

地下咸水滴灌对内蒙古河套地区蜜瓜用水效率和产量品质影响的试验研究

雷廷武^{1,3}, 肖娟¹, 王建平², 刘志忠², 李光永¹, 张建国², 冒建华¹

(1. 中国农业大学; 2. 内蒙古自治区巴彦淖尔盟水利科学研究所;
3. 中科院、水利部水土保持研究所土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室)

摘要: 在内蒙古河套灌区长胜试验站进行了蜜瓜的微咸水滴灌适宜性试验研究。灌溉水源为地下微咸水, 水质的电导率从生育初期的 3.3 dS/m 到收获期的 6.3 dS/m 。该试验采用 4 种灌溉处理: 按蒸发量的 30%、60%、90% 灌水(一行作物分别铺 1、2、3 条滴灌带)及不灌水的对照处理。各处理的灌溉水质和灌溉时间、灌水次数相同。试验结果表明: 用微咸水滴灌灌溉的蜜瓜与不灌溉的蜜瓜相比, 产量和品质都有较大的提高。60% 处理的西瓜产量最高。4 种处理(对照, 30%、60% 和 90%) 的水分生产效率分别为: 25, 20.5, 18 和 11.37 kg/m^3 。在微咸水滴灌情况下, 各处理土壤剖面盐分分布基本相似, 表层土壤(0~10 cm)盐分积累高于下层土壤。各处理距离滴头 50 cm 处各剖面的盐渍度要高于距离滴头 10 cm 处各剖面的盐渍度。3 种处理在灌溉结束后, 土壤剖面的平均盐渍度和灌溉初期相比, 基本没有形成土壤盐分的累积。

关键词: 咸水; 滴灌; 电导率; 盐碱地; 蜜瓜; 河套地区

中图分类号: S275.4; S275.6; S652.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)02-0080-05

1 引言

内蒙古河套地区位于我国的西北部, 属于干旱半干旱地区, 年降水量仅 200~240 mm。所以, 在该地区没有灌溉就没有农业。由于以前普遍采用的黄河水漫灌, 造成了地下水位上升和土壤次生盐碱化, 成为制约当地农业生产的重要问题, 所以开发利用地下水进行灌溉不仅可以减小农业生产对淡水的需求, 而且可以减小排水系统的压力, 更重要的是可以通过消耗地下水来降低地下水位, 以减少和最终消除土壤的次生盐碱化。

蜜瓜是内蒙古河套地区较为普遍种植的一种经济作物。由于蜜瓜耐旱不耐涝, 土壤过湿则烂根、死秧, 适宜的土壤含水量才能达到高产。因此大水漫灌的灌溉方式不适用于蜜瓜, 当地农民种植蜜瓜通常根本不灌溉, 故而产量较低。

滴灌是一种先进的灌水技术。与其他灌溉技术(地面灌溉, 喷灌等)相比, 它的优点之一就是可以利用含盐量较高的水进行灌溉而作物可以获得高产或与优质水灌溉相比减产不大, 这主要是由于滴灌系统灌溉可以连续不断地保持较高的土壤含水量, 可经常补充由于蒸发损失的水分, 从而保持盐分浓度比较稀释, 因而溶质引起的对作物的水分胁迫作用较低(Goldber, shmueli 1970; Bernstein, Francois 1973a; Hanson, Patterson 1974)。咸水滴灌的试验研究已在美国、以色列等国获得成功。在以色列进行的咸水滴灌西红柿的试验表明, 咸水滴灌增加了西红柿中总的可溶固体含量、糖分和酸度, 改善了西红柿的品质, 而产量与优质水滴灌的产量

相近。只要实施合理的灌溉, 在沙地上用咸水滴灌马铃薯可以获得较高的产量和品质, 并且不会造成土壤中盐分的积累(龚家栋, Dov Pasternak, Yoel Demalach 1996)。

本试验的研究目的是在一定的水质和灌水间隔情况下, 不同的灌水量对蜜瓜产量、品质、用水效率的影响, 以及咸水滴灌条件下土壤的盐分积累与分布情况, 最终得出当地最适宜的、能达到土地持续利用的蜜瓜咸水滴灌灌溉制度。

