

# 沃特保水剂对西瓜生长及土壤环境的影响

杜社妮<sup>1,2</sup>, 白岗栓<sup>1,2</sup>, 赵世伟<sup>1,2</sup>, 姜峻<sup>1,2</sup>, 侯喜录<sup>1,2</sup>

(1 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

**[摘要]** 在陕北黄土丘陵沟壑区, 以不施保水剂为对照, 开展了沃特和 PAM 保水剂对西瓜生长及土壤环境影响的研究。结果表明, 施用沃特和 PAM 降低了西瓜缓苗期的地表最高温度, 提高了地表的平均温度、最低温度及 10 cm 土层和 20 cm 土层的土壤温度, 增加了土壤的含水量, 特别是开花坐瓜期 0~30 cm 土层的土壤含水量。西瓜幼苗的成活率随沃特和 PAM 施用量的增加而提高。沃特和 PAM 保水剂的施用促进了西瓜主蔓和根系的生长, 增强了叶片的光合作用能力, 增加了西瓜的生物量, 使西瓜的成熟期提前, 产量和产值增加, 水分利用效率显著提高。相同施用量的沃特与 PAM 相比, 对西瓜生长及土壤环境的影响差异均不显著。沃特和 PAM 在西瓜上的适宜使用量均为每株 1.5~2.0 g, 即 16.67~22.22 kg/hm<sup>2</sup>。

**[关键词]** 沃特保水剂; PAM; 西瓜栽培; 土壤环境

**[中图分类号]** S651.04+.7

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2007)08-0102-07

## Influence of Wote super absorbent on the soil environment and the growth of watermelon

Du She-ni<sup>1,2</sup>, Bai Gang-shuan<sup>1,2</sup>, Zhao Shi-wei<sup>1,2</sup>, Jiang Jun<sup>1,2</sup>, Hou Xi-lu<sup>1,2</sup>

(1 Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract :** Compared with the loess hilly and gully regions of northern Shaanxi without using Wote super absorbent and PAM, influence of Wote and PAM on the soil environment and the growth of watermelon had been researched. The result showed that Wote and PAM increased the average temperature of the earth's surface, temperatures of 10 cm soil, 20 cm soil and the lowest temperature of the earth's surface, but reduced the highest temperature of the earth's surface in reviving phase. Soil moisture was increased by using Wote and PAM, and the soil moisture of 0 - 30 cm soil in florescence and fruiting phase was also increased. The surviving percent of watermelon seedling increased with the increasing of quantities of Wote and PAM. It was Wote and PAM that promoted the growth of main tendrilled vine and roots, enhanced the photosynthesis, increased watermelon biomass, moved the harvest phase up, increased the yields and the production value, and obviously increased the water use efficiency of watermelon. There were not remarkable differences between the soil environment and the growth of watermelon when Wote and PAM were used same quantities. Suitable quantities of Wote and PAM for watermelon should be 1.5 - 2.0 g plant, or 16.67 - 22.22 kg/hm<sup>2</sup>.

**Key words :** Wote super absorbent ; PAM ; watermelon cultivate ; soil environment

**[收稿日期]** 2006-07-05

**[基金项目]** 国家“十一五”科技攻关项目(2006BAD09B07); 国家“863”计划项目“新型多功能保水剂系列产品研发与产业化(2002AA2Z4030)”; 中国科学院知识创新工程项目(KZCX1-06)

**[作者简介]** 杜社妮(1966-), 女, 陕西杨陵人, 助理研究员, 主要从事蔬菜生态与栽培研究。

**[通讯作者]** 白岗栓(1965-), 男, 陕西富平人, 副研究员, 主要从事生态学研究。

保水剂(Super absorbent 或 Super absorbent polymer, SAP)是近年来迅速发展起来的一种新型高分子材料,能吸收自身重量几百倍甚至上千倍的水分,吸收的水分可缓慢释放供作物利用,且具有反复吸水的功能<sup>[1-7]</sup>。施用保水剂可提高作物的干物质积累,改良土壤结构,增强土壤保水性,减少土壤水分、养分流失,提高水肥利用率,并且对作物无毒、无害、无副作用<sup>[8-16]</sup>。目前商品化的保水剂大多是以聚丙烯酸(Polypropylic Acid, PAA)或聚丙烯酰胺(Polyacrylamide, PAM)为主生产的,成本高、耐盐碱性能差。沃特保水剂是胜利油田长安集团应用无机矿物凹凸棒粘土(Attapulgite)研制生产的耐盐碱、低成本和高吸水性的有机-无机复合保水剂,虽对其保水性能的研究表明,该产品能改善土壤导水效果,且抗蒸发作用明显<sup>[17]</sup>。但尚未见其在不同作物上的施用效果和适宜施用量的报道,为了探讨沃特保水剂的适宜施用量和施用效果,本研究于 2005 年在陕北黄土丘陵沟壑区,以 PAM(法国进口)为对照,开展了沃特保水剂对土壤环境及西瓜生长的影响研究,以为其在生产上的应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

