

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國小-地球科學科

科 別：地 球 科 學 科

組 別：國 小 組

作品名稱：人造雨

關 鍵 詞：

編 號：080502

學校名稱：

苗栗縣造橋鄉錦水國民小學

作者姓名：

饒國宇、廖永博、黃永杰、蔡承諺、林政維、黃俊凱

指導老師：

蔡鳳娥、郭智青



人造雨

一、摘要

原來，古代旱災發生時，人們祭天求雨，和最近幾年科學家們用的人工造雨方法，有著相同的科學根據的，怎麼說哪？讓我們的實驗來告訴你。

雨是天空上方的雲遇冷凝結而成的，想要天空下雨，首先要有雲(水蒸氣)，再則要遇冷，但並不是所有的冷雲都會凝結成雨，有時它們需要一些幫手，來讓原本分散的小水氣團結起來，而這個幫手，就是我們要研究的雨種(凝結核)。

由我們觀察及實驗前準備的資料，我們可推測出影響人造雨的主要因素，而我們實驗主要就針對這些因素，期望能找出最有效的造雨方法，以使乾旱缺水的問題獲得疏解，而最重要的是在疏解旱象的同時，能兼顧自然環境的生態平衡。

二、研究動機

水是生活中必備的重要資源之一，在三、四月的時候，正是春耕的季節，但最近幾個月雨水卻少的可憐，許多農民都紛紛休耕了，有些縣市已經開始限制民生用水，再不下雨，我們可能會面臨無水可用的危機了，如果能多下幾場雨的話，乾旱問題就可以獲得改善了，我們也不怕無水可用。最近有幾場雨，聽新聞報告說是科學家用人造雨的方法製造的，原來，雨也可以用人造的。記得四年級上學期時(第四單元 雲和雨)，自然科老師有帶我們做人造雲的實驗，既然可以做人造雲，我決定和同學一起研究看看，科學家們怎麼做出「人造雨」。

三、研究目的

- (一) 了解下雨的原因及條件。
- (二) 了解人造雨的原理、方法及所需的條件。
- (三) 研究各種雨種所造出的降雨效果。
- (四) 研究影響人造雨成敗的因素。
- (五) 找出最有效的人造雨方法。

四、研究設備及材料

- (一) 設備：震盪器、塑膠盆、酒精燈、三角架、石棉心網、天平、砝碼、小鐵盤、溫度計、溼度計、塑膠盤、研鉢。
- (二) 材料：水、鹽 NaCl(乾)、鹽 NaCl(溼)、氯化鉀(KCl)加食鹽(NaCl)、藍色硫酸銅晶體、白色硫酸銅粉末、硼酸、熟石灰、小蘇打、生石灰、氫氧化鈣 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、氯化鈣 CaCl_2 、氫氧化鈉 NaOH、碘化銀、香灰、檀香、沙子。

五、研究過程或方法

- (一) 將震盪器放入塑膠盆中，加入冷水，啟動震盪器，使它產生煙霧，即成我們實驗所需之「人造雲」。
- (二) 將實驗的雨種取以小塑膠盤盛裝依序放入步驟(一)之「人造雲」裝置中，靜置一段時間後，測量其增加的重量，即為其吸收的水份。
- (三) 依序改變各種操縱變因，測量並紀錄其結果。

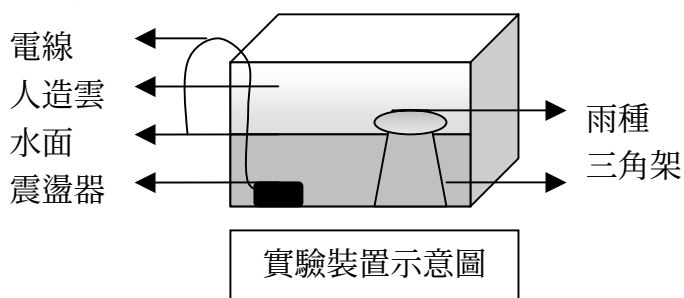
實驗一：雨種的種類對降雨的影響

1. 操縱變因：雨種的種類

2. 控制變因：

(1) 雨種的重量(二公克) (2) 雨種顆粒大小 (3) 雨種通過雲層的時間(一分鐘) (4) 雨種分散程度(表面積：半徑 4 公分的小圓盤) (5) 雲的溼度(95%) (6) 雲的溫度(25 度)

