

文章编号: 1000-694X(2003)03-0309-06

# 甘肃砂田西瓜覆膜补灌效应研究

王亚军<sup>1, 2</sup>, 谢忠奎<sup>2</sup>, 张志山<sup>2</sup>, 魏兴琥<sup>2</sup>, 李凤琴<sup>2</sup>

(1. 兰州大学 干旱农业生态国家重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

**摘 要:** 为证明集雨补灌对砂田西瓜是否有效, 在甘肃省皋兰县进行了集雨补灌效应研究, 结果表明: 在西瓜全生育期, 各处理的土壤水分呈波动性下降, 0~120 cm 土层含水量下降幅度在 2.59%~4.13% 之间, 补灌量愈大, 土壤含水量的下降幅度愈小。砂田西瓜全生育期耗水较少, 不同补灌量处理的耗水量在 175.9~218.9 mm 之间, 比小麦等大田作物低 100 mm 以上。灌水量对结瓜期的耗水量影响很大, 灌水量增加, 结瓜期耗水量增大。不同补灌量处理的西瓜产量差异达显著水平, 随灌水量的增加, 产量、单瓜重和采收瓜数相应增加。补灌量对西瓜的含糖量也有影响, 补灌量低于 45 mm, 各处理之间含糖量的差异不大, 补灌量为 67.5 mm, 西瓜含糖量降低 4.4% 以上。适量补灌可以提高西瓜水分利用效率, 其中滴灌 67.5 mm 处理水分利用率最高, 达到  $267.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$ , 比不补灌处理提高 17.0%。但随灌水量的增加, 灌水效率降低, 单方水产值减少。由于补灌对西瓜的产量、含糖量 and 水分利用率都有影响, 只有适时适量补灌, 才能即提高产量和水分利用率, 又不降低品质。研究结果证明, 砂田集雨补灌栽培西瓜是集雨水利利用的一种较经济高效的方式, 但最佳补灌量应控制在 45 mm 左右为宜。

**关键词:** 砂田; 西瓜; 集雨水; 滴灌

中图分类号: S275 文献标识码: A

甘肃中北部年均降水量 250~350 mm, 且年际间变率大。400 多年来, 当地的农民以一种特殊的耕作方式——砂田来种植农作物, 在小生境中满足作物生长的热量和水分条件。甘肃砂田占地约 188 500  $\text{hm}^2$ , 主要分布在兰州和白银地区, 以及与青海和宁夏相邻的部分地区。在世界上其他降水稀少的地方也有砂田, 如法国的 Montpellier, 美国的 Texas、Montana 和 Colorado, 瑞士的 Chamoson<sup>[1]</sup> 以及南非等。许多研究表明砂田具有减少蒸发和径流, 提高水分的入渗和土壤温度, 阻止水土流失和土壤的次生盐渍化的作用<sup>[1~12]</sup>。砂田能有效地协调水、肥、气、热的矛盾, 有利于作物的高产、稳产和早熟<sup>[1, 3~5, 7, 9, 13~16]</sup>。

砂田西瓜作为砂田栽培的一种主要方式, 受到许多学者的关注。贾登云等人<sup>[17]</sup> (1998) 研究了砂田覆膜栽培籽用西瓜, 结果表明, 砂田覆膜能更有效地减少水分蒸发、提高土壤含水量, 有利于西瓜的早出苗, 缩短西瓜的生育期, 避免西瓜受晚霜危害。砂田由于砾石和粗沙混合后有很好的保墒作用, 在年降雨量达 250 mm 以上的地区, 不灌溉也能种植比较抗旱的西瓜等作物, 并能获得一定的产量和效益, 加之传统的漫灌方式易导致沙子、砾石与下层土壤