试验在陕西省安塞县沿河湾镇寨子湾村宽 20 m 左右的梯田上进行,该地海拔 1 160.0 m,土壤为黄绵土,含有机质 6.26 g/kg,速效氮 34.6 mg/kg,速效磷 1.12 mg/kg,速效钾 49.8 mg/kg, pH 值为 8.6。该地年平均气温为 8.8℃,7 月为 22.6℃,1 月为 -6.9℃,极端最高气温为 36.8℃,极端最低气温为 -23.6℃,平均日较差为 13.9℃,10 月的活动积温为 3 171.2℃,年太阳辐射为 528.6 kJ/cm<sup>2</sup>,日照时数为 2 415.6 h,年降水量为 549.1 mm,无霜期 159 d。

### 1.2 试验材料

供试西瓜品种为西农 8 号(由西北农林科技大学园艺学院选育),由安塞县蔬菜种子公司提供,供试保水剂为沃特(由胜利油田长安集团研制)与 PAM(法国研制)两种。

### 1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 本试验共设 11 个处理,即沃特与 PAM 的施用量分别为 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 g/株,以不施任何保水剂作为对照,各处理对应名称分别为沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 和 PAM 0.5、PAM 1.0、PAM 1.5、PAM 2.0、

PAM 2.5,每处理重复 3 次,每小区栽植西瓜 40 株。2005-03-20 日西瓜育苗,2005-04-26 日(西瓜三叶一心)进行地膜覆盖栽培,株行距为 0.5 m × 1.6 m。定植穴直径为 40 cm,深为 25 cm,移栽前 1 d 穴施保水剂。

西瓜从移栽到采收期间共灌水 6 次,每次每穴 2.0 kg。不同处理西瓜生长期间的管理措施均与大田相同。由于所选试验地平整,地下水位深,土层深厚且土壤质地均一,试验地不会产生渗漏、地下水补给和水分的水平运动,因此“西瓜田间耗水量 = 西瓜生育期的降水量 - 无效降水量(24 h 降水量 < 5 mm) + 西瓜生育期间灌水量 + 西瓜生育期土壤贮水量”。

1.3.2 测定项目与方法 在西瓜缓苗期间(从定植的第 2 天至定植后的第 16 天),分别于每天的 08:00, 14:00, 20:00 用普通温度计和曲管地温计,测定西瓜穴内及距西瓜苗 15 cm 处(穴北缘)的地表温度和最高、最低地表温度及 10、20 cm 土层土壤温度。于移栽前、坐瓜期和采收期用土钻钻取西瓜穴内距西瓜苗 20 cm 处(穴北缘)0~100 cm 土层的土样,每 10 cm 土层取样 1 次,测定土壤含水量,统计西瓜的成活率、主蔓生长状况、西瓜产量、根系分布、生物量、果实可食率等。用烘干法测定土壤含水量;用手持糖量计测定西瓜果实可溶性固形物含量,用美国产 LF6400 光合仪测定西瓜 20 d 叶龄叶片的光合速率。并在西瓜地设置雨量筒,测定西瓜生育期间的降水量。试验数据均采用 SSR 法进行方差分析,检验其差异的显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 西瓜缓苗期不同保水剂施用量对土壤温度的影响

2.1.1 对地表土壤温度的影响 由表 1 可知,对照的地表土壤温度为 23.8℃,沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 处理的地表土壤温度分别较对照高 0.1、0.4、0.6、0.8、0.9℃,PAM 0.5、PAM 1.0、PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 处理的地表土壤温度分别较对照高 0.1、0.3、0.5、0.7、0.8℃;沃特 1.0、沃特 1.5 和 PAM 1.5 与对照相比差异显著( $P < 0.05$ ),沃特 2.0、沃特 2.5 和 PAM 2.0、PAM 2.5 与对照相比差异极显著( $P < 0.01$ );沃特 2.0、沃特 2.5 与沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5 之间及 PAM 2.0、PAM 2.5 与 PAM 0.5、PAM 1.0 之间相比差异显著( $P < 0.05$ )。

表 1 不同保水剂施用量 0~30 cm 土层的土壤平均温度  
Table 1 Average temperature of the earth's surface of different quantities of super absorbent in 0~30 cm soil layer

| 处理<br>Treatment | 地表温度<br>Temperature of the earth's surface |                                |                               | 10 cm 土层温度<br>Temperature of<br>the 10 cm soil layer | 20 cm 土层温度<br>Temperature of<br>the 20 cm soil layer |
|-----------------|--|--------------------------------|-------------------------------|--|--|
|                 | 平均温度<br>Average<br>temperature             | 最高温度<br>Highest<br>temperature | 最低温度<br>Lowest<br>temperature |  |  |
| CK              | 23.8 cB                                    | 46.1 aA                        | 9.0 bB                        | 20.3 bB  | 19.4   |
| 沃特 0.5 Wote 0.5 | 23.9 bcAB                                  | 45.0 abAB                      | 9.4 abAB                      | 20.5 abAB  | 19.5   |
| 沃特 1.0 Wote 1.0 | 24.2 bAB                                   | 44.0 bAB                       | 9.7 aAB                       | 20.7 aAB   | 19.6   |
| 沃特 1.5 Wote 1.5 | 24.4 bAB                                   | 43.4 bAB                       | 9.9 aA                        | 20.8 aAB   | 19.6   |
| 沃特 2.0 Wote 2.0 | 24.6 aA                                    | 42.9 cB                        | 10.0 aA                       | 20.9 aA  | 19.7   |
| 沃特 2.5 Wote 2.5 | 24.5 aA                                    | 42.7 cB                        | 10.1 aA                       | 21.0 aA  | 19.7   |
| PAM 0.5         | 23.9 bcAB                                  | 45.0 abAB                      | 9.4 abAB                      | 20.5 abAB  | 19.5   |
| PAM 1.0         | 24.1 bAB                                   | 44.1 bAB                       | 9.7 aAB                       | 20.7 aAB   | 19.6   |
| PAM 1.5         | 24.3 abAB                                  | 43.5 bAB                       | 9.9 aA                        | 20.8 aAB   | 19.6   |
| PAM 2.0         | 24.5 aA                                    | 42.9 cB                        | 10.0 aA                       | 20.9 aA  | 19.7   |
| PAM 2.5         | 24.6 aA                                    | 42.8 cB                        | 10.1 aA                       | 21.0 aA  | 19.7   |