2 材料和方法

试验在内蒙古河套地区长胜试验站进行。试验地土壤为轻粉质壤土, 其中砂粒(0.05~1 mm)占 14.92%, 粉粒(0.05~0.005 mm)占 75.07%, 粘粒(0.005 mm)占 10.01%。作物为蜜瓜, 品种为黄金龙。种植规格: 株距为 50 cm, 行距为 1.4 m。种植日期: 6 月 1 日种植, 8 月中旬采摘。该地区地下水埋深最大为 3.5 m, 秋浇时地下水位上升为 1.35 m。试验地面积为 $35 \text{ m} \times 48 \text{ m}$ 。蜜瓜种植以前, 该地块进行过洗盐, 土壤剖面平均盐渍度为(水土比是 5:1, 即 1 g 土, 5 mL 水) 0.52 dS/m 。

试验采用地下微咸水进行滴灌。地下水的电导率为 $3.3 \sim 6.3 \text{ dS/m}$ 。在蜜瓜整个生育期内, 2 d 灌一次水, 每次的灌水时间(决定了灌溉的水量)根据蒸发皿(中国 20 cm 蒸发皿, 型号为小型 I 601)的读数而定。

2.1 试验处理

设置有以下 4 个灌水处理, 并为了作如下处理

- a: 整个蜜瓜生育期按照 30% 的蒸发量灌溉。1 行作物安置 1 条滴灌毛管。
- b: 整个蜜瓜生育期按照 60% 的蒸发量灌溉。1 行作物安置 2 条滴灌毛管。
- c: 整个蜜瓜生育期按照 90% 的蒸发量灌溉。1 行作物安置 3 条滴灌毛管。

收稿日期: 2002-10-18 修订日期: 2002-12-20

基金项目: 中以合作项目 99w-002 1422 资助; 中国科学院“百人计划”(982602)

作者简介: 雷廷武, 教授, CSAE 常务理事, 研究员, 博士生导师, 北京清华东路 中国农业大学水利与土木工程学院, 100083; 中国科学院、水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 712100

d: 对照: (不灌溉: 传统做法)。

在 a、b、c 3 个处理中, 所有毛管的出水流量一样, 当灌溉时间相同时, 各处理得到的水量成 1 2 3, 因此, 只要按其中任何一个处理所需灌溉的水量确定灌水时间, 即可确定所有处理的灌水时间。各处理均为每 2 d 灌一次水, 每次灌水时间相同。因所选滴头的灌水强度为 5 mm/h, 所以灌水时间为:

$$T = (\text{本次灌水前一时期的蒸发皿读数之和}) \times 30\% / 5$$

$$= (\text{本次灌水前一时期的蒸发皿读数之和}) \times 0.06 \text{ h}$$

2.2 处理布置

4 种处理分别布置在不同的种植行, 沿同一行各布置 2 个重复。蜜瓜的耗水及水分利用效率用简易排水式蒸渗仪^[1]研究, 将蜜瓜种植在蒸渗仪中, 每个蒸渗仪中种植两株, 共 6 个蒸渗仪。试验地的其它蜜瓜也采用滴灌灌溉, 每行布置一条滴灌毛管。试验布置如图 1。

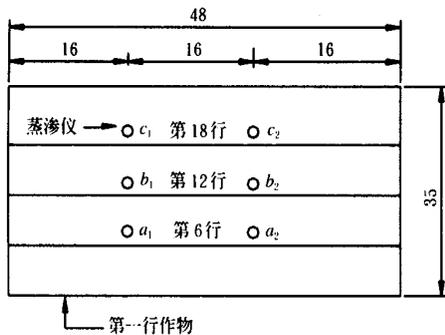


图 1 试验地平面布置(单位:m)

Fig 1 Experiment layout

2.3 测量内容

1) 剖面土壤含水率的测定: 土壤含水率用土钻取土和烘干称重法测量: 每 10 d 测量一次, 取土位置位于距滴头距离为 10、50 cm 处, 取土深度为 10、20、40 和 60 cm。播种前和收获后各加测一次。

2) 土壤盐渍度的测定: 蜜瓜种植前和收获后各测量一次土壤盐渍度(用电导仪测量)。取土位置同 1)。

3) 测定降雨量和水面蒸发量: 试验站配备有一套气象观测系统, 采用量雨筒测量降雨量; 用蒸发皿(中国 20 cm 蒸发皿, 型号为小型 I 601)测定水面蒸发量。