3. 應變變因：雨量的多寡



實驗二：雨種的重量對降雨的影響

1. 操縱變因：雨種的重量

2. 控制變因：

(1) 雨種的種類(鹽 NaCl) (2) 雨種顆粒大小 (3) 雨種通過雲層的時間(一分鐘)

(4) 雨種分散程度(表面積：半徑 4 公分的小圓盤) (5) 雲的溼度(95%) (6) 雲的溫度(25 度)

3. 應變變因：雨量的多寡

實驗三：雨種顆粒大小對降雨的影響(用研鉢將實驗的雨種磨成粉狀)

1. 操縱變因：雨種顆粒大小

2. 控制變因：

(1) 雨種的種類(鹽 NaCl) (2) 雨種的重量(二公克) (3) 雨種通過雲層的時間(一分鐘)

(4) 雨種分散程度(表面積：半徑 4 公分的小圓盤) (5) 雲的溼度(95%) (6) 雲的溫度(25 度)

3. 應變變因：雨量的多寡

實驗四：雨種通過雲層的時間對降雨的影響(改變雨種放置於實驗容器內的時間)

1.操縱變因：雨種通過雲層的時間

2.控制變因：

(1)雨種的種類(鹽 NaCl) (2)雨種的重量(二公克) (3)雨種顆粒大小

(4)雨種分散程度(表面積：半徑 4 公分的小圓盤) (5)雲的溼度(95%)

(6)雲的溫度(25 度)

3.應變變因：雨量的多寡

實驗五： 雨種分散程度對降雨的影響(改變放置雨種的盤子大小，並將雨種平均放置於盤子中)

1.操縱變因：雨種分散程度

2.控制變因：

(1)雨種的種類(鹽 NaCl) (2)雨種的重量(二公克) (3)雨種顆粒大小

(4)雨種通過雲層的時間(一分鐘) (5)雲的溼度(95%) (6)雲的溫度(25 度)

3.應變變因：雨量的多寡

實驗六： 雲的溼度對降雨的影響(利用

改變雨種放置的位置來控制溼度)

1.操縱變因：雲的溼度

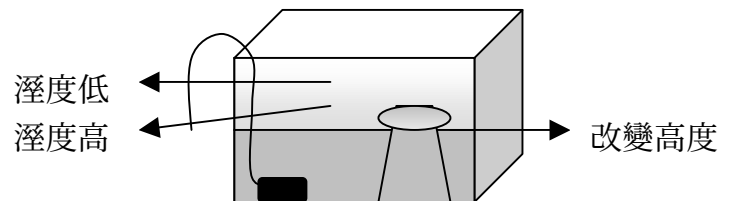
2.控制變因：

(1)雨種的種類(鹽 NaCl) (2)雨種的重量(二公克) (3)雨種顆粒大小

(4)雨種通過雲層的時間(一分鐘) (5)雨種分散程度(表面積：半徑 4 公分的小圓盤)

(6)雲的溫度(25 度)

3.應變變因：雨量的多寡



實驗七： 雲的溫度對降雨的影響

1.操縱變因：雲的溫度(利用改變水溫來控制震盪器所產生的雲霧溫度)

2.控制變因：

(1)雨種的種類(鹽 NaCl) (2)雨種的重量(二公克) (3)雨種顆粒大小

(4)雨種通過雲層的時間(一分鐘) (5)雨種分散程度(表面積：半徑 4 公分的小圓盤)

(6)雲的溼度(95%)

