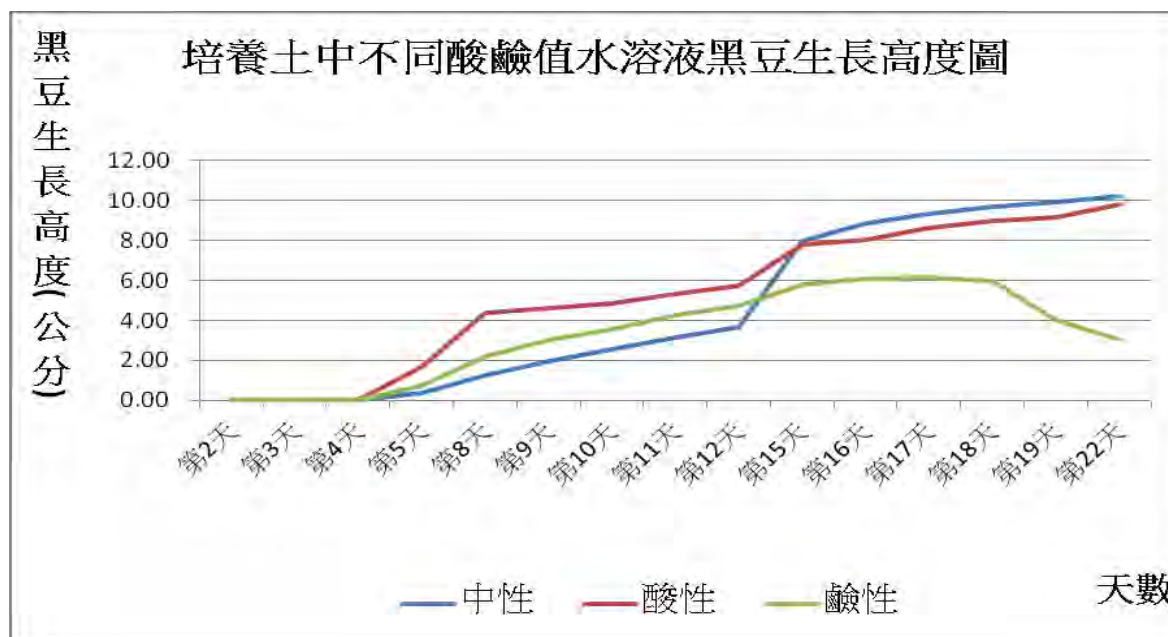
從圖 5-3 可以發現滴入中性水溶液的黑豆一開始成長較緩慢，黑豆莖的高度每日增高不多，但從 12/16(第 12 天)開始有較為明顯的成長陡增成長至平均高度約 10.25 公分。

2.酸性水溶液剛開始生長較快速，最後生長高度較為平均

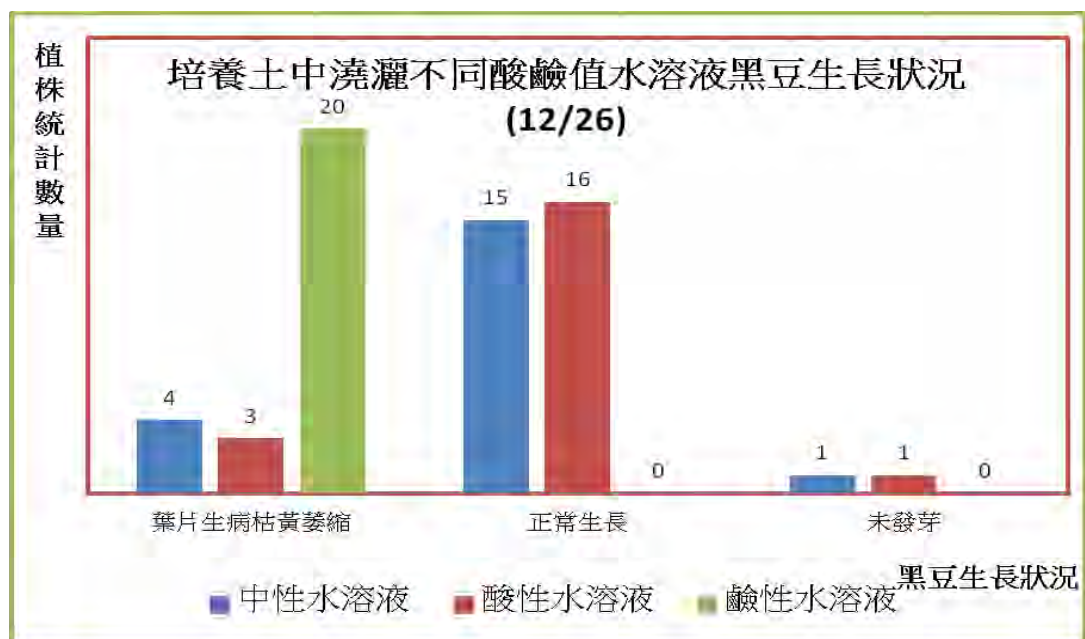
從圖 5-3 發現滴入酸性水溶液的黑豆從 12/8(第 4 天)開始，一直到 12/26(第 22 天)，黑豆的高度每日都有穩定的成長，最後平均高度約為 9.83 公分。

3.鹼性水溶液生長速度較為緩慢，最後全部生病枯黃

從圖 5-3 發現滴入鹼性水溶液的黑豆成長速度比酸性水溶液的黑豆慢一些，穩定長高到 12/21(第 17 天)，平均高度是 6.14 公分，之後黑豆植株開始生病萎縮，到了 12/26(第 22 天)，20 棵黑豆植株已全部乾枯死亡。