的混合, 引起砂田的退化, 因此, 砂田西瓜一般不灌溉。随着现代灌溉技术的应用和滴灌、微喷灌技术的发展, 砂田的灌溉技术问题已能够解决, 集雨农业的发展, 又使干旱半干旱地区有了宝贵的灌溉水源, 当基本的补灌条件具备以后, 砂田西瓜的补灌效果和最佳补灌方式成为必须研究的问题之一。

## 1 试验设计与方法

### 1.1 试验区基本概况

本试验设在中国科学院寒区旱区环境与工程研究所皋兰生态与农业试验站。该试验站位于甘肃省皋兰县忠和乡崖川村, 在地貌上处在黄土高原向内陆剥蚀高原过渡地区, 是水蚀和风蚀的交错地带。受蒙古高压和青藏高原热力垂直作用的影响, 降水偏少。年平均降水量为 263 mm (皋兰县 30 a 平均), 降水的变率很大, 70% 的降雨分布在 6~9 月, 冬季降水变率在 80%~120% 之间, 春季为 75%~100%, 夏季和秋季为 36%~48%。最大年降水量为 392.4 mm, 最小年降水量为 154.9 mm, 年降水量相对变率为 21.9%。旱灾频繁。此区在自然景观上处于由半干旱草原带向干旱荒漠草原带的急

收稿日期: 2001-10-23; 改回日期: 2001-12-18

基金项目: 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所知识创新项目 (210069); 中国科学院农办项目 (NK 十五-G-09) 资助

作者简介: 王亚军 (1964—), 女 (汉族), 甘肃天水人, 副研究员, 主要从事农业生态和节水农业研究。E-mail: wang-yajun@sohu.com

剧过渡区, 海拔 1 800 m 左右。年平均气温为 7.1 °C, 月平均最低气温为 -9.1 °C (1 月), 最高气温为 20.7 °C (7 月),  $\geq 0$  °C 的年积温 3 324.5 °C,  $\geq 10$  °C 的年积温 2 798.3 °C, 年潜在蒸发量 (Potential evaporation) 为 930.6 mm, 年水分亏缺量为 681.6 mm。年平均日照时数为 2 768.1 h。本区地带性土壤为灰钙土, 黄土母质, 在中国土壤系统分类中为筒育锥型干旱土。土壤有机质含量 1.0% ~ 1.1%, 全氮 0.07% ~ 0.09%, 全钾 1.98% ~ 2.10%, 速效磷 7~10 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾 120~160 mg·kg<sup>-1</sup>。机械组成中粉砂粒占 60% 左右, 物理性粘粒只占 24% ~ 35%, 0~150 cm 土壤容重 1.20 g·cm<sup>-3</sup>。年平均风速为 2.0 m·s<sup>-1</sup>, 年平均沙尘暴日数 2.6 d, 最多日数为 9 d。

## 1.2 砂田施肥

在西瓜播种前划出间隔 60 cm、宽 60 cm 的施肥带, 垂直于施肥带用刮砂板将砂石刮起, 堆在施肥带旁。刮砂时小心不要翻动土壤。用扫帚将细砂扫净。将有机肥 30 000 kg·hm<sup>-2</sup>、饼肥 1 500 kg·hm<sup>-2</sup>、N 150 kg·hm<sup>-2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg·hm<sup>-2</sup>、K<sub>2</sub>O 99 kg·hm<sup>-2</sup> 混匀后洒在施肥带上, 用铁锹翻入土中 (约 10 cm 深)。然后, 先用榔头砸碎土块, 再用耙子耙平土壤, 然后用铁板把土壤压平压紧, 最后用刮砂板将砂石覆盖在土壤上。

