

祁金虎, 张玉龙. 滴灌灌水控制下限对温室番茄产量、品质、水分利用效率的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(12): 198–201.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.12.066

滴灌灌水控制下限对温室番茄产量、品质、水分利用效率的影响

祁金虎, 张玉龙

(沈阳农业大学土地与环境学院, 辽宁沈阳 110866)

摘要:采用温室小区栽培试验的方法, 设置 4 个滴灌灌水处理, 其控制下限土壤水吸力分别为 20、30、35、40 kPa, 各处理灌水控制上限土壤水吸力均为 6 kPa。研究了滴灌不同灌水处理对番茄产量、品质、水分利用效率的影响。结果表明, 在温室肥力较低的棕壤试验地上, 灌水控制上限、下限土壤水吸力分别为 6、30 kPa 时, 番茄节水、高产、优质、省工效果最佳。

关键词:温室; 滴灌; 灌水控制下限; 产量; 水分利用效率

中图分类号: S641.207 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)12-0198-03

在我国, 种植业结构调整和经济利益驱动, 使蔬菜成为了继粮食作物之后的第二大类农作物^[1]。以温室和塑料大棚为主体的设施农业, 因其经济效益远高于露地农业, 面积正在逐年增加。2008 年我国设施蔬菜面积约为 334.7 万 hm^2 , 相比 1980 年增长了近 500 倍, 约占全国蔬菜总种植面积的 18.7%^[2]。以辽宁省为例, 2009 年设施蔬菜面积接近 53.3 万 hm^2 , 占总耕地面积的 13.3%, 约为 2005 年的 4 倍^[3]。由于蔬菜栽培设施内部长期处于一种封闭或半封闭状态, 高温、高蒸发且不能接纳降水, 从高产、高效、防病、环保及防止土壤退化等多方面对生产过程中的水分调控提出了更高要求。滴灌作为设施农业中的一种新型灌溉技术, 自 20 世纪 70 年代引入我国以来, 推广应用面积逐年增加^[4-5]。相对于传统灌溉方式, 滴灌具有良好的节水增产效果, 但如何通过调控灌水指标以确保增产、优化节水效果成为温室滴灌技术推广的重要研究内容。以往研究主要集中在若干种灌溉方法节水、增产效果的比较上, 而关于确定温室滴灌适宜灌水控制下限的研究相对较少^[6-9]。本研究以滴灌条件下温室番茄为对象, 研究不同灌水控制下限、灌水定额对番茄品质、节水增产效果的影响, 以期优化温室滴灌灌水技术指标提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验时间、地点

试验于 2012 年在沈阳农业大学试验基地进行。番茄于 5 月 4 日定植并浇缓苗水, 5 月 26 日开始水分处理试验, 8 月 6 日拉秧。

1.2 试验材料

收稿日期: 2014-03-10

基金项目: 国家“973”计划(编号: 2011CB100502); 辽宁省科技厅重大项目(编号: 2011213001)。

作者简介: 祁金虎(1988—), 男, 内蒙古赤峰人, 硕士研究生, 从事土壤改良与农业节水研究。E-mail: qjinh2008@163.com。

通信作者: 张玉龙, 博士, 教授, 从事土壤学与农业节水研究。E-mail: ylzasu@163.com。

供试土壤为棕壤, 0~30 cm 土层土壤有机质含量为 10.87 g/kg; 全氮、全磷、全钾含量分别为 1.36、0.43、22.16 g/kg; 速效氮、速效磷、速效钾含量分别为 56.82、52.54、88.77 mg/kg; 容重为 1.56 g/cm^3 。因该温室于 2012 年建成并投入使用, 土壤基础养分含量相对较低。供试作物为番茄, 品种为佳源大粉。灌溉均采用滴灌方法进行。滴灌带选用市售普通滴灌带, 其上 2 出水孔间距为 30 cm。