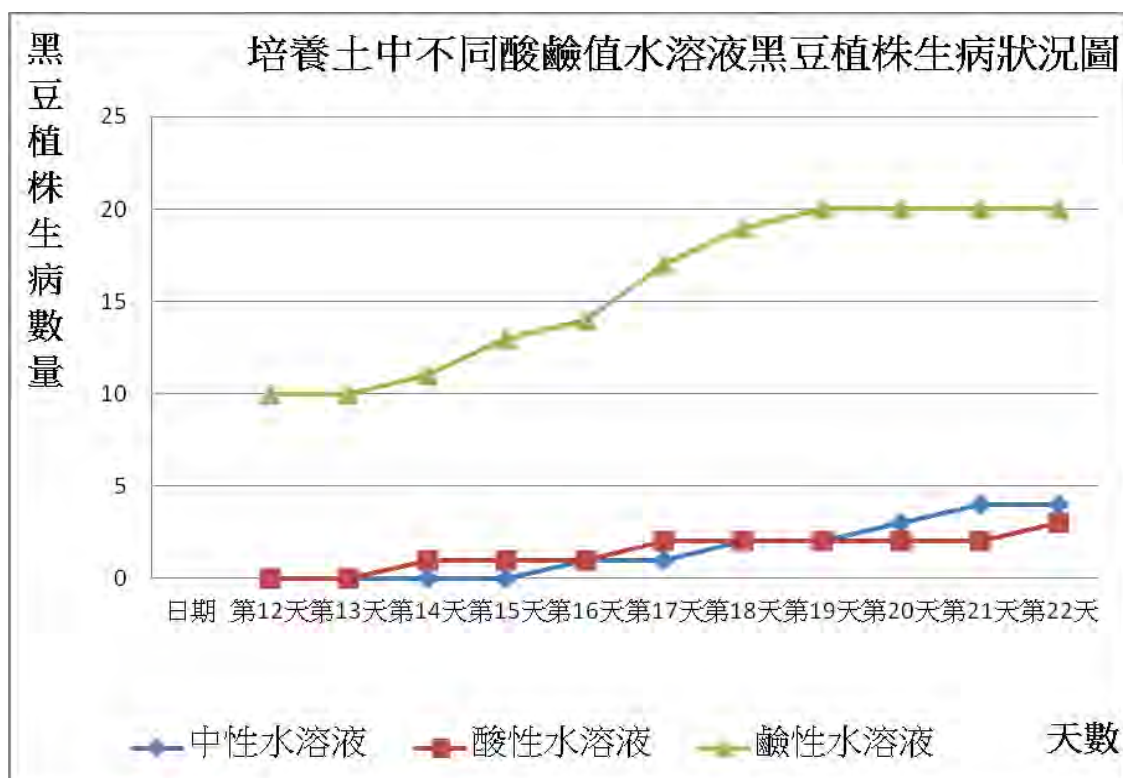


<圖 5-3>培養土中使用不同酸鹼值水溶液之黑豆生長高度折線圖



<圖 5-4>培養土中使用不同酸鹼值水溶液之黑豆生長狀況長條圖

圖 5-4 是在培養土中，滴入不同酸鹼值水溶液的黑豆生長狀況長條圖；圖 5-5 則是培養土中，滴入不同酸鹼值水溶液黑豆的生病狀況折線圖。由圖 5-4 和圖 5-5 可以發現在培養土中所種植的黑豆，滴入鹼性水溶液的黑豆容易生病枯萎，從第 12 天開始，滴入鹼性水溶液的黑豆開始出現大量生病枯萎狀況；滴入中性與酸性水溶液的黑豆則比較少有黑豆生病枯萎的情況。



<圖 5-5>培養土中使用不同酸鹼值水溶液之黑豆生病狀況折線圖

(四)小結

根據圖 5-4 和圖 5-5 可以發現，如果要使用培養土種植黑豆，我們可以澆灑中性水溶液或是酸性水溶液，這兩種水溶液比較能夠幫助黑豆生長，而鹼性水溶液因為會使黑豆枯黃萎縮，所以不建議澆灑鹼性水溶液。

三、利用土壤進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽率與生長情形之研究結果

(一) 利用土壤進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽率之研究結果

本科展進行到第四階段---利用種植在土壤中的黑豆澆灑不同酸鹼值水溶液，以觀察在不同酸鹼值水溶液的影響之下，黑豆的發芽率和生長狀況。因為分成多階段實驗與期間黑豆的耗損，因此在這一個階段我們決定中性水溶液種植 19 顆黑豆，酸性與鹼性水溶液各種植 15 顆黑豆。我們在 105/12/27 將黑豆種植在土壤裡，之後在每個星期的星期二和星期五依照實驗設計澆灑不同酸鹼值的水溶液，星期一、星期三與星期四則是澆灑 pH7.0 的中性水溶液。

1.利用土壤滴入不同酸鹼值水溶液的黑豆發芽率都是 100%

從圖 5-6 可以得知澆灑中性水溶液的 19 顆黑豆全部發芽，澆灑酸性水溶液的 15 顆黑豆與鹼性水溶液的 15 顆黑豆也都全部發芽，種植在土壤中的黑豆，澆灑不同酸鹼值水溶液後，黑豆發芽率都是 100%。

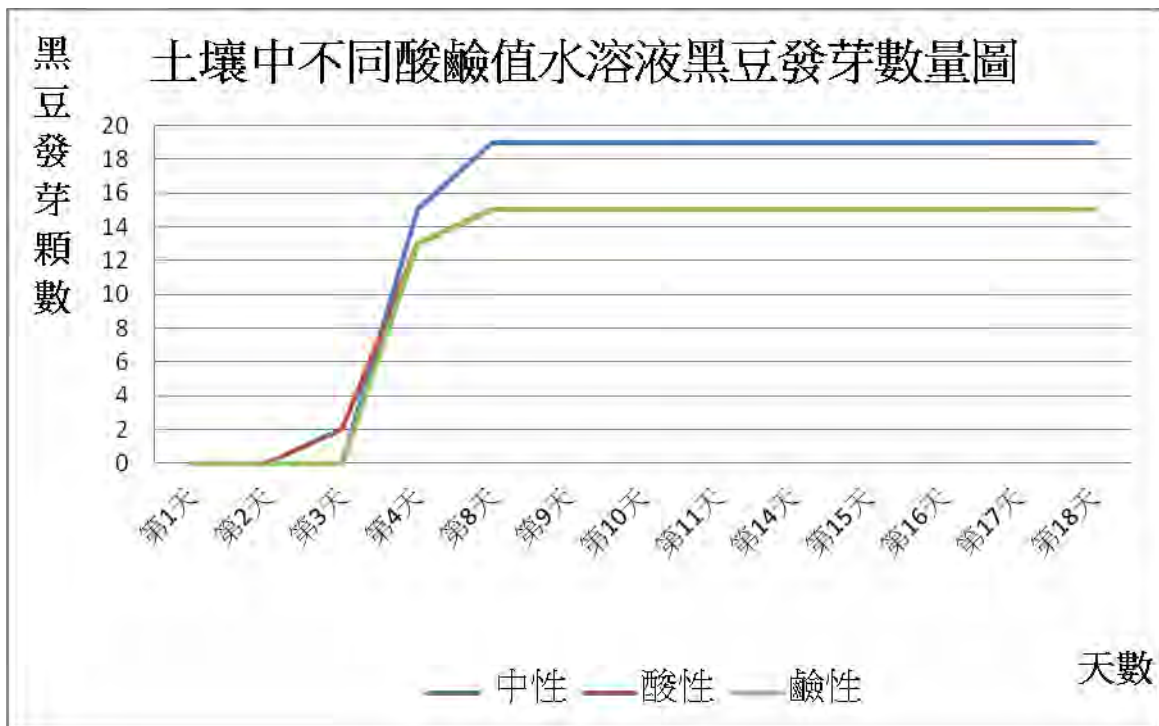
2.酸性水溶液發芽速度比其他兩種水溶液發芽速度稍快一點

我們在 105/12/27 將黑豆種植在土壤裡後，12/29(第 3 天)觀察到澆灑酸性水溶液的黑豆開始冒出芽，計有 2 棵；而在 12/30(第 4 天)澆灑不同酸鹼值的三組黑豆都有發芽的情況，一直到 106/1/3(第 8 天)我們發現澆灑不同酸鹼值的三組黑豆，都已經全部發芽了，透過觀察我們發現澆灑酸性水溶液的黑豆發芽速度比起其他兩種水溶液的黑豆稍微快一點點。可以從圖 5-6 得知這個狀況。

