

不同灌水量对温室甜瓜生长和生理特性的影响

张鲁鲁, 蔡焕杰*, 王 健, 张 敏

(西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以“一品天下 208”甜瓜为试验品种,在日光温室内进行了灌溉试验,采用 $\phi 20$ 蒸发皿的日水面蒸发量为灌溉水量控制指标,设置了不同蒸发量系数($K_p=0.45;0.6;0.75;0.9$)的供水处理,探求不同灌溉水量对温室甜瓜生理指标、形态指标和光合生理指标的影响。结果表明:温室内外温度的变化趋势基本相似,温室内的温度能够满足甜瓜的正常生长。不同处理的灌溉水量比值始终为 $T1:T2:T3:T4=0.45:0.6:0.75:0.9$;从甜瓜的株高、茎粗、总生物量、根冠比等指标综合分析,采用 $T2(K_p=0.6)$ 处理均优于其它水分处理,且根冠比也处于一个较高的水平;叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量均以 $T2$ 处理最高;各处理的细胞液浓度的变化呈单峰曲线,不同处理的叶片细胞液浓度表现为 $T1>T2>T3>T4$ 处理。结果表明:采用 $T2$ 处理的灌溉模式有利于甜瓜在获得较高产量的前提下降低灌溉用水量。

关键词:甜瓜;蒸发皿系数;生理指标;形态指标

中图分类号: S627;S652 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)06-0058-05

甜瓜产业已成为我国一个具有国际竞争力和较大增长空间的重要园艺产品,优质甜瓜新品种已成为中国瓜果市场上高档畅销水果。采用适宜的灌水方式和灌水指标来防止病虫害及提高甜瓜的产量、品质显得越来越重要。目前,在我国农业灌溉中,沟灌仍被广泛采用,而滴灌技术日益发展成熟所带来的节水高产效果已被广大人民所认可。陈金平等研究表明^[1],随着土壤水分胁迫的增加,细胞液浓度显著升高。夏华英等研究表明^[2],基质水分含量对网纹甜瓜株高、茎粗、叶片发生速度、叶面积扩展和干物质积累都有明显影响。Fabeiro 等研究表明^[3],灌溉水量的多少显著影响了甜瓜的形态指标、产量和品质。雷廷武等^[4]在内蒙古河套地区采用蒸发量的 30%、60%、90%以及不灌水 4 个处理,研究了微咸水对盐碱地西瓜产量品质及土壤盐渍度的影响,结果表明:60%蒸发量灌水处理的产量与形态指标、生理指标几乎都是最好的,尤其是维生素和钙含量明显提高。对温室瓜果栽培来说,传统的灌水方式是沟畦灌,其存在用水量大、病害严重、降低室温瓜果品质低等弊端。有关滴灌技术利用蒸发皿日水面蒸发量为控制指标,来指导温室精确灌溉已有报道,但其研究对象只限于黄瓜、番茄、茄子等少数蔬菜作物^[5~7]。而采用滴灌技术利用蒸发皿控制灌水量研究甜瓜生理指标、形态指标变化规律以及不同灌水

量对甜瓜产量和品质的影响较少。针对上述的问题,通过温室试验研究不同供水条件下温室甜瓜需水量、生长和生理指标等变化规律,得出利用水面蒸发量灌溉甜瓜的指标,为温室甜瓜的节水、稳产、优质生产提供参考。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

试验在西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室的日光温室进行。温室结构为脊型,长 36 m,宽 10.3 m,高 4 m。实验室位于东经 $108^{\circ}04'$,北纬 $34^{\circ}20'$ 。温室内设有自动气象站,对温室内的常规气象资料进行监测。以“一品天下 208”甜瓜为试验材料,采用盆栽试验。试验用土取自实验站耕地内表层 20 cm 土壤,土壤为壤土,种植前测定土壤养分情况。栽培容器的下底直径 16 cm,上口直径 22 cm,装土高度 22 cm,装土干容重 1.40 g/cm^3 ,田间持水量 24%。在盆底部打孔以便于通气,为了防止土壤散漏在盆底部衬纱网和滤纸;同时在盆壁打孔用于监测土壤含水率。定植后在盆上覆膜,土壤蒸发可以忽略不计。