1.3 试验设计

试验共设 4 个处理, 其灌水控制下限土壤水吸力值分别设定为 20、30、35、40 kPa; 灌水控制上限相同, 均为土壤水吸力值 6 kPa。每处理 3 次重复, 试验小区随机排列。为防止水分相互渗透, 各小区之间用埋深 60 cm 的塑料薄膜隔开。试验过程中, 每天 08:00 使用张力计(澳大利亚 ICT 公司生产)观测 20 cm 深处的土壤水吸力变化情况, 当各处理土壤水吸力值达到或超出所设定的灌水控制下限土壤水吸力值时开始灌水, 单次灌水量由下式算出:

$$Q = (\theta_2 - \theta_1) \times H \times R \times S. \quad (1)$$

式中: Q 为小区单次灌水量; H 为计划湿润层厚度, 设定为 30 cm; R 为计划湿润比, 即计划湿润层土壤中灌水后实际湿润体积占总体积的比例, 设定为 0.5; S 为小区面积, 为 16 m^2 ; θ_2 、 θ_1 分别为灌水控制上限、灌水控制下限土壤水吸力值所对应的土壤体积含水量, 用下式求得^[10]:

$$\theta = 0.5212 \times [1 + (6.3824 \times h)^{11.5005}]^{-0.0094}. \quad (2)$$

式中: θ 为土壤体积含水量; h 为土壤水吸力。该公式是通过测定试验地计划湿润层内的土壤样品的持水特征曲线得到。

各灌水处理施用基肥的种类、数量相同, 即整地时撒施腐熟牛粪 187.5 t/hm^2 、腐熟鸡粪 25 t/hm^2 。定植时沟施磷酸二铵、硫酸钾各 600 kg/hm^2 , 尿素 150 kg/hm^2 。于番茄第 1 穗果实膨大期和第 2 穗果实膨大期追肥 2 次, 每次追施尿素 150 kg/hm^2 。其他田间管理措施同当地温室栽培。

1.4 测定项目与方法

番茄坐果后每株保留 3 穗, 每穗留 3~4 个果, 待成熟后用称质量法计产。番茄果实中可溶性固形物、维生素 C、可溶

性糖、有机酸含量分别采用阿贝折光仪、2,6-二氯酚靛酚法、萘酚法、标准碱液滴定法测定。番茄生育期内灌水量用水表计量,水分利用效率为总产量与总灌水量的比值。

1.5 数据分析

采用 SPSS 16.0 软件对试验数据进行方差分析;采用 Excel 2003 软件对试验数据进行绘图分析。

2 结果与分析

2.1 灌溉指示层土壤水分吸力

土壤水分是最活跃的土壤肥力因素之一,它不仅能满足作物需水要求,而且还会影响土壤养分状况、水肥气热的调控^[10]。番茄根系主要集中在 0~30 cm 土层,20 cm 深处土壤含水量基本可以反映出番茄的需水情况。从图 1 可以看出,各处理 20 cm 深处土层土壤水分吸力均呈周期性变化趋势,且随着灌水控制下限土壤水吸力值的增大变幅增加、变动周期缩短。灌水控制下限土壤水吸力 20、30、35、40 kPa 处理的番茄全生育期内灌水次数分别为 15、13、12、11 次,与之对应的平均灌水周期分别为 3.87、4.58、4.97、5.44 d。从图 1 还可以看出,定植后 28 d 水分处理开始时土壤吸力值较高,而定植 69 d 时追施化学肥料、控制土壤水分含量致使土壤水吸力值上升,出现最大值。

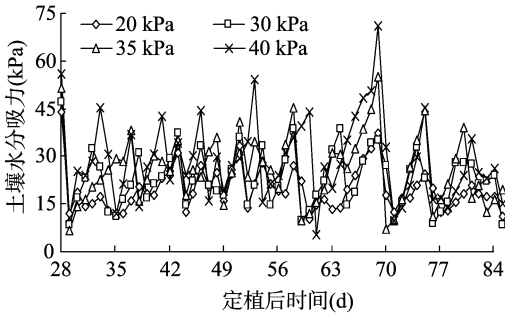


图1 不同灌水控制下限处理 20 cm 深处土壤水分吸力的变化

2.2 灌水量

从表 1 可以看出,随着灌水控制下限土壤水吸力值的增大,灌水定额逐渐增加,灌溉定额逐渐降低。灌水控制下限土壤水吸力值越小,一方面达到相同灌水控制上限所需的灌水定额越小,另一方面由于番茄全生育期内土壤含水量水平越高,土壤水分表层蒸发和深层渗漏的累积量越大,灌溉定额就越大。灌水控制下限土壤水吸力值越大,一方面达到相同灌水控制上限所需的灌水定额越大,另一方面番茄全生育期内土壤含水量水平越低,土壤水分的表层蒸发和深层渗漏累积量越小,灌溉定额越小。