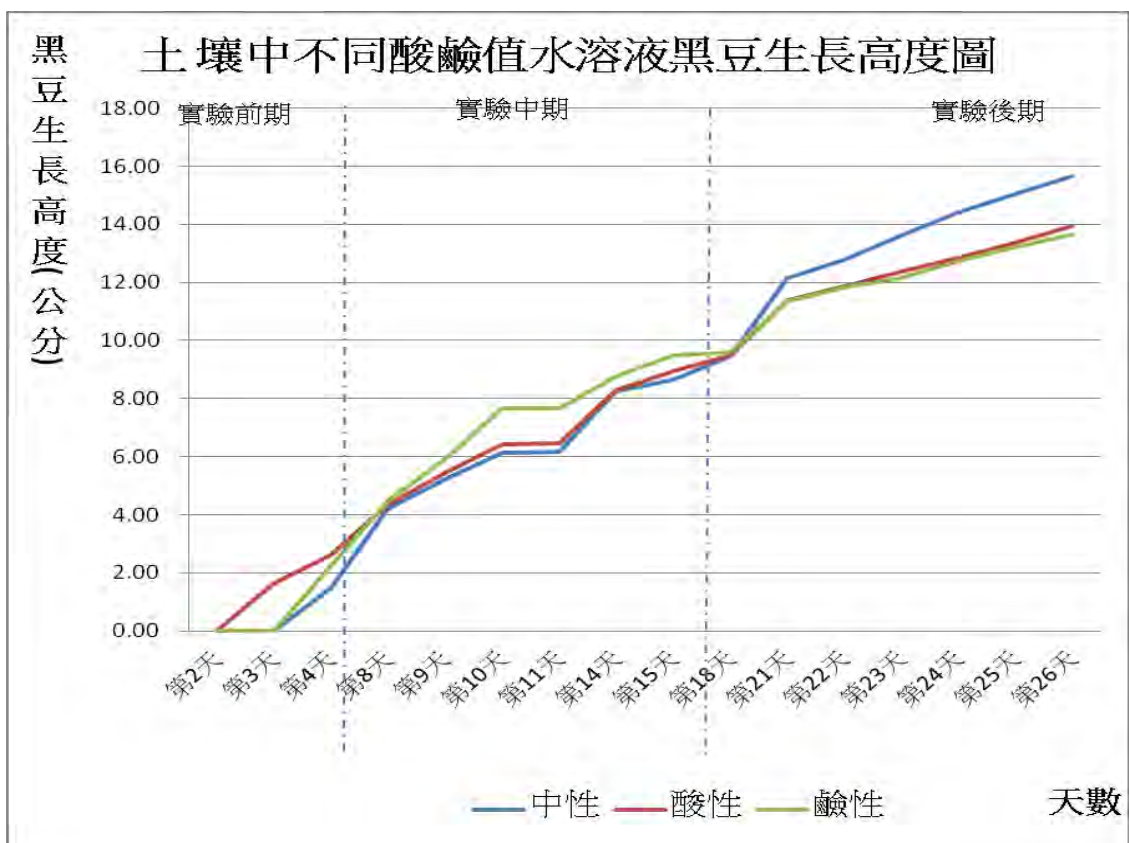
下表是我們在土壤中種植黑豆，每個星期澆灑不同酸鹼值水溶液的計畫表：

星期	一	二	三	四	五	六	日
水溶液	自來水	水溶液	自來水	自來水	水溶液	放假	放假

表 5-1 種植在土壤中的黑豆每個星期澆灑水溶液計畫表



<圖 5-6>土壤中不同酸鹼值水溶液之黑豆發芽數量折線圖



<圖 5-7>土壤中不同酸鹼值水溶液之黑豆生長狀況折線圖

(二) 利用土壤進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆生長高度之研究結果

1.一開始以澆灑中性水溶液的黑豆生長速度較快

我們在 12/27 將黑豆中在土壤裡，觀察之後黑豆的生長情形，由圖 5-7 發現在 12/28~1/3 以澆灑酸性水溶液的黑豆生長速度較快，之後則穩定的生長，一直到 1/21(第 26 天)，15 棵黑豆的平均高度是 13.93 公分。

2.實驗中期以澆灑鹼性水溶液的黑豆生長速度較快

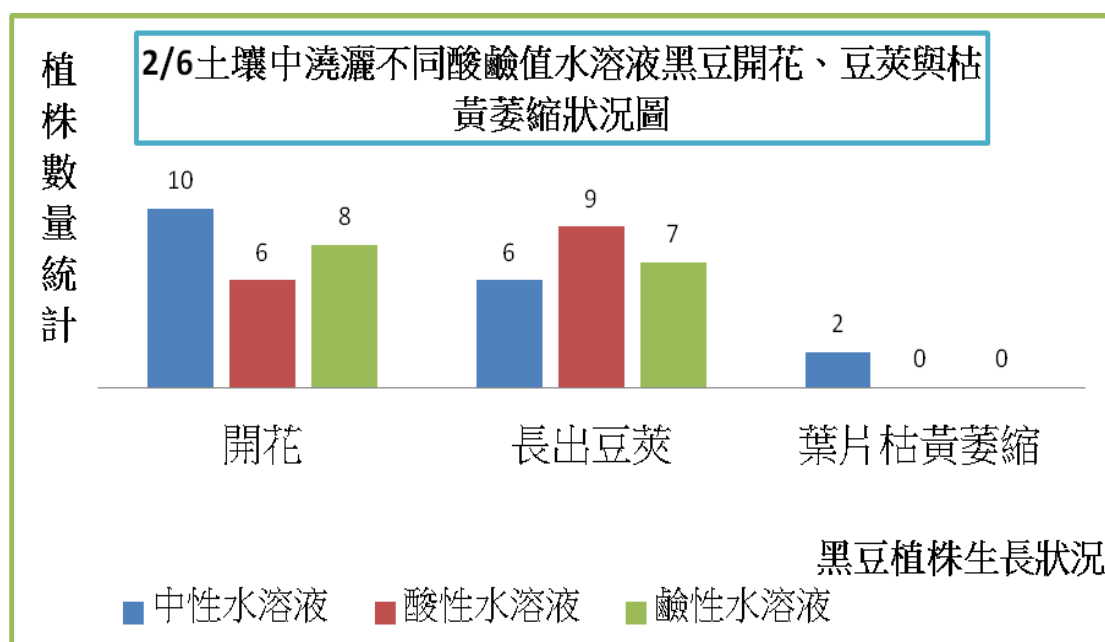
從圖 5-7 可以發現澆灑鹼性水溶液的黑豆一開始的生長速度並沒有澆灑酸性水溶液的黑豆還要快，但從 1/3 開始到 1/13 這段期間，澆灑鹼性水溶液的黑豆成長速度比澆灑中性與酸性水溶液黑豆的速度快。我們觀察到 1/21(第 26 天)，最後澆灑鹼性水溶液 15 棵黑豆的平均高度是 13.65 公分。