1.2 试验设计

在甜瓜试验阶段设置 4 个灌水水平,灌溉间隔为 1 次/d,灌水水平为 $T1(0.45 E_p)$ 、 $T2(0.6 E_p)$ 、 $T3$

收稿日期:2009-05-10
基金项目:国家自然科学基金项目(50779059)
作者简介:张鲁鲁(1984—),男,新疆库尔勒人,硕士研究生,主要从事节水灌溉理论与技术研究。E-mail:zhangchengluy@163.com。
* 通讯作者:蔡焕杰(1962—),男,教授,主要从事农业节水和水资源高效利用方面的研究。E-mail:caihj@nwsuaf.edu.cn。

($0.75 E_p$)和T4($0.9 E_p$), 试验每处理种植 6 盆, 重复 3 次。灌溉方式用滴灌, 灌水量采用 $\phi 20$ 蒸发皿的蒸发量控制。蒸发皿安装在温室内以每天早上 8:00 测定的蒸发量数值为灌溉标准, 计算方法为:

$$M \times K_p \times S \times E_p \tag{1}$$

式中: M 为灌水量(cm^3); K_p 为作物-皿系数; S 为灌溉控制面积(cm^2); E_p 为两次灌水间隔内蒸发量(cm)。

1.3 试验观测项目和方法

土壤含水率采用 WET 三参数测定仪测定, 测定前对仪器进行校正, 在试验期间于早上 8:30 每隔 2 d 测定 1 次; 根据每天 3 次测定的温室内外气温(8:00, 12:00, 18:00), 对 3 次观测气温值进行平均作为当天温室内外温度。用钢直尺或卷尺量甜瓜株高及节间距, 每隔 3~4 d 测 1 次; 采用千分尺量取甜瓜第 2~3 片叶间茎秆直径, 用十字交叉方法分别量取后取平均值; 采用 SPAD-502 叶绿素仪每 2~3 d 测定甜瓜叶片叶绿素 1 次, 时间在早晨 8:30 左右。同时, 在每个生育阶段, 采用丙酮乙醇混合液法测定叶绿素含量, 称取 0.1 g 叶片样品, 用 10 ml 80% 丙酮溶液浸提叶绿素 24 h, 用 UV-750 型紫外可见分光光度计分别测定浸提液及 80% 丙酮溶液 663 nm、645 nm 处的光密度值, 根据光密度值计算出叶绿素含量; 采用阿贝折射仪测定叶片细胞液浓度; 根系鲜重、冠鲜重的测定在取根后, 将根部泥土冲洗干净, 再将植物地上各部分与地下部分分开后装入纸袋称重; 根系干重、冠干重在测定鲜重后, 放入烘箱, 105℃ 杀青 30 min 后, 75℃ 恒温下烘至恒重, 用电子天平(感量为 0.01 g)称干重, 每个处理选取 3 株测定, 取平均值为最终测定结果。每株地上部分与地下部分生物量之和为该处理的单株生物量。

2 结果分析

2.1 不同水分处理甜瓜累积灌水量及温室内外温度变化

甜瓜生长期, $\phi 20$ 蒸发皿水面蒸发量决定灌溉水量的大小。由图 1 可知, 在甜瓜三叶一心移栽后水分处理初期各不同处理累积灌水量差异不大, 但随着作物的生长发育和天气条件的变化, 累积灌溉水量随之增加。根据处理的不同, 到 11 月 4 日试验结束时, ET 为蒸发-皿蒸腾量对应的总灌水量 110.25 mm, T1、T2、T3 和 T4 处理累积灌水量分别为 53.26 mm、71.01 mm、88.76 mm 和 103.95 mm, 累积灌水量比值为 T1:T2:T3:T4=0.45:0.6:0.75:0.9。温室日最高、最低温度是反映保证作物正常生长的

一个重要因子。从图 2 中可以看出, 9~11 月生育期内温室内外温度的变化趋势基本相似, 温室内的平均气温变幅在 20℃~30℃ 范围内, 温室的增温、保温效果显著, 较室外温度较高, 气温较高时, 开天窗和边窗通风降温。整个生育期温室内温度均高于 13℃, 温室内的温度能够满足甜瓜的正常生长。

