

屏東縣第 63 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科別：地球科學科

組別：國小

作品名稱：屏(萍)水相逢在天邊

學校名稱：屏東縣萬巒鄉五溝國小

作者	指導老師
薛霈婕	郭銘宏
張洵昇	黃秀香
潘承銑	
陳恩	
潘陞睿	
鍾羽桓	

關鍵詞：蒸發、相對濕度、水循環

屏(萍)水相逢在天邊

摘要



本研究想瞭解極端氣候下，地理位置狹長的屏東縣地表水蒸發狀況。研究選擇屏東平原北、中、南的高樹、萬巒、恆春三地區，及地理位置臨海、平原、高山的林邊、內埔、北大武山等區域做為觀察區域。經 2022 年 9 月至 10 月計 60 天觀測，發現各地區水體蒸發水量都不相同。經過比較發現緯度相近的高山區(北大武山)蒸發量低於海邊區(林邊)、屏南恆春地區高於屏北高樹地區蒸發量。進一步分析，我們發現各地區的氣溫、高度、相對濕度、氣壓及風速都不相同，因而造成各地蒸發量的不同。如風速越大，蒸發愈多；一天中時間 12:00-15:00 水蒸發量最大，每小時約 4 cc。氣溫越高則蒸發量越大越快。除上述氣溫之外，風、氣壓、乾濕(相對濕度)等外在的氣象因素也會影響蒸發；同時在水體本身的深淺度、水質、面積皆會或多或少影響水的蒸發，基本上深度愈深，水蒸發速率愈慢。水雜質愈多，水蒸發速率愈慢。面積愈大，水蒸發速率也愈慢。同時得到屏東的平均水蒸發量比台灣的平均水蒸發量高出許多，若長期不下雨,補足水源易發生乾旱,生活在屏東的我們更應該要保護與珍惜水資源。

壹、 研究動機

有次我們一起去同學家玩，發現他的水田抽不到水，老師說因為長時間沒下雨無法補充地下水，只出不進的結果就會導致地下水位太低，才會抽不到水。若一直抽不到水，只能棄耕，同時老師也提醒我們平時要節約用水，並養成習慣。新聞最近也常報導美國加州碰到 1200 年來最大乾旱，因此州政府限制民眾用水，用水超過者為水犯罪，會遭受高額罰金，水警察會幫他裝上省水裝置強制節水，同時也鼓勵民眾改變用水習慣，例如洗澡泡澡改用淋浴，庭園草皮一週澆灌一次即可，甚至改耐旱植物或是用塑膠草皮等措施。

屏東是農業縣，因此水對我們非常重要，而且蒸發又是水循環重要因素之一。屏東的地理屬南北狹長 有高山深谷更有平原及海邊，於是我們決定想對家鄉的水蒸發狀況進行觀察與了解，我們想對屏東地區北、中、南、海邊、平原、及高山的水的蒸發做一比較。所以我們就應該多了解我們生活的地區的天氣狀況及關於水分的蒸發做一了解，特別是近幾年氣候異常，極端氣候型態，長時間不下雨的乾旱經常出現，而今年也開始出現水庫缺水現象，山林枯黃一片，我們應該養成節約用水的好習慣，更應提早規劃對用水做準備。

但是由於時間及各方面條件的限制，我們只能就手邊可以運用的資源進行簡單的觀察及研究，希望能對家鄉有所幫助。圖一為簡易觀察之缺水現象。

		
路邊的缺水的野草	田裡馬達抽無水	樹木枯黃一片
		
乾燥的山林	缺水的咖啡園	山中枯黃的竹林

圖一、簡易觀察之缺水現象

貳、 研究目的

這個研究是對我們日常生活的屏東地理位置的北、中、南、做一比較，另外將平原、海邊及高山不同地形景觀水蒸發狀況進行觀察與了解，同時也分別做一比較及與全台灣平均蒸發量比較。另外我們想更進一步瞭解的影響蒸發因素有哪些？

一、了解 2022 年 9-10 月，屏東各地區水體蒸發情形。

二、比較各地蒸發量

(一) 比較屏東地區北、中、南的蒸發量。

(二) 比較海邊、平原、及高山的蒸發量

三、分析天氣氣象因素和蒸發量的關係並探討各地區蒸發量不同的可能原因

(一) 探討氣溫與蒸發的關係

(二) 探討風與蒸發的關係

(三) 探討氣壓與蒸發的關係

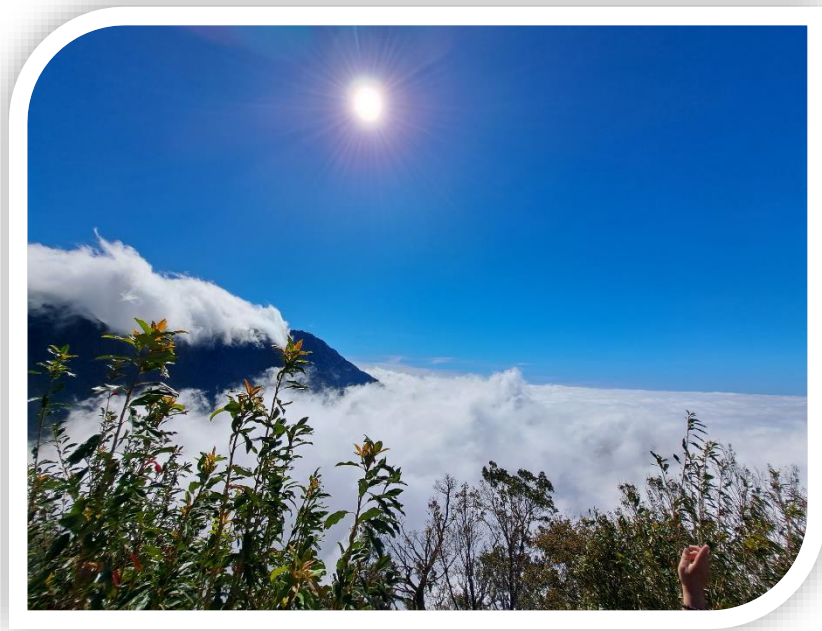
(四) 探討乾溼度與蒸發的關係

四、除了氣象因素外還有哪些因素會影響蒸發

(一) 水質影響

(二) 深淺影響

(三) 面積影響



屏水相逢在天邊-北大武山的水氣雲霧蒸發

參、研究方法與研究結果

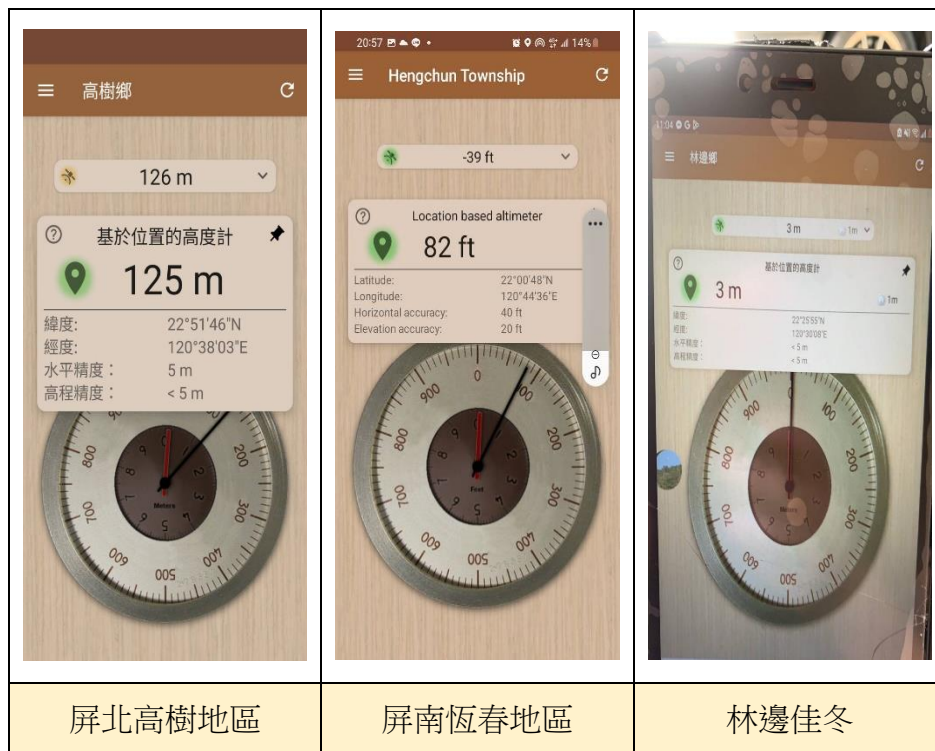
問題一：屏東地區 9-10 月計 60 天的蒸發狀況

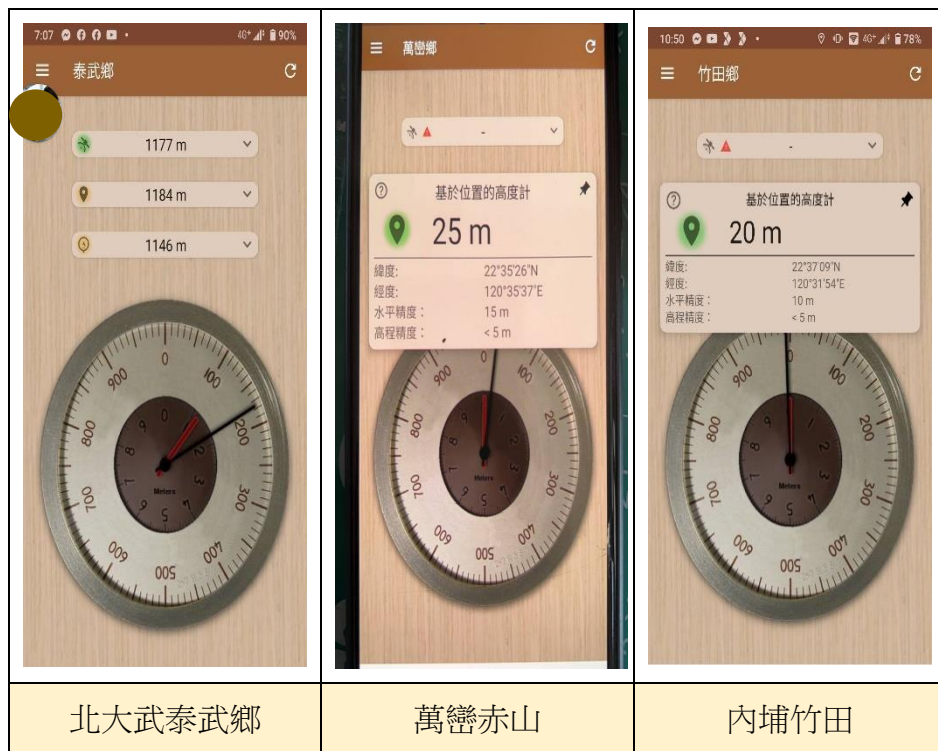
實驗方法：各地區蒸發量實測

分別將裝滿水的同款圓面積約 100 平方公分高 32 公分垂直容器放置於屏東縣內不同地點進行蒸發量實測，依序為高樹鄉(北)、恆春地區(南)、萬巒地區(中)、內埔地區(中)、北大武(東、高山)、林邊地區(西、近海)，時間 9/1~10/30，共計 60 天。於第一個月於每周固定日期紀錄標記容器內經蒸發後所剩餘之水量，60 天後將所有容器收回量測剩餘水量並紀錄下來做成表格(如表一)。圖二為蒸發量實測容器置放地點之照片。圖三為各地區放置點水平高度及經緯度圖片。圖四顯示實驗地區之地理位置。圖五顯示各地區實驗容器收回桶紀錄。