注:表中温度值是 2005-04-27~2005-05-11 共 15 d 温度的平均值。数据采用新复极差法检验,同列数据后标不同小写字母者表示差异显著( $P < 0.05$ ),标不同大写字母者表示差异极显著( $P < 0.01$ ),下表同。

Note: Temperatures in the table are the average of 15 d temperature from 2005-04-27 to 2005-05-11. Data in the table are tested with SSR. Different small letters in the same row mean significant difference at 0.05 level; different capital letters mean greatly significant difference at 0.01 level. The following table is same.

对照的地表最高土壤温度为 46.1, 处理沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 的地表最高土壤温度分别较对照低 1.1、2.1、2.7、3.2 和 3.4, 处理 PAM 0.5、PAM 1.0、PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 的地表最高土壤温度分别较对照低 1.1、2.0、2.6、3.2 和 3.3; 沃特 1.0、沃特 1.5 和 PAM 1.0、PAM 1.5 与对照相比差异显著( $P < 0.05$ ), 沃特 2.0、沃特 2.5 和 PAM 2.0、PAM 2.5 与对照相比差异极显著( $P < 0.01$ ); 沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5 与沃特 2.0、沃特 2.5 及 PAM 0.5、PAM 1.0、PAM 1.5 与 PAM 2.0、PAM 2.5 相比差异均达显著水平( $P < 0.05$ )。

对照的地表最低土壤温度为 9.0, 处理沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 的地表最低土壤温度分别较对照高 0.4、0.7、0.9、1.0 和 1.1, 处理 PAM 0.5、PAM 1.0、PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 的地表最低土壤温度分别较对照高 0.4、0.7、0.9、1.0 和 1.1; 沃特 1.0 和 PAM 1.0 与对照相比差异显著( $P < 0.05$ ), 沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 和 PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 与对照相比差异均达极显著水平( $P < 0.01$ )。

施用量相同的沃特和 PAM 处理相比, 其地表温度、地表最高土壤温度和地表最低土壤温度间差异均不显著。

2.1.2 对 10 cm 土层土壤温度的影响 表 1 表明,

对照 10 cm 土层的土壤平均温度为 20.3, 施用沃特和 PAM 保水剂的平均土壤温度均高于对照, 其中沃特 1.0、沃特 1.5 和 PAM 1.0、PAM 1.5 处理与对照相比差异显著( $P < 0.05$ ), 沃特 2.0、沃特 2.5 和 PAM 2.0、PAM 2.5 处理与对照相比差异极显著( $P < 0.01$ ), 施用量相同的沃特和 PAM 处理间差异不显著。

2.1.3 对 20 cm 土层土壤温度的影响 由表 1 可见, 对照 20 cm 土层的平均土壤温度为 19.4, 沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 的平均土壤温度分别较对照高 0.1、0.2、0.2、0.3 和 0.3

(表 1); PAM 0.5、PAM 1.0、PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 的平均土壤温度分别较对照高 0.1、0.2、0.2、0.3 和 0.3, 但幅度均低于 10 cm 土层土壤温度的变化。沃特、PAM 处理与对照之间及 2 种保水剂之间的差异均不显著。

## 2.2 不同保水剂施用量对西瓜生育期土壤含水量的影响

2.2.1 开花坐瓜期 西瓜根系主要分布在 0~30 cm 的土层内, 此区域的土壤水分含量对西瓜的生长影响较大。在 0~30 cm 土层, 对照的平均土壤含水量为 158.0 g/kg (表 2), 沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 的平均土壤含水量分别较对照高 13.0、25.0、32.0、43.0 和 55.0 g/kg, PAM 0.5、PAM 1.0、PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 的平

均土壤含水量分别较对照高 16.0,29.0,39.0,47.0 和 62.0 g/kg;沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5 和 PAM 0.5、PAM 1.0、PAM 1.5 处理与对照相比差异显著

( $P < 0.05$ ),沃特 2.0、沃特 2.5 与对照、沃特 0.5 及 PAM 2.0、PAM 2.5 与对照、PAM 0.5 相比差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