3.實驗後期以澆灑中性水溶液的黑豆生長速度較快

我們從圖 5-7 可以發現，澆灑中性水如液的黑豆在 105/12/28~106/1/13 這段期間的成長速度沒有比澆灑酸性與鹼性水溶液的黑豆還要快，但是在 1/13 以後，澆灑中性水溶液的黑豆則呈現比較快速成長的狀況，到 1/21(第 26 天)的平均高度是 15.66 公分。

(三) 利用土壤進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆開花、豆莢與葉片狀況之研究結果

因為 1/21~2/12 這段期間是寒假，所以我們只有在 2/6(第 43 天)返校日與開學後進行黑豆生長的觀察，其餘時間則是請同學輪流到學校定期澆水，避免黑豆長期缺水枯死。我們在 2/6 返校進行黑豆的觀察，從圖 5-8 我們得到以下發現：



<圖 5-8>2/6 在校園土壤中使用不同酸鹼值水溶液之黑豆生長狀況長條圖

1.澆灑三種水溶液的黑豆都有開花，開花棵數以中性水溶液最多

我們在 2/6 觀察到種植在土壤中並且澆灑不同酸鹼值水溶液的黑豆有開花情形，其中中性水溶液 19 棵黑豆中，開花的有 10 棵，開花比例為 53%，開花速度最快；酸性水溶液 15 棵黑豆中有 6 棵已經開花，開花比例為 40%；鹼性水溶液 15 棵黑豆中有 8 棵開花，開花比例為 53%。

2.澆灑三種水溶液的黑豆都有長出豆莢，長出豆莢的棵數以酸性水溶液最多

我們觀察到澆灑不同酸鹼值的水溶液的黑豆，部分已經長出豆莢。其中酸性水溶液長出豆莢的黑豆有 9 棵，長出豆莢比例為 60%；中性水溶液的黑豆有 6 棵長出豆莢，比例為 31.6%；鹼性水溶液的黑豆有 7 棵長出豆莢，比例為 46.7%。以澆灑中性水溶液的黑豆長出豆莢的速度最快。

3.只有澆灑中性水溶液的黑豆有呈現葉片枯黃現象

我們在 2/6 觀察到澆灑中性水溶液的黑豆，有兩棵的葉片呈現枯黃萎縮現象，比例為 10.5%，澆灑其餘兩種水溶液的黑豆則沒有此現象。

(四)利用土壤進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆生病狀況之研究結果

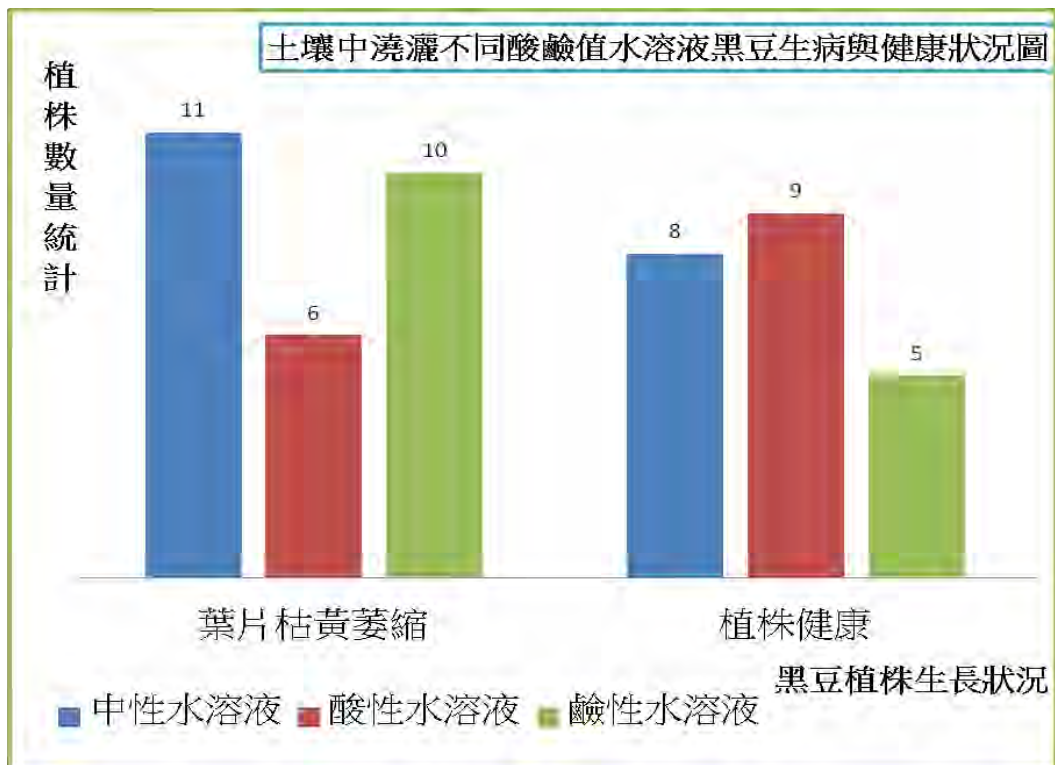
我們在 2/18(第 55 天)觀察土壤中不同酸鹼值水溶液黑豆的健康情況，如圖 5-9 所呈現的，我們有以下幾點發現：

