

沙地凝結水的特征及其促进試驗

一九六一年十二月

沙地凝結水的特征及其促进試驗*

郑 若 翳

中国科学院地理研究所(中国科学院治沙队)

民勤治沙綜合試驗站

在极端干旱的沙漠地区,如何充分利用水源是治理沙漠的重大問題之一。沙漠地区的凝結水問題已引起广泛的注意,苏联早在1940年以前就已經着手研究,在我国还是近年来才开展的〔1〕〔2〕〔3〕。

作者等於1961年在甘肃省民勤繼續进行这项研究工作,工作是在綠洲与流沙交界地帶的流动沙丘上进行的。該地处于荒漠边缘,在沙漠包围之中。气候干燥,常年雨量不足120毫米,分配极不均匀,明显地集中於8月,該月雨量通常佔年雨量的50%左右。逐年雨量变化亦大,相对年較差达70%左右。最多雨年超过150毫米,最少雨年不足100毫米,绝对年較差在50%以上,属典型干燥大陆性气候(表1)。

表1 观测地区气象資料*

緯度	經度	海拔高度 (公尺)	气温			年降水量 (毫米)	年平均 风速(米/秒)	干燥度
			1月	7月	年平均			
38°45'	103°06'	13670	-9.9	23.8	7.9	119.7	2.6	5.3

*資料取自民勤气象站

观测工作主要在夏季(6~8月)多雨期間进行。1961年夏季雨量比較正常,达49.8毫米(其中8月分为31.8毫米),佔多年平均雨量40%以上。因此所得結果是比較多雨条件下的凝結水情况,由於

~~~~~  
\*参加本工作的尚有中国科学院地理研究所吳中柱同志及兰州大学地质地理系部分实习同学。

該季正值植物生長需水的重要時期，所以意義尤為重要。

觀測工作採用小氣候的方法進行，其中水分觀測用稱重法及電測法〔4〕同時進行。由於儀器及觀測方法還不夠精密，試驗工作的經驗也不夠成熟，加上人員器材的限制，很多問題尚待進一步加以研究。這兒僅從凝結水的形成規律方面先作一個簡約的報道。

### 一、沙地凝結水的特征

水汽轉變為液態的過程稱凝結作用，松散的沙粒與土壤尚有吸附汽態水的作用（稱吸濕性），在沙面總的凝水量中包括：大氣中水汽在沙面凝結量和沙中汽態水在沙面的凝結量。本文所指的凝結水即包括這兩部分的水分組成。關於夜間沙面凝結水的生成，從表2中可以看出。在

表2, 1961年夏季沙面凝結水量

| 月 分        | 6      | 7      | 8      | 總 計    |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| 降水量(毫米)    | 15.0   | 3.0    | 31.8   | 49.8   |
| 總凝水量(毫米)   | 0.59   | 0.68   | 1.58   | 2.9    |
| 日平均凝水量(毫米) | 0.0196 | 0.0219 | 0.0491 | 0.0302 |
| 與降水量比(%)   | 3.8    | 18.2   | 4.8    | 3.7    |

觀測期間每天早晨都能發現凝結水的出現；但每天的凝水量又各不相同。凝結水的數量是比較少的，三個月中累積的凝結水總共不過2.9毫米，僅為同期降水量的3.7%，其中以8月分凝結水量最大，達1.58毫米，為同期雨量的4.8%。7月分的凝水量雖然只有0.68毫米，但因同期降水量僅有3.0毫米，故凝水量與同期降水量的比值最大，達18.2%。表2中夏季的日平均凝結量為0.03毫米，並且明顯地集中於8月，8月分凝水量佔夏季總凝水量的55%。

表3的資料可以說明凝結水在夜間生成的規律。資料是在乾燥的5



月間取得的，該日风速較大，大气凝結水出現的时间較晚，延續時間也較長。在午夜 1 时以后才由蒸发开始轉向凝結的过程。从大气中水汽在沙面的凝結来看，凝結現象只延續到 7 时左右。从沙丘内部的水汽在沙

表 3 沙面水分逐时变化(毫米) 1961.5.21-22

| 時間          | 1 9                      | 2 1   | 2 3   | 1     | 3     | 5     | 7     | 9     | 1 1   | 1 3   |