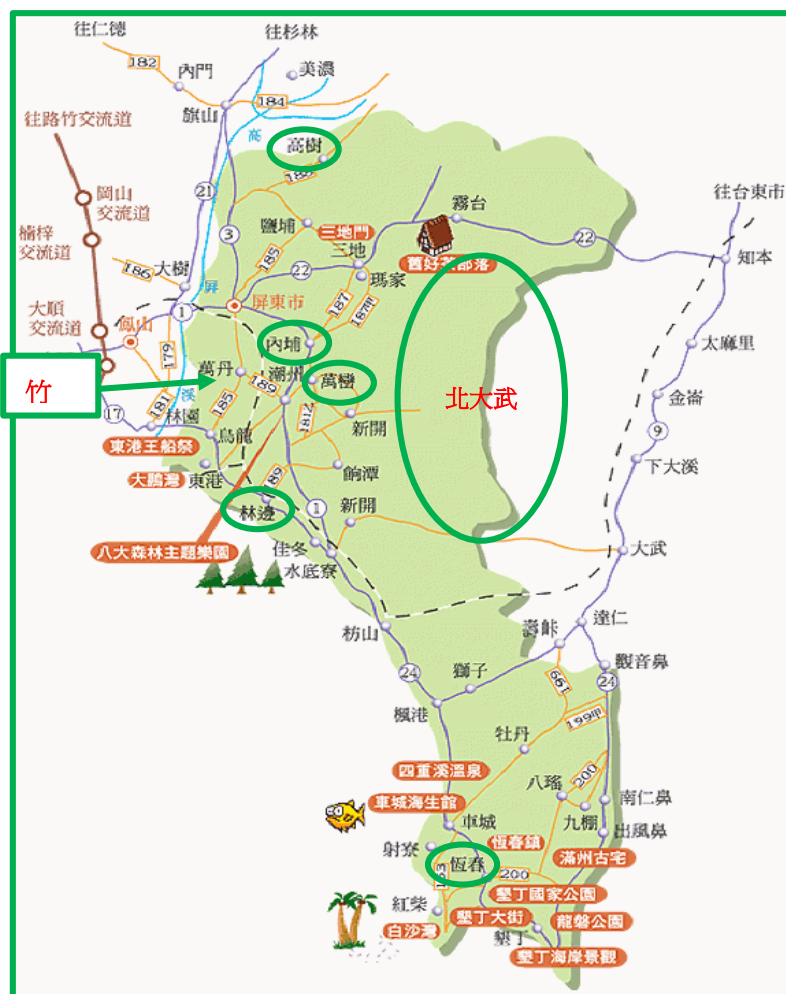


圖二、蒸發量實測容器置放地點之照片





圖三、各地區放置點水平高度及經緯度圖片



圖四、實驗地區之地理位置



圖五、各地區實驗容器紀錄

表一、9-10月各地區蒸發量紀錄表(水量單位:cc)

日期	9/1 剩餘 水量	9/8 剩餘 水量	9/15 剩餘 水量	9/22 剩餘 水量	9/29 剩餘 水量	10/30 剩餘 量	蒸發量
萬巒赤山	3200	2877	2653	2389	2157	1548	1652
內埔竹田	3200	2866	2679	2403	2231	1790	1410
屏北高樹	3200	2955	2778	2484	2207	1948	1252
林邊佳冬	3200	2821	2588	2331	2038	1213	1987
屏南恆春	3200	2906	2681	2493	2296	1203	1997
北大武泰武	3200	3150	3098	3050	3030	2977	223
屏東平均							1420

由上表可得知屏北高樹總蒸發 1252cc、屏東中部內埔區 1410 cc、屏南 1997 cc、海邊的林邊佳冬地區 1987 cc、平原的萬巒赤山區 1652 cc、及高山北大武山區 223 cc，各地區蒸發量除了南北不同之外，海邊高山的差異也大。

一、屏東北、中、南蒸發量分析比較：從上表中可發現北、中、南蒸發量，依序屏南恆春地區 1997cc > 萬巒赤山 1652cc > 屏北高樹區 1252cc

二、海邊、平原、高山分析比較：海邊的林邊佳冬區 1987cc > 平原的赤山萬巒區 1652cc(內埔竹田 1410cc) > 北大武山區 223cc

問題二:各地區蒸發量為何不一樣?

實驗方法:查閱中央氣象局資料，關於各地氣象狀況，並做一比較

表二為高樹區蒸發量紀錄表 9-10 月水體蒸發水量為屏東平原的高樹鄉為 1252 cc，二個月時間，蒸發水量與總水量百分比=1252/3200=39%。表 2 為高樹區蒸發量紀錄表(單位：cc)。表三與表四顯示屏東高樹區 9 及 10 月氣溫(°C) 風速(m/s) 相對溼度(%) 氣壓(hPa)天氣資料，資料來自中央氣象局。

表二、高樹區蒸發量紀錄表(單位：cc)

日期	9/1	9/8	9/15	9/22	9/29	10/30	蒸發損失水量
高樹區	3200	2955	2778	2484	2207	1948	1252

表三、高樹鄉 9 月氣溫(°C) 風速(m/s) 相對溼度(%) 氣壓(hPa)天氣資料

日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	平均
溫度	28	27	27	27	28	27	27	26	27	28	27	27	26	27	28	27	27	27	27	25	26	26	25	27	27	28	28	28	27	28	27
相對濕度	77	79	84	80	79	84	76	80	80	73	77	76	76	68	65	71	69	73	70	80	72	77	81	75	76	74	71	72	78	73	76
風速	1.1	0.8	1.7	1.3	1.3	1.2	1.5	1.4	1.5	1.1	1	2	1.9	1.3	1.3	1.4	1.3	1.2	1.5	1.4	1.6	1.3	1.3	1.1	1.2	1.2	1.5	1.1	1	0.9	1.3
氣壓	99	98	98	98	99	99	10	10	10	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	10	10	99	

	3	8	5	9	4	9	02	02	00	9	5	2	4	4	4	4	4	5	6	7	9	9	9	8	8	7	7	8	00	02	6
--	---	---	---	---	---	---	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	---

表四、高樹鄉 10 月氣溫(°C) 風速(m/s) 相對溼度(%) 氣壓(hPa)天氣資料

日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	平均
溫度	28	28	28	28	28	27	26	26	27	24	23	25	26	27	27	26	26	24	24	25	26	25	26	24	24	24	24	25	25	24	26
相對濕度	74	73	71	71	74	77	80	82	80	81	80	76	73	75	75	82	81	78	75	74	75	84	80	88	82	76	74	71	74	83	78
風速	5	1	1	1.2	0.9	1.1	1.1	1	0.9	1.2	0.8	1.1	1.3	1.1	0.7	1.1	1.1	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8	1	0.8	1.1	0.9	1.2	1.3	0.5	1.0
氣壓	10 03	10 02	10 02	10 02	10 03	10 03	10 03	10 03	10 03	10 03	10 02	10 01	10 00	99 8	99 5	99 3	99 5	99 9	10 02	10 04	10 03	10 02	10 02	10 03	10 05	10 05	10 03	10 02	99 9	99 7	10 03

表五為內埔蒸發量紀錄表，9-10 月水體蒸發水量為屏東平原的內埔竹田地區為 1410 cc，二個月時間，蒸發水量與總水量百分比=1410/3200=44%。表六及表七顯示屏東平原的內埔竹田地區 9-10 月氣象資料。資料來自中央氣象局。

表五、內埔竹田地區蒸發量紀錄表(單位：cc)

日期	9/1	9/8	9/15	9/22	9/29	10/30	蒸發損失水量
內埔	3200	2866	2679	2403	2231	1790	1410

表六、內埔竹田地區 9 月氣溫(°C) 風速(m/s) 相對溼度(%) 氣壓(hPa)天氣資料

日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	平均
溫度	29	28	28	29	29	29	28	28	28	29	28	28	28	28	29	29	29	28	27	27	27	27	27	27	28	29	29	29	29	29	28
相對濕度	93	94	99	93	94	94	91	93	91	86	87	88	87	80	78	84	80	84	89	93	88	89	91	92	88	88	85	87	88	82	89
風速	1.1	2.7	3.8	2.2	1.7	1.7	1.2	1.5	1.2	1.1	1.3	3.5	3.3	1.5	1.1	1.1	1.6	1.1	0.8	1.2	1.1	1.5	1.3	0.9	1.1	0.9	1.3	1.2	0.8	1.2	1.5
氣壓	10	99	99	99	10	10	10	10	10	10	10	99	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

	00	5	3	7	01	06	10	09	08	06	02	9	01	01	01	02	02	02	03	05	06	07	07	06	05	05	05	05	07	10	04
--	----	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

表七、內埔竹田地區 10 月氣溫(°C) 風速(m/s) 相對溼度(%) 氣壓(hPa)天氣資料

日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	平均
溫度	29	29	29	30	29	28	27	27	28	26	24	26	27	28	27	27	27	25	26	26	27	26	27	25	25	25	25	26	26	25	27
相對 濕度	83	85	86	80	83	87	91	98	93	95	91	85	85	87	90	95	97	88	81	80	84	97	92	98	88	90	84	84	86	97	89
風速	1	1	0.9	0.8	1.3	0.9	1.3	0.9	1	1.2	1	1	1	1.3	1	1	1.1	1.2	0.9	1.2	1	0.7	0.9	1	1.1	0.9	1.1	0.8	0.9	0.6	1.0
氣壓	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	10	10	10	10	10	11	10	11	11	11	10	08	07	06	03	00	03	07	10	12	11	10	10	10	13	12	11	09	07	04	09

