

DOI:10.3969/j.issn.1004-4701.2016.04.06

各生育期不同灌水下限对茄子生长、产量及水分利用效率的影响

李 桓¹, 邓海龙¹, 许亚群¹, 谢亨旺¹, 刘方平¹, 李 昂¹, 陈伟杰¹, 曾华生²

(1. 江西省灌溉试验中心站, 江西 南昌 330201; 2. 江西省赣抚平原水利工程管理局, 江西 南昌 330096)

摘 要:为指导节水灌溉和增产,在茄子苗期、开花结果期和成熟采摘期进行不同灌水下限处理来研究各生育期不同灌水下限对茄子生长、产量及水分利用效率的影响。试验结果表明,株高、茎粗、叶面积、地上部干重、总根长、总根鲜重和干重均随着灌水下限的降低而降低。与正常灌溉相比,苗期和开花结果期适当降低灌水下限对茄子的生长、产量和水分利用效率的影响不明显。而成熟采摘期时对水分最为敏感,此时降低灌水下限对茄子的生长、产量和水分利用率的影响较为显著。综合灌水量、茄子生长、产量、水分利用效率几个方面考虑,苗期灌水下限60%,开花结果期灌水下限65%,成熟采摘期灌水下限70%是最合适的灌水下限。

关键词:茄子;生育期;灌水下限;生长指标;产量;水分利用效率

中图分类号:S641.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-4701(2016)04-0260-05

0 引言

根据《2015年江西省水资源公报》,2015年江西省用水总量为245.81亿 m^3 ,已达我省2015年的用水总量控制目标250亿 m^3 的98.32%,其中农业用水总量154.13亿 m^3 ,农田灌溉亩均用水量为547 m^3 ,灌溉综合定额较大,农田灌溉具有极大的节水潜力^[1]。蔬菜是我省农田的主要栽培作物,在蔬菜生长过程中土壤干旱、水量过多以及水分反复波动均会影响蔬菜的生长与产量^[2]。通过对土壤水分下限的合理调控,可减少地表无效蒸发量和过度蒸腾,进而提高水分利用效率,因此确定蔬菜作物各生育期适宜的灌水下限,来避免灌溉过程中的水分浪费,是实现蔬菜种植高产、高效的关键^[3]。茄子在我省种植面积较大,极具节水潜力,且具有较高的营养价值和经济效益。全国栋、杨振宇、徐军用、米国全等^[4-9]研究了在大田、温室种植条件下不同的水肥灌溉制度对茄子的生长和产量的影响,结果表明过高或过低的灌水制度都不利于茄子的生长和水分利用,而适宜的灌水下限能明显促进茄子的生长和产量的增加。本研究以茄子为试验材料,通过测筒试验,研究各生育期不同灌水下限对茄子生长和产量的影响,提出

茄子各生育期适宜的灌水下限,为提高茄子产量和水分利用效率提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

本次试验是在江西省灌溉试验中心站(位于南昌市南昌县向塘镇)的测筒中进行,其地处东经116°0'41.34"、北纬28°26'39.32"处,常年平均气温为18.1℃,年平均蒸发量1139mm,年平均降雨量为1636mm,但年内分布不均,主要集中在4~6月,常年无霜期约280d。测筒由钢板制成,内径0.618m(填土面积0.284 m^2),高0.8m,下设15cm厚的滤层,桶底设侧向排水孔,平时关闭,器内填55cm厚原装土。各测筒均可用防雨棚遮挡降雨,故在计算耗水量时不考虑降雨因素。土壤为红壤性水稻土,土质粘重,pH为4.5~6.5,田间持水率30.35%,容重为1.339 g/cm^3 。

本次试验品种为粤茄红紫龙F1,于2015年6月23日移栽,南北向种植,移栽前各测筒均灌水至田间持水量。整个生育期分为苗期(6月23日~7月27日)、开花结果期(7月27日~8月27日)、成熟采摘期(8月27日~10月16日),共114d。

收稿日期:2016-07-27

项目来源:江西省水利厅重大社会公益研究项目(KT201319,KT201427)

作者简介:李 桓(1989-),男,硕士,助理工程师。

1.2 试验设计

本试验将茄子生育期分成三个生育阶段,即苗期、开花结果期和成熟采摘期。以灌前土壤含水率下限作为灌水控制指标,在茄子生长的三个阶段分别采用正常灌溉、轻旱和重旱处理,每个处理重复3次,并设置1组空白对照试验,各处理土壤含水量控制下限指标见表1。