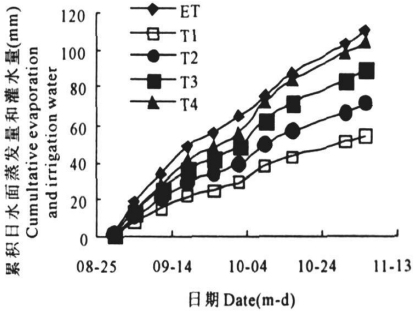


图 1 不同水分处理下甜瓜累积水面蒸发量和灌水量
Fig.1 The cumulative evaporation and irrigation amount of muskmelon under different treatments

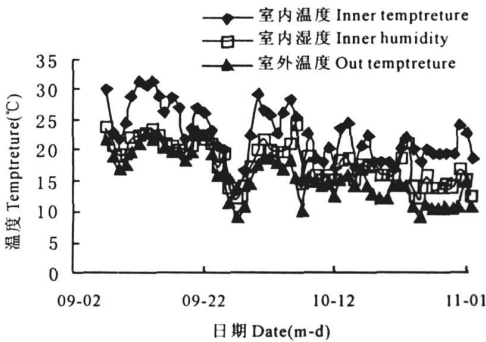


图 2 甜瓜生育期温室内外温度的变化规律
Fig.2 The average temperature inner and out greenhouse during muskmelon growing period

2.2 不同灌水处理对甜瓜形态指标的影响

植物的一切正常生命活动都必须在一定的水分状况下才能进行。植物通过光合作用合成碳水化合物积累干物质, 株高、茎粗、叶片数、叶面积等形态指标直接反映积累量的大小^[8]。王燕等研究表明^[9]: 水分过高或过低均会抑制番茄株高、茎粗的生长。从表 1 中可以看出, 各处理间在株高、茎粗、叶片数等指标均存在显著差异, 叶面积指标差异不显著。从 T1 到 T4 处理, 株高、茎粗、叶片数均表现为 T2 ($K_p=0.6$) 最优, T1 ($K_p=0.45$) 最低, 其生长趋势表现为 $T2>T3>T4>T1$, 叶面积表现为 $T3(K_p=0.75)$ 处理最优, T2 叶面积大小与 T3 差异不大。以上结果表明 T2 处理适宜甜瓜的生长, 有利于甜瓜生育阶段的正常生长; T1 处理株高、茎粗、叶片数、叶面积

均最小,该处理方式较严重抑制了作物的生长。这说明作物一皿系数过大或过小均会抑制作物株高、茎粗、叶片数、叶面积的生长。

表 1 不同灌水处理对甜瓜形态指标的影响

Table 1 Effects of different irrigation amount treatments on morphological shape index

处理 Treatment	2008—11—02			
	株高(cm) Height	茎粗(cm) Stem diameter	叶片数 Leaf number	叶面积(cm ²) Leaf area
T1	93.67dC	0.85cB	20.17bB	2233.26bB
T2	113.34aA	0.98aA	23.0aA	2442.83aAB
T3	105.86bA	0.95abA	21.10abA	2562.39aA
T4	101.43bB	0.93bA	22.30aA	2428.82aAB

注:a,b,c 分别表示 $P=0.05$ 水平条件下的显著差异;A,B,C 分别表示 $P=0.01$ 条件下的显著性差异。

Note:The a, b and c show significant difference in DSL ($P=0.05$), while the A, B and C show significant difference in DSL ($P=0.01$).