4) 用蒸渗仪测量深层渗漏: 采用中国简易排水式蒸渗仪^[1]。每个蒸渗仪旁边配有一个集水桶收集渗漏的水量, 每 2 d 观测一次渗漏量。

5) 测定蜜瓜不同处理的产量和品质: 产量测定时, 每个重复取 3 个蜜瓜, 每个处理共取 6 个蜜瓜, 测定其单棵质量, 计算出该处理的蜜瓜的单棵平均质量, 最后测定该处理的总的蜜瓜棵数及种植面积, 最终得出该处理的单产量。蜜瓜的品质测定是一个处理取两个蜜瓜测定其各品质因素。

3 结果和讨论

3.1 剖面土壤含水率的季节变化

3 种滴灌处理的土壤剖面含水率变化如图 2 所示。由图可以看出, 各处理土壤剖面含水率的变化趋势基本相同。6 月 30 日以前, 各处理基本没有灌溉, 但进行过两次试运行, 所以不同处理距离滴头 10 cm 处有的深度的土壤含水率有所增加。6 月 30 日后, 处理 a 距离滴头

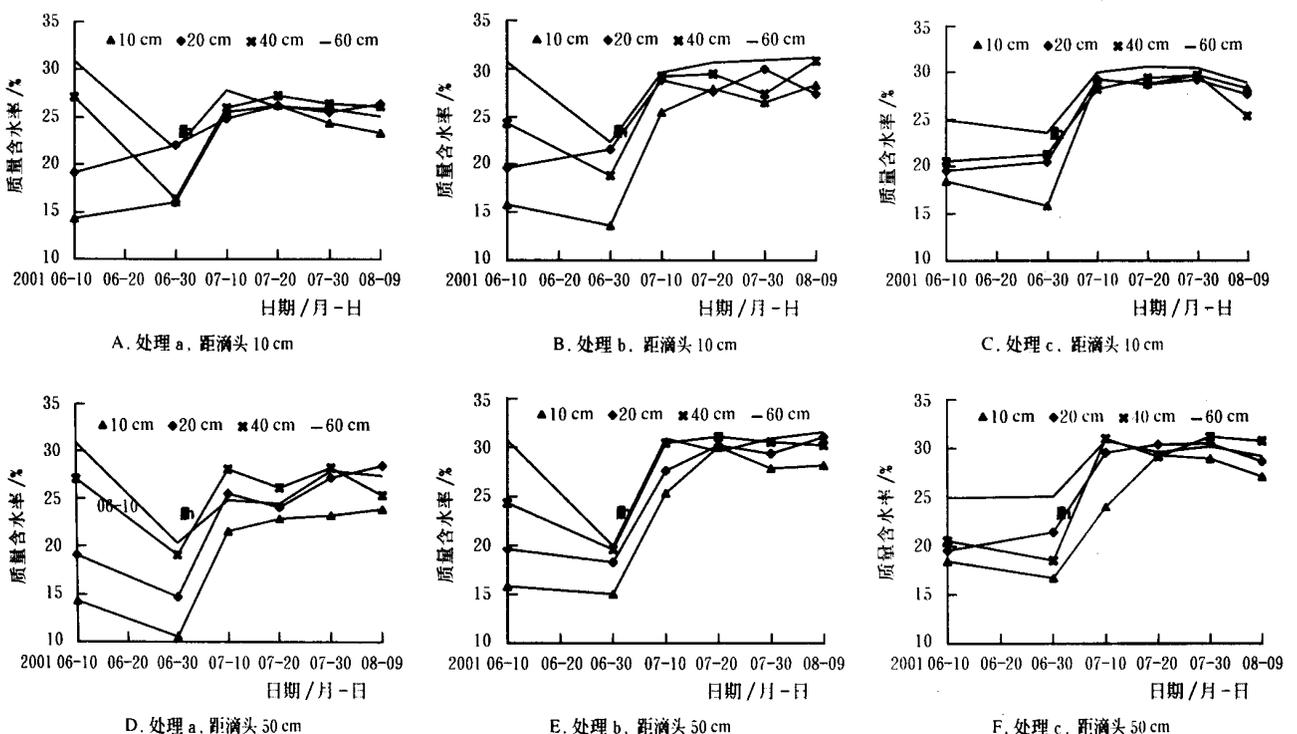


图 2 不同处理、不同深度及距滴头不同距离处的土壤含水率变化过程(2001)