|-------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 大气水凝結量      | 0.232                    | 0.173 | 0.156 | 0.149 | 0.149 | 0.156 | 0.137 | 0.095 | 0.026 | 0.019 |
| 沙中水汽凝結量     | <del>0.113</del><br>0.04 | 0.125 | 0.113 | 0.107 | 0.113 | 0.107 | 0.149 | 0.225 | 0.201 | 0.107 |
| 总計          | 0.345                    | 0.298 | 0.269 | 0.256 | 0.262 | 0.263 | 0.286 | 0.320 | 0.227 | 0.115 |
| 地面溫度(°C)    | 14.0                     | 9.0   | 5.7   | 3.8   | 2.2   | 1.5   | 12.3  | 28.5  | 42.3  | 46.5  |
| 絕對湿度(0.1米高) | 5.2                      | 6.3   | 6.2   | 6.9   | 6.4   | 6.2   | 6.1   | 4.5   | 5.5   | 2.6   |
| 风速(0.5米高)   | 4.1                      | 0.1   | 1.1   | 2.1   | 2.3   | 3.5   | 3.6   | 4.7   | 3.6   | 3.7   |

面凝結来看，凝結現象可延續到 9 时，这主要是由於在 9 时以前沙层的溫度梯度仍指向表面，汽态水的移动方向是由深层向表层凝結。表 3 的資料証明气候的干燥程度对凝結水的出現時間也有一定的影响。在干燥的 5 月分，不象过去多雨的 8 月凝結水在 19 时即开始出現。气候愈干燥，凝結水开始出現的时间愈接近最低溫度出現的时间。

表 4 指出，由两部分水分組成的沙面凝結水比重各佔一半的結論 [1] 不是无可指責的个别日期两者比重的差異最大时可达 60% 以上。如 9 月 4 日，沙中汽态水凝結量为 0.002 毫米，大气水汽凝結量达 0.008 毫米，成 1 与 4 之比。表 3 还指出，在不同的干沙层厚度下，沙中汽态水凝水量有显著的差異；虽然各次观测的小气候条件不尽相同，但随着沙面干沙层厚度的增加，沙中气态水凝水量相应地减小是很明显的。例如，9 月 4 日在干沙层厚度 8~10 厘米时，大气中水汽凝結量佔 81%，沙中水

表4 不同来源水汽凝水量比較

| 日期<br>(日/月) | 干沙<br>厚度<br>(厘米) | 凝結水量(毫米)  |        |        | 凝結水所佔<br>(%) |      | 观测时气象条件<br>(8时) |     |          |
|-------------|------------------|-----------|--------|--------|--------------|------|-----------------|-----|----------|
|             |                  | 沙中<br>汽态水 | 大汽水    | 总 計    | 沙中汽<br>态 水   | 大汽水  | 相对<br>湿度        | 风速  | 最低<br>温度 |
| 4/9         | 8-10             | 0.002     | 0.008  | 0.0105 | 19.0         | 81.0 | 81              | 1.7 | 8.8      |
| 19/9        | 6                | 0.0313    | 0.044  | 0.0753 | 41.6         | 58.4 | 84              | 1.7 | 7.2      |
| 16/9        | 4~5              | 0.0548    | 0.037  | 0.0918 | 59.7         | 40.3 | 78              | 1.5 | 7.5      |