表八為北大武山區蒸發量紀錄表，9-10 月水體蒸發水量為屏東北大武泰武地區為 223 cc，二個月時間，蒸發水量與總水量百分比=223/3200=7%。表九及表十顯示北大武山區 9-10 月氣象資料。資料來自中央氣象局。

表八、北大武山區蒸發量紀錄表(單位：cc)

日期	9/1	9/8	9/15	9/22	9/29	10/30	蒸發損失水量
北大武	3200	3150	3098	3050	3030	2977	223

表九、北大武山區 9 月氣溫(°C) 風速(m/s) 相對溼度(%) 氣壓(hPa)天氣資料

日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	平均
溫度	24	23	22	23	23	23	24	23	23	23	23	23	22	24	24	24	24	23	23	23	22	21	21	22	23	23	23	23	24	24	23
相對 濕度	89	96	100	96	92	97	87	93	91	87	87	91	86	72	74	83	82	83	79	78	85	89	90	88	88	94	85	85	85	84	87
風速	0.7	0.7	1.6	2.4	1	1.3	0.9	0.9	0.9	1.1	0.7	1.3	1.7	1.5	0.9	0.9	1.2	0.7	0.8	1	1	0.8	0.7	0.7	0.8	1.1	1	0.9	0.9	0.9	1.0

氣壓	92	91	91	91	92	92	93	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	93	92
	1	6	4	7	2	7	0	9	8	6	3	0	1	2	2	2	2	2	3	4	5	6	7	6	6	6	5	5	6	8	0	4					

表十、北大武山區 10 月氣溫(°C) 風速(m/s) 相對溼度(%) 氣壓(hPa) 天氣資料

日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	平均
溫度	24	24	24	24	23	23	22	22	22	21	19	21	22	22	22	22	22	20	20	21	22	22	23	20	19	19	20	21	21	20	21
相對 濕度	83	84	88	85	82	82	93	93	94	98	94	84	89	91	85	94	99	99	92	88	83	90	89	100	94	92	84	84	86	91	98
風速	0.9	1	0.8	0.8	1	0.8	1	0.7	1.1	0.8	0.6	0.8	0.9	0.7	0.7	1.6	1.5	1.1	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.9	0.8	0.8	0.8	1.3	1.1	1.2
氣壓	930	930	930	930	931	930	930	930	931	930	929	928	927	926	923	921	923	926	929	928	929	929	929	929	931	931	930	929	927	924	922

表十一為萬巒赤山地區蒸發量紀錄表，9-10 月水體蒸發水量為屏東平原的萬巒赤山地區為 1652 cc，二個月時間，蒸發水量與總水量百分比=1652/3200=52%。

表十二及表十三顯示並對照屏東平原的萬巒赤山地區 9-10 月天氣因素。資料來自中央氣象局。

表十一、萬巒赤山地區蒸發量紀錄表

日期	9/1	9/8	9/15	9/22	9/29	10/30	剩餘水量	蒸發損失水量
萬巒	3200	2877	2653	2389	2157	1548	1548	1652

表十二、萬巒赤山地區 9 月氣溫(°C) 風速(m/s) 相對溼度(%) 氣壓(hPa)氣象資料

日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	平
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

																															均
溫度	29	27	27	28	29	28	27	27	27	27	28	28	28	27	28	28	28	27	26	26	26	27	26	27	28	28	28	28	27	28	27
相對 濕度	80	80	89	83	82	85	88	87	82	76	81	79	77	72	72	76	74	77	83	86	84	80	85	81	79	80	75	79	83	78	80
風速	0.8	1.2	2.3	1.8	0.9	0.9	0.7	0.6	0.7	0.7	0.8	2.2	2	1.3	0.7	1	1.2	0.8	0.4	0.7	0.5	0.7	0.5	0.7	0.8	0.7	0.9	0.9	0.5	0.6	1.0
氣壓	99 9	99 4	99 1	99 5	99 9	10 05	10 08	10 08	10 06	10 04	10 01	99 8	99 9	10 00	10 00	10 00	10 00	10 01	10 02	10 03	10 05	10 05	10 04	10 04	10 03	10 03	10 04	10 06	10 08	10 02	10

表十三、萬巒赤山地區 10 月氣溫(°C)風速(m/s) 相對溼度(%) 氣壓(hPa)氣象資料

日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	平 均
溫度	28	28	29	28	28	28	27	26	26	25	24	25	26	27	27	26	26	25	25	26	26	25	27	25	24	24	25	25	25	24	24
相對 濕度	75	77	77	76	75	78	85	87	89	88	84	79	78	77	80	89	89	80	79	75	78	88	84	90	82	84	75	74	76	88	96
風速	0.6	0.6	0.6	0.8	0.6	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.8	0.7	0.5	0.9	0.6	0.8	0.6	0.8	0.7	0.7	0.5	0.6	0.8	0.5	0.8	0.6	0.7	0.4	0.8
氣壓	10 08	10 08	10 08	10 08	10 09	10 09	10 09	10 09	10 09	10 09	10 08	10 07	10 06	10 04	10 01	99 9	10 01	10 05	10 08	10 10	10 09	10 08	10 08	10 09	10 11	10 11	10 09	10 08	10 05	10 02	10 01

表十四為恆春區蒸發量紀錄表，9-10 月水體蒸發水量為屏東南方的恆春地區為 1997 cc，二個月時間，蒸發水量與總水量百分比=1997/3200=62%。表十五及表十六顯示恆春區 9-10 月氣象資料，資料來自中央氣象局表十四。

恆春區蒸發量紀錄表(單位：cc)

日期	9/1	9/8	9/15	9/22	9/29	10/30	剩餘水量	蒸發損失 水量
恆春	3200	2906	2681	2493	2296	1203	1203	1997

表十五、恆春 9 月氣溫(°C) 風速(m/s) 相對溼度(%) 氣壓(hPa)氣象資料

日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	平均
溫度	29	28	28	29	30	29	29	28	28	28	28	28	29	28	28	28	28	28	27	27	28	27	28	28	28	28	29	29	29	29	28
相對 濕度	83	83	86	80	79	81	71	55	63	67	79	81	75	79	76	80	79	80	85	74	66	74	67	69	77	78	74	75	76	74	76
風速	1.2	2.2	4.4	5.2	3.3	1.6	2.9	3.7	4.6	1.6	1.3	3.5	3.7	2.7	1.5	1.3	1.7	1.9	1	3.1	3.5	2.3	2.5	4.4	4.3	4.1	3.7	3	2.3	2.5	2.8
氣壓	10 01	99 06	99 03	99 07	10 02	10 07	10 10	10 10	10 09	10 07	10 03	99 09	10 01	10 02	10 02	10 02	10 03	10 03	10 04	10 06	10 07	10 08	10 07	10 07	10 06	10 06	10 06	10 06	10 09	10 11	10 04

表十六、恆春 10 月氣溫(°C) 風速(m/s) 相對溼度(%) 氣壓(hPa)氣象資料

日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	平均
溫度	29	29	29	29	28	29	27	27	28	26	25	26	27	27	27	28	26	25	25	26	26	27	27	25	24	25	26	26	27	26	26
相對 濕度	74	76	76	72	73	72	81	73	72	69	63	66	69	70	76	84	85	67	65	61	71	83	81	66	59	58	63	66	65	75	85
風速	2.3	2.8	2.6	1.9	3.9	3.3	2.3	4.7	3.9	7.2	7.9	7.5	6.7	3.3	3.1	6.4	7	11.	10.	8.1	4.4	2.7	3.9	8.7	6.9	5.3	4.3	5.8	8.7	8.9	6.9
氣壓	10 11	10 11	10 11	10 11	10 11	10 12	10 11	10 11	10 11	10 11	10 10	10 09	10 08	10 07	10 03	10 01	10 04	10 07	10 10	10 12	10 11	10 10	10 10	10 11	10 14	10 13	10 11	10 10	10 08	10 05	10 02

表十七為林邊佳冬區蒸發量紀錄表，9-10 月水體蒸發水量為屏東西邊的林邊佳冬地區為 1987 cc，二個月時間，蒸發水量與總水量百分比=1987/3200=62%。表十八及表十九顯示並比較林邊佳冬區天氣資料。資料來自中央氣象局。

表十七、林邊佳冬區蒸發量紀錄表(單位：cc)

日期	9/1	9/8	9/15	9/22	9/29	10/30	剩餘水量	蒸發損失水量
林邊	3200	2821	2588	2331	2038	1213	1213	1987

表十八、9月林邊佳冬區氣溫(°C) 風速(m/s) 相對溼度(%) 氣壓(hPa)天氣資料

日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	平均
溫度	28	28	28	28	29	29	28	28	28	28	28	28	28	28	28	29	28	27	27	27	27	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28
相對 濕度	80	79	85	84	84	85	83	80	75	70	77	76	75	75	73	70	73	76	74	72	74	73	76	76	76	80	78	80	79	74	77
風速	1.3	2.8	5.2	3.5	1.5	2	1.4	1.5	1.6	1.5	1.6	4.3	3.8	2.7	1.6	1.5	2	1.7	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.2	1.4	1.4	1.7	1.5	1.5	1.6	2.0
氣壓	10 01	99 06	99 03	99 07	10 02	10 07	10 10	10 10	10 09	10 07	10 03	10 00	10 02	10 02	10 02	10 02	10 03	10 03	10 04	10 06	10 07	10 08	10 07	10 07	10 06	10 06	10 06	10 06	10 08	10 10	10 04

表十九、10月林邊佳冬區氣溫(°C) 風速(m/s) 相對溼度(%) 氣壓(hPa)天氣資料

日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	平均
溫度	28	28	28	28	28	28	27	26	27	26	24	25	26	27	27	27	26	24	25	26	26	25	27	25	25	25	24	25	26	24	26
相對 濕度	73	74	77	75	75	78	84	85	84	78	78	77	79	77	80	85	87	79	72	71	75	87	82	77	54	66	74	77	78	89	78
風速	1.4	1.4	1.4	1.8	1.6	1.4	1.5	1.1	1.6	1.7	1.3	1.4	1.4	1.7	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.5	1.2	1	1.2	1.6	2.6	1.6	1.5	1.5	1.6	1	1.5
氣壓	10 11	10 11	10 11	10 11	10 11	10 12	10 11	10 11	10 12	10 11	10 11	10 09	10 08	10 07	10 03	10 01	10 03	10 08	10 11	10 13	10 12	10 11	10 10	10 11	10 13	10 13	10 11	10 10	10 08	10 05	10 10