Fig 2 Soil moisture changes under different treatments, depths and distances from emitter during growing period in 2001

50 cm 处, 10 cm 深度的土层含水率变化较大, 而 20、40 和 60 cm 土层的土壤含水率在整个生育期均维持在 25% 左右, 在距离滴头 10 cm 处, 不同深度的土壤含水率变化很小, 在整个生育期均维持在 27% 左右。处理 b 和处理 c 由于灌溉水量大, 所以从开始灌溉后, 距离滴头不同位置不同土壤深度剖面的含水率变化很小, 基本维持在 30% 左右, 接近田间持水量 26%。

3.2 灌水量与耗水量的平衡

3.2.1 生育期的灌水量

蜜瓜生育期的累积降雨量、蒸发量和耗水量变化过程如图 3。耗水量由水量平衡计算得到。由图 4 可知, 生育期(6 月 10 日~ 8 月 10 日)降雨量为 65.7 mm, 蒸发皿的蒸发量(6 月 10 日~ 8 月 10 日)为 545 mm, 3 种灌溉处理的耗水量在蜜瓜生育初期(7 月 10 日以前)相差很小, 在蜜瓜膨大期(7 月 20 日以后)变化很大, 处理 b 和处理 c 的累积耗水量明显高于处理 a。图 4 所示的是不同处理的灌水量、耗水量和渗漏量。可以看出, 4 种处理(对照, 30%, 60% 及 90% 处理)的灌水量(6 月 10 日~ 8 月 10 日)分别为 0、105、210 和 315 mm。盐分淋洗系数(渗漏量和灌水量的比值)分别为 0、0.55% 和 4.4%, 即对照和处理 a 没有深层渗漏。4 种处理整个生育期(6 月 10 日~ 8 月 10 日)的耗水量分别为 90、170、236 和 276 mm。

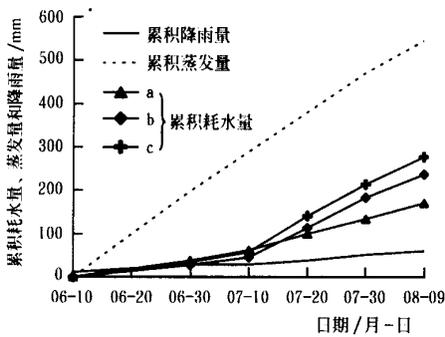


图 3 蜜瓜生育期累积耗水量、降雨量和蒸发量

Fig 3 Accumulated water use of honeydew melon, rainfall and evaporation of Chinese 20 cm E pan in 2001

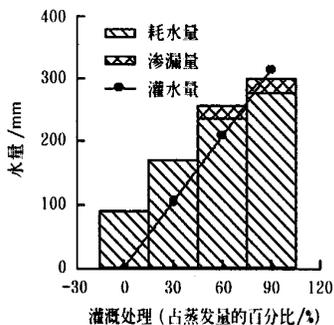


图 4 不同灌溉处理的灌水量、耗水量和渗漏量

Fig 4 Water use, irrigation amount and seepage vs irrigation treatments

3.2.2 日均耗水量

图 5 所示的是蜜瓜生育期的日均耗水量变化。由图可知 3 种滴灌处理(处理 a、b、c)整个生育期日均耗水量分别为: 2.85、3.94 和 4.61 mm。处理 b 和处理 c 的日均耗水量的季节变化趋势相似, 而处理 a 的日均耗水量随季节变化趋势和其它两种处理差异较大。处理 b 和处理 c 从 7 月份开始耗水量逐渐增加, 到 7 月 30 日, 日均耗水量达到一个高峰, 因为这一时期为蜜瓜膨大阶段, 耗水强度大。7 月 30 日以后, 蜜瓜接近成熟, 耗水量呈下降的趋势。处理 b 和 c 的耗水趋势由蜜瓜的生长特性确定。处理 a 在整个生育期的日均耗水量变化不大, 在 2.0 mm 和 2.7 mm 之间变化。处理 a 的日耗水量主要由土壤的供水能力限制。蜜瓜结瓜期处理 a 和其它两种处理的日均耗水量差异达 5~ 6 mm。

