

苦瓜营养品质和产量对土壤水分和结果期的响应

李文平¹, 梁银丽^{1,2}, 包天利¹

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要:以“蓝山大白”苦瓜品种(*Momordica charantia* L.)为试验材料,在遮雨栽培条件下,研究了田间持水量 50%~60%、70%~80%、90%~100%土壤水分含量(SWC)条件下,初果期、盛果期、末果期果实的营养品质和产量。结果表明:就品质的水分效应而言,70%~80% SWC 有利于果实维生素 C、可溶性糖、可溶性蛋白质含量的提高,50%~60% SWC 有利于增加果实可溶性固形物含量;关于品质的时期效应,3 种土壤水分条件下均表现为盛果期果实维生素 C、可溶性蛋白质含量最高,末果期果实可溶性糖含量最高,而 50%~60% SWC 和 70%~80% SWC 的可溶性固形物在盛果期和末果期均显著高于初果期;关于果实产量,50%~60% SWC 和 70%~80% SWC 之间差异不显著,但均显著高于 90%~100% SWC 的产量;盛果期果实品质普遍优于初果期和末果期,综合产量和品质,70%~80% SWC 更利于苦瓜产量提高和品质改善。

关键词:苦瓜;土壤含水量(SWC);结果期;营养品质;果实产量

中图分类号:S 642.5 文献标识码:A 文章编号:1001-0009(2014)08-0009-04

目前消费者日益重视食品安全,健康食疗观念逐步提高,更加注重饮食结构的改善,蔬菜生产的多元化、区域化、多样化、营养化、保健化日趋成为国内外蔬菜消费需求的新特点^[1]。苦瓜(*Momordica charantia* L.)属葫芦科苦瓜属一年生攀缘性草本植物,又名凉瓜、锦荔枝。苦瓜营养丰富,其果实中维生素 C 是瓜类中含量最高的一种^[2-3]。近十年来,苦瓜价格是一般瓜类蔬菜的 2 倍以上,在我国北方,苦瓜的需求量和栽培面积正逐年扩大^[4]。早在我国《本草纲目》中就有苦瓜“苦寒、无毒、除邪热,益气壮阳”的记载。苦瓜作为一种有良好的食用价值和明显的药用价值的保健蔬菜、花色蔬菜日益受到消费者和生产者的喜爱^[3-4]。

水分管理是蔬菜栽培的关键,我国北方蔬菜生产的水分供需矛盾更显突出^[5],目前关于黄瓜、番茄、辣椒等蔬菜的水分生理研究众多^[6-9],而对苦瓜这一特色蔬菜的水分生理研究很少,且有关苦瓜的研究大多集中在医

药和食品行业^[2,10],主要就其活性成分分离鉴定、成分药理和食品开发等方面进行了研究^[11-13],而对苦瓜栽培的基础理论研究较少,尤其是全面、深入地涉及苦瓜产量和品质水分效应和时期效应的研究更鲜有报道。该试验研究了土壤水分对苦瓜结果时期的产量和品质效应,以期就苦瓜栽培制定科学、合理的水分管理措施,为实现苦瓜节水、高产、优质品质生产提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在陕西杨凌西北农林科技大学试验场遮雨棚进行。小区长 4 m,宽 1.5 m,相邻小区间深埋 60 cm 的隔板隔开,防止水分侧渗。供试土壤为黄绵土(采自陕西省安塞县),含有有机质含量 9.6 g/kg,全氮含量 0.518 g/kg,速效氮含量 878 mg/kg,全磷含量 0.636 g/kg,速效磷含量 26.93 mg/kg,有效钾含量 240.37 mg/kg,容重为 1.09 g/cm³,透水性良好,田间持水量约为 220 g/kg。

1.2 试验材料

供试苦瓜品种为“蓝山大白”。

1.3 试验方法

试验于 2013 年 5~9 月进行,先期营养钵育苗,2013 年 5 月 8 日定植(5 片叶),株行距为 50 cm×60 cm,6 月 6 日开始水分处理,9 月 10 日结束。完全随机区组设计,设 3 个水分处理:土壤含水量分别为田间持水量的 50%~60%(低)、70%~80%(中)、90%~100%(高),4

第一作者简介:李文平(1990-),男,硕士研究生,研究方向为植物水分生理。E-mail:lwp416@163.com.