## 1.3 试验设计

本试验为集雨水补灌单因子试验, 设 0 mm (D<sub>0</sub>)、22.5 mm (D<sub>1</sub>)、45.0 mm (D<sub>2</sub>) 和 67.5 mm (D<sub>3</sub>) 4 个灌水量处理。区组内随机排列, 4 次重复。小区面积 3.6 m × 5 m。以西农 8 号为参试品种, 于 2001 年 4 月 2 日播种, 宽窄行种植, 宽行 0.7 m, 窄行 0.5 m, 株距 1.0 m。每两行布置一条 5 m 长的滴灌带。播前用铲子扒开砂石层, 并疏松土壤, 每穴放 2 粒种子, 然后覆盖 2 cm 厚的土壤和 1 cm 厚的细砂。最后, 在种植带上方覆盖 90 cm 宽的地膜。试验种好后, 在试验地布置支管和干管, 每小区安装一个水表和一个阀门, 便于控制水量和水压。

## 1.4 田间管理

西瓜出苗后, 在种植穴的上方破膜, 避免烧苗, 出苗 15 d 后定苗, 每穴留一株, 然后用砂石压好地膜。在苗期喷药防治西瓜枯萎病。在伸蔓期整枝, 每株留 3 蔓。开花期, 留主蔓上的第二朵雌花, 摘除其余雌花。灌水分别在开花期 (6 月 12 日)、座瓜期

(6 月 24 日) 和果实膨大期 (7 月 3 日) 进行, 灌溉定额为所设水量的 1/3。结合灌水, 在开花期追施 K<sub>2</sub>O 66 kg·hm<sup>-2</sup>。

## 1.5 测定项目和方法

### 1.5.1 降水量测定

在西瓜生育期 (4 月 1 日到 8 月 3 日) 用雨量筒测定旬降水量。西瓜生育期的总降水量为 126.7 mm,  $\geq 3$  mm 的降水为 110.4 mm, 等于总降水量的 87.1%。4 月份、5 月份、6 月份和 7 月份的降水量分别为 31.3 mm、8.9 mm、28.0 mm 和 58.5 mm。

### 1.5.2 土壤水分测定

从西瓜播种到收获每隔 10 d 测定一次土壤水分, 每小区测膜下和膜侧两个样点, 取样深度 1.2 m, 40 cm 以上隔 10 cm 取一个样, 40 cm 以下隔 20 cm 取一个样。取样在第一重复和第二重复进行, 取样前用铲子扒开砂石, 扫净, 用土钻取样。样品用 1/1000 电子天平称过湿重后, 在烘箱中 105 °C 条件下烘 12 h, 然后称出干重, 计算出重量百分数含水量。最后, 绘出西瓜全生育期土壤水分变化动态曲线。

### 1.5.3 作物田间耗水量的计算

本文采用农田水分平衡法计算作物田间实际蒸散量 *ET<sub>a</sub>* (Actual evapotranspiration)。由于采用滴灌技术, 试验小区平整、地下水位深、土层深厚及土壤质地均一, 因此在试验区很少产生深层渗漏、地下水补给和水分的水平运动<sup>[18]</sup>。因此, 适用于计算本试验的作物田间耗水量的农田水分平衡方程为:

$$ET_a = P - V + I + \Delta W$$

式中: *P* 为生育期内降水量; *V* 为日降水量或一次降水量小于某一界限值时的无效降水量, 本文指一次降水量 < 3 mm 的降水; *I* 为农田灌水量;  $\Delta W$  为某一时段农田土壤贮水变化量。施成熙<sup>[19]</sup> (1959) 研究认为, 当日 (或一次) 降水量在 3 mm 左右时, 其大致与作物对降水的截留量相等, 故本文将小于 3 mm 的日 (或一次) 降水量视为无效降水量。

### 1.5.4 作物产量、品质及水分利用效率的计算

西瓜座瓜后统计每小区的西瓜数, 并做标记。在 7 月 17 日、7 月 23 日、7 月 28 日和 8 月 3 日分 4 次对成熟的西瓜进行了采收, 采收的西瓜单个称重。每小区选 5 个西瓜用手持测糖仪测定含糖量。对采收瓜数、单瓜重和产量进行方差分析, 比较最小显著性差异 (*LSD*)。结合西瓜产量、生育期耗水量和灌水量计算各处理的水分利用效率和供水效率。