表二十顯示 9、10 月各地區氣象資料平均值，表二十一顯示各地區氣象因子 9 月 10 月平均值，表二十二為各地區平均溫度一覽表。圖六、各地區溫度與蒸發量比較

表二十、 9、10 月各地區氣象資料平均值

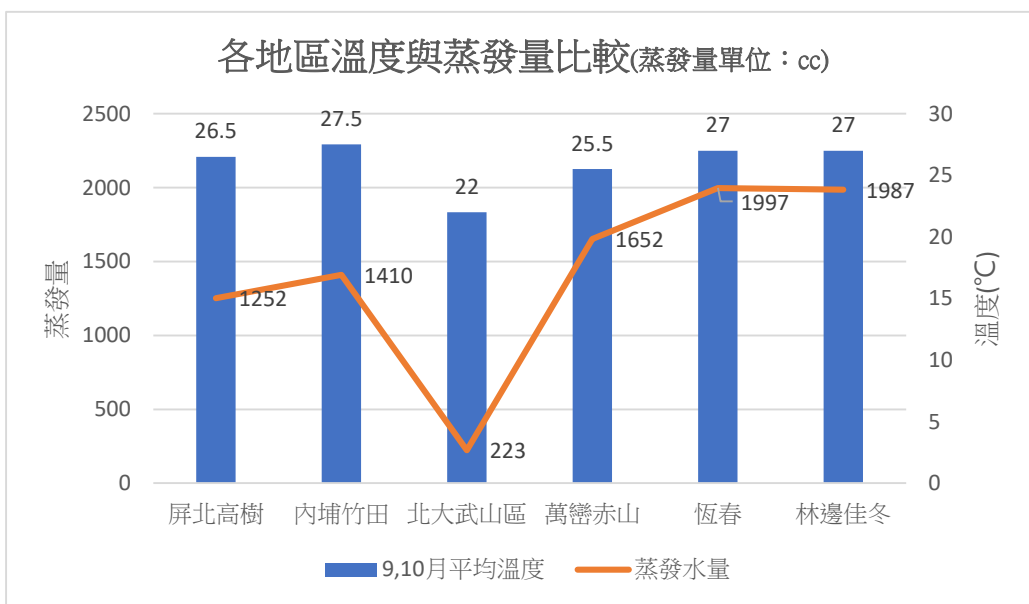
	屏北高樹	內埔竹田	北大武山區	萬巒赤山	恆春	林邊佳冬
9 月平均溫度℃	27	28	23	27	28	28
10 月平均溫度℃	26	27	21	24	26	26
9 月平均相對濕度%	76	89	87	80	76	77
10 月平均相對濕度%	78	89	98	96	85	78
9 月平均風速 m/s	1.3	1.5	1.0	1.0	2.8	2.0
10 月平均風速 m/s	1.0	1.0	1.2	0.8	6.9	1.5
9 月平均氣壓 mPh	996	1004	924	1002	1004	1004
10 月平均氣壓 mPh	1003	1009	922	1001	1002	1010
蒸發水量 cc	1252	1410	223	1652	1997	1987

表二十一、各地區氣象因子 9 月 10 月平均值

	屏北高樹	內埔竹田	北大武山區	萬巒赤山	恆春	林邊佳冬
9、10 月平均溫度℃	26.5	27.5	22	25.5	27	27
9、10 月平均相對濕度%	77	89	92.5	88	80.5	77.5
9、10 月平均風速 m/s	1.15	1.25	1.1	0.9	4.85	1.75
9、10 月平均氣壓 mPh	999.5	1006	923	1001.5	1003	1007
蒸發水量 cc	1252	1410	223	1652	1997	1987

表二十二、各地區平均溫度一覽表

	屏北高樹	內埔竹田	北大武山區	萬巒赤山	恆春	林邊佳冬
9、10月平均溫度°C	26.5	27.5	22	25.5	27	27
蒸發水量 cc	1252	1410	223	1652	1997	1987



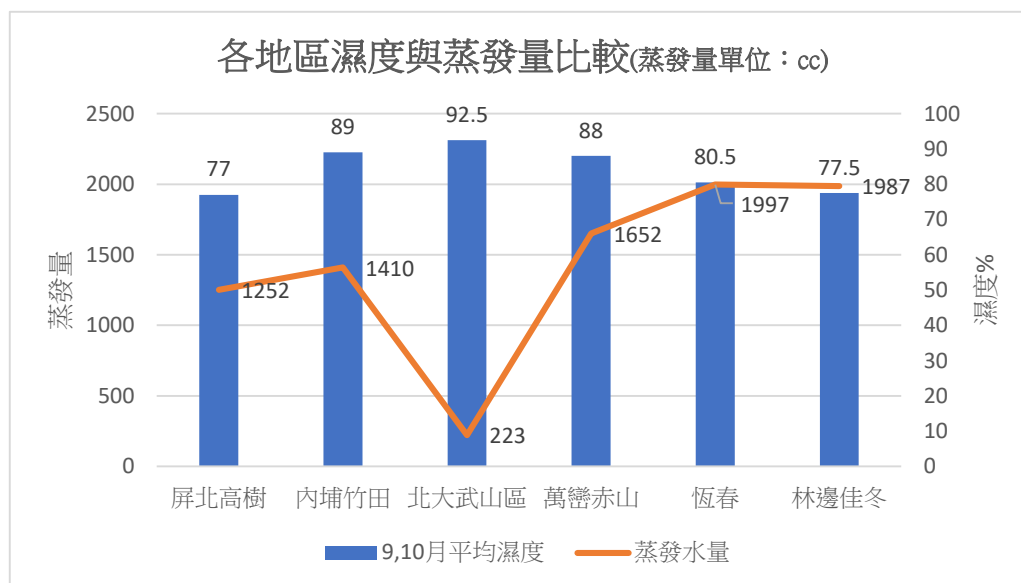
圖六、各地區溫度與蒸發量比較

我們發現林邊佳冬比北大武多蒸發 1764cc，比較 9 月及 10 月平均溫度發現林邊佳冬地區為平均 26.9°C 比北大武的平均 22.2°C 高出約 4.7°C，推測氣溫愈高蒸發的水量愈多，蒸發速率愈快，亦即表示氣溫與蒸發量或許有相關；

我們知道屏東南北長約 100 公里，故再觀察屏南恆春與屏北高樹蒸發情形，發現前者比後者多蒸發 745cc，同時比較 9 月及 10 月平均溫度發現恆春地區為 27°C 比高樹地區的 26.5°C 高出約 0.5°C，代表著愈往南(緯度愈低)氣溫愈高，蒸發的水量愈多，蒸發速率愈快，也說明氣溫與蒸發量相關；但因氣溫相差不大，可能是其他氣象因素影響更大。

表二十三、各地區平均相對濕度一覽表

	屏北高樹	內埔竹田	北大武山區	萬巒赤山	恆春	林邊佳冬
9, 10 月平均 相對濕度%	77	89	92.5	88	80.5	77.5
蒸發水量 cc	1252	1410	223	1652	1997	1987



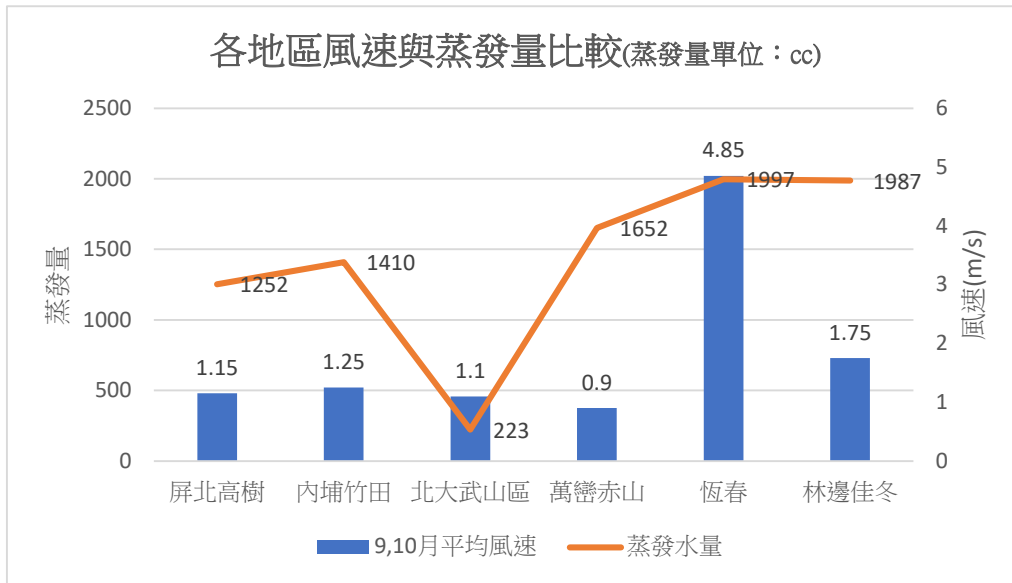
圖七、各地區相對濕度與蒸發量比較

我們再比較 9 月及 10 月平均相對濕度，發現林邊佳冬地區為 77.5% 比北大武的 92.5% 低約 15%，告訴我們相對濕度高可能蒸發量就低的相關性，因為相對濕度是指空氣中含水蒸氣的量相對於飽和水蒸氣的量。所以相對濕度愈大，代表空氣中含有的水蒸氣愈多，也就是能蒸發到飽和的水蒸氣愈少。

另外我們也看到恆春地區為 80.5% (比較靠近海邊) 比高樹地區的 77% 多約 3.5%，但是蒸發量卻比較高，表示有其他氣象因子影響更大，才會產生此結果。但相對濕度仍是重要影響蒸發的因素之一。

表二十四、各地區平均風速一覽表

	屏北高樹	內埔竹田	北大武山區	萬巒赤山	恆春	林邊佳冬
9, 10 月均風速 m/s	1.15	1.25	1.1	0.9	4.85	1.75
蒸發水量 cc	1252	1410	223	1652	1997	1987