| 14/9        | 3                | 0.0528    | 0.0154 | 0.0682 | 77.5         | 22.5 | 91              | 2.0 | 10.5     |
| 11/9        | 0                | 0.0252    | 0.0101 | 0.0353 | 71.4         | 28.6 | 81              | 1.9 | ~        |
| 12/9        | 0                | 0.0228    | 0.0720 | 0.0948 | 24.1         | 75.9 | 99              | 0.0 | ~        |
| 平 均         |                  | 0.0315    | 0.0312 | 0.0627 | 50.2         | 49.8 | ~               | ~   | ~        |

汽凝結量只佔19%，在总的凝水量中有4/5的水汽是来自大气中。又如9月14日在干沙厚度为3厘米时，沙中汽态水凝結量佔77.5%，大气中水汽凝結量只佔22.5%。如果暫不考虑近地面风速、空气湿度和地面温度等小气候条件的影响，总凝水量与干沙厚度的相关性如图1所示。

图1 沙面总凝水量与干沙厚度相关曲线图

干沙厚度所以对沙面总凝結水量有显著的影响，主要是因为干沙层愈厚时，沙中下层汽态水愈不易通过上面的干沙层而上达地面，参加凝結，因此就减少了向沙面的凝結量。所以随干沙层的加厚，沙中汽态水凝結部分所佔的比重逐渐减少。图2即表示了在总凝結水量中沙中汽态水凝結量所佔的比重与干沙厚度的关系。

图2 沙中汽态水凝結量比重与干沙厚度相关图

由降水和灌溉后凝結水量增加的事实証明，地面因降水或灌溉而十分湿润时，凝結水就显著增加。表5所示，6月1日至21日每5天在沙面上測定的四次凝結水量平均为0.005毫米。降水后第一天（即6月26日）測得的凝水量达0.0813毫米，比前四次观测平均值增加

表5 沙面湿润前后的凝水量（毫米）

|     | 降水前4天 | 降水后1天  | 降水后7天  | 降水后11天 | 备 註                                        |
|-----|-------|--------|--------|--------|--------------------------------------------|
| 日 期 | 6月21日 | 6月26日  | 7月2日   | 7月6日   | 6月25日降水15.0毫米<br>6月1—21日四次平均<br>凝水量0.005毫米 |
| 凝水量 | 0.002 | 0.0813 | 0.0135 | 0.0067 |                                            |

1.6 倍。以后随沙面的逐渐干燥，凝水量也逐渐减少。如降水后第七天凝水量已减少到 0.0135 毫米，即比降水后第一天的凝水量减少 6 倍多，但减少的速度是随天数的增加趋于缓慢。灌溉后湿润地的凝结水变化规律亦相类似，在灌溉后的第三天凝结水量出现最大值，如图 3 所示。

图 3 灌溉前后地面凝结水的变化

控制凝结水形成的小气候条件每天都有巨大的差异，所以不同天气条件下的凝结水数量亦不相同，表 5 即是不同天气条件下的凝结水资料。对比 12 日与 31 日的观测资料不难看出，当湿度与风速条件均相同，但晴天的凝结水量较阴天的多 2 倍左右。这主要是因为 31 日是晴天，沙面充分辐射冷却，最低温度较阴天的 12 日低  $2.7^{\circ}\text{C}$  之故。比较 21 日和 31 日的资料也清楚显示出风速的影响，这两天的地面最低温度是相同的，21 日的湿度虽然较大，但因风速较强，凝水量只有 31 日的  $1/5$ 。从图 4 可以看出风速不同，总凝水量与相对湿度关系曲线