表 2 不同保水剂施用量对西瓜开花期坐果期和成熟期 0~100 cm 土层土壤含水量的影响

Table 2 Effect of different quantities of super absorbent on 0~100 cm soil moisture in florescence and fruiting and harvest phase of watermelon g/kg

| 处理<br>Treatment | 开花坐果期<br>Florescence and fruiting |            |          | 成熟期<br>Harvest phase |           |           |
|-----------------|-----------------------------------|------------|----------|----------------------|-----------|-----------|
|                 | 0~100 cm                          |            |          | 0~100 cm             |           |           |
|                 | 0~30 cm                           | 60~100 cm  | 0~100 cm | 0~30 cm              | 60~100 cm | 0~100 cm  |
| CK              | 158 dB                            | 125.2 cB   | 134 cB   | 165                  | 123 cC    | 135 bB    |
| 沃特 0.5 Wote 0.5 | 171 cB                            | 129.5 bcB  | 142 cB   | 162                  | 159 aA    | 154 acABC |
| 沃特 1.0 Wote 1.0 | 183 bAB                           | 136.6 bB   | 151 bcB  | 176                  | 156 aA    | 157 aA    |
| 沃特 1.5 Wote 1.5 | 190 bAB                           | 142.5 abAB | 159 abAB | 167                  | 152 aAB   | 154 acABC |
| 沃特 2.0 Wote 2.0 | 201 abA                           | 146.4 aA   | 166 aA   | 174                  | 137 bB    | 148 abcAB |
| 沃特 2.5 Wote 2.5 | 213 aA                            | 152.6 aA   | 176 aA   | 167                  | 131 bcBC  | 141 bB    |
| PAM 0.5         | 174 cB                            | 131.0 cB   | 144 cB   | 162                  | 159 aA    | 154 acABC |
| PAM1.0          | 187 bAB                           | 136.5 bB   | 152 bcB  | 176                  | 156 aA    | 157 aA    |
| PAM1.5          | 197 bAB                           | 142.5 abAB | 159 abAB | 167                  | 152 aAB   | 154 acABC |
| PAM2.0          | 205 abA                           | 146.0 aA   | 165 aA   | 174                  | 137 bB    | 148 abcAB |
| PAM2.5          | 220 aA                            | 153.2 aA   | 175 aA   | 167                  | 131 bcBC  | 141 bB    |

在 60~100 cm 土层,对照的平均土壤含水量为 125.2 g/kg,沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 处理的平均土壤含水量分别较对照高 4.3, 11.4,17.3,23.2 和 27.4 g/kg, PAM 0.5、PAM 1.0、PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 分别较对照高 5.8,11.3,17.3,22.8 和 28 g/kg;沃特 2.0、沃特 2.5 和 PAM 2.0、PAM 2.5 与对照相比差异极显著 ( $P < 0.01$ ),沃特 1.5 和 PAM 1.5 与对照相比差异显著 ( $P < 0.05$ );沃特 2.0、沃特 2.5 与沃特 0.5、沃特 1.0 及 PAM 2.0、PAM 2.5 与 PAM 0.5、PAM 1.0 相比差异极显著 ( $P < 0.01$ ) (表 2)。

在 0~100 cm 土层,对照的平均土壤含水量为 134.0 g/kg,沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 处理的平均土壤含水量分别较对照高 8.0,17.0,25.0,32.0 和 42.0 g/kg, PAM 0.5、PAM 1.0、PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 处理的平均土壤含水量分别较对照高 10.0,18.0,25.0,31.0 和 41.0 g/kg;沃特 1.5、沃特 2.0 和 PAM 1.5、PAM 2.0 与对照相比差异显著 ( $P < 0.05$ ),沃特 2.5 和 PAM 2.5 与对照相比差异极显著 ( $P < 0.01$ ) (表 2)。

2.2.2 成熟期 由表 2 可见,在 0~30 cm 土层,沃特、PAM 处理与对照平均土壤含水量间的差异均不显著。

在 60~100 cm 土层,对照的平均土壤含水量为 123.0 g/kg,沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 处理的平均土壤含水量分别较对照高

36.0,33.0,29.0,14.0 和 8.0 g/kg, PAM 0.5、PAM 1.0、PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 处理的平均土壤含水量分别较对照高 33.0,29.0,24.0,15.0 和 8.0 g/kg;除沃特 2.5 和 PAM 2.5 外,其他处理的平均土壤含水量与对照相比差异均达极显著水平 ( $P < 0.01$ ),沃特 0.5、沃特 1.0 与沃特 2.0、沃特 2.5 及 PAM 0.5、PAM 1.0 与 PAM 2.0、PAM 2.5 间的差异也达极显著水平 ( $P < 0.01$ )。

在 0~100 cm 土层,对照的平均土壤含水量为 135.0 g/kg,沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 处理的平均土壤含水量分别较对照高 19.0,22.0,19.0,13.0 和 6.0 g/kg, PAM 0.5、PAM 1.0、PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 处理分别较对照高 22.0,20.0,14.0,11.0 和 5.0 g/kg;沃特 1.0 和 PAM 1.0 与对照相比差异极显著 ( $P < 0.01$ ),沃特 0.5、沃特 1.5 和 PAM 0.5、PAM 1.5 与对照相比差异显著 ( $P < 0.05$ );沃特 1.0 与沃特 2.5 及 PAM 1.0 与 PAM 2.5 相比差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