2.3 甜瓜总生物量、根冠比与作物一皿系数的关系

由图 3 可知,不同作物一皿系数处理甜瓜总生物量的变化呈先增大后减小的趋势,与茎粗、株高的变化趋势相似。甜瓜总生物量与 K_p 系数之间的关系用三次多项式拟合最优关系式为:

$$Y = 393.33K_p^3 - 833.11K_p^2 + 568.48K_p - 104.86 \tag{2}$$

式中:Y 为总生物量(g); K_p 为作物一皿系数;当 K_p 系数取值在 0.6 左右时,总生物量最大。这说明 K_p 系数过大或过小都不利于甜瓜生物量的积累。根冠比^[10]是指作物地上部分与地下部分干质量或鲜质量的比值,它能反映作物的生长状况,以及环境条件对地上部分与地下部分生长的不同影响。本文采用作物地下部分与地上部分干物质的比值来表示根冠比。不同处理的根冠比体现了光合产物积累与分配模式的变化,灌水量是影响作物根冠比的主要因素之一。作物根和冠的生长发育及功能之间存在着相互依赖、互为竞争的关系,当供水充足时,作物的光合产物主要积累在地上部分,冠层生长旺盛,根冠比降低;当出现水分亏缺时,冠层生长受到抑制,根系与冠层竞争水分的过程中表现为相对较强的优势,根冠比增大。从图 3 可知,当 K_p 系数取值为 0.45 时,植株的根冠比较大,但总的生物量较小,水分过低抑制了植株的生长。当 K_p 系数大于 0.75 时,植株的根冠有增大的趋势,但总的生物量呈下降的趋势,当 K_p 系数在 0.6 左右时,不仅可以获得较大的总生物量,同时根冠比也处在较高的水平,所以 K_p 系数采用 0.6 对甜瓜的发育有利。

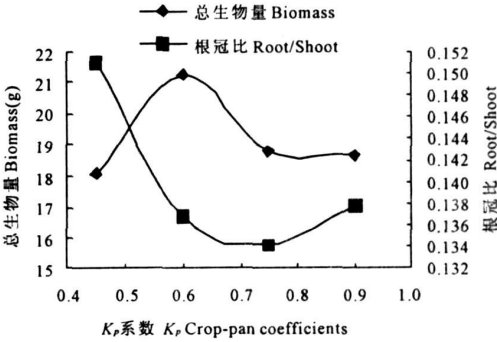


图 3 不同灌水量对总生物量、根冠比的影响

Fig. 3 The effects on biomass and root/shoot under different water level

2.4 不同灌溉水量对甜瓜叶绿素含量的影响

叶绿素是植物光合作用捕获光能的重要物质,其含量多少不仅是植物生理特征的重要标志,也是植物光合作用的基础^[11]。叶绿素的形成除了受光、温度及养分影响外,也受到水分条件的影响。因此了解和掌握叶片的叶绿素含量变化规律是提高作物产量的重要基础。2008 年 9 月 18 日的测量结果表明(如图 4,叶片用鲜重):在温室甜瓜营养生长阶段不同灌溉水量处理的条件下叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素 a+b 含量中,T2 处理均最高,T1 处理最低,而叶绿素 a/b 值表现为 T2 处理最低,T1 处理最高。范叔秀等研究表明^[12],在光饱和点下,叶片叶绿素 a+b 的含量和光合速率呈正相关,而叶绿素 a/b 的比值和光合速率呈负相关。说明采用 T2($K_p=0.6$)处理,甜瓜叶片在利用光合色素上最优,有利于温室甜瓜的生长。