图 4 凝水量与相对湿度相关曲线

表 6. 不同天气条件下凝結水量

| 日 期   | 天气型 | 絕對湿度<br>(毫巴) | 风 速<br>(米/秒) | 地面最低溫<br>度(℃) | 凝水量<br>(毫米) |
|-------|-----|--------------|--------------|---------------|-------------|
| 7月3日  | 晴   | 17.0         | 0            | 13.0          | 0.0235      |
| 7月12日 | 阴   | 16.8         | 2.0          | 16.7          | 0.0201      |
| 7月21日 | 阴   | 19.8         | 4.3          | 14.0          | 0.0097      |
| 7月31日 | 晴   | 16.8         | 2.0          | 14.0          | 0.0488      |

也是不同的。风速對於凝水量与飽和差关系的影响也相类似(图5)当

图 5. 凝水量与飽和差相关曲綫



風速較大時，凝結水量<sup>是</sup>總量較少，這是無可非議的。

作者多次實地觀測結果得出，凝結量與空氣濕度、風速的關係，可以下列經驗關係表示：
$$W = \frac{a - P_v}{d^b}$$

式中  $W$ —沙面大汽水汽凝結量。  $a$ —飽和差

$a, b$ —係數。  $P_v$ —風速  $> 2$  米/秒訂正係數，小於 1。

上述關係中，沙面大汽水汽凝結量是在沙面上實際測得，飽和差資料是根據二米高廣百葉箱內取得（兩資料取得地點相距 500 公尺左右），因此得出的關係是近似的。根據這個關係可以製出計算凝結量的圖表（圖 5）。公式表明，凝水量和飽和差存在着反比的關係，當飽和差增大時凝水量減小。這種關係在飽和差大於 10 毫巴時便很不明顯，因為這時空氣已極端乾燥，可供沙面凝結的水汽已很少。當空氣濕度很大，趨於飽和時，凝水量的大小幾乎與空氣濕度無關，這時凝結水形成主要是受風速的大小所控制了。

凝結水（包括大汽水汽凝結與沙中水汽凝結）形成後的運動方向亦可分為兩部分：一部分在沙面受熱後經蒸發又回到空氣中；另一部分在沙面受熱後以汽態形式向下擴散，遇冷後在沙層中凝成透鏡狀水体長期保存於沙丘中，可供植物利用。前一部分可稱為無效凝結水，後一部分可稱為有效凝結水。關於這兩部分凝結水的活動狀況及比例關係尚待進一步的研究。應該指出，本文上述的凝結水也包括有效與無效兩部分。有效凝結水是根據下面的沙缸試驗資料發現的，試驗初期沙缸內裝入風干沙，試驗過程中嚴格防止降水侵入。試驗後期除表面而外，深處水分均顯著增加（表 7）。特別是底層（50~60 厘米）3 個月後水分由 0.005 毫米增加到 0.014 毫米，增加將近 3 倍。至 8 月 25 日整層水分亦增加 1 倍多。毫無疑問，水分的增加除大氣中水汽凝結而外，別無其他來源。從數量來看大汽水汽參與沙中內部的凝結作用十分微弱，在 0~60 厘米沙層中，三

表7 沙缸中干沙的水分变化(毫米)

| 深度<br>(厘米) | 0     | 5     | 10    | 15    | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    | 总水量    |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 5月26日      | 0.005 | 0.005 | 0.003 | 0.003 | 0.005 | 0.007 | 0.007 | 0.005 | 0.005 | 0.051  |
| 6月25日      | 0.005 | 0.007 | 0.007 | 0.007 | 0.009 | 0.009 | 0.009 | 0.010 | 0.010 | 0.0816 |
| 7月25日      | 0.003 | 0.005 | 0.005 | 0.007 | 0.009 | 0.009 | 0.009 | 0.010 | 0.010 | 0.0784 |