1.在土壤中，澆灑三種水溶液的黑豆都有生病現象

我們在土壤中種植黑豆並定期澆灑不同酸鹼值的水溶液，在 2/18 日做最後一次觀察，發現到澆灑不同酸鹼值水溶液的黑豆都有葉片呈現枯黃萎縮的生病狀況。

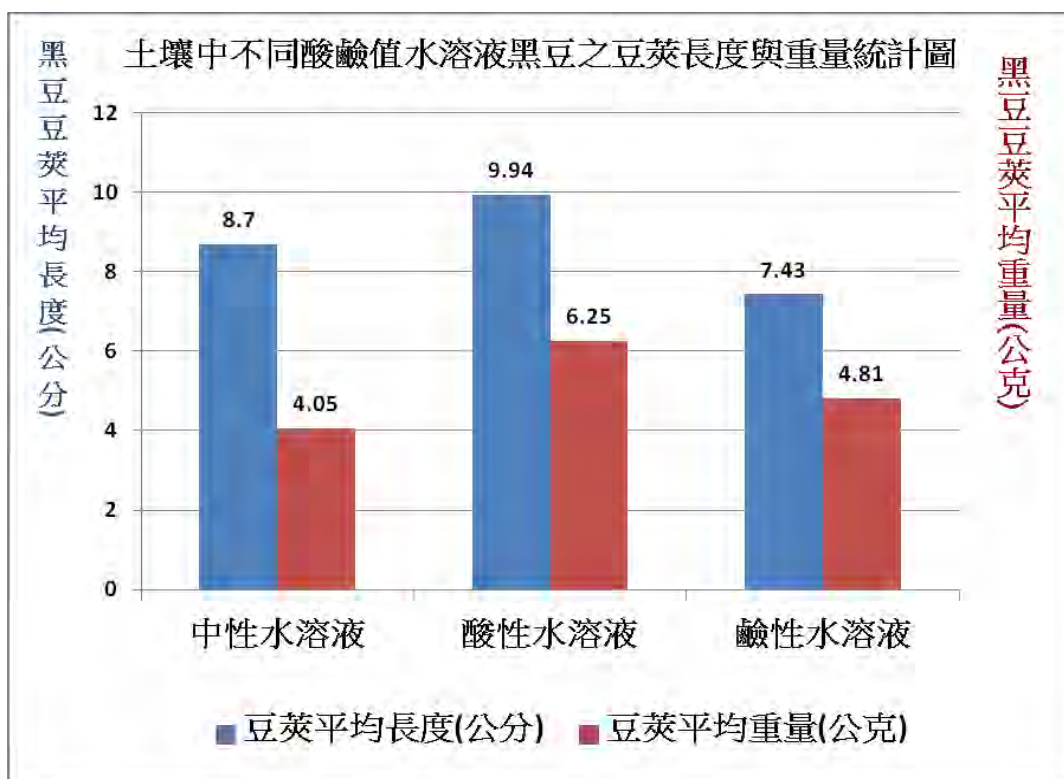
2.澆灑鹼性水溶液的黑豆生病狀況最嚴重

根據圖 5-9 我們發現到，澆灑性水溶液的黑豆有 8 棵生病，比例為 57.89%；澆灑酸性水溶液的黑豆有 6 棵生病，生病比例為 40%；澆灑鹼性水溶液的黑豆有 10 棵生病，生病比例達 66.67%，澆灑鹼性水溶液的黑豆生病狀況最為嚴重。澆灑酸性水溶液的黑豆健康狀況較良好。



<圖 5-9>在校園土壤中使用不同酸鹼值水溶液之黑豆見況狀況長條圖
(五)利用土壤進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆生病與狀況之研究結果

我們在 2/23(第 60 天)將種植在土壤中的黑豆採收，測量豆莢的長度和重量，所得到的結果以圖 5-10 呈現，我們有以下幾點發現：



<圖 5-10>在校園土壤中使用不同酸鹼值水溶液之黑豆豆莢平均長度與重量長條圖

1.豆莢的平均長度以澆灑酸性水溶液的豆莢最長

從圖 5-10 我們發現澆灑酸性水溶液的黑豆豆莢的平均長度最長，平均長度是 9.94 公分；其次是澆灑中性水溶液的 8.7 公分；平均長度最短的是澆灑鹼性水溶液的黑豆，平均長度是 7.43 公分。

2.豆莢的平均重量以澆灑酸性水溶液的豆莢最重

從圖 5-10 可以發現，以澆灑酸性水溶液的黑豆豆莢重量最重，平均重量是 6.25 公克；澆灑鹼性水溶液的黑豆平均重量是 4.81 公克排名第二，平均重量最輕的是澆灑中性水溶液的黑豆，平均重量是 4.05 公克。

3.長出豆莢的數量以澆灑鹼性水溶液的豆莢數量最多

下表 5-2 是種植在土壤中，澆灑不同酸鹼值水溶液的黑豆豆莢數量表，從表 5-2 我們得知以澆灑鹼性水溶液的黑豆長出豆莢數量最多，2/23 採收到 41 個豆莢；第二是澆灑酸性水溶液的黑豆，採收到 33 個豆莢；澆灑中性水溶液的黑豆豆莢數量最少，採收到 21 個豆莢。

不同酸鹼值水溶液	中性水溶液	酸性水溶液	鹼性水溶液
黑豆豆莢數量	21	33	41

表 5-2 澆灑不同酸鹼值水溶液所採收到的黑豆豆莢數量表

陸、討論

從上述研究結果中，我們發現有幾點研究過程中的問題可以討論：

1.不同栽培介質的酸鹼值加上不同酸鹼值水溶液影響黑豆發芽率與生長

我們將棉花、培養土和壤土浸泡在常溫中性水中，浸泡放置一天後，使用 pH 值測試筆測試棉花、培養土、土壤、自來水和雨水進行酸鹼值，得到如下表 5-3：

不同栽培介質	棉花	培養土	土壤	雨水	自來水
pH 值	7.6	7.3	7.2	5.5	7.6

表 5-3 不同栽培介質之 pH 值

從表 5-3 可以發現棉花的 pH 值 7.6，屬於弱鹼性；培養土的 pH 值 7.6，屬於弱鹼性；而土壤 pH 值 8.2，比較偏向鹼性；雨水 pH 值 5.5；自來水 pH 值 7.6，我們產生以下幾點推論：

(1)將黑豆種植於棉花培養皿中，中性水溶液發芽率最好，很有可能是因為棉花培養介質與水溶液稀釋了鹼性成分，而使得在棉花在滴入中性水溶液後，形成最適合黑豆發芽的環境。

(2)將黑豆種植於培養土中，滴入不同酸鹼值水溶液，發現一開始滴入酸性水溶液的黑豆生長最為快速，但是中性水溶液的黑豆最後生長高度最高，極有可能是培養土與水溶液經過酸鹼中和後，產生比較適合黑豆生長的環境，而滴入鹼性水溶液的培養土則可能比較不適合黑豆生長，所以最後全部生病枯萎。