表 1 不同灌水控制下限处理的灌水量

土壤水吸力 (kPa)	灌水定额 (m ³ /hm ²)	灌溉定额 (m ³ /hm ²)
20	88.80	1 331.94
30	96.74	1 225.42
35	103.75	1 210.40
40	107.86	1 150.46

2.3 番茄品质

2.3.1 维生素 C 含量 维生素 C 广泛存在于新鲜蔬菜、水果中,是一种良好的天然抗氧化剂,生物体内多种代谢作用需

其参与完成^[11]。从表 2 可以看出,随着灌水控制下限土壤水吸力值的增大,番茄果实维生素 C 含量逐渐增加。灌水控制下限土壤水吸力 40 kPa 处理番茄果实维生素 C 含量显著高于 20、30、35 kPa 处理,分别是它们的 1.51、1.33、1.20 倍。灌水控制下限土壤水吸力 35 kPa 处理番茄果实维生素 C 含量显著高于 20 kPa 处理,但与 30 kPa 处理的番茄维生素 C 含量差异不显著。这说明适当调控灌水控制下限土壤水吸力值有利于改善番茄果实维生素 C 含量水平。

2.3.2 可溶性固形物含量 番茄可溶性固形物(SSC)含量是指番茄汁液中溶质的质量比例,对达成番茄高产优质目标起着关键作用,就加工品种番茄而言,SSC 每增加 1% 就相当于增加了 25% 营养产量^[12]。从表 2 可以看出,灌水控制下限土壤水吸力 35 kPa 处理番茄果实 SSC 含量略高于 20、30、40 kPa 处理,但并未达到显著性差异。这说明调控灌水控制下限土壤水吸力对番茄果实 SSC 含量的影响较小。

2.3.3 可溶性糖、有机酸、糖酸比 可溶性糖和有机酸占番茄果实干质量的 60% 以上,二者是反映番茄果实品质的重要指标^[13]。实践证明,良好的风味必须在较高的含糖量基础上有适宜的糖酸比,适宜糖酸比为 6.9~10.8^[14]。从表 2 中可以看出,灌水控制下限土壤水吸力 40 kPa 处理番茄果实可溶性糖含量要显著高于 20、30、35 kPa 处理,分别是它们的 1.24、1.28、1.29 倍。4 个处理间有机酸含量差异不显著。灌水控制下限土壤水吸力 40 kPa 处理的糖酸比显著高于 20、30、35 kPa 处理,分别是它们的 1.27、1.35、1.36 倍,而 20、30、35 kPa 处理间糖酸比无显著差异。这可能是因为该温室刚建成使用,基础肥力水平相对较低,不利于番茄可溶性糖积累所致。另外,各处理间可溶性固形物含量差异均不显著。

表 2 不同灌水控制下限处理番茄品质指标比较

土壤水吸力 (kPa)	维生素 C (mg/kg)	可溶性固 形物(%)	可溶性糖 (%)	有机酸 (%)	糖酸比
220	135.0c	4.21a	3.23b	0.60a	5.56b
30	153.5bc	4.26a	3.12b	0.59a	5.22b
35	170.0b	4.37a	3.10b	0.60a	5.17b
40	203.9a	4.26a	3.99a	0.57a	7.05a

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

2.4 番茄产量

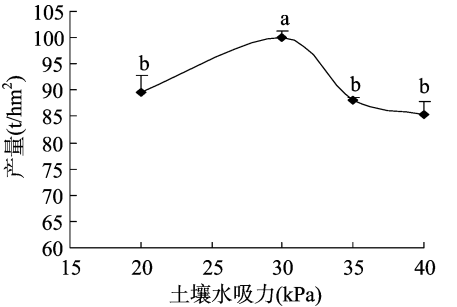
产量是衡量灌溉水分调控效果的主要指标,以每小区番茄产量作为处理重复,用方差分析法对各处理间番茄产量差异进行显著性检验。从表 3 可以看出,各处理番茄产量在 0.01 水平上差异显著。