在西瓜开花期和成熟期,0~30,60~100 和 0~100 cm 土层,施用量相同的沃特和 PAM 处理间土壤含水量的差异均不显著。

2.3 不同保水剂施用量对西瓜生理特性的影响

2.3.1 西瓜主蔓长度、根系分布、生物量及成活率 由表 3 可知,除开花期沃特 0.5 处理外,其他处理的主蔓长度在开花期和成熟期与对照相比差异均达极显著水平 ( $P < 0.01$ )。在西瓜开花期,沃特 2.5

处理的主蔓长度与沃特 1.0、沃特 1.5 及 PAM 2.5 与 PAM 0.5 相比差异显著 ( $P < 0.05$ ), 沃特 2.5 的主蔓长度与沃特 0.5 相比差异极显著 ( $P < 0.01$ ); 在西瓜成熟期, 沃特 1.0、沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 的主蔓长度与沃特 0.5 相比差异极显著 ( $P < 0.01$ ), PAM 2.0、PAM 2.5 的主蔓长度与 PAM 0.5 相比差异显著 ( $P < 0.05$ )。

沃特、PAM 各处理西瓜根系水平分布的最大长度略大于对照, 但沃特 2.0、沃特 2.5 和 PAM 2.0、PAM 2.5 处理与对照相比差异显著 ( $P < 0.05$ ), 沃特 2.0、沃特 2.5 与沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5 相比差异显著 ( $P < 0.05$ ), PAM 2.0、PAM 2.5 与

PAM 0.5、PAM 1.0 及 PAM 1.5 相比差异显著 ( $P < 0.05$ ); 沃特、PAM 各处理的根系垂直分布深度与对照的差异均不显著。

沃特、PAM 各处理的西瓜果实生物量与对照的差异均达极显著水平 ( $P < 0.01$ ); 沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 与沃特 0.5、沃特 1.0 之间差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 而沃特 0.5 与沃特 1.0 之间、沃特 2.0 与沃特 2.5 之间差异不显著; PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 与 PAM 0.5、PAM 1.0 之间差异极显著 ( $P < 0.01$ ), PAM 0.5 与 PAM 1.0 间及 PAM 2.0 与 PAM 2.5 间差异不显著(表 3)。

表 3 不同保水剂施用量对西瓜主蔓长度、根系分布、生物量及成活率的影响

Table 3 Length of main vine, roots length, biomass and surviving percent of watermelon in different treatments

| 处理<br>Treatment | 主蔓长度/cm<br>Length of main vine |                      | 根系长度/cm<br>Roots length |                       | 生物量/(g·株 <sup>-1</sup> )<br>Biomass |             |                        |               | 成活率/%<br>Surviving percent |
|-----------------|--------------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------|------------------------|---------------|----------------------------|
|                 | 开花期<br>Florescence phase       | 成熟期<br>Harvest phase | 水平<br>Horizontal length | 垂直<br>Vertical length | 果实<br>Fruit                         | 根系<br>Roots | 茎叶<br>Leaves and stalk | 合计<br>Total   |                            |
| CK              | 164 dB                         | 232 cC               | 80.4 b                  | 47.4                  | 551.5 dC                            | 7.73 cC     | 231.5 cC               | 790.73 dC     | 63.64dB                    |
| 沃特 0.5 Wote0.5  | 182 cB                         | 276 bB               | 82.4b                   | 43.8                  | 640.7 cB                            | 9.38 bB     | 279.2 bB               | 929.28 cB     | 72.73 cB                   |
| 沃特 1.0 Wote 1.0 | 190 bcABC                      | 288 bAB              | 83.1 b                  | 45.4                  | 680.4 bcB                           | 10.34 aAB   | 306.6 aAB              | 997.34 bAB    | 87.27 bAB                  |
| 沃特 1.5 Wote 1.5 | 195 bABC                       | 296 aAB              | 84.2 b                  | 45.6                  | 721.8 bA                            | 10.66 aA    | 312.7 aA               | 1 045.16 abAB | 100.00 aA                  |
| 沃特 2.0 Wote 2.0 | 205 abA                        | 303 aAB              | 86.7 a                  | 45.2                  | 746.1 abA                           | 10.73 aA    | 319.2 aA               | 1 076.03 aA   | 100.00 aA                  |
| 沃特 2.5 Wote 2.5 | 210 aA                         | 308 aA               | 89.6 a                  | 46.3                  | 770.5 aA                            | 10.78 aA    | 318.8 aA               | 1 100.08 aA   | 100.00 aA                  |
| PAM 0.5         | 196 bA                         | 284 bA               | 81.8 b                  | 44.1                  | 656.9 bdB                           | 9.43 bB     | 282.7 bB               | 949.03 bB     | 72.73 bB                   |
| PAM 1.0         | 198 abA                        | 292 abA              | 82.7 b                  | 46.4                  | 673.1 bdB                           | 10.52 aAB   | 305.8 aAB              | 989.42 bAB    | 90.91 aA                   |
| PAM 1.5         | 203 abA                        | 298 abA              | 83.5 b                  | 46.8                  | 729.9 aA                            | 10.65 aA    | 310.8 aAB              | 1 051.35 abAB | 100.00 aA                  |
| PAM 2.0         | 207 abA                        | 304 aA               | 88.2 a                  | 45.6                  | 754.2 aA                            | 10.74 aA    | 316.9 aA               | 1 081.84 aA   | 100.00 aA                  |
| PAM 2.5         | 210 aA                         | 308 aA               | 89.5 a                  | 46.9                  | 755.4 aA                            | 10.79 aA    | 319.2 aA               | 1 085.39 aA   | 100.00 aA                  |