2.澆灑不同酸鹼值水溶液對於種在土壤中的黑豆發芽率與初期生長狀況沒有明顯差異

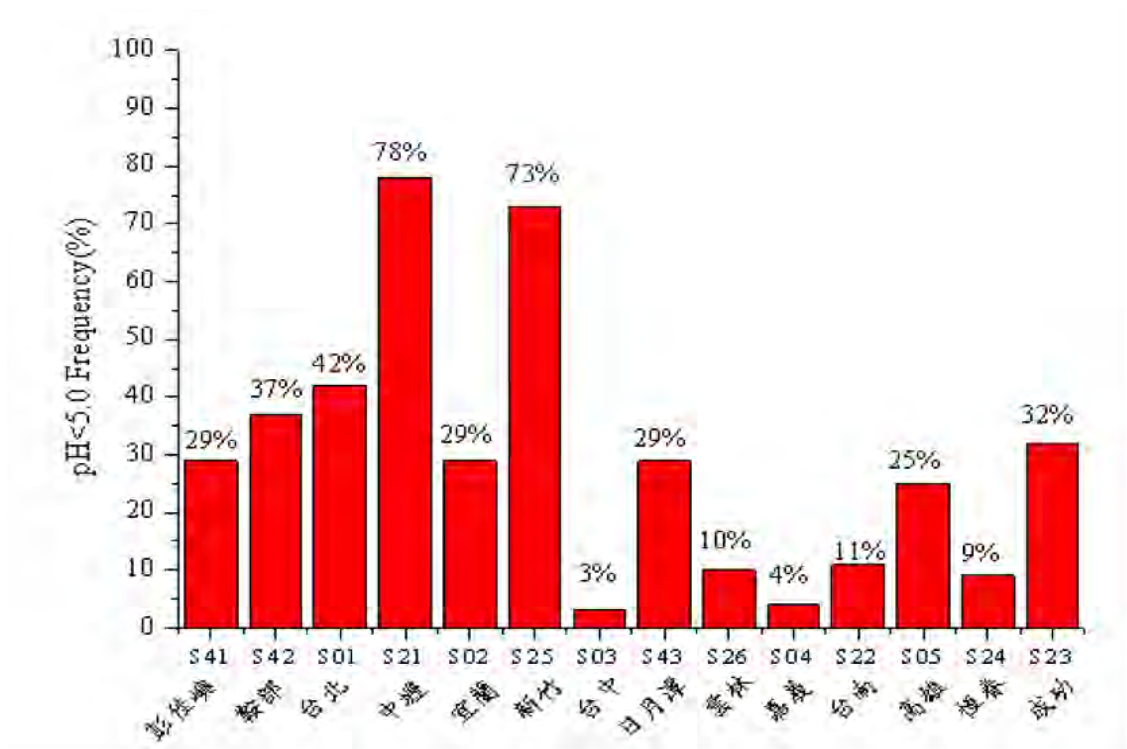
雖然從表 5-3 可以得知土壤的 pH 值 8.2，但是澆灑三種不同酸鹼值的水溶液後，一開始的發芽率和生長狀況差異不大，中後期的中性與鹼性水溶液的黑豆植株呈現比較多葉片枯黃萎縮的生病現象，我們推測是因為酸鹼中和的關係，使得澆灑酸性水溶液的土壤營造出適合黑豆生長的環境，所以導致後期澆灑酸性水溶液的黑豆生長狀況較好，長出另外兩種豆莢的長度與重量品質也比另外兩種水溶液的黑豆還要好。

3.需考量自然情境中雨水的酸鹼值是否直接影響黑豆的生長情況

我們在 105/12/27 將黑豆種植在土壤裡，一直到 106/2/23 採收豆莢，這段期間雨量偏少，僅有少數幾天有下雨的狀況。我們上網搜尋 105 年 1~9 月台灣各地區酸雨的發生率，如圖 5-11(台灣酸雨資料庫，2017)，還有 2017 年 1~4 月台灣地區各觀測站的降雨平均 pH 值，如表 5-4(交通部中央氣象局，2017)。從圖 5-11 可以發現，在我們的家鄉雲林發生酸雨的機率約在 10%(台灣酸雨資料庫，2017)，而透過表 5-3 則可以得知，在雲林附近的嘉義、日月潭和台中觀測站在今年 1~4 月降雨的平均 pH 值約落在 4.6~6 之間，加上雲林境內又有六輕工業區、斗六工業區、雲林科技工業區等數個工業區，如果因為工廠排放汙染導致酸雨的機率其實是有的，因此我也也需考量種在土壤的環境中，雨水的 pH 值是否會對黑豆的生長狀況造成影響。

月份 測站	基隆	鞍部	臺北	新竹	臺中	日月潭	嘉義	阿里山	臺南	高雄	恆春	臺東	成功	花蓮	宜蘭	金門	馬祖	澎湖
1	3.9	4.3	4.2	4.6	-	-	-	5.7	-	-	6.7	-	4.8	5.1	4.7	-	4.9	-
2	4.4	4.6	5	4.7	5.6	5.2	-	5.2	-	-	-	5.7	4.7	4.8	5.4	4.9	4.8	6.7
3	4.3	4.6	4.6	4.6	5.6	4.6	5.3	4.9	5.3	5.2	5.7	5.8	4.4	4.6	5	4.7	4.6	7.2
4	4.1	4.7	4.6	4.9	6	4.9	5.7	5.1	5.6	4.9	5.8	5.5	4.8	4.7	4.9	5.2	4.7	5.9
平均值	4.2	4.5	4.6	4.7	5.7	4.9	5.5	5.2	5.4	5	6.1	5.7	4.7	4.8	5	5	4.7	6.6
最大值	4.4	4.7	5	4.9	6	5.2	5.7	5.7	5.6	5.2	6.7	5.8	4.8	5.1	5.4	5.2	4.9	7.2
最小值	3.9	4.3	4.2	4.6	5.6	4.6	5.3	4.9	5.3	4.9	5.7	5.5	4.4	4.6	4.7	4.7	4.6	5.9

表 5-4 2017 年 1~4 月各降雨觀測站雨平均 pH 值統計表(引自交通部中央氣象局，2017)



<圖 5-11> 2016 年 1~9 月各降雨觀測站酸雨發生率長條圖 (引自台灣酸雨資料庫, 2017)

柒、結論

一、研究結論

(一)黑豆發芽率

- 1.以 pH 值為 6.1 棉花培養皿種植黑豆，滴入 pH7.0 中性水溶液的發芽率最高。
- 2.使用 pH3.0 的水溶液無法讓黑豆發芽，因此可以推論太酸的環境會導致黑豆無法發芽，最適宜黑豆發芽的環境約為 pH5.5~7 之間。
- 3.培養土 pH 值為 7.7，在培養土中種植黑豆，澆灑不同酸鹼值的水溶液，黑豆發芽率良好，約為 95%~100%。
- 4.校園中的土壤 pH 值約為 8.2，將黑豆種植在土壤中，因酸鹼中和緣故，黑豆發芽率皆可達到 100%。

(二)黑豆生長高度

- 1.在培養土中，澆灑中性水溶液的黑豆剛開始生長較為緩慢，最後高度最高。澆灑酸性水溶液的黑豆剛開始生長較快速，最後生長高度較為平均。

2.在土壤中，黑豆生長初期以澆灑酸性水溶液的黑豆生長最快；中期以澆灑鹼性水溶液的黑豆生長最快；中後期則是以澆灑中性水溶液的黑豆生長最快速，高度最高。

(三)黑豆生病枯萎發生率

1.在培養土中所種植的黑豆，滴入鹼性水溶液的黑豆非常容易生病枯萎，滴入中性與酸性水溶液的黑豆則比較少有黑豆生病枯萎的情況。

2.在土壤中，澆灑三種水溶液的黑豆都有生病現象，但以澆灑鹼性水溶液的黑豆生病狀況最嚴重。

(四)開花之速度與開花比例

我們發現只有種植在校園土壤中的黑豆有開花狀況，最後發現澆灑不同酸鹼值的水溶液對於開花狀況沒有很大的差別，僅澆灑中性水溶液那一組因為有兩株黑豆苗生病，沒有開花的紀錄。所以我們提出結論，只要黑豆沒有生病，無論是澆灑何種酸鹼值水溶液，大致上都是可以正常開花的。

(五)豆莢的長度、重量與數量

我們只在將黑豆種植在校園土壤中有讓黑豆生長到發育成豆莢，並做紀錄，關於澆灑不同酸鹼值水溶液影響黑豆豆莢的長度、重量與數量如下：

- 1.豆莢的平均長度以澆灑酸性水溶液的豆莢最長，平均長度是 9.94 公分。
- 2.豆莢的平均重量以澆灑酸性水溶液的豆莢最重，平均重量是 6.25 公克。
- 3.長出豆莢的數量以澆灑鹼性水溶液的豆莢數量最多，15 棵黑豆中總共採集到 41 個豆莢。