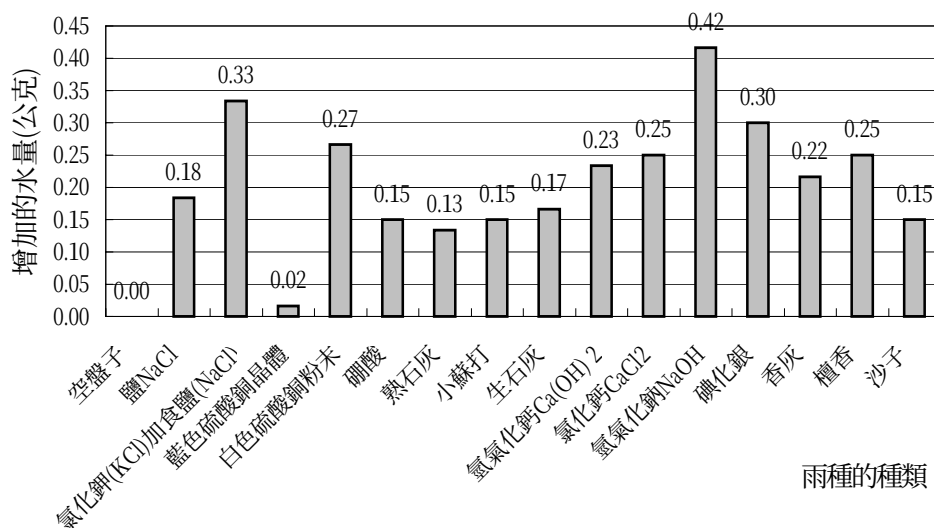
3.應變變因：雨量的多寡

六、研究結果

(一)實驗一： 雨種的種類對降雨的影響

雨種的重量	增加的水量(公克)			平均	名次
	1	2	3		
空盤子	0	0	0	0.00	16
鹽 NaCl	0.2	0.2	0.15	0.18	9
氯化鉀(KCl)加食鹽(NaCl)(重量比 1:1)	0.35	0.35	0.30	0.33	2
藍色硫酸銅晶體	0.05	0	0	0.02	15
白色硫酸銅粉末	0.25	0.3	0.25	0.27	4
硼酸	0.15	0.15	0.15	0.15	11
熟石灰	0.15	0.1	0.15	0.13	14
小蘇打	0.15	0.15	0.15	0.15	12
生石灰	0.2	0.15	0.15	0.17	10
氫氧化鈣 $\text{Ca}(\text{OH})_2$	0.25	0.25	0.20	0.23	7
氯化鈣 CaCl_2	0.25	0.25	0.25	0.25	5
氫氧化鈉 NaOH	0.45	0.4	0.4	0.42	1
碘化銀	0.3	0.3	0.3	0.30	3
香灰	0.2	0.25	0.2	0.22	8
檀香粉	0.3	0.2	0.25	0.25	6
沙子	0.15	0.15	0.15	0.15	13

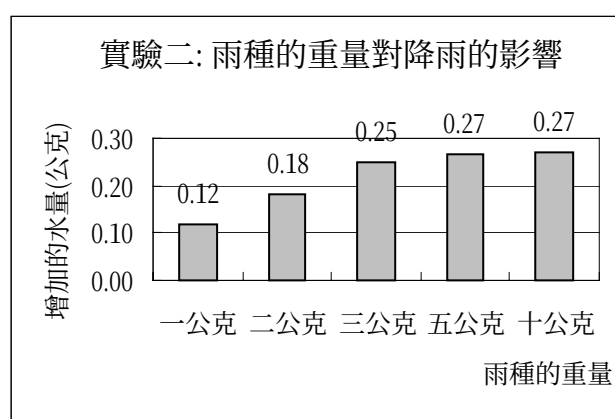
實驗一：雨種的種類對降雨的影響



- 實驗結果：效果最佳為(1)氫氧化鈉 NaOH、其次依序為(2)氯化鉀(KCl)加食鹽 (NaCl)、(3)碘化銀、(4)白色硫酸銅粉末、(5)氯化鈣 CaCl₂、(6)檀香、(7)氫氧化鈣 Ca(OH)₂、(8)香灰、(9)鹽 NaCl、(10)生石灰、(11)硼酸、(12)小蘇打、(13)沙子、(14)熟石灰、(15)藍色硫酸銅晶體

(二) 實驗二：雨種的重量對降雨的影響

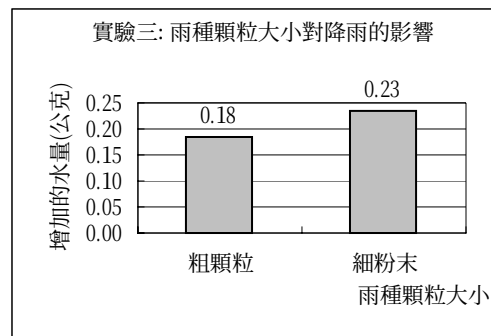
雨種的重量	增加的水量(公克)			平均	名次
	1	2	3		
一公克	0.1	0.15	0.1	0.12	4
二公克	0.2	0.2	0.15	0.18	3
三公克	0.25	0.25	0.25	0.25	2
五公克	0.25	0.25	0.25	0.27	1
十公克	0.25	0.25	0.25	0.27	1