沃特、PAM 各处理的西瓜茎叶生物量、根系生物量和西瓜果实总生物量的变化趋势相同, 与对照的差异均达极显著水平 ( $P < 0.01$ )。其中沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 与沃特 0.5 之间及 PAM 1.0、PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 与 PAM 0.5 之间根系生物量、茎叶生物量和总生物量的差异均达极显著水平 ( $P < 0.01$ ), 沃特 1.0 与沃特 0.5 的根系生物量、茎叶生物量、总生物量之间差异显著 ( $P < 0.05$ ); 沃特 1.0、沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 之间及 PAM 1.0、PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 之间的根系生物量、茎叶生物量差异不显著(表 3)。

沃特和 PAM 保水剂的施用量越大, 西瓜成活率越高, 除沃特 0.5 和 PAM 0.5 以外, 其他处理的成活率均与对照差异极显著 ( $P < 0.01$ ) (表 3), 其中沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 和 PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 的成活率均为 100 %。

施用量相同的沃特和 PAM 处理, 其西瓜主蔓长度、根系长度、生物量及成活率之间的差异均不显

著。

2.3.2 西瓜光合速率日变化 由图 1,2 可以看出, 对照和各处理的光合速率日变化趋势一致, 均呈双峰曲线, 第一个峰值出现在上午 10:00, 第二个峰值出现在下午 13:00, 有明显的午休现象, 且光合速率随保水剂施用量的增加而增大。

分析结果表明, 对照西瓜光合速率的平均值为  $9.8 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , 沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 处理的平均光合速率分别较对照高 0.57, 1.19, 1.65, 2.23 和  $2.53 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , PAM 0.5、PAM 1.0、PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 处理的平均光合速率分别较对照高 0.51, 1.11, 1.61, 2.18 和  $2.45 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , 沃特 1.0、沃特 1.5、PAM 1.0、PAM 1.5 与对照相比差异显著 ( $P < 0.05$ ), 沃特 2.0、沃特 2.5、PAM 2.0、PAM 2.5 与对照相比差异极显著 ( $P < 0.01$ )。施用量相同的沃特和 PAM 处理间差异不显著。

2.3.3 西瓜成熟期、产量、品质及产值 由表 4 可

见,沃特和 PAM 处理的西瓜成熟期均较对照提前 6~9 d,差异达极显著水平 ( $P < 0.01$ )。沃特、PAM 各处理的成熟期相差 2~3 d,但差异并不显著。西瓜产量随着保水剂施用量的增加而增大,与对照的差异均达极显著水平 ( $P < 0.01$ )。沃特 1.5、沃特

2.0、沃特 2.5 与沃特 0.5、沃特 1.0 之间及 PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 与 PAM 0.5、PAM1.0 之间产量的差异也达极显著水平 ( $P < 0.01$ )。相同施用量的沃特与 PAM 处理间西瓜成熟期与产量的差异不显著。

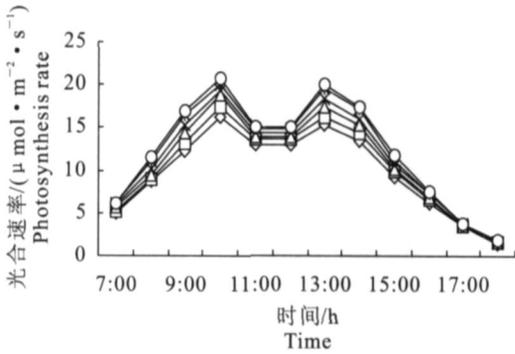


图 1 沃特保水剂施用量对西瓜光合速率日变化的影响

- - - CK; - - - 沃特 0.5; - - - 沃特 1.0;  
- x - 沃特 1.5; - + - 沃特 2.0; - · - 沃特 2.5

Fig. 1 Effect of different quantities of Wote super absorbent on diurnal variations of photosynthesis in watermelon

- - - CK; - - - Wote 0.5; - - - Wote 1.0;  
- x - Wote 1.5; - + - Wote 2.0; - · - Wote 2.5

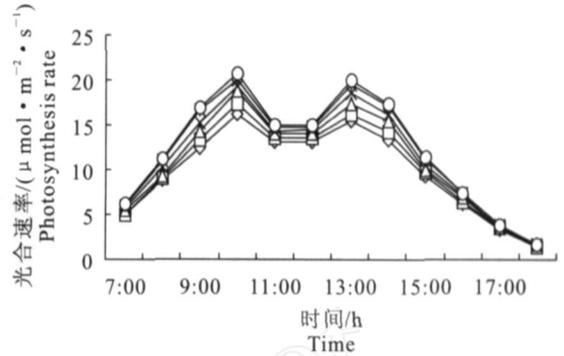


图 2 PAM 施用量对西瓜光合速率日变化的影响

- - - CK; - - - PAM 0.5; - - - PAM 1.0;  
- x - PAM 1.5; - + - PAM 2.0; - · - PAM 2.5

Fig. 2 Effect of different quantities of PAM on diurnal variations of photosynthesis in watermelon