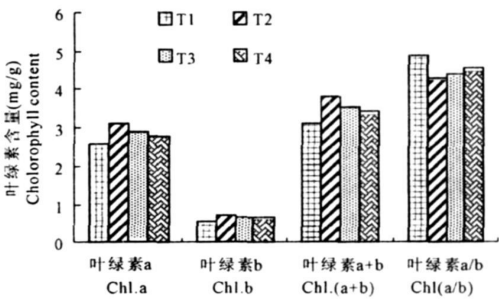


图 4 不同灌水量对叶绿素含量的影响

Fig. 4 The effects of different irrigation amount on chelorphyll content

2.5 不同灌水量对甜瓜细胞液浓度的影响

2.5.1 不同灌水量对甜瓜细胞液浓度日变化影响植物的水分状况与叶片细胞液浓度关系密切^[13],当细胞液浓度增加到一定程度后就会阻碍光合作用

的进行和蛋白质的合成,阻碍作物的正常生长^[1]。图 5 反映了 2008 年 11 月 15 日温室甜瓜果实膨大期叶片细胞液浓度的日变化情况,从图 5 可以看出:(1) 不同水分处理条件下甜瓜叶片细胞液浓度变化规律相似,均呈现“单峰”曲线。早上由于温度低,叶片含水量相对较高,叶片的细胞液浓度较低,随着温度、光照刺激的增高,叶片蒸腾失水逐渐增加,细胞液浓度也逐渐增加,到 12:00 至 14:00 左右时细胞液浓度达到最大,随后随着温度降低,蒸腾作用逐渐减弱,细胞液浓度也逐渐下降。(2) 不同水分处理条件下细胞液浓度日变化呈现为:T1>T2>T3>T4,其中 T1 处理细胞液浓度要高于其它灌水处理,这主要因为 T1 处理供水量较少,叶片处于水分胁迫状态,较严重地阻碍了作物的生长发育,细胞水分代谢较差,可见水分胁迫下叶片细胞液浓度要比高灌水处理高。其余处理细胞液浓度变化差异较小,T2 处理较 T1 处理叶片细胞液浓度小,灌水量较 T3、T4 处理较小,未减弱作物细胞水分代谢,没有使作物遭受严重水分胁迫,为促进作物光合作用的进行和蛋白质的合成奠定了基础。

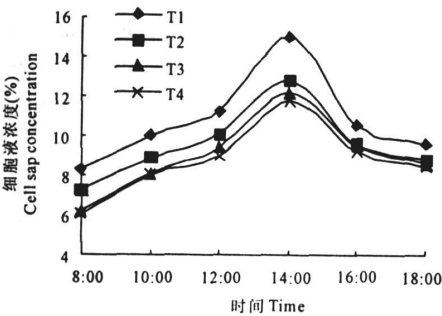


图 5 不同灌水量对细胞液浓度日变化的影响
Fig.5 The effects of different irrigation amount on the diurnal change of cell sap concentration

2.5.2 细胞液浓度与土壤含水量的关系 土壤含水量与甜瓜叶片细胞液浓度之间有着密切的关系。当作物缺水时,叶肉细胞浓度明显变高,因此可以将叶片细胞液浓度作为灌溉指标使用^[14]。图 6 为几次采样的土壤含水率与叶片细胞液浓度的关系曲线,通过对试验数据的拟合可以看出,土壤含水量与细胞液浓度之间有一定的关系,呈现出二次曲线关系。当土壤含水量较高时,甜瓜叶片细胞液浓度相对较低,反知当土壤含水量较低时,甜瓜叶片细胞液浓度会增高,即叶片细胞液浓度随着土壤含水率的增高而减小,但是细胞液浓度的最大值并没有出现在土壤含水量最高点上,说明当土壤含水率达到一

定程度时,其叶片细胞液浓度不再随其升高而出现一定程度的降低。

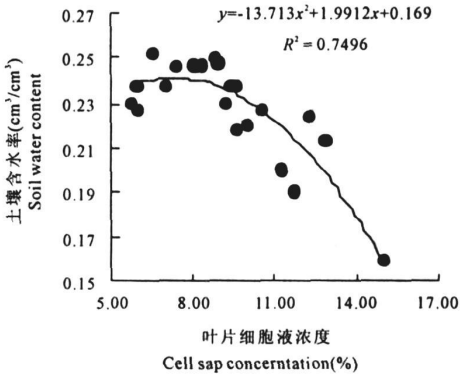


图 6 叶片细胞液浓度与土壤含水率的关系
Fig.6 The relationship between sap leaf cell concentration and soil water content

3 结 论

- 1) 在甜瓜生长过程中,随着作物的生长和天气条件的变化,累积灌水量随之增大,灌水量比值始终为 0.45:0.6:0.75:0.9。温室的增温、保温效果显著,温室内外温度的变化规律相似。
- 2) 蒸发皿系数采用 T2($K_p=0.6$)的灌溉水量处理,株高、茎粗、总生物量及根冠比等指标处于一个较理想的水平,说明蒸发皿系数采用 0.6($K_p=0.6$)的处理利于作物的生长。
- 3) 灌水量影响叶片叶绿素含量,较低和较高灌溉水量均降低叶绿素的含量,T2 处理叶绿素含量最高。
- 4) 不同灌水量条件下甜瓜叶片细胞液浓度呈单峰曲线,细胞液浓度日变化表现为 T1>T2>T3>T4,其中 T2 处理的灌溉水量较 T3、T4 少,但未减弱作物细胞水分代谢,能够避免作物遭受严重水分胁迫。