## 2 结果与分析

### 2.1 西瓜生育期土壤水分变化动态

图 1~ 图 4 所示为西瓜生育期各处理的土壤水分变化动态, 结果表明: 在西瓜生育期, 受降雨、灌水、及蒸发蒸腾的综合影响, 各处理的土壤水分呈波动性下降趋势, 与播种期相比, 收获期 D<sub>0</sub>、D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> 和 D<sub>3</sub> 处理 0~ 120 cm 土层的含水量分别下降了 4. 13%、3. 78%、3. 79% 和 2. 59%; 4 月下旬一次较大的降雨和 6 月份开始的补灌加降雨, 均使 0~ 40 cm 土层的含水量有较大幅度的提高, 形成两个明显的峰值。下层土壤(40~ 120 cm)的含水量同期也有所升高, 但总体波动幅度相对平缓。而膜侧与膜下的土壤水分变化动态趋势基本一致。6 月中旬开始的补灌使各处理土壤含水量的差距增大, 7 月 1 日测定的 D<sub>0</sub>、D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> 和 D<sub>3</sub> 处理 0~ 40 cm 土层膜下的含水量分别为 14. 13%、15. 66%、18. 02% 和 19. 09%, 不同处理之间差距很大。

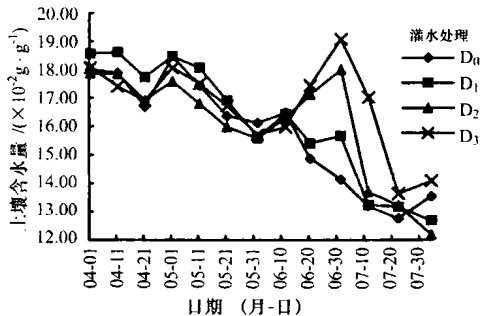


图 1 砂田西瓜膜下 0~ 40 cm 土壤水分变化动态  
Fig. 1 Soil water dynamics of 0~ 40 cm layer under plastic mulch in watermelon growth period

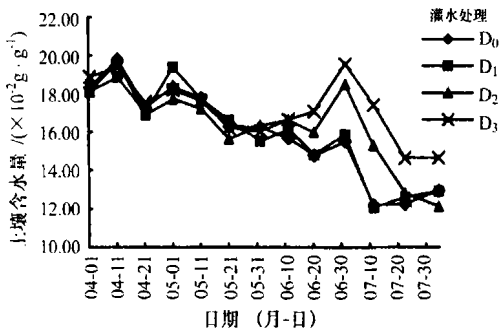


图 2 砂田西瓜膜侧 0~ 40 cm 土壤水分变化动态  
Fig. 2 Soil water dynamics of 0~ 40 cm layer beside plastic mulch in watermelon growth period

### 2.2 砂田西瓜耗水规律

从表 1 可见, 西瓜全生育期耗水较少, 不同补灌

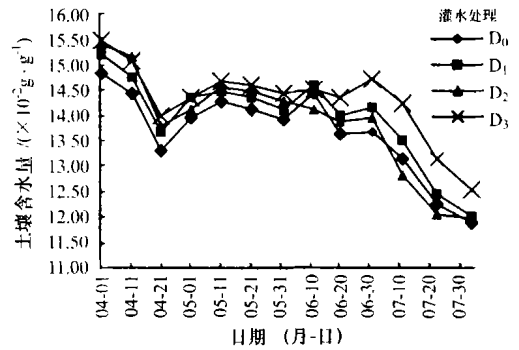


图 3 砂田西瓜膜下 40~ 120 cm 土壤水分变化动态  
Fig. 3 Soil water dynamics of 40~ 120 cm layer under plastic mulch in watermelon growth period