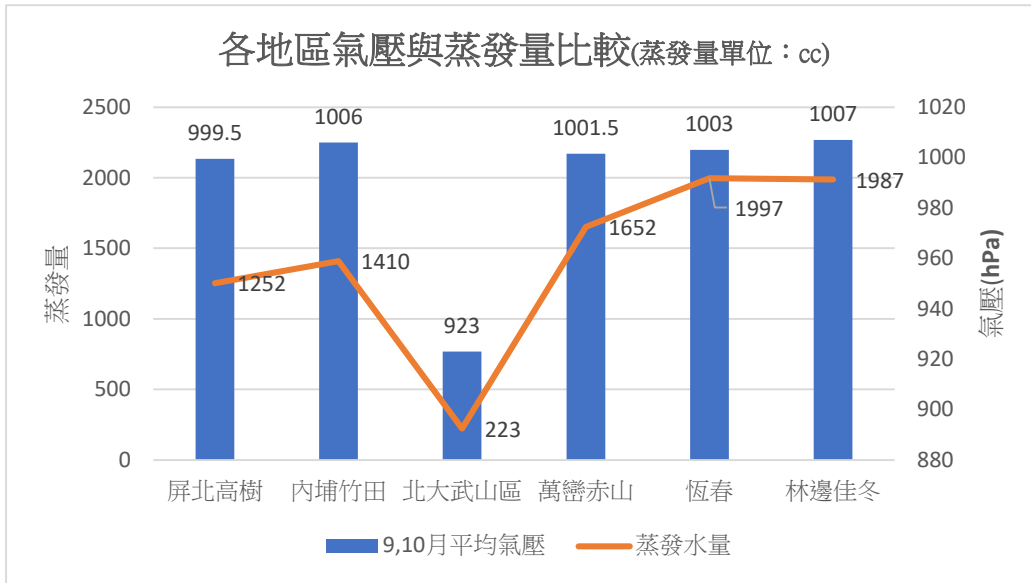
圖八、各地區風速與蒸發量比較

再比較9月及10月平均風速，發現林邊佳冬地區為1.75m/s比北大武的1.1m/s、0.91m/s強約0.65m/s，也透露出可能風速愈小蒸發量也愈小的相關。

再比較南恆春、北高樹，發現恆春地區為4.85m/s比高樹地區的1.15m/s強約3.7m/s，也應是風速與蒸發量有相關。

表二十五、各地區平均氣壓一覽表(單位 hPa)

	屏北高樹	內埔竹田	北大武山區	萬巒赤山	恆春	林邊佳冬
9, 10月均氣壓 hPa	999.5	1006	923	1001.5	1003	1007
蒸發水量 cc	1252	1410	223	1652	1997	1987



圖九、各地區氣壓與蒸發量比較

最後比較9月及10月平均氣壓，發現林邊佳冬地區為1007 hPa比北大武的923 hPa強約84hPa，但蒸發量比北大武高山上大很多，推測有其他氣象因子影響更大。再比較9月及10月平均氣壓，發現恆春地區為1003 hPa比高樹地區的999.5 hPa強約3.5 hPa，但蒸發量比高樹地區大，推測也是其他氣象因子影響大。不過由上面資料，我們是無法百分之百確定個別因素對蒸發的影響程度，因為四種氣象因子是綜合交互影響蒸發的，影響程度不同。所以我們會再做個別因素對蒸發的實驗，以了解影響的程度及情形。

問題三:屏東地區平均蒸發量與全台灣平均蒸發量的比較？

根據前面表計算得知屏東平均蒸發量1420 cc 屏東蒸發量約 $1420\text{cc}/100\text{cm}^2=142\text{mm}$ 根據資料顯示，台灣年蒸發量約530mm，因本次實驗時間為9、10二個月，故我們再換算為二個月的蒸發量 $530/12*2=88.3\text{mm}$ ，我們可看到屏東平均蒸發量 $142\text{mm} >$ 台灣二個月平均蒸發量88.3mm，也說明了屏東地區蒸發速率比較大的原因，應該與地處南部，艷陽高照的天數比北部多，意思是南部溫度高的日數比較多，比台灣的平均氣溫高。

問題四：我們繼續進一步研究實驗，對氣溫、相對濕度、氣壓、風(速)各別影響蒸發的情形與程度。

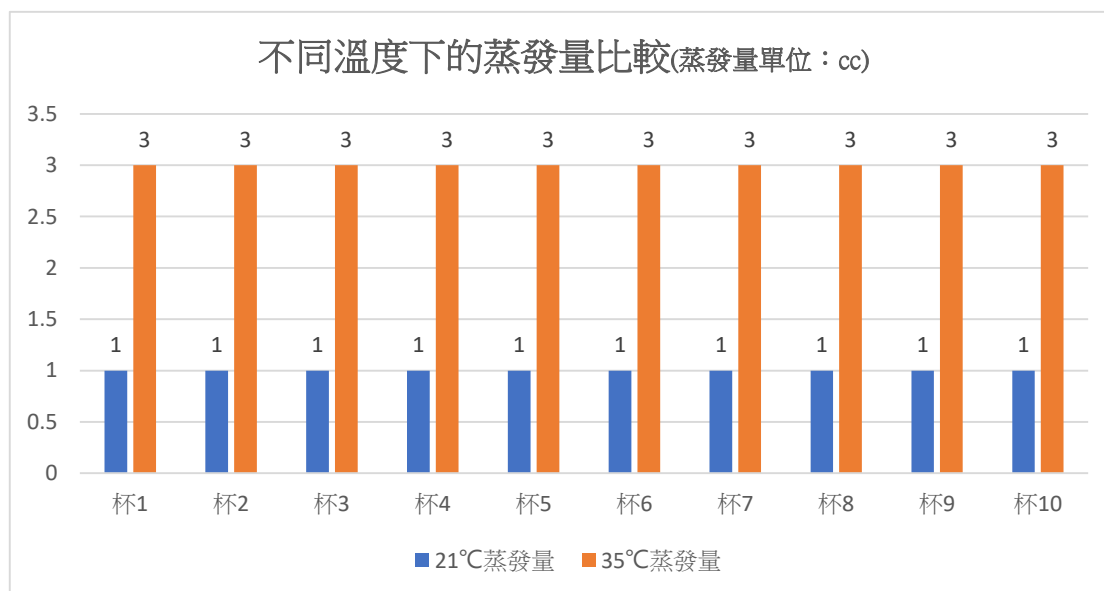
一、 氣溫與蒸發量的關係

(一) 不同溫度的蒸發量

112.2.19 準備裝有 100cc 的水杯 20 組將其放置於不同地點，10 組放置於陰涼通風處另 10 組放置於陽光下 3 小時，分別量測其溫度並紀錄下來，2 組不同溫度下蒸發量的變化，紀錄下其蒸發量來並繪製成表格(如表二十六)。並以圖十呈現不同溫度下的蒸發量之比較。圖十一為不同溫度下的蒸發量比較之實驗照片。

表二十六、不同溫度下的蒸發量(cc)

	杯 1	杯 2	杯 3	杯 4	杯 5	杯 6	杯 7	杯 8	杯 9	杯 10
21°C 蒸發量	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35°C 蒸發量	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3



圖十、不同溫度下的蒸發量比較圖



圖十一、不同溫度下的蒸發量比較之實驗照片

實驗結果顯示，在通風陰涼處氣溫只有 21℃時 10 杯的每一杯蒸發量約均為 1cc，而在氣溫 35℃時 10 杯的每一杯蒸發量變約均為 3cc，由此可看出氣溫越高蒸發量越多。

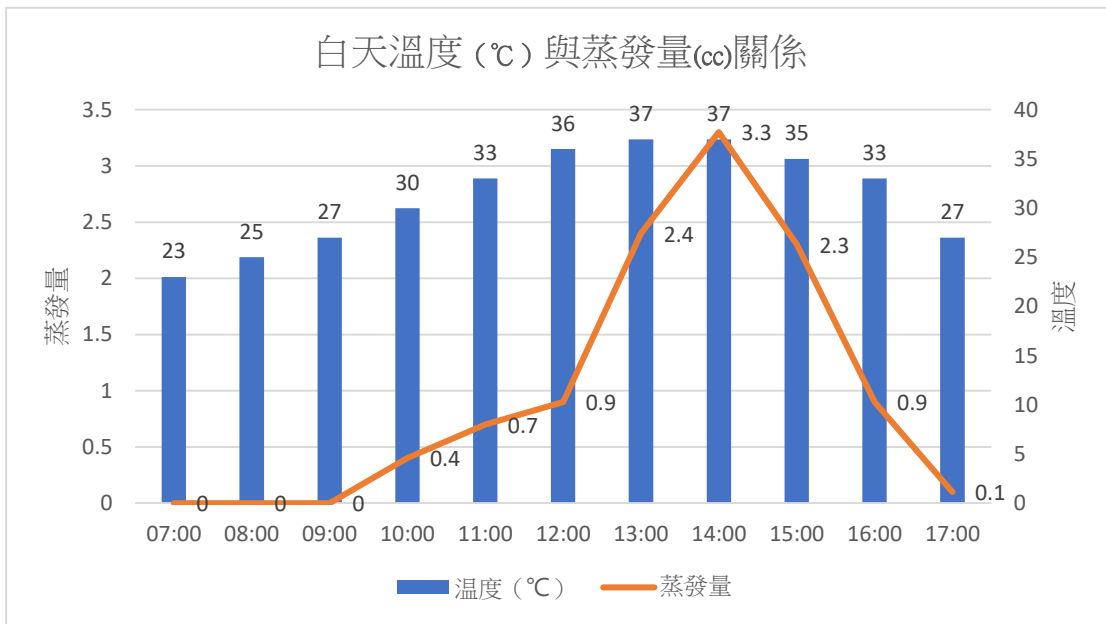
(二) 一天中的氣溫與蒸發關係

112.1.8 準備裝有 100cc 的水杯 10 組從早上 7:00 每小時量測連續觀察 10 小時到下午 17:00 每隔一小時量測剩餘水量，並紀錄下其蒸發量將其繪製成表格(如表二十七)。並以圖十二呈現白天溫度與蒸發量之關係。圖十三為白天溫度與蒸發量實驗之照片。

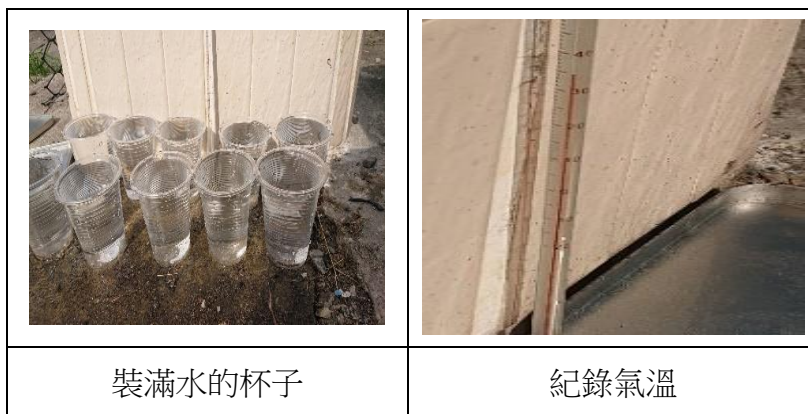
表二十七、全日氣溫 (°C) 與蒸發量(cc)的比較(直接曝曬)