| 8月25日      | 0.005 | 0.010 | 0.010 | 0.009 | 0.009 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.1132 |

个月由于这种凝結所增加的水量不过0.06毫米。虽然在短时期内这种凝結作用很微弱，但从长年来看，大气凝結水对沙丘水分的补給作用似乎是不容忽視的。这种作用可能是沙丘湿沙层中水分来源的一个組成部分。这种意見是否正确，尚待更进一步的研究。

### 二、沙地凝結水的促进試驗

沙面有水分凝結是肯定的事实，只是凝結数量太少。因此，如何进一步促进与提高凝結水等問題，是值得重視和研究的。本試驗是在过去工作基础上进行，試驗包括两个方面：即沙面凝結水的促进与提高，和沙中凝結水的促进与提高。下面先談一談沙面凝結水的促进与提高。

#### (1)沙面凝結水的促进与提高試驗：

这项試驗是对沙容器用称重法进行的，沙容器中的沙样采用不同的复盖物及大小不同的粒徑，然后对各个容器分別进行称重測定。測定結果表明，采用不同复盖物和不同粒徑两种措施对沙面凝結都有不同的影响。在不同顏色的复盖物(灰色的砾石、黑色的煤)下，凝結水量也不同。其中以深色复盖面的效果较为显著(表8)，与对照的沙样比較，最大时可以多出60%以上(7月11~12日)。就从它的平均凝水量0.0462毫米來說，比对照沙样也多19%。灰色复盖的沙样凝水量也是有所增加的，最大时可比对照沙样多39%。其平均凝水量也比对照沙

表8 不同顏色复盖面及不同粒徑沙样凝水量(毫米)

|          | 对 照<br>(混合沙<br>样淡黄色) | 不同复盖物  |        | 不同粒徑(毫米) |         |         |         |
|----------|----------------------|--------|--------|----------|---------|---------|---------|
|          |                      | 灰色     | 黑色     | <0.1     | 0.1-0.2 | 0.2-0.4 | 0.4-1.0 |
| 7月11~12日 | 0.0201               | 0.0280 | 0.0330 | 0.0290   | 0.0210  | 0.0240  | 0.0752  |
| 7月14~15日 | 0.0168               | 0.0190 | 0.0225 | 0.0220   | 0.0220  | 0.0190  | 0.0135  |
| 7月23~24日 | 0.0126               | 0.0175 | 0.0168 | 0.0223   | 0.0156  | 0.0100  | 0.009   |
| 7月27~28日 | 0.0285               | 0.0340 | 0.0313 | 0.0363   | 0.0294  | 0.078   | 0.0142  |
| 8月7~8日   | 0.1205               | 0.1203 | 0.1278 | 0.1208   | 0.1108  | 0.016   | 0.1081  |
| 平 均      | 0.0397               | 0.0433 | 0.0462 | 0.0462   | 0.0598  | 0.0345  | 0.0304  |

样多10%。复盖面的不同对白天的吸热及夜間的散热均有影响，顏色愈深夜間的散热愈快，自然溫度降低亦愈多，愈利於凝結水的产生。在表8中三种不同顏色的复盖物，其凝結水量以黑色为最大、灰色次之、淡黄色的对照沙样最小。

在不同粒徑的沙中，粒徑愈細，表面积愈大，即水汽可能凝附的沙粒总表面积愈大。表8中小於0.1毫米粒徑的，凝水量平均为0.0462毫米，較对照沙样(不同粒徑混合)要多19%，最大可多77%。当粒徑超过0.2毫米时，其凝水量較混合的对照沙样反而减少。凝水量与沙粒粒徑的关系可用图6表示，图6的曲綫表明，凝水量和沙粒粒徑的大小近似成反比关系。