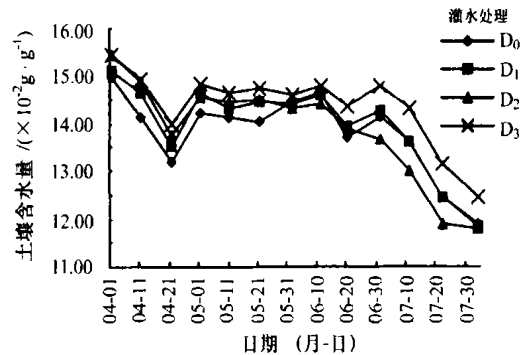


图 4 砂田西瓜膜侧 40~ 120 cm 土壤水分变化动态  
Fig. 4 Soil water dynamics of 40~ 120 cm layer beside plastic mulch in watermelon growth period

量处理的单株耗水量在 150. 5~ 131. 3 kg 之间, 少于赵尊练<sup>[20]</sup> (1998) 曾报道的 200 kg·株<sup>-1</sup>, 这主要是由于砂田西瓜中砂石和地膜的双重覆盖, 极大地减少了土壤蒸发所致。砂田西瓜各阶段总耗水量从小到大的顺序依次为出苗期、伸蔓期、幼苗期和结瓜期, 其耗水量占生育期总耗水量的百分数分别为 5. 7%、6. 7%、12. 6% 和 75. 3%; 各阶段的日均耗水量从小到大的顺序为伸蔓期、幼苗期、出苗期和结瓜期, 日均耗水量分别为 0. 54 mm、0. 69 mm、1. 15 mm 和 3. 02 mm, 西瓜整个生育期日均耗水量为 1. 65 mm。在生育前期, 由于气温低和植株矮小, 耗水量较低; 在生育后期, 从座瓜节位雌花开放, 经座瓜期、果实膨大期, 到收获期, 植株叶面积大, 蒸腾强烈, 气温高, 日均耗水量也多。伸蔓期耗水量少的主要原因是该期的土壤含水量低(见表 1 和表 2)、降雨少(5 月份降雨为 8. 9 mm) 和没有补灌。另外, 随灌水量的增加, 结瓜期的耗水量也增加。结瓜期补灌以后, D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> 和 D<sub>3</sub> 处理的耗水量比 D<sub>0</sub> 处理分别高 14. 0%、28. 5% 和 35. 0%。结瓜期耗水量的增加, 影响到全生育期耗水量的变化, 与 D<sub>0</sub> 处理相比, D<sub>1</sub>、

D<sub>2</sub>和 D<sub>3</sub>处理整个生育期的耗水量分别多 17.0 mm、39.5 mm 和 43.0 mm。

表 1 西瓜不同处理各生育时期耗水量(mm)

Tab. 1 Water consumption of different treatments in different stages

生育时期	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	平均
出苗期	11.3	10.7	12.0	12.1	11.5
百分数	6.4	5.5	5.6	5.5	5.7
日均耗水量	1.13	1.07	1.20	1.21	1.15
幼苗期	24.1	25.1	27.0	25.3	25.4
百分数	13.7	13.0	12.5	11.6	12.6
日均耗水量	0.65	0.68	0.73	0.69	0.69
伸蔓期	14.8	12.8	13.8	12.3	13.4
百分数	8.4	6.6	6.4	5.6	6.7
日均耗水量	0.59	0.51	0.55	0.49	0.54
结果期	126.6	144.3	162.7	170.9	151.1
百分数	72.0	74.8	75.5	78.1	75.3
日均耗水量	2.53	2.89	3.25	3.42	3.02
总耗水量	175.9	192.9	215.4	218.9	200.8
日均耗水量	1.44	1.58	1.77	1.79	1.65