時間	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
溫度 (°C)	23	25	27	30	33	36	37	37	35	33	27
杯 1(cc)	100	100	100	100	99	98	96	93	90	89	89
杯 2(cc)	100	100	100	100	99	98	96	93	91	90	90
杯 3(cc)	100	100	100	99	99	98	95	91	89	88	88
杯 4(cc)	100	100	100	100	99	98	96	92	90	89	89
杯 5(cc)	100	100	100	99	98	98	95	92	89	89	89
杯 6(cc)	100	100	100	99	99	98	95	92	90	89	89
杯 7(cc)	100	100	100	100	99	98	96	92	90	89	89

杯 8(cc)	100	100	100	99	99	98	95	92	90	89	89
杯 9(cc)	100	100	100	100	99	98	96	93	90	89	89
杯 10(cc)	100	100	100	100	99	98	96	93	91	90	89
平均	100	100	100	99.6	98.9	98	95.6	92.3	90	89.1	89.0
累計蒸發量	0	0	0	0.4	1.1	2	4.4	7.7	10	10.9	11
蒸發量/小時	0	0	0	0.4	0.7	0.9	2.4	3.3	2.3	0.9	0.1



圖十二、白天溫度與蒸發量關係圖



圖十三、白天溫度與蒸發量實驗照片

觀測實驗中 7:00-9:00 氣溫 23 度蒸發量為 0 cc，11:00-12:00 溫度升高至 33 度蒸發量為 1 cc，

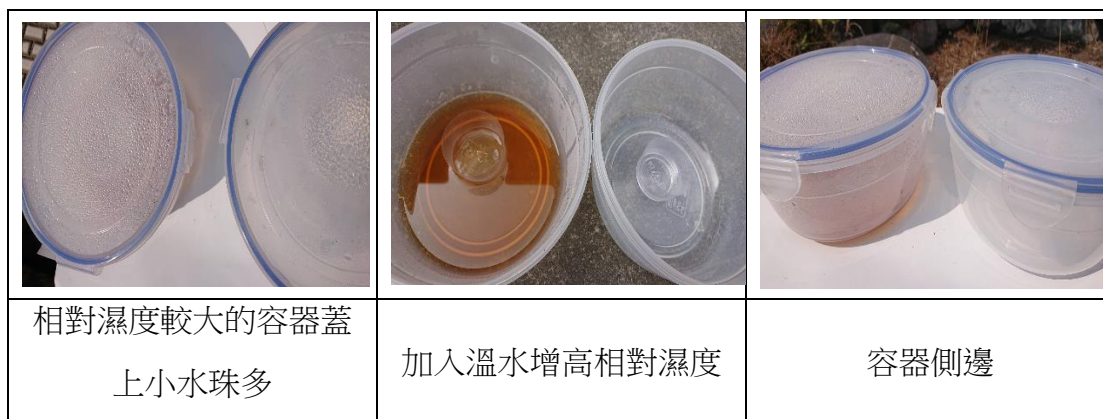
12:00-14:00 溫度升高至 37 度，蒸發量增為 5 cc，可知道一天中蒸發量隨著氣溫而變化。當清晨溫度低時蒸發量低，隨著太陽升起氣溫升高後，蒸發速率增加，蒸發量變大。中午過後太陽逐漸西下，氣溫下降蒸發量也隨著減少。

二、相對濕度與水蒸發之關係比較

將 2 杯同款同種量之容器倒入 10cc 逆滲透水，分別放置於同款密閉容器內，一容器放入 100cc 之溫水增加相對濕度，另一杯保持乾燥，將 2 杯水分別放入同款容器並蓋上蓋子，放置於同一溫度下，每間隔時間量測剩餘水量，並以表二十八呈現相對濕度與水蒸發(cc)實驗紀錄。圖十四為相對濕度與水蒸發實驗照片。

表二十八、相對濕度與水蒸發(cc)實驗紀錄表

	初始水量	第 1 小時剩 餘水量	第 2 小時剩 餘水量	第 3 小時剩 餘水量	總蒸發水量	蒸發率
容器(乾燥)	10	9.77	9.47	9.28	0.72	7.2%
容器放溫水(相 對濕度大)	10	9.97	9.65	9.56	0.46	4.6%



圖十四、相對濕度與水蒸發實驗照片

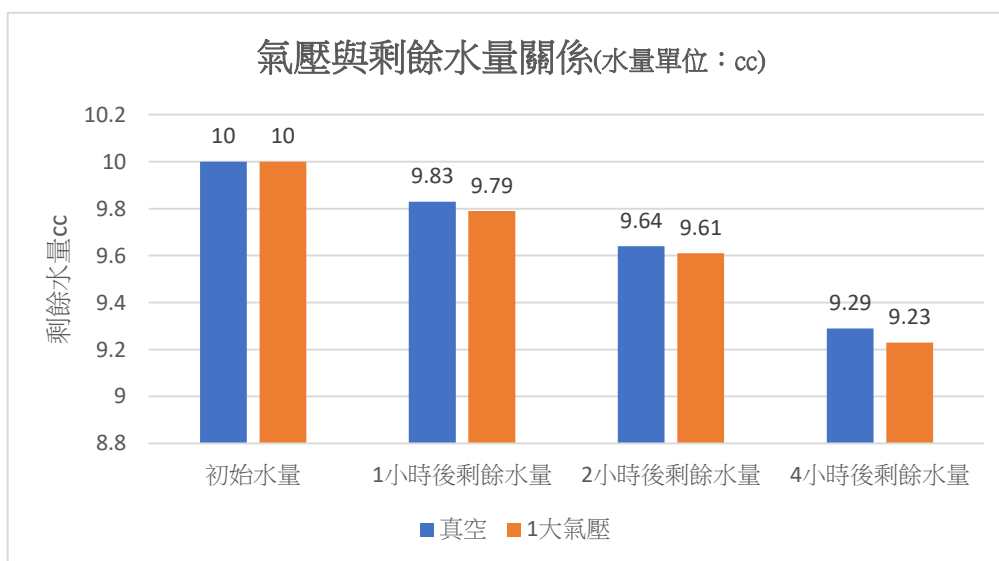
上述實驗結果資料顯示相對濕度愈大的容器內的水蒸發量比較少，也代表著當天氣可能是要下雨的時候或是在森林中陽光照不到處或深山陰涼處，也即是在相對濕度大的地方，是比較不容易蒸發的。

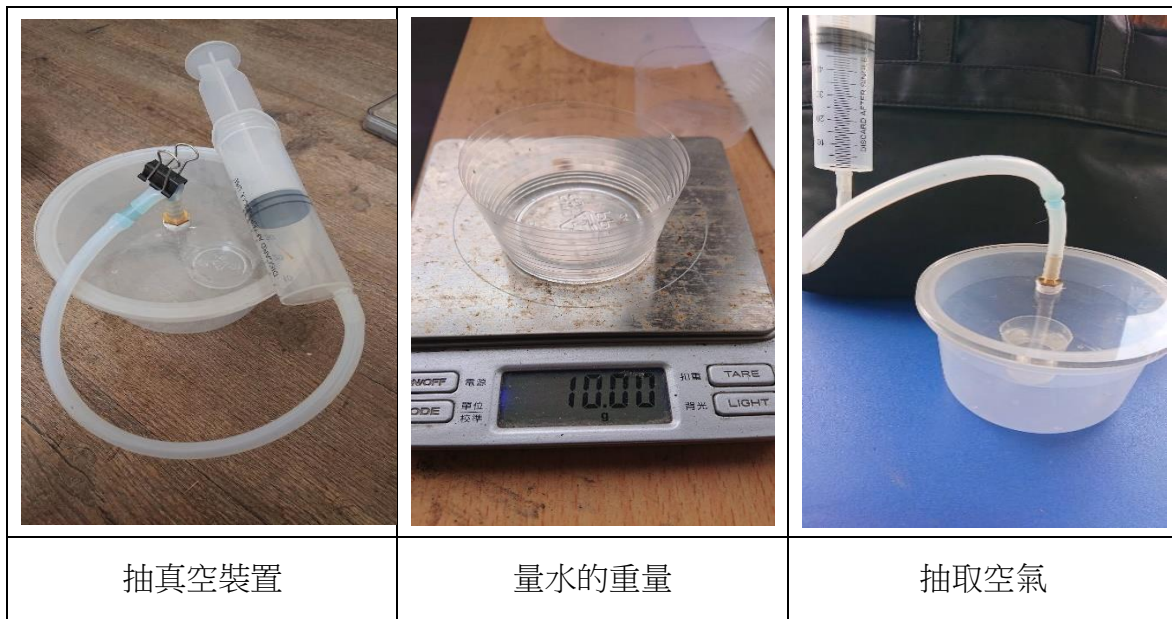
三、氣壓與蒸發之關係比較

取二個密閉同款容器，並分別放入一小杯 10cc 水，將其中一容器抽成真空，另一杯維持標準一大氣壓，將 2 容器放在陽光下曝曬，每一小時觀察並測量其蒸發情形。以表二十九及圖十五呈現實驗結果，圖十六為氣壓與剩餘水量實驗照片。

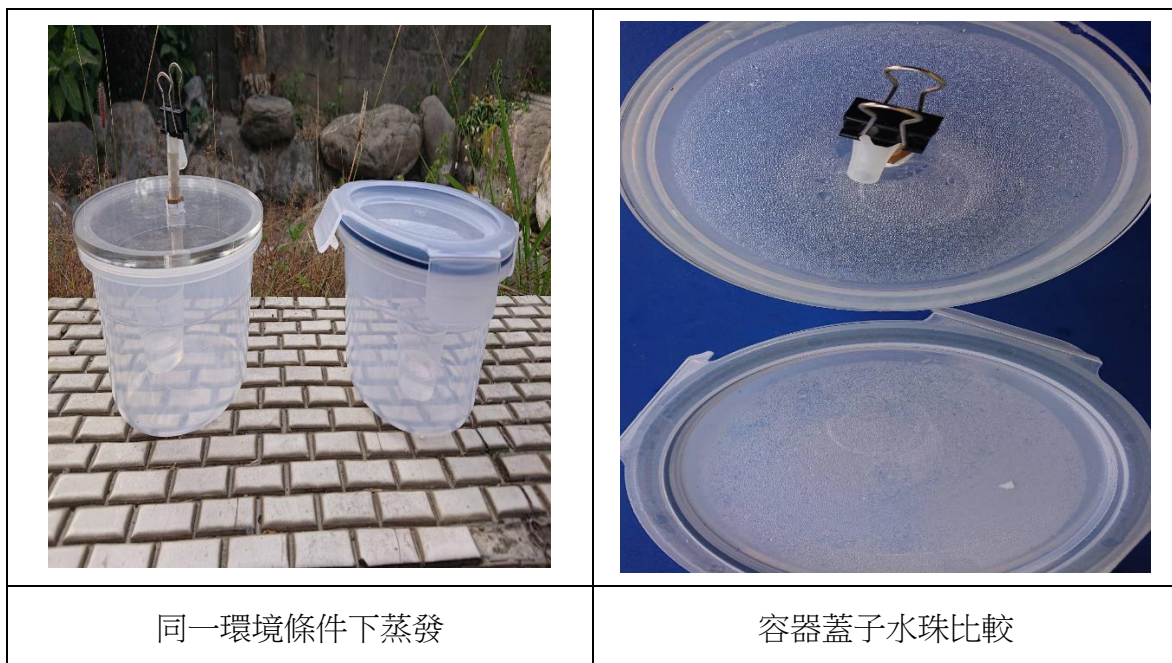
表二十九、氣壓與蒸發量的變化 (水量單位：cc)