- 實驗結果：雨種多的效果佳，但增加到一定值之後就不再增加了，而且我們發現下層的鹽還是乾的，表示如果沒有足夠的時間和空間讓雨種吸收水蒸氣，加再多的雨種也沒用。

(三) 實驗三：雨種顆粒大小對降雨的影響

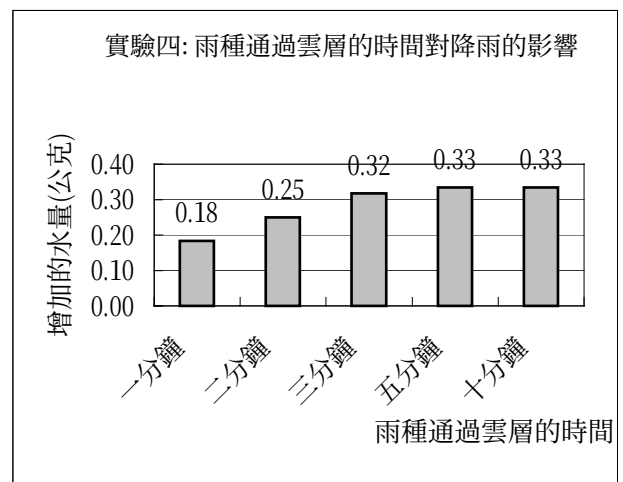
雨種顆粒大小	增加的水量(公克)			平均	名次
	1	2	3		
粗顆粒	0.2	0.2	0.15	0.18	2
細粉末	0.2	0.25	0.25	0.23	1



- 實驗結果：雨種顆粒細的效果好。

(四) 實驗四：雨種通過雲層的時間對降雨的影響

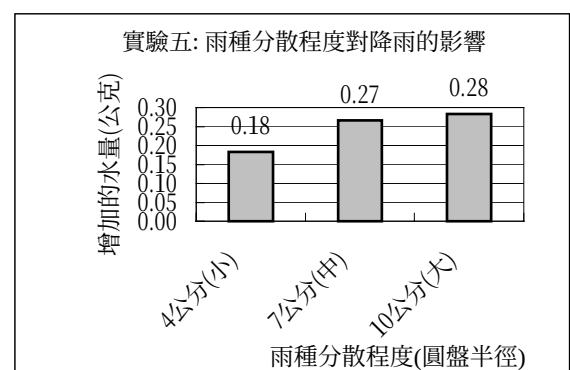
雨種通過雲層的時間	增加的水量(公克)			平均	名次
	1	2	3		
一分鐘	0.2	0.2	0.15	0.18	4
二分鐘	0.2	0.25	0.3	0.25	3
三分鐘	0.35	0.3	0.3	0.32	2
五分鐘	0.3	0.35	0.35	0.33	1
十分鐘	0.35	0.3	0.35	0.33	1



- 實驗結果：雨種通過雲層的時間長，效果較好，但吸收到一定程度之後就不再增加了。

(五) 實驗五：雨種分散程度對降雨的影響

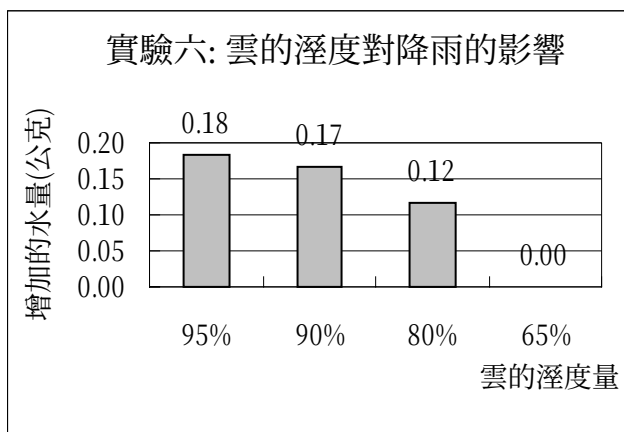
雨種分散程度(圓盤半徑)	增加的水量(公克)			平均	名次
	1	2	3		
4公分(小)	0.2	0.2	0.15	0.18	3
7公分(中)	0.3	0.25	0.25	0.27	2
10公分(大)	0.3	0.3	0.25	0.28	1