图6. 凝水量与沙粒粒徑的关系

通过流动沙丘的水分研究发现，沙丘沙层的某一深度均有一层是着的湿沙层，这层湿沙层的水分来源尚待查明。

上述試驗雖然不是在沙丘上直接進行的；但試驗結果証明了改變沙層的沙粒粒徑、孔隙度和在沙丘表面採取不同措施改變顏色，對凝結水的生成能起一定的促進作用，這就為提高與促進這凝結水的工作提供了理論依據。

## (2) 沙中凝結水的促進與提高試驗：

試驗是直接在沙丘上進行的，考慮到由於風沙流活動及沙面的不穩定性，觀測地段選在機械沙障（粘土方格狀沙障<sup>\*</sup>）固定的沙丘上。試驗主要根據改變溫度對凝結水形成的影響。我們採用不同顏色物復蓋沙面的措施，包括礫石（灰色、平均粒徑約0.5~1.0厘米），煤渣（黑色、平均粒徑約1厘米）及熟石灰塊（白色、平均粒徑約1~2厘米），復蓋面積各4平方公尺，厚度5~10厘米。

由於裸沙、礫石、煤渣和石灰四種表面的顏色不同，從而影響着沙中溫度。從四種復蓋物7月分平均沙中溫度來看，早晨7時（日出後）裸沙溫度最低，其中煤渣最高，10~20厘米平均比裸沙高1.3℃（表9）。中午13時的情況則相反，10~20厘米裸沙溫度比煤渣要

表9 不同復蓋物下沙中溫度（7月分平均）

| 地段  | 時間<br>深度<br>厘米 | 7 時  |      |      |      | 13時  |      |      |      |
|-----|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     |                | 10   | 15   | 20   | 平均   | 10   | 15   | 20   | 平均   |
| 裸 沙 |                | 23.0 | 25.0 | 26.0 | 24.7 | 35.2 | 29.9 | 28.0 | 31.0 |
| 礫 石 |                | 23.9 | 25.4 | 26.7 | 25.1 | 32.0 | 28.7 | 27.1 | 29.3 |
| 煤 渣 |                | 24.7 | 26.4 | 26.9 | 26.0 | 31.3 | 28.0 | 26.9 | 28.7 |
| 石 灰 |                | 23.9 | 25.3 | 25.8 | 25.0 | 29.9 | 27.1 | 26.1 | 27.7 |

\*粘土狀方格狀沙障是利用粘土在沙丘上構成的土埂，埂高約30厘米，底寬約40厘米，頂寬約10厘米。格的長度、寬度一般為2×2米是一種固沙效應較好的機械沙障。



高 3.1℃。施加复盖物的結果使得沙中溫度振幅显著减小，在 10 厘米处，裸沙上平均日溫振幅为 12.2℃，不同复盖物下（不算复盖物的厚度）分别为 8.1℃（砾石）、6.6℃（煤渣）及 6.0℃（石灰），均减小 6℃ 以上。从对比不同深度的沙中溫度发现，复盖后沙中溫度梯度亦有所改变，裸沙溫度梯度均較复盖后的大，最大者可达 50%。决定着汽态水活动的沙中溫度梯度及溫度日振幅的一同减小，必然减弱汽态水的活动和抑制沙中水分的蒸发。应该指出，减弱汽态水的活动对沙中凝結水的形成是不利的，特别是夜間。但是，从抑制蒸发和减弱凝結两方面的程度来看，这种措施对保存与提高沙中水分还是有利的。

表 10 不同复盖物下沙中溫度梯度（7 月分平均）

| 深度<br>地段     | 7 时  |       |       | 13 时 |       |       |
|--------------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 時間<br>深度(厘米) | 0~5  | 10~15 | 10~20 | 0~5  | 10~15 | 15~20 |
| 裸 沙          | ~0.1 | ~2.0  | ~1.0  | 8.6  | 5.3   | 1.9   |
| 砾 石          | ~0.4 | ~1.5  | ~1.3  | 10.3 | 3.3   | 1.6   |