表1 试验处理设计 %

处理	苗期	开花结果期	成熟采摘期
TR1	70	70	70
TR2	60(轻旱)	70	70
TR3	50(重旱)	70	70
TR4	70	65(轻旱)	70
TR5	70	55(重旱)	70
TR6	70	70	65(轻旱)
TR7	70	70	55(重旱)

注:50%、55%、60%、65%和70%表示灌前土壤含水率下限为田间持水率的50%、55%、60%、65%和70%,灌后上限均为田间持水率的90%。

1.3 试验观测项目及方法

1.3.1 土壤含水率测定

采用手持式土壤含水率测定仪观测22个测筒试区0~40 cm各层土壤体积含水率,每20 cm为1层,取3次测定的平均值,测定频率为5 d一次,当土壤含水率达到设计灌水下限时,进行灌水,各测筒试区灌水量为:

$$M = rHA(\theta_1 - \theta_2)/\eta \quad (1)$$

式中: M —灌水量, m^3 ;

R —土壤容重, t/m^3 ;

θ_1 、 θ_2 —分别为计划湿润层内平均土壤体积含水率的上下限,%;

A —各测筒试区面积, m^2 ;

H —计划湿润层深度,m;

η —灌溉水利用系数,取1,因为在测筒中灌溉时不产生渗漏和径流。

1.3.2 植株生长指标测定

茄子生长发育指标各处理定株,每7日测定1次,并保证每个生育期有1次观测。①株高使用精度为1 mm的钢尺测量,茎粗采用精度0.02 mm的游标卡尺测量。②叶面积采用换算法,用直尺量出植株上每片叶子的叶长和叶宽,相乘后再乘以经验系数0.9,估算出叶面积。③干物质重,截取茄子地上部测量干重,样品在烘箱中105℃杀青30 min,然后在75℃条件下烘干至恒重后称量。

1.3.3 根系参数测定

拉秧后取样测量茄子根鲜质量、干质量、根系长度。①根样用冲根法采集,将整株茄子从测筒中挖出,用自来水冲去泥土,最终将根系完整取出,将取出的根用吸水纸擦干后称鲜重。②用扫描仪对样品进行扫描后分析总根长。③将根样品放入烘箱中105℃杀青1 h,然后在75℃条件下烘干至恒重后称量。

1.3.4 产量测定

待茄子成熟后,各株单独收获,以3次重复试验所得产量的平均值作为该灌水下限处理的实际产量。

1.3.5 水分利用效率

水分利用效率是评价耗水与其干物质生产之间关系的生理生态指标^[10],其计算公式为:

$$WUE = Y/ET \quad (2)$$

式中: WUE —水分利用率, kg/m^3 ;

Y —单位面积产量, kg/m^2 ;

ET —茄子单位面积的耗水量, m^3/m^2 。

2 结果与分析

2.1 各生育期不同灌水下限对茄子地上部分生长的影响

如图1所示,平均株高在苗期为TR1 > TR2 > TR3, TR1(43.78 cm)较TR2、TR3分别大6.35%和13.39%;在开花结果期为TR1 > TR4 > TR5, TR1(80.42 cm)较TR4、TR5分别大5.48%和12.36%;在成熟采摘期为TR1 > TR6 > TR7, TR1(104.46 cm)较TR6、TR7分别大12.31%和14.42%。各生育期均作轻旱处理的结果表现为TR4 > TR2 > TR6,重旱处理为TR7 > TR3 > TR5。从表2可以看出,同生育期中各处理株高均表现为正常灌溉处理 > 轻旱处理 > 重旱处理,与全生育期正常灌溉相比,苗期和开花结果期重旱处理对株高影响较为显著,其他处理对株高没有显著影响。

平均茎粗在苗期为TR1 > TR2 > TR3, TR1(7.57 mm)较TR2、TR3分别大1.04倍和1.05倍;在开花结果期为TR1 > TR4 > TR5, TR1(13.05 mm)较TR4、TR5分别大1.13倍和1.14倍;在成熟采摘期为TR1 > TR6 > TR7, TR1(15.74 mm)较TR6、TR7分别大1.05倍和1.07倍。各生育期均作轻旱处理的结果表现为TR6 > TR2 > TR4,重旱处理为TR7 > TR3 > TR5。从表2可以看出,同生育期中各处理茎粗均表现为正常灌溉处理 > 轻旱处理 > 重旱处理,各处理间存在差异,但差异并不显著。