- - - CK; - - - PAM 0.5; - - - PAM 1.0;  
- x - PAM 1.5; - + - PAM 2.0; - · - PAM 2.5

表 4 不同处理对西瓜成熟期、产量、品质、水分利用率及产值的影响

Table 4 Effect of different treatments on harvest phase, yields, quality, water use efficiency and production value of watermelon

| 处理<br>Treatments | 成熟日期<br>Harvest date | 产量/<br>(kg·株 <sup>-1</sup> )<br>Yields | 可食率/%<br>Edible percent | 可溶性固形物含量/<br>(g·kg <sup>-1</sup> )<br>Soluble solid content |             | 耗水量/mm<br>Consumed water | 水分利用效率/<br>(kg·mm <sup>-1</sup> ·hm <sup>-2</sup> )<br>Water use efficiency |                     | 产值/(元·株 <sup>-1</sup> )<br>Production value |
|------------------|----------------------|--|-------------------------|---|-------------|--------------------------|---|---------------------|---|
|                  |                      |  |                         | 中心<br>Center  | 边缘<br>Verge |                          | 生物量<br>Biomass  | 经济产量<br>Cash yields |   |
| CK               | 07-24 B              | 6.8 C                                  | 60.3                    | 123 b   | 94 b        | 271.2 b                  | 3.24 C  | 27.86 C             | 4.76 D                                      |
| 沃特 0.5 Wote0.5   | 07-18 A              | 7.9 B                                  | 60.8                    | 126 b   | 96 b        | 267.6 b                  | 3.86 B  | 32.80 B             | 6.32 C                                      |
| 沃特 1.0 Wote 1.0  | 07-16 A              | 8.4 B                                  | 61.7                    | 129 a   | 97 a        | 264.1 b                  | 4.20 A  | 35.34 A             | 7.56 B                                      |
| 沃特 1.5 Wote 1.5  | 07-15 A              | 8.9 A                                  | 62.1                    | 132 a   | 97 a        | 267.6 b                  | 4.34 A  | 36.95 A             | 8.90 A                                      |
| 沃特 2.0 Wote 2.0  | 07-15 A              | 9.2 A                                  | 63.3                    | 133 a   | 98 a        | 274.7 ab                 | 4.35 A  | 37.21 A             | 9.20 A                                      |
| 沃特 2.5 Wote 2.5  | 07-15 A              | 9.3 A                                  | 63.5                    | 133 a   | 98 a        | 283.0 a                  | 4.32 A  | 36.51 A             | 9.30 A                                      |
| PAM0.5           | 07-17 A              | 8.1 B                                  | 61.4                    | 124 b   | 94 b        | 264.1 b                  | 3.99 A  | 34.07 A             | 6.48 C                                      |
| PAM1.0           | 07-16 A              | 8.3 B                                  | 61.6                    | 123 b   | 94 b        | 266.4 b                  | 4.13 A  | 34.61 A             | 7.47 B                                      |
| PAM1.5           | 07-15 A              | 9.0 A                                  | 62.4                    | 123 b   | 94 b        | 273.5 b                  | 4.27 A  | 36.56 A             | 9.00 A                                      |
| PAM2.0           | 07-15 A              | 9.3 A                                  | 63.5                    | 122 b   | 93 b        | 279.4 ab                 | 4.30 A  | 36.98 A             | 9.30 A                                      |
| PAM2.5           | 07-15 A              | 9.4 A                                  | 63.8                    | 121 b   | 93 b        | 284.1 a                  | 4.24 A  | 36.76 A             | 9.40 A                                      |

由表 4 可知,西瓜的可食率随保水剂施用量的增加而增大,但与对照相比差异不显著。沃特 1.5、沃特 2.0 和沃特 2.5 处理的西瓜中心部分和边缘部分的可溶性固形物含量均较对照高,且差异显著 ( $P < 0.05$ )。PAM 各处理的西瓜可溶性固形物含量与对照差异不显著。沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 与 PAM 各处理西瓜的可溶性固形物的差异均达显著水平 ( $P < 0.05$ )。

沃特和 PAM 各处理的西瓜产值与对照相比差

异均达极显著水平 ( $P < 0.01$ )。沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 与沃特 1.0 之间及沃特 1.0 与沃特 0.5 之间差异极显著 ( $P < 0.01$ ); PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 与 PAM 1.0 间及 PAM 1.0 与 PAM 0.5 间差异也达极显著水平 ( $P < 0.01$ )。施用量相同的沃特与 PAM 处理间差异不显著(表 4)。对照与沃特、PAM 处理间及沃特、PAM 不同处理间西瓜产值的差距较大,主要是由于不同处理西瓜的成熟期不同而引起销售价格的差异所致。不同处理西瓜的

销售价格分别为对照 0.7 元/kg,沃特 0.5 与 PAM 0.5 为 0.8 元/kg,沃特 1.0 与 PAM 1.0 为 0.9 元/kg,其余的均为 1.0 元/kg。

2.3.4 西瓜耗水量和水分利用率 表 4 结果表明,沃特 0.5、沃特 1.0、沃特 1.5 和 PAM 0.5、PAM 1.0 处理的耗水量均低于对照,沃特 2.0、沃特 2.5 和 PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 处理的耗水量均高于对照,只有沃特 2.5 和 PAM 2.5 处理与对照相比差异显著 ( $P < 0.05$ )。