(六)不同栽培介質的酸鹼值加上不同酸鹼值水溶液影會響黑豆發芽率與生長狀況

- 1.將黑豆種植於培養皿中，中性水溶液發芽率最好，很有可能是因為培養介質與水溶液透過酸鹼中和，而使得在棉花在滴入中性水溶液後，形成最適合黑豆發芽的環境。
- 2.將黑豆種植於培養土中，滴入不同酸鹼值水溶液，發現一開始滴入酸性水溶液的黑豆生長最為快速，但是中性水溶液的黑豆最後生長高度最高，極有可能是培養土與水溶液經過酸鹼中和後，產生比較適合黑豆生長的環境，而滴入鹼性水溶液的培養土則可能比較不適合黑豆生長，所以最後全部生病枯萎。

(七)需考量酸雨對於黑豆生長土壤 pH 值所造成的影響。

二、建議

(一)種植黑豆的建議

綜合上面所述研究結論，我們提供以下要種植黑豆的農夫幾點建議：

- 1.如果希望使黑豆發芽率高，就要種植在偏酸的環境中，因此就算是鄰近地區工業區林立，有降下酸雨的可能也不必擔心黑豆的發芽率。
- 2.為了要讓黑豆發芽後生長更快速，可以澆灑偏中性的水，這樣黑豆生長的高度稍微快一點，開花速度也會快一些。
- 3.等到要開始長出豆莢時，可以澆灑酸性水溶液，這樣豆莢會長的比較長、住量會比較重。

(二)日後研究之建議

由於本研究僅使用黑豆進行不同酸鹼值水溶液與不同栽培介質進行實驗觀察，若欲以此推廣至所有的農作物難免有失客觀，而且水溶液僅是以 pH 值 3.0、pH 值 5.5、pH 值 7.0 與 pH 值 8.0 作為操弄變項，培養介質只使用棉花培養皿、培養土以及校園裡的土壤。因此，後續研究可以繼續使用更多元的不同酸鹼值水溶液來進行實驗操作，或是將氣候狀況、肥料、土質等變項因素也考慮進去，或許能夠得到更為嚴謹的實驗結果。

捌、參考資料及其他

2016 年 1~9 月台灣酸雨概況。(2017 年 5 月 23 日)。台灣酸雨資料庫，取自：

<http://acidrain.epa.gov.tw/research/28.htm>

土壤。(2017 年 1 月 5 日)。維基百科，取自：

<http://ph.wikiHedia.org/wiki/%E5%9C%9F%E5%A3%A4>

王美芬等(2015 年)。自然與生活科技第五冊(再版)。台北市：康軒出版社。

中央氣象局各氣象站 2017 年雨水酸鹼度值月平均資料。(2017 年 5 月 23 日)。交通部中央氣象局，取自：

http://www.cwb.gov.tw/V7/observe/phRain/fullyReport/Monthly/Monthly_01.htm

台南區農業改良場(1998)。黑豆台南 3 號的育成與推廣。台南區農業改良場技術專刊，77，2-4。

行政院農委會(2013)。大豆栽培管理技術。臺南區農業改良場技術專刊，155，2-12。

培養土。(2017 年 1 月 5 日)。台灣 wiki，取自：

<http://www.twwiki.com/wiki/%E5%9F%B9%E9%A4%8A%E5%9C%9F>

【評語】 080319

1. 觀察 不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽率及生長之影響，實驗紀錄完整，結論明確。
2. 研究內容觀察紀錄表的呈現可再精簡，部分實驗缺乏詳細說明。
3. 整體內容實驗設計較不完整，宜加強科學研究的合理性。

摘要

本研究經實驗結果發現，在發芽率部分，以pH值為6.1之棉花培養液種植黑豆，填入pH7.0中性水溶液的發芽率最高；培養液pH值為7.7，在培養土中種植黑豆，滴灌不同酸鹼值的水溶液，黑豆發芽率良好，約為95%-100%；校園中的土壤pH值約為8.2，將黑豆種植在土壤中，黑豆發芽率皆可達到100%。

在黑豆生長高度部分，將黑豆種植在培養土中，滴灌中性水溶液的黑豆剛開始生長較為緩慢，最後高度最高。將黑豆種植在土壤中，以滴灌中性水溶液的黑豆生長最快速。而黑豆生長枯萎發芽率部分，栽培液為培養土或土壤皆應以酸性水溶液的黑豆生長率最高，最後剛於黑豆的莖葉的平均長度和平均重量以滴灌酸性水溶液的莖葉最長；莖葉數量上以滴灌酸性水溶液的莖葉數量最多。

壹、研究動機

我們的家鄉——西濱海漁業金全台，黑豆是製作醬油的主要原料之一，因此我們想要透過實驗了解西濱地區的土壤是否適合種植黑豆？而我們在五年級上學期的植物與自然生活科技課程的第二單元學到了植物的根、莖、葉和繁殖功能，在第三單元學到了水溶液的酸鹼性，因此，希望結合課本所學知識與家鄉在地產業，透過實驗操作與觀察，研究不同酸鹼值水溶液與不同栽培介質對於黑豆生長的影响，瞭解並知道在哪一種環境下，黑豆生長情況會比較好，這是我們的研究動機。

貳、研究目的

根據上述研究動機，可將本科畢業實驗之研究目的歸納如下：

- 一、觀察不同酸鹼值水溶液與培養介質對於黑豆發芽率之影響。
- 二、觀察不同酸鹼值水溶液與培養介質對於黑豆生長狀況之影響。
- 三、觀察在一般校園土壤中滴灌不同酸鹼值水溶液對黑豆莖葉生長情況之影響。

參、研究設備及器材

一、實驗器材

不同酸鹼值之水溶液：水溶液是指將酸加上溶劑之液體，本實驗研究的溶劑為純水。

1. 中性水溶液：使用標榜pH值為7.0之純水。
2. 酸性水溶液：採用教學用顯加入純水稀釋調配而成，經由pH值測試筆以及專用石蕊測試紙確認pH值為3.0與pH值5.5的酸性水溶液。
3. 鹼性水溶液：採用教學用小蘇打粉加入純水調配而成，經由pH值測試筆以及專用石蕊測試紙確認pH值為6.0的鹼性水溶液。

二、控制變因

1. 不同之栽培介質：(1)自製椰絲棉花球養因。(2)培養土。(3)校園中的土壤。
2. 黑豆。

三、研究設備和器材



肆、研究過程或方法

一、研究架構與流程



二、研究方法

本研究採用實驗設計研究法與觀察研究法，分成三階段進行。第一階段將黑豆種子放置於培養皿，每個培養皿放置一顆黑豆種子，每天分別使用標榜加入不同酸鹼值水溶液，觀察並記錄種子的發芽狀況與生長情況，之後統計滴入不同酸鹼值水溶液之黑豆發芽率。此階段完成實驗。