表 3 不同灌水控制下限处理番茄产量方差分析

变异来源	自由度	均方	F	F _{0.05}	F _{0.01}
处理间	3	120.24	14.69**	3.59	6.22
处理内	2	27.51	3.36	3.98	7.21
试验误差	6	8.18			
总变异	12				

从图 2 可以看出,随着灌水控制下限土壤水吸力值的增加,番茄产量呈抛物线形变化,约在 30 kPa 处有最大值。这说明灌水控制下限土壤水吸力过小或过大均不利于番茄产量的形成。灌水控制下限土壤水吸力值过小,虽然对应的灌水

定额小,但是灌水频繁,且番茄营养生长阶段长势过盛,生殖生长时间缩短,最终导致产量降低。相反,灌水控制下限土壤水吸力值过大,灌水定额大,灌水周期变长,番茄在生殖生长阶段生长受到抑制,最终导致果实小、产量降低。



不同小写字母表示处理间差异达到0.05显著水平
图2 不同灌水控制下限处理的番茄产量

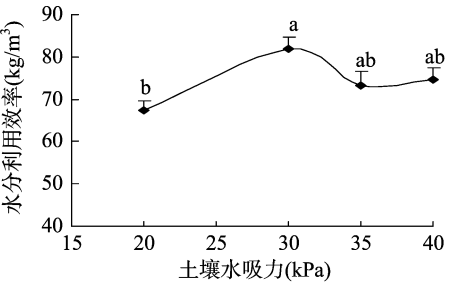
2.5 水分利用效率

水分利用效率即单位体积灌水量所收获的作物产量^[15],是评价灌溉节水效果的重要指标。以每小区水分利用效率作为处理重复,用方差分析法对各处理间水分利用效率差异进行显著性检验。从表 4 可以看出,处理内小区间水分利用效率无显著差异,而各处理间水分利用效率在 0.05 水平上差异显著。

表 4 不同灌水控制下限处理水分利用效率方差分析

变异来源	自由度	均方	<i>F</i>	<i>F</i> _{0.05}	<i>F</i> _{0.01}
处理间	3	106.43	6.15 *	3.59	6.22
处理内	2	47.67	2.76	3.98	7.21
试验误差	6	17.30			
总变异	12				

从图 3 可以看出,水分利用效率随着灌水控制下限土壤水吸力值增加的变化趋势与番茄产量略有不同,虽然也是先增加后降低,最大值仍出现在 30 kPa 处理;但 30 kPa 处理的水分利用效率显著高于 20 kPa 处理,而与 35、40 kPa 处理间差异不显著。这是由于水分利用效率的高低不仅取决于作物产量,也取决于灌溉定额的多少。



不同小写字母表示处理间差异达到0.05显著水平
图3 不同灌水控制下限处理的水分利用效率

3 结论与讨论

3.1 结论

在新建成使用、土壤类型为棕壤、肥力相对较低的温室

内,以番茄为供试作物,将耕层土壤的灌水控制上限水吸力设定为 6 kPa,开展滴灌灌水控制下限试验。结果表明:随着灌水控制下限土壤水吸力的增加,灌溉定额和灌水次数减少;适宜的灌水控制下限有利于提高番茄果实维生素 C、可溶性糖含量及糖酸比,而 SSC 含量、有机酸含量受灌水控制下限的影响较小;番茄产量、水分利用效率随着灌水控制下限土壤水吸力的增加均呈抛物线状变化,其最大值均出现在灌水控制下限土壤水吸力值 30 kPa 处。从生产实际出发,综合考虑节水、高产、优质、经济效益、劳动生产率等多种因素,在温室土壤肥力较低的条件下,滴灌栽培番茄,灌水控制上限土壤水吸力为 6 kPa 时,灌水控制下限土壤水吸力以 30 kPa 为宜。