### 2.3 砂田西瓜产量、单瓜重、采收瓜数和品质分析

表 2 显示: 各处理之间的差异达  $a = 0.05$  水平, D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>和 D<sub>3</sub>处理的产量分别比 D<sub>0</sub>处理高 25.5%、36.3%和 45.7%; 不同处理单瓜重和采收瓜数间的差异与产量变化趋势一致, D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>和 D<sub>3</sub>处理的单瓜重分别比 D<sub>0</sub>处理高 8.0%、9.2%和 17.9%, D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>和 D<sub>3</sub>处理的采收瓜数分别比 D<sub>0</sub>处理多 16.9%、24.4%和 24.4%。比较各处理的含糖量, D<sub>3</sub>处理最小, 分别比 D<sub>0</sub>、D<sub>1</sub>和 D<sub>2</sub>处理低 4.4%、8.0%和 5.7%, 而 D<sub>0</sub>、D<sub>1</sub>和 D<sub>2</sub>处理之间的差异不大, 说明

表 3 砂田西瓜水分利用情况

Tab. 3 Water utilization, water use efficiency and irrigation efficiency for watermelon in gravel mulch field

处理	有效降水量 / mm	灌水量 / mm	土壤贮水变化量/mm	总耗水量 / mm	水分利用效率 /(kg·hm <sup>-2</sup> ·mm <sup>-1</sup> )	灌水效率 /(kg·hm <sup>-2</sup> ·mm <sup>-1</sup> )
D <sub>0</sub>	110.4	065.5	175.9	228.3	/	/
D <sub>1</sub>	110.4	22.5	60.0	192.9	261.3	455.6
D <sub>2</sub>	110.4	45.0	60.1	215.4	254.0	323.6
D <sub>3</sub>	110.4	67.5	41.0	218.9	267.2	271.7

## 3 结论与讨论

(1) 在西瓜全生育期, 各处理的土壤水分呈波动性下降, 与播种期相比, 收获期 D<sub>0</sub>、D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>和 D<sub>3</sub>处理 0~120 cm 土层的含水量分别下降了 4.13%、3.78%、3.79%和 2.59%。补灌使各处理土壤含水量

砂田西瓜适时适量补灌, 即能增加产量, 又不致显著影响含糖量, 但补灌量太大, 产量虽高, 含糖量下降, 因此最佳补灌量以 45 mm 左右为宜。

表 2 西瓜产量、单瓜重、采收瓜数和含糖量

Tab. 2 Watermelon yield, average fruit weight, number of fruit and soluble carbohydrate content

处理	产量/ (kg·lm <sup>-2</sup> )	单瓜重 /(kg)	18 m <sup>2</sup> 采收瓜 数/个	含糖量 /%
D <sub>0</sub>	40150.0b*	3.213	22.5	10.42
D <sub>1</sub>	50401.4ab	3.470	26.3	10.78
D <sub>2</sub>	54712.5a	3.510	28.0	10.55
D <sub>3</sub>	58488.9a	3.788	28.0	9.98*

同一列不同字母表示差异达  $a = 0.05$  水平。

### 2.4 砂田西瓜水分利用情况分析

表 3 所示为砂田西瓜对各种水分的利用情况、水分利用效率和单方水产值。从表中可看出: ①随灌水量的增加, 砂田西瓜对土壤贮水的利用量降低, 在总耗水量中所占的比例也减少, D<sub>0</sub>、D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>和 D<sub>3</sub>处理所消耗的土壤水分分别占总耗水量的 37.2%、31.1%、27.9%和 18.7%; 尤其当灌水量增加到 67.5 mm 以上时, 西瓜对土壤贮水的利用明显降低。②灌水处理的水分利用效率都比对照高, D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>和 D<sub>3</sub>处理的水分利用效率比 D<sub>0</sub>处理分别增加了 14.5%、11.3%和 17.0%, 其中 D<sub>3</sub>处理的水分利用效率最高, 达到 267.2 kg·hm<sup>-2</sup>·mm<sup>-1</sup>。③随灌水量的增加, 灌水效率降低, 单方水产值减少。D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>和 D<sub>3</sub>处理的单方水产值分别为 22.8 元·m<sup>-3</sup>、16.2 元·m<sup>-3</sup>和 13.6 元·m<sup>-3</sup>, 以 D<sub>1</sub>处理的单方水产值最高。