- 實驗結果：雨種分散的愈均勻，效果愈好，但如果水蒸氣太少，分散之後增加的效果有限。

(六) 實驗六：雲的溼度對降雨的影響

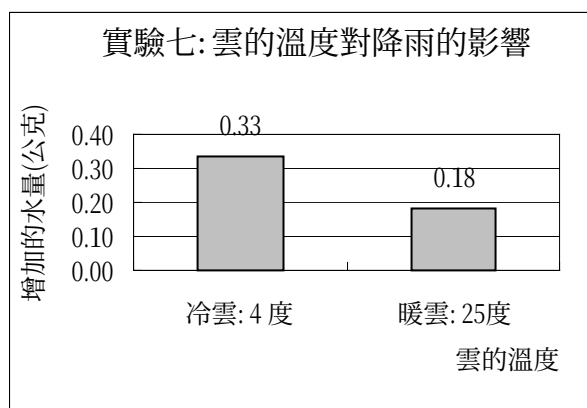
雲的溼度	增加的水量(公克)			平均	名次
	1	2	3		
95%	0.2	0.2	0.15	0.18	1
90%	0.2	0.2	0.1	0.17	2
80%	0.1	0.15	0.1	0.12	3
65%	0	0	0	0	4



- 實驗結果：雲的溼度愈高，效果愈好。

(七) 實驗七：雲的溫度對降雨的影響

雲的溫度	增加的水量(公克)			平均	名次
	1	2	3		
冷雲：4度	0.3	0.3	0.4	0.33	1
暖雲：25度	0.2	0.2	0.15	0.18	2



- 實驗結果：雲的溫度愈低，效果愈好。

七、討論

(一) 人造雨所需的條件

1. 雲層的厚度至少要五百到一千五百公尺，才能有造雨的希望。如果雲層太薄，所含的小水滴數量不多，即使能夠造雨，也沒有多大用處。
2. 雲層中小水滴要多要密，不可以太小，太小也不容易變成水滴。
3. 低空中的空氣不可太乾燥，溫度不能太高。那樣，即使有雨，也會消失。這是因為在高

空中的雨點離開雲層向地面掉落時，一經過低空就和乾燥的熱空氣接觸，在半空中蒸發了，自然不會有雨。

4. 要有強力吸水性的化學物品放在雲層中，在上升途中會一路併吞其它雨滴長大，當重量過重，即落下成雨，或降低雲層的溫度(如撒乾冰)使水蒸氣凝結成水。

(二)人造雨的原理

1. 冷雲中的人造雨

冷雲由冰晶組成，或由過冷水滴組成，也可由兩者混合組成。人工影響冷雲，促使冰晶加快成長而形成降水的常用方法是撒播乾冰和碘化銀。乾冰(固體的二氧化碳)本身溫度很低，是一種很好的致冷劑，當它昇華時，要吸收大量熱量，使周圍空氣的溫度急劇下降，因而使雲中的水氣過冷，凝結成小水滴，並繼續增大而產生降雨。碘化銀的微粒也是性能良好的凝華核，只要它的溫度達到 -5°C 時，水汽就能以它為核心而凝華成冰晶並繼續長大而產生降水。

2. 暖雲中的人造雨

暖雲是由大小不同的水滴組成的，雲內溫度都在 0°C 以上；人工影響暖雲，促使水滴加快「合併」，形成降水的主要方法是撒播鹽水。鹽的吸濕性很強，是很好的凝結核，它吸收水分後，能迅速變成大水滴，再經過「合併」過程，而不斷地「吞併」其他水滴，最後成為雨滴掉下來。