3.2 讨论

3.2.1 灌溉定额与番茄产量、水分利用效率的关系 本研究表明,并非灌溉定额越大,番茄产量、水分利用效率就越高,相反的是番茄产量减少、水分利用效率降低,这与人研究结果^[16]是一致的,即认为在作物达到最大产量后再继续增加灌水量对作物产量影响很小,甚至会造成减产、水分浪费。灌水控制下限土壤水吸力值小,灌水时土壤尚相对湿润,一次灌入农田的水量少,但频繁灌水会造成番茄营养生长阶段长势过盛,生殖生长时间缩短,使番茄产量减小,水分利用效率降低。而灌水控制下限土壤水吸力值大,灌水时土壤相对干燥,一次灌入农田的水量多,在灌水间隔内番茄可能会受到水分胁迫,灌水后又可能造成短期土壤水分含量过高而不利于番茄生长,且地表水蒸发量和深层渗漏量都会增加,甚至导致耕层土壤养分被大量淋洗而向下移动,结果使番茄产量降低。

3.2.2 灌水控制下限土壤水吸力与灌水次数的关系 灌水次数、灌水周期、灌水时间是作物灌溉制度的主要内容。在灌水控制上限固定的条件下,灌水控制下限土壤水吸力小,灌水定额小,灌水次数必然增加。反之则灌水次数减少。本研究得到的灌水控制下限土壤水吸力 20、30、35、40 kPa 处理的灌水次数分别为 15、13、12、11 次,灌水周期分别为 3.87、4.58、4.97、5.44 d,这足以说明上述观点。理论上说,灌水后将耕层土壤含水量控制在较低水平时,少量多次灌水能够减少水分蒸发和渗漏损失,提高水分利用效率;而实际上少量多次灌水不仅不能节水,还因灌水过于频繁,造成了水分浪费、劳动成本增加。因此合理地确定灌水控制下限、上限,对作物增产、节约灌溉用水和提高劳动生产效率至关重要。

参考文献:

[1]王敬国. 设施菜田退化土壤修复与资源高效利用[M]. 北京:中国农业出版社,2011.
[2]农业部. 中国农业统计资料[M]. 北京:中国农业出版社,2008.
[3]张玉龙. 保护地作物栽培节水灌溉[M]. 沈阳:沈阳出版社,2010.
[4]Meshkat M, Warner R C, Workman S R. Evaporation reduction potential in an undisturbed soil irrigated with surface drip and sand tube irrigation[J]. Trans of the ASAE,2000,43(1):79-86.
[5]逢焕成. 我国节水灌溉技术现状与发展趋势分析[J]. 中国土壤与肥料,2006(5):1-6.
[6]许贵民,刘育慧,栾雨时,等. 塑料大棚黄瓜节水灌溉的研究[J]. 农业工程学报,1990,6(2):56-63.
[7]Sharma S G. Effect of drip and furrow irrigation and nitrogen levels on yield and net returns of Tinda[J]. PKV Research Journal, 1996,20

余旭东,刘凤军,徐 君,等.早熟菜心种质夏秋季的表型性状[J].江苏农业科学,2014,42(12):201-204.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.12.067

早熟菜心种质夏秋季的表型性状

余旭东,刘凤军,徐 君,李 军,牟建梅,张国芹,徐 遥

(江苏太湖地区农业科学研究所,江苏苏州 215155)

摘要:对引进的 15 个早熟菜心品种的表型性状进行了有关分析和评价,结果可知:(1)多样性分析显示,早熟菜心种质在夏秋季的大多数表型性状均存在着不同程度的变异,夏季描述型性状多样性指数为 0~1.20,秋季是 0.24~0.58,夏季数值型性状变异系数为 9.06%~32.73%,秋季是 0.76%~22.45%,总体看来,夏季表型性状的变异程度明显大于秋季。(2)相关性分析表明,夏季薹质量与总叶数、薹粗、薹长、叶宽呈现极显著正相关,与最大节长和平均节长呈现显著正相关,其中薹质量与薹粗的相关系数最大,达到 0.81;秋季薹质量与总叶数、薹长、薹粗、叶宽呈现极显著的正相关,与株高、基叶叶数和柄宽呈现显著正相关,其中薹质量与薹粗的相关系数最大,达到 0.93;综合比较可知,总叶数、薹粗、薹长、叶宽可以作为菜心早熟耐热品种田间选育的重要表型依据,尤其是薹粗。(3)聚类分析表明,夏季菜心种质油青甜菜心(436)、振兴甜菜心、早熟粗条油青甜菜心、油青甜菜心和矮脚 45 天聚成 1 类,主要特点是薹质量、始收天数、总叶数、薹粗、薹长、最大节长、平均节长、叶宽数值较大,平均薹质量为 28.42 g,其中薹质量最大的是矮脚 45 天,数值达到 31.67 g;秋季菜心种质振兴甜菜心、早熟粗条油青甜菜心、油青太空甜菜心、矮脚 45 天聚成 1 类,主要特点是薹质量、薹粗、株高、总叶数、薹长、叶宽、柄宽的数值较大,平均薹质量为 53.82 g,其中振兴甜菜心的薹质量最大,达到 58.59 g;综合比较可知,振兴甜菜心、早熟粗条油青甜菜心和矮脚 45 天在夏秋季的薹质量均较大,表现稳定,可以初步筛选为菜心早熟耐热种质材料。