| 煤 渣          | ~0.7 | ~1.7  | ~0.5  | 11.5 | 3.3   | 1.1   |
| 石 灰          | ~0.6 | ~1.4  | ~0.5  | 10.0 | 2.6   | 1.0   |

复盖面层（0~5 厘米）的溫度梯度有如下的特点：其溫度梯度远較复盖层下的沙层溫度梯度大（表 10），白天这种溫度梯度是指向沙层内部的，就是說愈向下层，溫度愈低（表 9 中 7 时因正值日出后，故溫度梯度最大值在 10~15 厘米深处）有利於表面的凝結水向沙中下层凝紧。夜間复盖面层的溫度梯度經常低於裸沙面，对凝結水的形成十分有利，由於这种溫度梯度白天比夜間大得多（表 9），这就更有利於形成在沙面的凝結水向下层傳遞。

上述复盖物对温度梯度及振幅的影响必然导致水分的相应变化，表11指出，措施后6月20日~9月7日)的水分均有所提高，在10~50厘米层中砾石复盖面增加水量为1.65毫米，煤渣复盖面为1.02毫米，石灰复盖面仅0.37毫米(只有砾石地段的1/4)。

表11 措施后沙中水分变量(%)

| 深度 | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 平均   | 水量<br>(毫米) |
|----|------|------|------|------|------|------|------------|
| 砾石 | 0.75 | 1.29 | 0.50 | 1.03 | 0.35 | 1.16 | 1.65       |
| 煤渣 | 1.20 | 0.39 | 0.37 | 0.03 | 0.32 | 1.61 | 1.02       |
| 石灰 | 0.08 | 0.11 | 0.06 | 0.04 | 0.40 | 0.27 | 0.37       |

但在同期的观测资料发现，未加措施的裸沙面水分则减少0.28毫米。表10同时指出，施加措施后沙层水分有向上层凝聚的现象，除石灰地段外，砾石与煤渣地段在10~30厘米层中水分均明显增加，而30~50厘米层中水分则相应减少(图7)。水分的向上凝聚改变了沙层

图7。措施前后水分剖面图

中的水分结构，未加复盖物的沙地水分分布非常均匀，等水分线呈水平走向(图8)。但复盖地段在不同深度和日期有闭合湿区出现，位置一

般，在30~40厘米，这說明沙面复盖后会导致沙中水分的凝聚。其

图8 不同复盖面沙中水分分布

中砾石复盖后較湿层出現在20厘米以上，其他复盖物較湿层虽然仍保持在40~50厘米的深度，但含水量是增加的。这种现象是由於抑制蒸发与促进凝結水两方面的作用造成的，水汽在淺层（特别是植物根系分布层）的凝聚对植物的生长是有利的。

前面提到，試驗期降水总量达到49.8毫米。可以肯定在凝結水活

动中降水的影响是巨大的，根据6月25日降水15.0毫米的情况看来，裸沙地降水影响深度可达30厘米（連复盖面深度，下同），延續4天。砾石和煤渣复盖地段降水影响深度可达40厘米，延續7天。石灰地段深度10厘米，時間只延續一天（因为熟石灰块結構易松散风化，並具有較大吸水性；形成不良的透水层）。砾石与煤渣孔隙較大，利於雨水向沙中渗透，所以具有很强的保水性。研究証明，一次降水量达5厘米时才能对沙中水分起到补給作用。試驗期中这类降水量总计35.6毫米，去掉降水影响后，从6月20日至9月7日10~15厘米沙层中，有效凝水量只有0.1~0.6毫米，其中砾石复面最大，为0.55毫米，煤渣次之，为0.34毫米，石灰最少为0.12毫米。量虽不多，但和同期裸沙地水分减少0.28毫米相比，仍成鮮明对照。因此，进行沙面复盖措施、改变溫度状况的研究，在抑制蒸发与促进凝結水方面是具有实际意义的。

### 参 考 文 献

1. 耿寬宏、郑若靄 沙地凝結水的規律及其提高途徑 手稿 1960年
2. 耿寬宏 沙地水分測定及其水分变化規律 地理1期 1961年
3. 青海喀尔木治沙站 沙地湿沙层水分来源問題的討論 油印稿
4. 郑若靄 沙地水分电測法 手稿 1960年
5. 江爱良 " " " " 平衡的一种計算方法 全国地理学术會議文件
6. 耿寬宏、郑若靄 沙地凝結水的形成及其促进試驗 手稿