的波动更大, 其中 0~40 cm 土层的含水量差距最大可达 5%左右。另外, 不同层次土壤含水量的变化有差别, 0~40 cm 土层的变化幅度明显大于 40~120 cm 土层, 但总体均为下降趋势。

(2) 砂田西瓜全生育期耗水较少, 不同补灌量处理的耗水量在 175.9~218.9 mm 之间, 比小

麦<sup>[21]</sup>等大田作物低 100 mm 以上,因此,砂田西瓜是集雨补灌栽培的一种较理想方式。砂田西瓜各阶段耗水量从小到大的顺序依次为出苗期、伸蔓期、幼苗期和结瓜期,其耗水量占生育期总耗水量的百分数为 5.7%、6.7%、12.6%和 75.3%;各阶段的日均耗水量从小到大的顺序为伸蔓期、幼苗期、出苗期和结瓜期,日均耗水量分别为 0.54 mm、0.69 mm、1.15 mm 和 3.02 mm,西瓜整个生育期日均耗水量为 1.65 mm。灌水量对结瓜期的耗水量影响很大,灌水量增加,结瓜期耗水量增大。

(3) 西瓜产量在不同处理间的差异达显著水平,随灌水量的增加,产量、单瓜重和采收瓜数也增加。补灌量对西瓜的含糖量有影响,补灌量低于 45 mm,处理之间含糖量的差异不大,补灌量高于 67.5 mm,西瓜含糖量降低 4.4% 以上。说明砂田西瓜适时适量补灌,即能增加产量,又不致显著影响含糖量,但补灌量太大,产量虽高,含糖量下降,最佳补灌量以 45 mm 左右为宜。

(4) 灌水量的增加,砂田西瓜对土壤贮水的利用率降低,尤其当灌水量增加到 67.5 mm 以上时,西瓜对土壤贮水的利用明显降低。适量补灌可以提高西瓜水分利用效率 17.0%,但随灌水量的增加,灌水效率降低,单方水产值减少。