氣壓	0 小時後	1 小時後剩餘水量	2 小時後剩餘水量	4 小時後剩餘水量	總蒸發水量	蒸發率
真空	10	9.83	9.64	9.29	0.71	7.1%
1 大氣壓	10	9.79	9.61	9.23	0.77	7.7%





圖十五、氣壓與剩餘水量關係圖



圖十六、氣壓與剩餘水量實驗照片

由上表及圖得知氣壓在真空狀態，暴曬太陽下時，會看小水滴附著在容器壁上，代表水是有蒸發的。並且由實驗結果的數據是真空情況下，蒸發率為 7.1%、1 大氣壓下蒸發率也為 7.7%。由結果中發現氣壓在此實驗中 1 大氣壓下的蒸發率比較大。

查閱相關氣壓資料，應是氣壓低蒸發量多，例如颱風低氣壓帶來更多水氣，但在此條件

下經過多次的反覆實驗，與我們原來預期的結果並不一致。經過溫度量測一大氣壓的容器內溫度為 36.8c 而真空容器溫度為 36.2c，推測可能是在一大氣壓下的實驗容器中空氣含有二氧化碳的溫室氣體，使容器內的氣體吸收更多陽光能量，導致一大氣壓下的容器溫度高於真空容器，致使一大氣壓下的容器蒸發量高於真空容器，而真空容器因抽乾空氣，容器中沒有溫室氣體，所以溫度略低於一大氣壓之容器，導致蒸發量低於一大氣壓容器之蒸發量。

三、風與蒸發的關係:

在長 10 公尺寬、5 公尺空房間，長的一部分前後分別放置 2 組各裝有 100cc 的水杯，控制變因相對濕度、氣壓、氣溫皆同情況下，操控組為什電風扇吹的，另一組則無電風扇吹的對照組。經 10 小時後，觀察並紀錄其蒸發水量，每組皆為 10 杯 100cc 的水，放置兩個角落(如圖十七)。並以表三十呈現風與蒸發關係實驗結果。



圖十七、風與蒸發關係實驗照片

表三十、風與蒸發關係實驗結果(水量單位 cc)

中等風速	第一小時		第三小時		第十小時	
	吹風	不吹風	吹風	不吹風	吹風	不吹風
1	99	100	98	99	94	97
2	99	100	98	99	93	97
3	99	100	97	100	93	97
4	99	100	97	100	92	97
5	99	100	98	100	94	97
6	99	100	98	99	94	97
7	99	100	97	99	92	97
8	100	100	98	99	93	97
9	100	100	98	99	94	97
10	99	100	98	99	92	97
平均	99	100	98	99	93	97

高風速	第一小時		第三小時		第十小時	
	吹風	不吹風	吹風	不吹風	吹風	不吹風
1	98	100	95	100	88	97
2	98	100	96	99	87	97
3	98	100	95	99	88	97
4	98	100	95	99	87	97
5	98	100	95	100	88	97
6	97	100	95	99	89	97
7	98	100	95	100	88	97
8	97	100	94	99	88	97
9	98	100	95	100	88	97
10	97	100	94	99	88	97
平均	97.7	100	94.9	99.4	87.9	97

我們發現使用中級風速時，1 小時後不吹風的對照組 10 杯 100%水量維持 100cc 仍維持不變，而吹風的控制組中有 2 杯維持 100cc， 但有 8 杯則剩為 99cc，蒸發了 1 cc。經過了 3 小時後，不吹風對照組 10 杯水量仍有 3 杯維持 100cc， 另 7 杯則為 99cc 只蒸發了 1 cc，但在吹

風的控制組則有 3 杯 97cc，另 7 杯為 98 cc。再經過 10 小時後，不吹風對照組 100%10 杯水
量維持 97cc，但在吹風控制組則有 4 杯 94cc、3 杯為 93 cc，另 3 杯為 92cc。



同時我們也觀察到如果風速再加大等級時，1 小時後、3 小時後、10 小時後蒸發量分別
為 97.7、94.9、87.9，而中級風速時蒸發量分別為 99、98、93。這就是顯示如果風速愈大，其
蒸發量更大，蒸發速率更快；有風在吹時的水蒸發量比平靜無風時來得多。

由上述可看出風會影響水蒸發量，且風速愈大則蒸發速率愈快。推測原因可能是風吹過
水表面，把水氣帶走，使水杯上方空氣相對溼度低，就會增加水分子的逸出到空氣中。我們
參考氣象資料，也看到恆春風力較強，空氣對流大，發生上述現象，所以蒸發量較其他地區
大。也看到北大武有比較多的低谷，空氣對流小，故風力小，所以蒸發量也小。

四、除上述四種氣象影響水蒸發因素外，還有哪些因素可能會影響?其他因素如何影響蒸發?

(一) 水的深淺度與蒸發關係比較

將水深不同二個圓筒型相同款式容器，放置於太陽下，如圖十八。連續觀察並紀錄
其蒸發後剩下的水量。表三十一呈現同款容器水深淺不同與蒸發的量測的實驗結
果。

	
使用保特瓶製作容器	100、600cc 初始裝滿



圖十八、水的深淺度與蒸發關係比較實驗照片

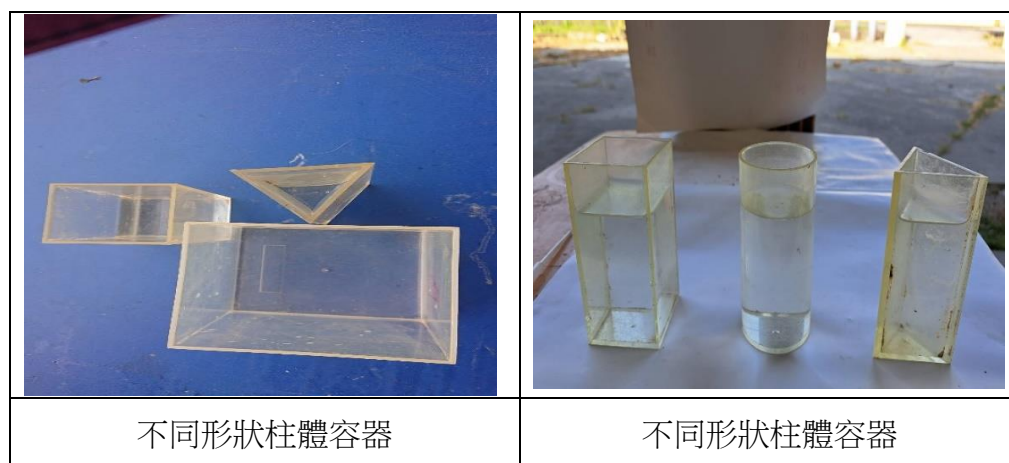
表三十一、同款容器水深淺不同與蒸發的量測(單位:cc)

初始水量 cc	100cc	600cc
1 小時後剩餘	95	591
2 小時後剩餘	92	594
3 小時後剩餘	90	591
4 小時後剩餘	87	584
5 小時後剩餘	83	581
6 小時後剩餘	80	576
7 小時後剩餘	77	573
8 小時後剩餘	75	570
蒸發百分比	25%	5%

由表發現水淺的容器蒸發速率比水深的速率快 4 倍，也就是水愈深，蒸發速率愈慢。推測此結果的產生原因應該是水愈深，水體受風造成的對流影響愈小，也就愈不容易往空氣中逸散出水體。

(二) 形狀、面積與蒸發之關係

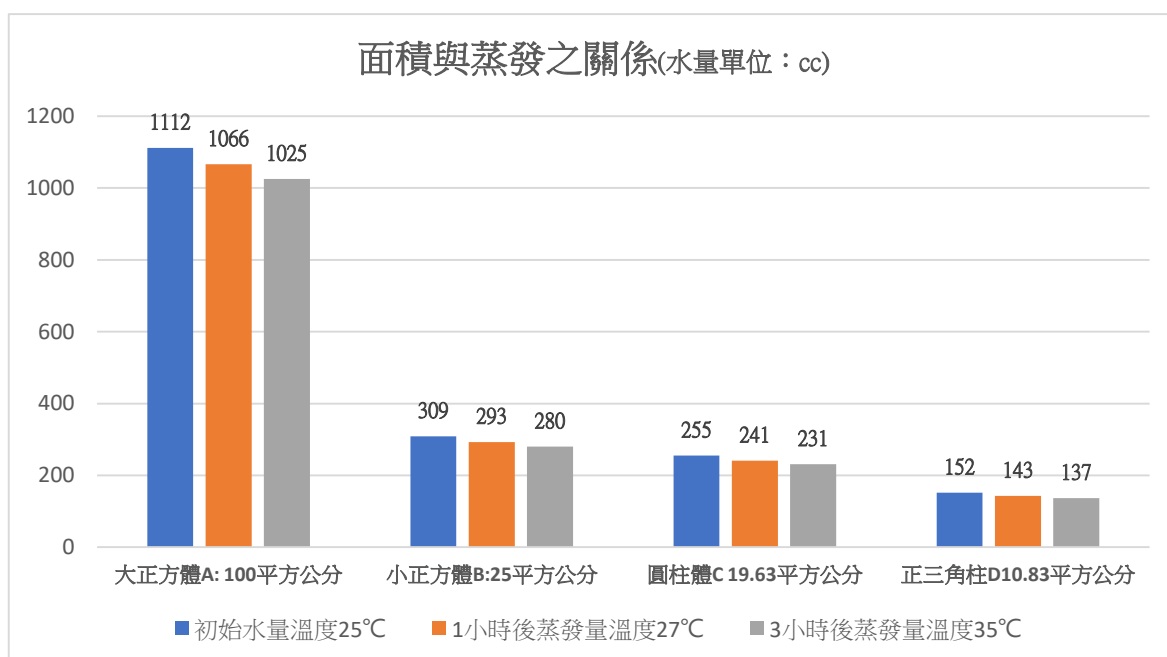
取邊長為 5 公分的正方形、三角形容器及直徑也為 5 公分的圓筒容器，皆為相同高度，三個容器都將水裝滿，放置於太陽下 6 小時，再紀錄剩下水量。圖十八為實驗照片。表三十二及圖十九呈現實驗結果。