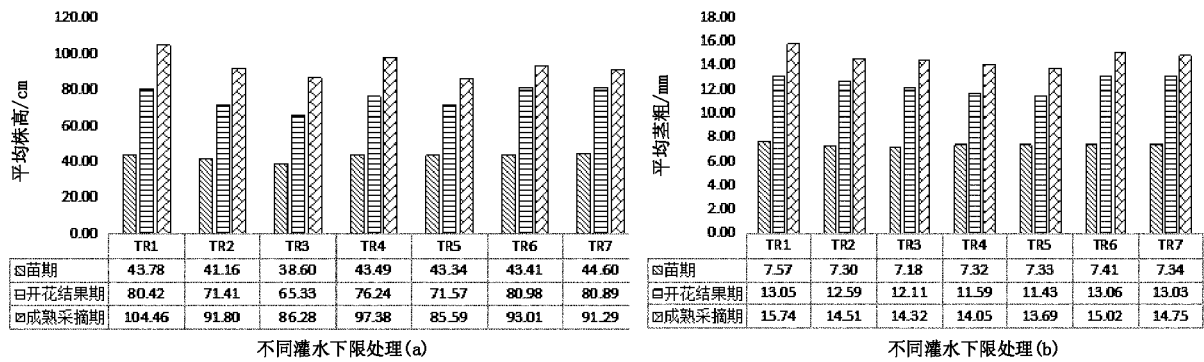


图1 不同灌水下限处理对株高和茎粗的影响

如图2所示,叶面积表现为 TR1 > TR4 > TR2 > TR5 > TR3 > TR6 > TR7, TR1 (8 883.00 cm²) 较其他6个处理依次大 7.42%、8.65%、10.89%、15.53%、21.42% 和 26.73%。各生育期均作轻旱处理的结果表现为 TR4 > TR2 > TR6, 重旱处理为 TR5 > TR3 > TR7。地上部干重与叶面积所得结果类似,随着灌水下限的降低,

地上部干重显示出减小的趋势。从表2可以看出,同生育期中各处理叶面积均表现为正常灌溉处理 > 轻旱处理 > 重旱处理。与全生育期正常灌溉相比,成熟采摘期重旱处理对叶面积和地上部干重均产生了显著影响,其他处理则没有显著影响。

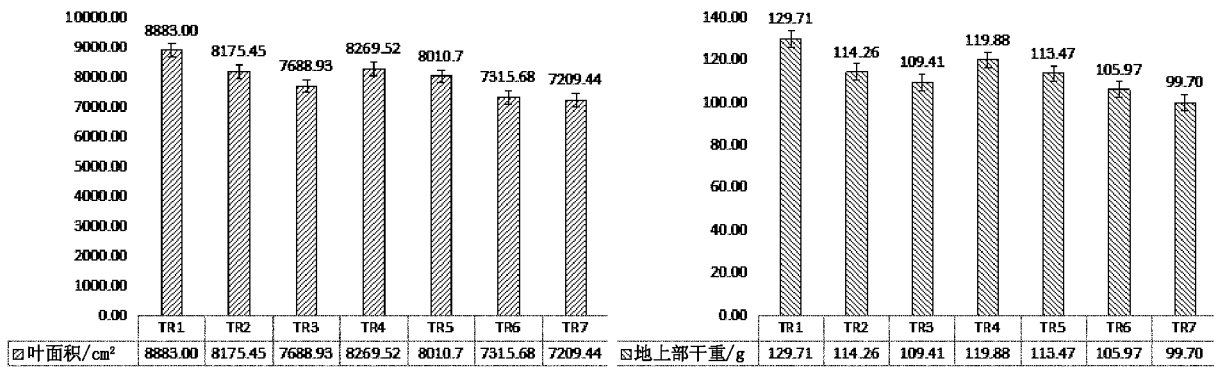


图2 不同灌水下限处理对叶面积和地上部干重的影响

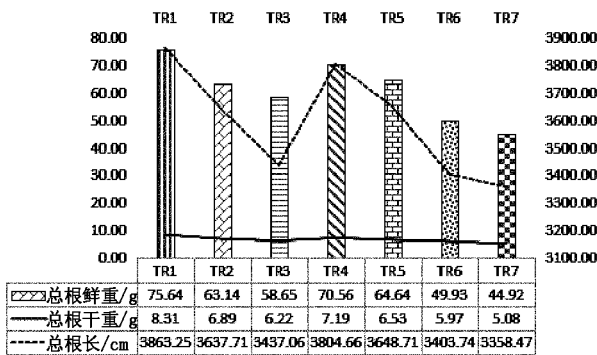


图3 不同灌水下限处理对根系生长的影响

2.2 各生育期不同灌水下限对茄子根系生长的影响

如图3所示,不同生育期不同灌水下限对茄子的根系生长有一定的影响。不同灌水下限处理,苗期处理的

总根长、总根鲜重和总根干重均表现为 TR1 > TR2 > TR3, 开花结果为 TR1 > TR4 > TR5, 成熟采摘期为 TR1 > TR6 > TR7。各生育期相同灌水下限处理时,轻旱处理为 TR4 > TR2 > TR6, 重旱处理为 TR5 > TR3 > TR7。