(三)影響人造雨的原因

1. 雨種的種類：

- (1) 效果最佳為(1)氫氧化鈉 NaOH 、其次依序為(2)氯化鉀(KCl)加食鹽(NaCl)、(3)碘化銀、(4)白色硫酸銅粉末、(5)氯化鈣 CaCl_2 、(6)檀香、(7)氫氧化鈣 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、(8)香灰、(9)鹽 NaCl 、(10)生石灰、(11)硼酸、(12)小蘇打、(13)沙子、(14)熟石灰、(15)藍色硫酸銅晶體
- (2) 依據我們實驗出來的結果，氫氧化鈉吸水效果最好，但卻沒有科學家拿它來當人造雨的雨種，是因為它是**強鹼**，並不是吸水力最強的物質，就是最好的雨種，我們還必須評估它對環境是不是會有不良的影響，像氫氧化鈉、硼酸……等，這些**強酸強鹼是千萬不可以拿來當雨種**的，否則，對環境和人類的殺傷力是我們所無法彌補的。
- (3) 在人造的雨種中，最適合做雨種的是氯化鉀(KCl)加食鹽(NaCl)、科學家們用的碘化銀也有很好的效果，但價格比較貴。
- (4) 在自然的環境中，也有不錯的雨種，像沙子，就可以成為雲的凝結核。

2. 雨種的量：雨種多的效果佳，但也不能過多，否則造雨不成反而將空氣中的水氣吸乾了。

3. 雨種顆粒大小：雨種顆粒細的效果好。

4. 雨種通過雲層的時間：雨種通過雲層的時間長，效果較好，但吸收到飽和之後就不再增加了。

- 5.雨種分散程度：當雲的溼度及量均足夠時，雨種分散的愈均勻，效果愈好。
- 6.雲的溼度：雲的溼度愈高，效果愈好，溼度低於 65%時難以做出人造雨。
- 7.雲的溫度：雲的溫度愈低，效果愈好。科學家們常用乾冰來製造人造雨，就是利用降低溫度的原理，乾冰其實是固態的二氧化碳，在室溫下會由固態直接汽化成二氧化碳氣體；乾冰昇華時，溫度約在零下 20℃ 左右，會吸收大量的熱量，使周圍的空氣溫度驟降，空氣中的水氣被它冷卻成小水滴（霧滴）或冰晶，等凝集到一定的大小，就會降落地面，形成降水了。

(四)撒布雨種的方法

飛機播種法、燃燒播種法、高射砲或火箭播種法、輕氣球播種法、炸彈播種法、人們除了利用空投以上的催雨劑進入雲層中來造雨外；也可以在地面燃燒浸有碘化銀的木炭，使碘化銀跟著燃燒後的煙屑上升飄至空中，配合風向進入雲層「播種」，也可以增加降雨的機會。

八、結論

(一) 短時間內人造雨最有效的方法。

1. 雨種的種類：氯化鉀(KCl)加食鹽(NaCl)、碘化銀。
2. 雨種的量：當空氣中水氣多的時候，可多放些雨種，幫助水蒸氣凝聚，形成降雨。
3. 雨種顆粒大小：雨種顆粒細的效果好。
4. 雨種通過雲層的時間：雨種通過雲層的時間長，效果較好，但吸收到飽和之後就不再增加了。
5. 雨種分散程度：雨種分散的愈均勻，效果愈好。
6. 雲的溼度：雲的溼度愈高，效果愈好。
7. 雲的溫度：雲的溫度愈低，效果愈好。乾冰造雨就是應用降溫的原理。
8. 雲的厚度：雲層的厚至少要五百到一千五百公尺，才能有造雨的希望，如果雲層太薄，所含的小水滴數量不多，即使能夠造雨，也沒有多大用處。

(二)雨種可以造雨也可以防止下雨

當我需要雨的時候，可以用人工的方法來造雨；我們不要下雨的時候，也可以防止下雨嗎？在理論上說來，當然可以。不但可以人工的方法造雨和防止下雨，還能消滅颱風的形成呢！至於消雲破霧，世界上已經有國家在實行了。

奇怪的是，乾冰和碘化銀，是我們造雨時用來做雨種的材料，可是防止下雨時，我們所使用的東西還是乾冰和碘化銀。真有趣？這水是什麼道理呢？乾冰和碘化銀可以用來造雨，也可以用來防止下雨，只是使用的量不同罷了。譬如醫生用藥時，藥量用的適當的話，可以治病；如果藥量用的過多，不但治不好病，反會使病情嚴重起來。用乾冰和碘化銀來造雨，也是同樣道理。用量適當，能幫助雲層中的水份結成雨；假如使用量太多了，不但得不到雨，