不同沃特处理的西瓜生物量和经济产量的水分利用效率均高于对照,且差异极显著 ( $P < 0.01$ ),沃特 1.0、沃特 1.5、沃特 2.0、沃特 2.5 极显著地高于沃特 0.5;沃特不同处理的经济产值表现为沃特 2.0 最高,其次为沃特 1.5,以沃特 0.5 最低。PAM 不同处理的西瓜生物量、经济产量的水分利用效率均高于对照,且差异极显著 ( $P < 0.01$ );PAM 不同处理的经济产值表现为 PAM 1.5、PAM 2.0、PAM 2.5 较高,PAM 1.0、PAM 0.5 较低(表 4)。

施用量相同的沃特与 PAM 处理之间,西瓜的耗水量、生物量和经济产量的水分利用效率及经济产值的差异不显著。

### 3 讨论与结论

陕北黄土丘陵沟壑区春季气温变化频繁且强度较大。春季栽植西瓜,幼苗的成活率是影响西瓜栽培成功与否的重要因素,而温度的高低直接影响着西瓜幼苗的成活率,温度过低会冻伤或冻死幼苗,温度过高又会灼伤幼苗。本试验结果表明,在西瓜定植时,于定植穴内施入沃特和 PAM 保水剂,可提高土壤地表和 10、20 cm 土层的土壤平均温度,特别是提高了土壤地表的最低温度,降低了地表的土壤最高温度和地表的土壤温差,有利于西瓜的缓苗,显著地提高了西瓜幼苗的成活率。

施用沃特和 PAM 保水剂后,改善了土壤的温度和水分状况,缩短了西瓜的缓苗期,促进了西瓜根系的生长和根系生物量的增加,进而加快了西瓜地上部的生长速度,提高了西瓜叶片的光合速率,缩短了西瓜的生育期,提高了土壤有限水分的利用效率及西瓜的产量和产值。

施用量相同的沃特与 PAM 相比,除沃特能提高西瓜的可溶性固形物含量外,对地温、土壤水分和西瓜的成活率、光合作用、主蔓生长、成熟期、根系分布、生物量、产量、产值、水分利用效率等的影响均无

明显差异。沃特在西瓜上应用,能起到与 PAM 相同的作用,并且能提高西瓜的可溶性固形物的含量。

通过田间试验可知,沃特和 PAM 在西瓜上的适宜施用量均为 1.5 ~ 2.0 g/株,即 16.67 ~ 22.22 kg/hm<sup>2</sup>。

### [参考文献]

- [1] 黄占斌,夏春良. 农用保水剂作用原理研究与发展趋势分析[J]. 水土保持研究,2005,12(5):104-106.
- [2] 韩玉国,杨培岭,任树梅,等. 保水剂对苹果节水及灌溉制度的影响研究[J]. 农业工程学报,2006,22(9):70-73.
- [3] 迟永刚,黄占斌,李茂松. 保水剂与不同化学材料配合对玉米生理特性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(6):132-136.
- [4] 刘瑞凤,张俊平,王爱勤. PAM-atta 复合保水剂的保水性能及影响因素研究[J]. 农业工程学报,2005,21(9):47-50.
- [5] 陈海丽,吴震,刘明池. 多功能保水剂对黄瓜生长及产量的影响[J]. 核农学报,2006,20(4):345-348.
- [6] 杨红善,刘瑞凤,张俊平,等. PAM-atta 复合保水剂对土壤持水性及其物理性能的影响[J]. 水土保持学报,2005,19(3):38-41.
- [7] Alasdair B. Superabsorbents improve plant survival[J]. World Crops,1984,(1/2):7-10.
- [8] 刘煜宇,马焕成,黄金义. 保水剂与肥料交互作用对石楠抗旱效应的影响[J]. 西南林学院学报,2005,25(3):10-13.
- [9] Michael S. Johnson M S. The effect of gel-forming polyacrylamides on moisture storage in sandy soil[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,1984,35:1196-1200.
- [10] 刘世亮,寇太记,介小磊,等. 保水剂对玉米生长和土壤养分转化供应的影响研究[J]. 河南农业大学学报,2005,39(2):146-150.
- [11] 王启基,王文颖,景增春,等. 保水剂对江河源区退化草地土壤水分和植物生长发育的影响[J]. 草业科学,2005,22(6):52-57.
- [12] 高风文,罗盛国,姜伯文. 保水剂对土壤蒸发及玉米幼苗抗旱性的影响[J]. 东北农业大学学报,2005,36(1):11-14.
- [13] 黄占斌,朱元骏,李茂松,等. 保水剂聚丙烯酸钠不同施用方法对玉米生长和水分利用效率的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2004,35(5-6):576-579.
- [14] Levia J, Bern Hur M, Gal M, et al. Rain energy and soil amendments effect on infiltration and erosion of three different soil types[J]. Aust J Soil Res,1997,29:455-465.
- [15] Shainberg I, Levy G J. Organic polymers and soil sealing in cultivated soil[J]. Soil Sci,1994,158(4):267-273.
- [16] Huttermann A, Zommordi M, Reise K. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of pinus halepensis seedlings subjected to drought[J]. Soil and Tillage Research,1999,50(3-4):295-304.
- [17] 杨永辉,赵世伟,黄占斌,等. 沃特多功能保水剂保水性能研究[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(5):35-37.