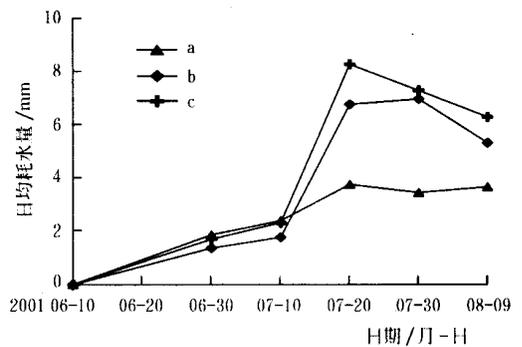


图 5 蜜瓜生育期的日均耗水量

Fig 5 Daily average water use of honeydew melon in 2001

3.2.3 不同处理蜜瓜的用水效率

由各处理产量和灌水量及耗水量数据回归后可知, 产量和灌水量之间的关系曲线为: $Y = 1454.26 + 13.54x_1 - 0.036x_1^2$, 产量和耗水量之间的关系曲线为: $Y = -1080 + 35.95x_2 - 0.087x_2^2$, 其中, Y 为产量, x_1 和 x_2 分别为灌水量和耗水量。可以看出, 耗水量和产量之间的关系是非线性关系。耗水量为 207 mm 时, 所对应的产量最高。耗水量小于 207 mm 时, 产量随着耗水量的增加而增加。耗水量大于 207 mm 时, 产量反而随耗水量的增加而减小。灌水量和产量之间也是一个非线性的关系。灌溉水量为 188 mm 时对应着产量的最大值。4 种处理(对照, 30%, 60% 和 90% 处理)的水分生产率分别为 25、20.5、18 和 11.37 kg/m³。对照处理的单方水产量最高。对照处理和处理 a 的水分生产率虽然高于处理 b 或 c 处理, 但 a 处理的单位面积亩产量很低, 经济性很差。所以从改良盐碱地和经济方面考虑, 处理 b 是最佳处理。

3.3 土壤剖面的盐分分布

不同处理土壤剖面的盐分积累情况如图 6 所示。土壤剖面的盐分分布受灌溉水量、处理和初始含盐的影响。从图中可以看出, 在灌溉初期剖面土壤盐渍度相对较低, 且不同深度盐渍度分布均匀, 平均剖面土壤盐渍度在 0.52 dS/m 左右。随着灌溉, 各处理的表面积盐和

剖面不同深度盐渍度变化很大。且对于同一处理, 距离滴头不同位置的表面积盐也有较大差异。在距离滴头 10 cm 处, 3 种处理的表面(0~ 10 cm) 盐渍度分别为 1.50、1.15 和 1.56 dS/m, 剖面平均盐渍度分别为 0.85、0.83 和 0.94 dS/m。距离滴头 50 cm 处, 3 种处理的表面(0~ 10 cm) 盐分达到最大 2.63、2.57 和 2.27 dS/m, 剖面土壤平均盐渍度分别为 1.20、1.17 和 1.18 dS/m, 由此可见 3 种处理都有一定程度的表层盐分积累。相比之下, 处理 a 的剖面平均盐渍度略高于处理 b 和处理 c。各处理距离滴头不同位置表层(0~ 10 cm) 土壤盐渍度都高于其他土层土壤盐渍度, 这是由于滴灌时湿润体的特性所造成的。各处理距离滴头 50 cm 的表面土壤盐渍度和剖面土壤平均盐渍度都比距离滴头 10

cm 处的高。各处理距离滴头不同位置剖面盐渍度较初始盐渍度增加很小。3 种处理除了在 0 到 20 cm 内含盐量有变化外, 20 cm 以下土壤内, 距离滴头不同位置含盐量变化很小。虽然处理 b 和处理 c 在灌溉时向土壤中注入了较处理 a 多得多(多 1 倍和 2 倍) 的盐分, 但土壤的盐渍度却和处理 a 相似, 甚至还略低于处理 a, 表明处理 b 和处理 c 得到了很好的淋洗。从图 6 可知, 虽然 3 种处理无论是表层土壤还是剖面平均盐渍度都在蜜瓜的耐盐极限内^[6] (2.7 dS/m), 所以蜜瓜生长不会受到盐分胁迫, 但是, 对于不同的作物和不同含盐量的咸水, 可能偶尔用含盐量低的水进行淋洗是必要的。所以, 只要管理得当, 用地下微咸水滴灌不会造成土壤的次生盐碱化加剧, 可以维持土壤的可持续利用。