反使天空中的雲層消散變成晴朗的天氣，原因是乾冰和碘化銀的量太多了，雲層中的水份有限，好像是僧多粥少，大家不夠分配，水點大不起來，小水點輕得掉不下來，就沒雨了。

防止下雨的人工方法，除了用乾冰和碘化銀外，也可用電。電有同性相斥，異性相吸的性質，造雨時利用異電相吸的道理，使雲層裏的小水點，因帶電性質不同而互相吸引結成雨。在防止下雨時，就要設法使雲層裏小水點所帶的電失去互相吸引的特性，來阻止雨的形成。

(三)最好的方法人造雨方法是造林

改變氣候，除了以上所說的各種方式以外，最好的方法還是造林。樹林怎樣改造氣候呢？有了樹林，地上就會堆積許多枯枝殘葉，這些枯枝殘葉，有貯存雨水的作用。樹林裡的樹枝和樹根，還能阻擋山坡上的雨水，不會很快流失，也不會很快的流到平原上，造成水災，樹木的葉子遮住陽光，不讓陽光直曬到地面上，地上的水分才不會加速蒸發掉。

天旱的時候，泥土裡貯存的水分，由根吸收，又從葉子上蒸發出來，成為水蒸氣蒸發到空中，增加天空中下雨的機會。當颱風吹來時，森林能夠擋風；因此，茂密的大森林也可以減低風災的損害。

森林還有調節氣溫的作用。林木的枝葉能夠吸收和反射太陽的熱，所以森林地帶的夏天的天氣比平原的涼爽。森林比較不通風，也能保持熱量，使它不致於很快散失，防止了氣候的暴寒和暴熱。

在北方，森林還有一個很大的功用，有了森林，那裡所堆積的雪才不容易被風吹失，也不容易被雨水沖走。到了春天，地面的溫度增高，雪才慢慢溶化成水，流到山下，作為春耕季節的農田用水，成為充分的水源，成為農作物的收穫。

我們以上的說明，知道森林有防雨、防風、防旱、和調節溫度的作用，森林對氣候影響之大，可以想見。各國之所以極力提倡造林，禁止濫伐濫砍植物林木，目的就在於充裕木材，和用森林來調節氣候。

九、心得

原來，古代旱災發生時，人們祭天求雨，並不是迷信，當人們在地面上燒香時，香灰成了雨種，如果此時天空中正好有厚厚的雲層和多而密的小水滴，「求雨」成功的機會就大大的提高，不知道那個發明祭天求雨的人，有沒有想到這一點，如果有的話，那中國人就是最早發明和應用人造雨的民族了。

雨多怕水災、怕土石流，雨少了怕旱災，動植物和人們都無法生活，有人也許會想，老天爺為什麼要這樣折磨我們，其實，大自然有它自己平衡的法則，由於人類的破壞，使自然的環境失去了保護，也失去了平衡，氣候改變，人類所做的破壞終究回報在人類身上，如果我們能用和平的方式和大自然相處，多種樹、造林，少砍伐、破壞，大自然一定會還給我們一個美麗的家園。

十、參考資料

(一)書籍：

1. 王京良/中華兒童叢書-呼風喚雨/台北/臺灣書店/中華民國五十八年十一月一日出版
2. 國小自然課本第七冊/第二單元 雲和雨/南一書局/八十八年八月初版
3. 國小自然課本第八冊/第二單元 天氣的變化/南一書局/八十九年二月初版
4. 國小自然課本第十冊/第六單元 台灣的天氣/南一書局/九十年二月初版
5. 國小自然課本第十一冊/第三單元 自然界物質循環/康軒文教事業/九十年九月初版
6. 國小自然課本第十二冊/第五單元 飲水思源/南一書局/九十一年二月初版

(二)網路(網址)：

1. <http://www.shute.kh.edu.tw/90rs/rs/RS104/>
2. <http://netcity2.web.hinet.net/UserData/tleo9999/40.htm>
3. <http://science.yam.com/weather/water/wtr030.html>
4. <http://netcity2.web.hinet.net/userdata/tleo9999/40.htm>
5. <http://science.yam.com/weather/water/wtr030.html>
6. <http://www.sgjh.tc.edu.tw/Web/CLOUDS/c7.htm>
7. <http://netcity2.web.hinet.net/userdata/tleo9999/>
8. <http://science.yam.com/weather/water/wtr030.html>
9. <http://www.sgjh.tc.edu.tw/Web/CLOUDS/c7.htm>