关键词:菜心;菜薹;种质;表型性状;夏季;秋季

中图分类号: S634.503 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)12-0201-04

菜心别称菜薹,是我国华南地区的主要叶菜种类,近年来被引种到长三角等地区作为特菜种植,市场反响良好,种植面积逐年增加。如何提高菜心产量和品质关系到其在华南、长三角区域的发展前景,选择产销对路优良品种是首要因素。种质是选育优良品种的基础,目前国内菜心种质资源方面的研究较少,公开报道的文章也只有数篇,严重影响了菜心育种事业的发展,进而影响了产销的需求。为此本研究试图以广东省引进的 15 个常规菜心早熟品种为试验材料,观测其在夏秋两季的表型性状,通过遗传多样性分析、相关性分析和聚类分析等统计分析方法,以期为田间选择提供表型性状依据,并

从中初步筛选出优良种质,从而丰富育种材料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料引自广东省,共引进早熟常规品种 15 个,分别为:(1)特纯油青甜菜心 31 号;(2)油青八号甜菜心;(3)油青菜心日本甜脆 45 天;(4)50 天油绿菜心种;(5)翠绿王早熟油青甜菜心;(6)油青甜菜心;(7)翠绿粗条油青甜菜心;(8)振兴甜菜心;(9)早熟粗条油青甜菜心;(10)甜翠菜心(338);(11)油青太空甜菜心;(12)油青甜菜心(436);(13)矮脚 45 天;(14)油青四九菜心;(15)油绿 50 天菜心。本研究中的编号与此序号相同。

1.2 试验方法

将供试材料分夏秋两季田间种植,夏季试验播种日为 2008 年 7 月 17 日,秋季试验播种日为 2008 年 9 月 9 日。试

(2):163-164.

[8]李 亮,张玉龙,马玲玲,等.不同灌溉方法对日光温室番茄生长、品质和产量的影响[J].北方园艺,2007(2):75-78.

[9]Al-Omran A M,Sheta A S,Falatah A M,et al. Effect of drip irrigation on squash (*Cucurbita pepo*) yield and water-use efficiency in sandy calcareous soils amended with clay deposits[J]. Agricultural Water Management,2005,73(1):43-55.

[10]诸葛玉平,张玉龙,李爱峰,等.保护地番茄栽培渗灌灌水指标的研究[J].农业工程学报,2002,18(2):53-57.

[11]田 义,张玉龙,虞 娜,等.温室地下滴灌灌水控制下限对番茄生长发育、果实品质和产量的影响[J].干旱地区农业研究,

2006,24(5):88-92.

[12]赵怀勇,李 群,张红菊.加工番茄可溶性固形物含量相关因素研究[J].北方园艺,2007,3(2):22-24.

[13]Salles C,Nicklaus S,Septier C. Determination and gustatory properties of taste-active compounds in tomato juice[J]. Food Chemistry,2003,81(3):395-402.

[14]谭其猛.蔬菜育种[M].北京:农业出版社,1980.

[15]沈荣开,杨路华,王 康.关于以水分生产率作为节水灌溉指标的认识[J].中国农村水利水电,2001(5):9-11.

[16]蔡焕杰,康绍忠,张振华,等.作物调亏灌溉的适宜时间与调亏程度的研究[J].农业工程学报,2000,16(3):24-27.