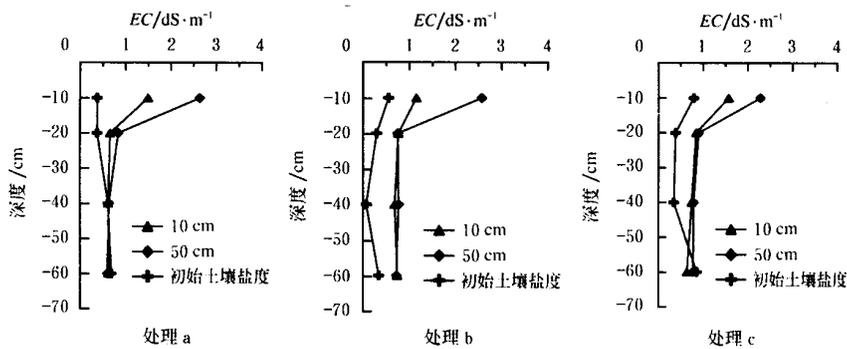


图 6 不同处理土壤剖面盐渍度分布

Fig. 6 Soil salinity profiles under different treatments

3.4 不同处理对蜜瓜产量和品质的影响

4 种处理(对照、30%、60% 和 90% 处理) 的蜜瓜产量如表 1 所示。各处理产量分别为 22.5、35.1、42.6、31.4 t/hm², 滴灌的 3 种处理分别比对照(不灌溉) 的蜜瓜增产 56%、89% 和 39%。由此可见, 用地下微咸水进行滴灌, 可以大幅度提高蜜瓜的产量。

由表 1 还可以看出咸水滴灌的蜜瓜品质和对照相比基本没有下降。处理 a 和处理 c 与对照相比, 总糖含量有明显提高, 而 3 种处理相应的水分含量都略有下降。处理 b 的产量最高。处理 a 的蜜瓜产量较低, 可能原因分析如下: 虽然处理 a 的土壤盐渍度大小和处理 b、处理 c 相差不大(图 6), 但从图 3 可知, 处理 a 的土壤含水率小于处理 b 和处理 c, 这是由于供水少造成的, 并因为土壤溶液含盐量相对较高, 由于溶质的胁迫作用造成了蜜瓜吸水困难而产量低于处理 b 的产量。从图 6

看, 处理 c 作物根区范围的盐渍度在 3 种滴灌处理中最小, 但处理 c 产量低的原因是由于灌水量大, 表面积水时间长。因为蜜瓜虽为喜水作物, 但水分过多会引起根区通气不良, 限制根系呼吸甚至可能导致死秧等现象, 降低产量。

4 结论

用咸水滴灌能增加蜜瓜的产量。3 种灌溉处理(蒸发量的 30%、60% 和 90% 处理) 分别比对照(不灌溉) 的蜜瓜产量增加 56%、89% 和 39%。处理 b(60% 处理) 的产量最高。用咸水滴灌不仅能提高蜜瓜的产量, 而且蜜瓜的品质也没有下降。处理 a 和处理 c 的蜜瓜总糖量比不灌溉的蜜瓜略有提高, 处理 b 的总糖量与不灌溉的蜜瓜相比略有下降。3 种滴灌处理的蜜瓜的水分含量与对照处理相比略有下降。4 种处理(对照、30%、60% 和 90% 处理) 的水分生产率分别为 25、20.5、18 和 11.37 kg/m³。从节水角度来讲, 对照(不灌溉) 的单方水的产量最高, 但经济性差。滴灌结束后, 3 种处理的表层土壤都有一定程度的盐分积累, 土壤剖面平均盐渍度与灌溉前相比增加很小。该试验虽然只进行了一年(2001), 但只要灌溉时增加必要的盐分淋洗水量及定期进行淋洗, 或咸水和淡水交替灌溉等, 都是不会增加土壤盐碱化程度的, 可以维持土地的可持续利用。