从表2可以看出,各生育期处理的总根长、总根鲜重和总根干重均随着灌水下限的降低而降低,表现为正常灌溉处理 > 轻旱处理 > 重旱处理。与 TR1 相比,各处理对总根长均无显著影响。各生育期灌水下限的降低对总根鲜重影响极其显著,但同一生育期之间灌水下限间对比的影响并不显著:与 TR1 对照,TR2 下降了 16.53%, TR3 下降了 22.47%; TR4、TR5 分别下降了 8.48% 和 14.54%; TR6、TR7 分别下降了 20.78% 和 24.32%。各生育期灌水下限的降低对总根干重的影响

与总根鲜重影响类似,不同生育期灌水下限降低对总根干重影响较为显著,但同一生育期之间灌水下限间对比的影响并不显著。

表 2 不同灌水下限处理对茄子生长的影响

不同灌水下限处理	株高/cm	茎粗/mm	叶面积/cm ²	地上部干重/g	总根长/cm	总根鲜重/g	总根干重/g
全生育期 TR1	108.26a	15.74a	8 883.00a	129.71a	3 863.25a	75.64a	7.98a
苗期 TR2	95.42ab	14.51a	8 175.45ab	114.26ab	3 637.71a	63.14cd	7.40b
	TR3	88.24b	14.32a	7 688.93ab	109.41ab	3 437.06a	58.65de
开花结果期 TR4	99.92ab	14.05a	8 269.52ab	119.88ab	3 804.66a	70.56b	7.27bc
	TR5	86.71b	13.69a	8 010.70ab	113.47ab	3 648.71a	64.64bc
成熟采摘期 TR6	93.27ab	15.02a	7 482.34ab	105.97ab	3 403.74a	49.93cde	7.04c
	TR7	91.31ab	14.75a	7 409.44b	99.70b	3 358.47a	44.92e

注:同列数据后标不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

2.3 各生育期不同灌水下限对茄子产量及水分利用效率的影响

由表 3 可知,与正常灌溉 TR1 相比,苗期、开花结果期和成熟采摘期灌水下限处理茄子的产量均呈现下降趋势,苗期处理的 TR2 和 TR3 分别下降了 2.08% 和 6.25%,开花结果期处理的 TR4 和 TR5 下降了 3.03% 和 5.11%,成熟采摘期处理的 TR6 和 TR7 则下降了 7.95% 和 9.85%。各处理中以成熟采摘期重旱处理的 TR7 下降程度最大,其次是成熟采摘期轻旱处理的 TR6 以及苗期重旱处理的 TR3。

与正常灌溉 TR1 相对照,在轻旱处理下,苗期 TR2 和开花结果期 TR4 对茄子产量影响不显著,成熟采摘期 TR6 对产量则有显著影响;与正常灌溉 TR1 相对照,在重旱处理时,TR3、TR5 和 TR7 均对产量有着显著影响。试验结果表明,灌水下限对茄子产量有一定的影响,降低灌水下限对茄子产量的影响随着生育期的递进而逐渐增大。

表 3 不同灌水下限处理对茄子产量和水分利用效率的影响

不同灌水下限处理	全生育期耗水量/mm	产量/(kg/m ²)	水分利用效率/(kg/m ³)
全生育期 TR1	271.3	5.28a	19.46a
苗期 TR2	268.3	5.17ab	19.25ab
	TR3	265.0	5.06b
开花结果期 TR4	266.3	5.12ab	19.21ab
	TR5	263.7	5.01bc
成熟采摘期 TR6	257.3	4.86cd	18.89ab
	TR7	255.7	4.76d

注:同列数据后标不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

各生育期不同灌水下限对水分利用效率也有一定的影响。与正常灌溉 TR1 相比,各处理的水分利用效率均有所下降,随着灌水下限的降低,水分利用效率均呈现出正常灌溉 > 轻旱 > 重旱,其中成熟采摘期重旱处理 TR7 的差异较为明显,其他各处理的差异均不显著。