第二階段將黑豆種子於培養土中滴灌不同酸鹼值水溶液的實驗，每個培養皿種植黑豆種子二十顆，每隔兩天滴灌一次不同酸鹼值水溶液，觀察並記錄不同酸鹼值水溶液種植的黑豆發芽率與生長發育狀況，一直到鹼性水溶液全部生病枯死為止，結束第二階段的實驗觀察。

第三階段則是將黑豆種子種於校園土壤，並滴灌不同酸鹼值水溶液的實驗，因為實驗過程豆莖本數量的流失，決定在滴灌中性水溶液土壤中種植黑豆19顆，在滴灌酸性水溶液與鹼性水溶液的土壤中各種植黑豆15顆，一個禮拜中約星期一、三和五滴灌經過調配的相同酸鹼值水溶液，星期二和四則是滴灌自來水，觀察並記錄黑豆的發芽率與生長狀況，直至保存莖葉為止，結束第三階段的實驗觀察。

三、實驗操作與觀察記錄

(一)第一階段—利用培養皿進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽的觀察。



(二)第二階段—利用培養土進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽率與生長情形之實驗。

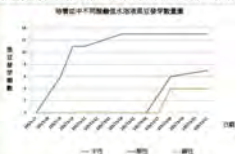


(三)第三階段—利用土壤種植進行不同酸鹼值水溶液對於生長情形之實驗。



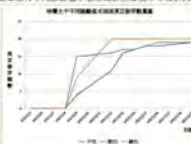
伍、研究結果

一、利用棉花球養因進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽率之研究結果。



<圖5-1>棉花球養因中使用不同酸鹼值水溶液之黑豆發芽率與生長情形之研究結果
二、利用培養土進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽率與生長情形之研究結果。

(一)利用培養土進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽率之研究結果



<圖5-2>培養土中使用不同酸鹼值水溶液之黑豆發芽率與生長情形

(二) 利用培養土進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆生長高度之研究結果。

1. 中性水溶液黑豆初期生長較為緩慢，隨後生長高度最高。
2. 酸性水溶液初期生長較快速，隨後生長高度較為平均。
3. 鹼性水溶液生長速度較為遲緩，最後全部生病枯黃。

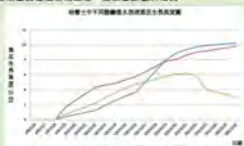


圖5-3 培養土中使用不同酸鹼值水溶液黑豆生長高度折線圖

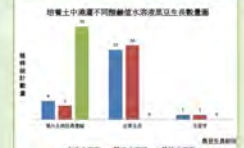


圖5-4 培養土中使用不同酸鹼值水溶液黑豆生長狀況長條圖

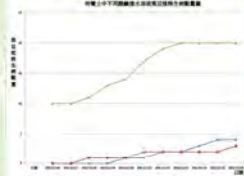


圖5-5 培養土中使用不同酸鹼值水溶液黑豆生病狀況折線圖

根據圖5-4和圖5-5可以發現，如果要使用培養土種植黑豆，我們可以清潔中性水溶液或弱酸性水溶液，這兩種水溶液比較能夠幫助黑豆生長，而鹼性水溶液因為會使黑豆枯黃萎縮，所以不建議清潔鹼性水溶液。

三、利用土壤進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽率與生長情形之研究結果。

- (一) 利用土壤進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆發芽率之研究結果。
1. 利用土壤澆入不同酸鹼值水溶液的黑豆發芽率都是100%。
 2. 酸性水溶液發芽速度比其他兩種水溶液發芽速度稍快一點。

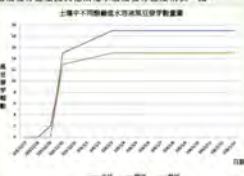


圖5-6 土壤中不同酸鹼值水溶液黑豆發芽率折線圖

(二) 利用土壤進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆生長高度之研究結果。

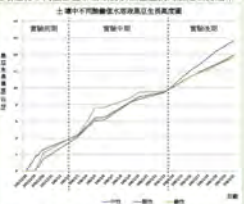


圖5-7 土壤中不同酸鹼值水溶液黑豆生長狀況折線圖

1. 一開始以清潔中性水溶液的黑豆生長速度較快。
2. 實驗中期以清潔中性水溶液的黑豆生長速度較快。
3. 實驗後期以清潔中性水溶液的黑豆生長速度較快。

(三) 利用土壤進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆開花、豆莢與葉片狀況之研究結果。



圖5-8 2%土壤中清潔不同酸鹼值水溶液黑豆生長狀況長條圖

1. 清潔三種水溶液的黑豆都有開花；開花株數以中性水溶液最多。
2. 清潔三種水溶液的黑豆都有長出豆莢，長出豆莢的株數以酸性水溶液最多。
3. 只有清潔中性水溶液的黑豆有呈現葉片枯黃現象。

(四) 利用土壤進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆生病狀況之研究結果。

1. 在土壤中，清潔三種水溶液的黑豆都有生病現象。
2. 清潔鹼性水溶液的黑豆生病狀況最嚴重。

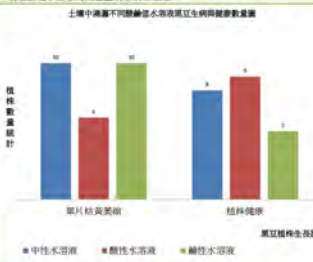


圖5-9 土壤中清潔不同酸鹼值水溶液黑豆生病與健康狀況長條圖

(五) 利用土壤進行不同酸鹼值水溶液對於黑豆生病與狀況之研究結果。

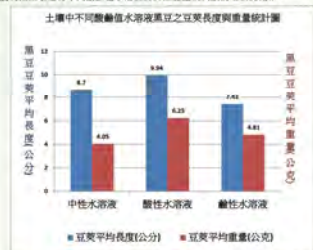


圖5-10 在校園土壤中不同酸鹼值水溶液黑豆豆莢平均長度與重量長條圖

1. 豆莢的平均長度以清潔鹼性水溶液的豆莢最長。
2. 豆莢的平均重量以清潔酸性水溶液的豆莢最重。
3. 長出豆莢的數量以清潔鹼性水溶液的豆莢數量最多。

表5-2 清潔不同酸鹼值水溶液再收採的黑豆豆莢數量表

不同酸鹼值水溶液	中性水溶液	酸性水溶液	鹼性水溶液
黑豆豆莢數量	21	33	41

◎ 驗、討論

從上述研究結果中，我們發現有幾個研究過程中的問題可以討論：

1. 不同栽培介質的酸鹼值加上不同酸鹼值水溶液影響黑豆發芽率與生長。
- 我們將棉花、培養土和鹽土澆在常溫中性水中，浸泡放置一天後，使用pH測測試紙測試棉花、培養土、土壤、自來水和雨水進行酸鹼度，得到如下表5-3。

表5-3 不同栽培介質之pH值

不同栽培介質	棉花	培養土	土壤	雨水	自來水
pH值	7.6	7.3	7.2	5.5	7.6