表 1 不同处理蜜瓜的产量和品质

Table 1 Yield and quality of honeydew melon under four treatments

灌溉处理	产量 /t·hm ⁻²	总糖 /%	有机酸 /%	水分 /%	pH 值
1 条滴灌带	35.1	7.25	0.13	88.50	6.80
2 条滴灌带	42.6	6.01	0.11	86.10	6.72
3 条滴灌带	31.4	6.65	0.12	87.40	6.65
不灌溉	22.5	6.05	0.12	88.89	6.50

[参 考 文 献]

- [1] I Goodwin, A - M. Boland, 雷廷武等. 中国条件下果树蒸渗仪的设计与应用, 果树调亏灌溉密植节水增产技术的研究与开发[M]. 北京农业大学出版社, 1994, 79~ 83
- [2] 李光永, 王小伟, 黄兴法. 桃树滴灌在充分灌和RDI条件下的耗水规律[J]. 水利学报, 2001, (9).
- [3] 北京农业机械化学院《喷滴灌译丛》编译组. 喷滴灌译丛[M]. 北京: 农业出版社, 1980
- [4] Beese F, Moshrefi N. Physiological reaction of chile-pepper to water and salt stress[A]. Proceedings of the third international drip/trickle irrigation congress November 18 ~ 21, 1985
- [5] Biebrai H. Moisture, salinity and root distribution of drip irrigated grapefruit[A]. Proceedings of the Third International Drip/Trickle Irrigation Congress[C]. November 18 ~ 21, 1985
- [6] Agriculture Western Australia. Fam note 46/99: Water salinity and crop irrigation
- [7] Jan Kotuby Amacher, Salinity and Plant Tolerance, <http://extension.usu.edu/publica/agpuds.htm>, July, 1997-Feb, 2002
- [8] 龚家栋, Dov Pasternak, Yoel Demalach. 马铃薯的耐盐性及干旱沙地盐水滴灌试验[J]. 土壤学报, 1996, (4).

Experimental investigation into effects of drip irrigation with saline groundwater on water use efficiency and quality of honeydew melons in Hetao Region, Inner Mongolia

Lei Tingwu^{1,3}, Xiao Juan¹, Wang Jianping², Liu Zhizhong², Li Guangyong¹, Zhang Jianguo², Mao Jianhua¹

(1. College of Hydraulic and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Baoyannur League Institute of Water Resources, Linhe, Inner Mongolia, 015000, China; 3. Institute of

Soil and Water Conservation, Chinese Academy Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China)

Abstract: A study on the suitability of honeydew melons drip-irrigated with saline groundwater was conducted in Changsheng Experimental Station in Hetao Region, where secondary soil salinity has been a problem for a long time. Saline groundwater, ranging from 3.3 dS/m in the early season to 6.3 dS/m at the harvest, was used as the source of the drip irrigation system. Four irrigation treatments were used for the experiments, namely, 30%, 60%, and 90% of evaporation and control. The control was not irrigated throughout the season as is the local practice. zero, 1, 2, and 3 laterals of equal flow rate were used in the drip system for applying water to control, 30%, 60%, and 90% treatment respectively at the same period of time and same frequency. The results showed that the yield of honeydew melons increased and the quality of those under treatments of drip irrigation improved, as compared with those under control, with highest increases in yield of honeydew melons under 60% treatment. The water use efficiency as determined by lysimeter measurements for different treatments had the same trend. The water production efficiency of the four treatments was 25, 20.5, 18, and 11.37 kg/m³, respectively. The pattern of soil salinity for three drip treatments was similar. Salts accumulated at the top layer of soil (0~ 10 cm) adjacent to the emitter. As well, it seemed that higher soil salinity was found at locations 50 cm from emitters than those 10 cm from emitters. However, it seemed that a great amount of salts were leached beyond the root zone under the treatments with 60% and 90% of evaporation, which suggested the feasibility of drip-irrigating honeydew melons grown in the saline soils with saline water.

Key words: saline water; drip irrigation; EC; saline soils; honeydew melon; Hetao Region