参 考 文 献:

[1] 陈金平,刘祖贵,段爱旺,等. 土壤水分对甜辣椒叶片某些生理特征的影响[J]. 山东农业作物学报, 2005, 24(1): 48—52.
[2] 夏华英,盛 东,牛庆良,等. 不同基质含水量条件下网纹甜瓜的生长分析[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2006, 24(5): 414—418.
[3] Fabeiro C, F Martin de Santa Olalla, J A de Juan. Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate[J]. Agricultural Water Management, 2002, 54: 93—105.
[4] 雷廷武,肖 娟,王建平,等. 微咸水滴灌对盐碱地西瓜产量品质及土壤盐渍度的影响[J]. 水利学报, 2003, (4): 85—89.

[5] 原保忠,康跃虎. 番茄滴灌在日光温室内耗水规律的初步研究[J]. 节水灌溉, 2000, (3): 25—27.

[6] 曾向辉,王慧峰,戴建平. 温室西红柿滴灌灌水制度试验研究[J]. 灌溉排水, 1999, 18(4): 23—26.

[7] 许贵民,姜竣业,姚芳杰,等. 大棚春番茄节水灌溉的研究[J]. 吉林农业大学学报, 1994, 16(1): 26—29.

[8] 李清明,邹志荣. 不同灌溉上限对温室黄瓜初花期生长动态、产量及品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2005, 12(4): 47—51.

[9] 王 燕,蔡焕杰,陈新明,等. 不同灌溉方式对番茄初花期生长及生理机制的影响[J]. 中国农村水利水电, 2006, (11): 1—4.

[10] 吕谋超,蔡焕杰,陈新明. 污水灌溉对番茄生理特性及土壤环境的影响[J]. 灌溉排水学报, 2007, 18(6): 26—29.

[11] 朱 惠,马瑞吴,吴双桃,等. 五爪金龙对其草本伴生种部分生理指标的影响[J]. 武汉植物学研究, 2007, 25(1): 75—78.

[12] 范淑秀,陈温福. 超高产水稻品种叶绿素变化规律研究初报[J]. 沈阳农业大学学报, 2005, 36(1): 14—17.

[13] 康绍忠,蔡焕杰. 农业水管理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 177—179.

[14] 张世芳,金树德,陈 勇. 节水灌溉玉米亏水生理电阻信息研究[J]. 江苏理工大学学报, 1996, 17(6): 6—10.

Effects of different irrigation amount on growth and physiological characteristics of muskmelon plants in greenhouse

ZHANG Lu-lu, CAI Huan-jie, WANG Jian, ZHANG Min

(Key Laboratory of Agricultural Soil and Water Engineering in Arid Area of Ministry of Education, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A study was conducted to seek the effects of different irrigation amount on shape index, physiological indexes and photosynthetic physiological indexes of muskmelon plants. The experimental material was Yipintianxia 208 muskmelon in greenhouse and water surface evaporation (Epan) was measured by a standard 0.2 m diameter pan used for irrigation control. Different K_p crop-pan coefficients ($K_p=0.45, 0.60, 0.75$ and 0.90) were set up for water treatments. Through analyzing plant height, stem diameter, biomass, root/shoot, chlorophyll content, the results indicated that keeping the crop-pan coefficient (K_p) as 0.6 was more suitable than other treatments to the development of drip-irrigated muskmelon under mulch film in greenhouse. The muskmelon cell concentration demonstrated single-peak curve which was shown as $T1>T2>T3>T4$ under different K_p crop-pan coefficient water treatments. Water-saving and efficient management was reached in the treatment of $T2$. The temperature change law was the same inside and outside greenhouse during muskmelon growing period, indicating that greenhouse had good effect of heat preservation, which could guarantee normal growth of muskmelon crops.

Keywords: muskmelon; K_p crop-pan coefficient; physiological index; morphological shape index