3 结 论

(1)各处理的植株生长指标、根系参数和产量均表现为苗期 TR1 > TR2 > TR3,开花结果期 TR1 > TR4 > TR5,成熟采摘期 TR1 > TR6 > TR7,茄子的各项指标均随着灌水下限的降低呈现下降的趋势。

(2)与正常灌溉(TR1)对照,苗期重旱(TR3)和开花结果期重旱(TR5)处理对株高的影响较显著,成熟采摘期重旱(TR7)处理对叶面积和地上部干重的影响较显著。

(3)与正常灌溉(TR1)对照,各生育期水分亏缺对总根鲜重和总根干重的影响均较为显著。

(4)与正常灌溉(TR1)对照,苗期轻旱(TR2)、开花结果期轻旱(TR4)处理对产量的影响不显著,其他各处理对产量的影响均较显著。

(5)与正常灌溉(TR1)对照,成熟采摘期重旱(TR7)对水分利用效率影响较显著,其他各处理影响均不显著。

试验结果表明,各生育期不同灌水下限对茄子生长和产量均有一定程度的影响。综合比较各处理植株的冠层发育、根系生长、果实产量及水分利用效率,建议茄子在苗期灌水下限 60% (轻旱),开花结果期灌水下限 65% (轻旱),成熟采摘期灌水下限 70% (不受旱)。

参考文献:

- [1] 刘建新,李梅,邓燕青,等.江西省水资源公报[R].南昌:江西省水利厅,2015.
- [2] 田巧玲.不同灌溉下限对温室番茄生长及养分吸收的影响[D].郑州:河南农业大学,2013.
- [3] 张娟,马福生,杨胜利,等.不同灌水上下限对温室白萝卜产量、品质及WUE的影响[J].节水灌溉,2016(4):31~36.
- [4] 全国栋,刘洪禄,吴文勇,等.不同水分处理对茄子生长与常理品质的影响[J].排灌机械工程学报,2013,31(6):540~545.
- [5] 杨振宇,张富仓,邹志荣.不同生育期水分亏缺和施氮量对茄子根系生长、产量及水分利用效率的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(7):141~148.
- [6] 徐军用,姜俊.3种灌水方式对茄子生长、产量及品质的影响[J].河南农业科学,2014,43(8):110~112.
- [7] 米国全,程志芳,王晋华,等.不同肥水处理对茄子新品种绿玉1号和绿玉2号生长发育、产量及品质的影响[J].河南农业科学,2015,44(8):104~107.
- [8] K. Dorji, M. H. Behboudian, J. A. Zegbe - Dominguez. Water relations, growth, yield and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial root zone drying[J]. Scientia Horticulture, 2005, 104(3): 137~149.
- [9] W. Spreer, M. Nagle, S. Neidhart, et. al. Effect of regulated deficit irrigation and partial root zone drying on the quality of mango fruits[J]. agricultural water management, 2007(10): 173~180.
- [10] 于文颖,纪珊珊,冯锐,等.不同生育期玉米叶片光合特性及水分利用效率对水分胁迫的响应[J].生态学报,2015,35(9):2902~2909.

编辑:唐少龙

Effects of different irrigation low limits on growth, production, water use efficiency of eggplant

LI Huan¹, DENG Hailong¹, XU Yaqun¹, XIE Hengwang¹, LIU Fangping¹, LI Ang¹, CHEN Weijie¹, ZENG Huasheng²
(1. Jiangxi Irrigation Experiment Central Station, Nanchang 330201, China; 2. Jiangxi Provincial Canfu Plain Hydraulic Engineering Administration, Nanchang 330096, China)

Abstract: In order to improve water - saving irrigation and eggplant yield, irrigation modes were designed as seeding stage, flowering period, fruit maturation stage with different irrigation low limits to explore the effects of different irrigation low limits at each growth periods on growth. The results show that the plant height, stem thick, leaf area, above biomass, total root length, fresh root weight and dry weight are decreased when the irrigation low limits reduced. Compared with normal irrigation, the influence of growth, yield and the water use efficiency is insignificant by appropriately reducing the irrigation low limits in seeding stage and flowering period. The most sensitive stage to soil moisture is fruit maturation stage. The influence of growth, yield and the water use efficiency is significant when we reduced the irrigation low limits. Taking into account irrigation amount, growth, production, water use efficiency, the most appropriate irrigation limits are 60% in seeding stage, 65% in flowering period, 70% in fruit maturation stage.

Key words: Eggplant; Growth period; Irrigation low limit; Growth index; Yield; Water use efficiency

翻译:李 桓