#### 参考文献(References):

- [1] Modaihsh A S, Horton R, Kirkham D. Soil water evaporation suppression by sand mulches[J]. *Soil Science*, 1985, 139: 357-361.
- [2] Li X Y, Gong J D, Wei X H. In-situ rainwater harvesting and gravel mulch combination for corn production in the dry semi-arid region of China[J]. *Journal of Arid Environments*, 2000, 46: 371-382.
- [3] 吕忠恕,陈邦瑜. 甘肃砂田的研究[J]. 农业学报, 1955, 6(3): 299-312.
- [4] Unger P W. Soil profile gravel layer: I. Effect on water storage, distribution, and evaporation[J]. *Soil Science Society of America Proceeding*, 1971, 35: 631-634.
- [5] Unger P W. Soil profile gravel layer: II. Effect on growth and water use by a hybrid forage sorghum[J]. *Soil Science Society of America Proceeding*, 1971, 35: 980-983.
- [6] Gale W J, McColl R W, Xie Fang. Sandy fields traditional farming water conservation in China[J]. *Journal of Soil & Water Conservation*, 1993, 48: 474-477.
- [7] 胡恒觉. 我国砂田免耕法[A]. 耕作制度论文集[C]. 北京: 农业出版社, 1981. 206-217.
- [8] Nachtergaele J, Poesen J W, Van Wesemael B. Gravel mulching in vineyards of southern Switzerland[J]. *Soil & Tillage Research*, 1998, 46: 51-59.
- [9] 雒焕析. 白银地区砂田的防旱作用及其耕作[J]. 干旱地区农业研究, 1999, (1): 36-45.
- [10] 王天送, 苏贺昌, 杨世维. 兰州地区砂田土壤的水分特征[J]. 干旱地区农业研究, 1991, (1): 66-69.
- [11] Lamb J, Chapman J E. Effect of surface stones on erosion, evaporation, soil temperature, and soil moisture[J]. *Journal of the American Society of Agronomy*, 1943, 35: 567-578.
- [12] National Academy of Science. More water for arid lands[M]. Washington D C, 1974.
- [13] Fairborn M L, Cluff C B. Use gravel to save water for crops[J]. *Crop and Soil Magazine*, 1974, 26: 15-17.
- [14] Choriki R T, Hide J C, Drall L L, et al. Rock and gravel mulch aid in moisture storage[J]. *Crops and Soils*, 1964, 16: 24.
- [15] Fairborn M L. Effect of gravel mulch on crop yields[J]. *Agronomy Journal*, 1973, 65: 925-928.
- [16] Kemper W D, Nick A D, Corey A T. Accumulation of water in soils under gravel and sand mulches[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1994, 58: 56-57.
- [17] 贾登云, 曾希琳, 张永洋, 等. 籽用西瓜旱砂田覆膜栽培技术试验[J]. 中国西瓜甜瓜, 1998, (1): 20-21.
- [18] 杨文治, 绍明安. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 10.
- [19] 施成熙. 陆地水文学(上册)[M]. 北京: 科学出版社, 1959.
- [20] 赵尊练. 西瓜栽培的土壤水分管理[J]. 中国西瓜甜瓜, 1998, (3): 24.
- [21] 李峰瑞, 赵松岭, 李凤民. 陇东黄土高原作物组合系统农田耗水规律研究[J]. 生态学报, 1995, 15(4): 420-425.

## Effect of Rainwater Harvesting for Supplementary Irrigation on Watermelon in Gravel and Plastic Mulched Field in Gansu

WANG Ya-jun<sup>1, 2</sup>, XIE Zhong-kui<sup>2</sup>, ZHANG Zhi-shan<sup>2</sup>, WEI Xing-hu<sup>2</sup>, LI Feng-qin<sup>2</sup>

(1. The State Key Laboratory of Arid Agronomy, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 2. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** The experiment was conducted to explore the effectiveness of harvested rainwater for supplemental irrigation on watermelon in gravel and plastic mulched field in Gansu, China. The results indicated that in watermelon growing period, soil water content (*SWC*) of all treatments tended to decrease with fluctuating; the *SWC* of 0~120 cm decreased by 2.59%~4.13%, the more irrigation amount, the less the *SWC* decreased. The total water consumption was smaller than that of the other field crops. The water consumptions of various treatments varied from 175.9 mm to 218.9 mm; the water consumption increased with irrigation amount increasing. The yields of various treatments were significantly different; the yield, average fruit weight and the number of fruit increased with the irrigation quantities. Besides, the irrigation quantity had influence on the soluble carbohydrate content of watermelon; when the irrigation quantity was less than 45 mm, the difference of the soluble carbohydrate content was little; but when the irrigation quantity was 67.5 mm, the soluble carbohydrate content decreased by 4.4%. Proper irrigation can promote water use efficiency (*WUE*) of watermelon; the treatment of 67.5 mm by drip irrigation had the highest *WUE*, the *WUE* was  $267.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$ , which was 17.0% more than that of the no supplemental irrigation. However, with supplemental irrigation quantity increased, water irrigation efficiency and economic benefit of supplemental irrigation decreased. Proper supplemental irrigation can increase yield and *WUE*, and improve quality. The results demonstrated that harvested rainwater for supplemental irrigation on watermelon in gravel mulched field was an economic and high effective way of rainwater utilization; the best irrigation quantity is about 45 mm.

**Key words:** gravel mulched field; watermelon; harvested rainwater; drip irrigation