圖十八、形狀、面積與蒸發之關係實驗照片

表三十二、形狀、面積與蒸發之關係實驗結果(水量單位：cc)

面積	初始水量溫度 25 ℃	1 小時後蒸發量 溫度 27℃	3 小時後蒸發量 溫度 35℃	總蒸發量	蒸發率	單位面積蒸發量
大正方體 A: 100 平方公分	1112	1066	1025	87	7.8%	0.87
小正方體 B:25 平方公分	309	293	280	29	9.4%	1.16
圓柱體 C 19.63 平方公分	255	241	231	24	9.4%	1.22
正三角柱 D: 10.83 平方公分	152	143	137	15	9.9%	1.36



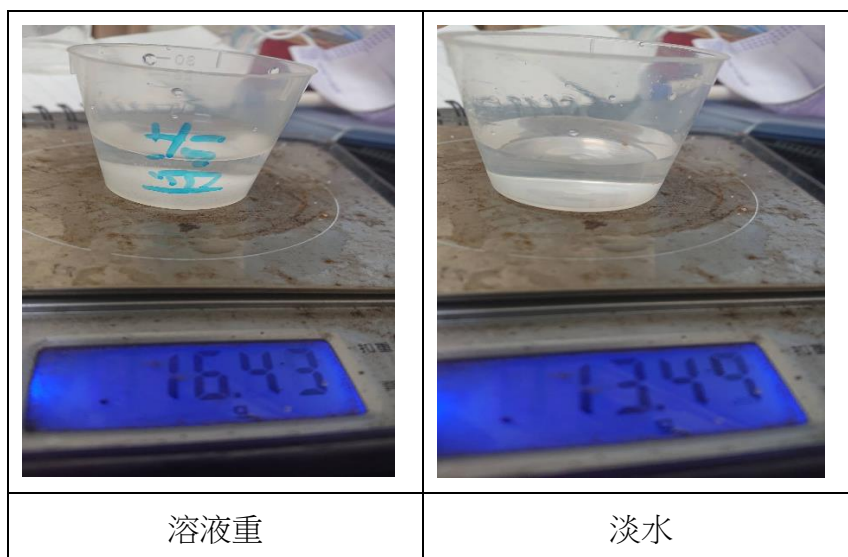
圖十九、面積與蒸發關係圖

我們發現小面積與大面積在單位面積蒸發量比較上，小面積蒸發比較快、大面積蒸發比較慢。以總水量蒸發率看，也是大面積是 7.8%，小面積在 9.4~9.9%，也是大面積蒸發速率慢。但總蒸發量是大面積的比較多。

再就實驗結果數據看，形狀應無影響。

(三) 水質與蒸發之關係

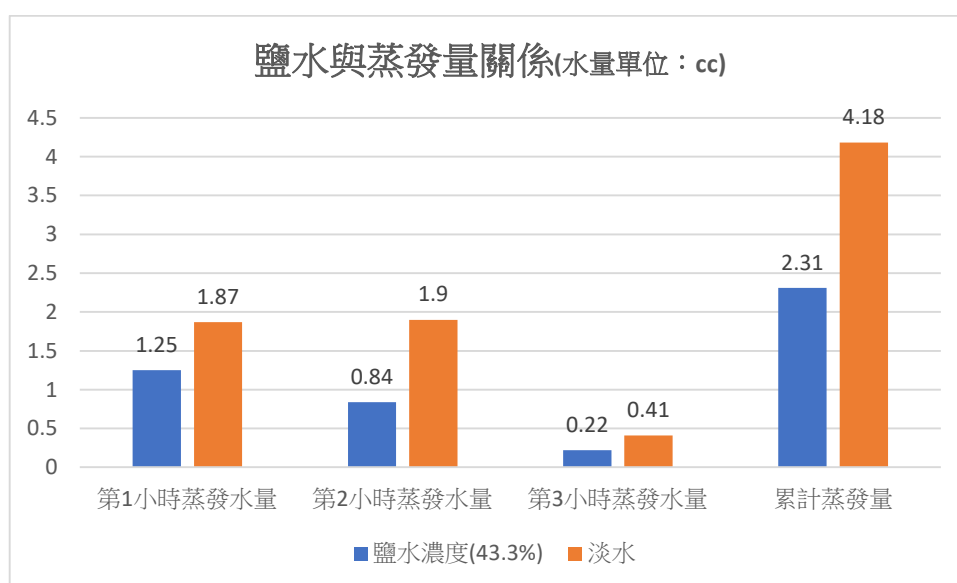
取 2 個同款容器各裝 10cc 的純水，其中一杯加入 3 克的鹽，另一杯維持為純水含雜質的水與一般淡水對水蒸發的影響。圖二十為實驗照片，表三十三及圖二十一呈現實驗結果與數據。



圖二十、水質與蒸發關係實驗照片

表三十三、鹽水及淡水蒸發水量表(水量單位(cc))

水質	第 1 小時蒸發水量	第 2 小時蒸發水量	第 3 小時蒸發水量	累計蒸發量
鹽水濃度 (43.3%)	1.25	0.84	0.22	2.31
淡水	1.87	1.90	0.41	4.18



圖二十一、鹽水及淡水蒸發水量圖表

我們發現 5 小時後，10cc 的淡水蒸發量是 4.18cc、鹽水的蒸發量是 2.31cc。即表示鹽水蒸發速率較慢。主要原因推測應是鹽水密度比水大，即單位體積的重量較大，所以相對於密度為 1 的一般淡水，比較不易蒸發或逸散到空氣中。

肆、結果與討論

經過 9、10 月 60 天的觀察與實驗後發現，幅員遼闊的屏東地區地表水蒸發狀況，各地方水體蒸發水量都不相同，屏北高樹鄉為蒸發水量 1252cc 平均每平方蒸發 125.2mm、恆春地區蒸發 1997cc 平均每平方消失 199.7mm、萬巒地區蒸發 1552cc 平均每平方消失 155.2mm、內埔地區蒸發 1410cc 平均每平方蒸發 141.0mm 泰武(北大武) 蒸發 223cc 平均每平方消失 22.3 mm、林邊地區為蒸發 1987cc 平均每平方消失 198.7 mm。比較後發現，北大武與恆春相差 1544cc、屏北與屏南相差 745cc。此外，相近緯度下(海拔差距)北大武與林邊相差 1764cc，屏北地區高樹鄉低於中屏東的萬巒地區，而萬巒地區又低於屏南的恆春，愈越往南走蒸發愈多。也發現愈往南氣溫愈高，意味著溫度愈高，蒸發愈多。在不同地形上，高山低於平原，平原又低於海邊，查閱這三地區的海拔高度資料發現北大武海平高度與林邊相差一千多公尺，兩地蒸發量相差甚巨，其海拔和蒸發量成負相關，海拔愈高蒸發愈少，海拔低蒸發愈多，而我們也知道海拔愈高氣溫愈低(因為高度每升高 100 公尺，氣溫下降 0.6°C)，氣溫度愈低蒸發愈慢。海拔越低溫度越高蒸發愈多，所以根據前面發現，都說明了溫度是影響水蒸發很重要的因素。我們做的實驗中，也都說明溫度是影響蒸發的最重要原因。

此外實驗結果顯示相對濕度愈大的容器內的水蒸發量比較少，也即是在相對濕度大的地方，是比較不容易蒸發的，在對照林邊 77.5%與北大武山 92.5%的相對濕度比較也可發現確實如此。再來風對水蒸發的實驗結果是風速愈強、水蒸發速率愈快，同時對照氣象資料恆春 4.85m/s 與北大武 1.1m/s，恆春蒸發量比北大武多 1700 多 cc，也說明風會影響水蒸發量，而且是風速愈大蒸發速率愈快。但此次氣壓實驗多次實驗結果，因一大氣壓的密閉容器內仍有溫室氣體影響結果，所以看不出明顯差異。另外分析在一天之中，12:00-15:00 蒸發量最

大、每小時約 4 cc、氣溫越高蒸發量越大，我們認為溫度確是影響蒸發很重要的直接因素。

除上述氣溫之外，風、氣壓、乾濕(相對濕度)等外在氣象因素也會影響蒸發，另外在水體本身深淺、水質、面積對水的蒸發影響是：水愈深蒸發速率愈慢，水含雜質愈多，愈不容易蒸發；面積愈大，蒸發速率愈慢。

最後看到屏東平均蒸發量 142mm >台灣二個月平均蒸發量 88.3mm，也說明了屏東地區蒸發速率比較大。所以在持續乾旱不下雨的情況下，而屏東平均蒸發速率比台灣平均值大很多，身為住在屏東的我們更應該珍惜水資源，愛惜水資源，養成不浪費水的好習慣，雖然我們不能開源，但我們可以節流。

伍、建議

蒸發是水循環重一環，了解蒸發對我們很重要。蒸發需要長期觀察與紀錄，本觀測基於幅員太遼闊，無能力作長期觀測，未來或許可以結合其它縣內有興趣學校，一起合作做觀測。地球暖化許多地區氣溫度屢創新高，導致蒸發速度加劇，也使天氣不是暴雨成災，就是乾燥乾旱、甚至野火不斷。屏東地形狹長，有平原 有高山、深谷及海邊，我們應該多了解我們生活的地區水分的蒸發狀況及其和天氣的關係，多一分關心就能多一分準備，並且提早對用水做規劃，如此我們才能趨吉避凶，避免受到氣候變遷所帶來的傷害。

陸、參考資料

- 1 中央氣象局
- 2 水文學(蒸發散) 國立中興大學土木系陳榮松教授
- 3 <https://www.newton.com.tw/wiki/%E5%AF%A6%E9%9A%9B%E8%92%B8%E7%99%BC%E6%95%A3%E9%87%8F>
- 4 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%92%B8%E7%99%BC%E6%95%A3>
- 5 <file:///C:/Users/user/Downloads/A01026568.pdf>
- 6 <https://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=23157>
- 7 <https://vtedu.mt.ntnu.edu.tw/uploads/1608794340860ACgPt0vB.pdf>
- 8 https://www2.nsysu.edu.tw/IEE/lou/part_2/lesson_5/ch5_con.htm