责任作者:梁银丽(1957-),女,研究员,博士生导师,现主要从事农业生态及作物生理生态等研究工作。E-mail:liangyl@ms.iswc.ac.cn.

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划资助项目(2014BAD14B006)。

收稿日期:2014-01-15

次重复,控水前各处理灌水量保持一致。单株吊蔓立体栽培。定植前施尿素 75 kg/hm² (N≥46.4%),磷酸二铵 150 kg/hm² (N≥15.0%, P₂O₅≥42.0%),农用硫酸钾 150 kg/hm² (K₂O≥50.0%),开花结果期追施等量尿素、农用硫酸钾 1 次,整个生育期其它管理一致。

1.4 项目测定

1.4.1 补水量确定 每小区埋设 40 cm 深的 TDR 时域水分测定管,水分处理期间每隔 3 d 用 TDR 探头测定 0~40 cm 土壤水分。每 15 d 用土壤烘干法进行校对。当土壤含水率低于设定下限时按上限补灌,补水量依据公式计算: $M=S \times H \times R \times (W_a - W_b)$ 。式中 M 为灌溉量(m³); S 为小区面积; H 为灌溉计划湿润层深度(该试验开花前补水深度 20 cm,开花后 40 cm); R 为土壤密度(g/cm³); W_a 为田间持水率的 50%~60%、70%~80%、90%~100%; W_b 为实测含水率(%)。

1.4.2 环境因子测定 用日产小型 Thermo Recorder TR-52 记录土壤温度,HOBO (Prov2 Temp/RH Data Logger)记录大气温度和相对湿度,每小时记录 1 次,苦瓜生育期遮雨棚内的温湿度见图 1。

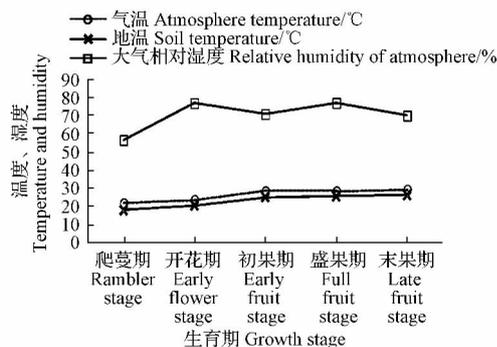


图 1 遮雨棚内环境温湿度变化

Fig 1 The change of temperature and moisture under rain shelter during its growth period

1.4.3 品质指标测定 在初果期(6月24日至7月16日)、盛果期(7月16日至8月15日)、末果期(8月15日至9月5日)各测定 3 次,取其平均值。选取代表性果实 5 个,取中间果肉部分作为测样。用钼蓝比色法测定维生素 C(VC)含量,紫外分光光度法测定可溶性蛋白质含量,蒽酮比色法^[14]测定可溶性糖含量,PRO-101 型糖度计测定可溶性固形物含量。

1.4.4 产量测定 动态记录商品果实产量,计算总产量(kg/m²),比较分析初果期、盛果期、末果期 3 个时期累计产量。

1.5 数据分析

用 SPSS 17.0 软件进行单因素方差分析(One-way

ANOVA),LSD 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同土壤水分对苦瓜不同结果时期果实营养品质的影响

2.1.1 对维生素 C(VC)含量的影响 由表 1 可以看出,苦瓜初果期 VC 含量在水分处理间差异不显著,盛果期和末果期各处理间 VC 含量的差异达显著水平,含量分别为中水>低水>高水,说明中水条件适宜于 VC 含量积累;横向来看,初果期果实 VC 含量最低,随着结果进程持续,VC 含量峰值出现在盛果期。3 种土壤水分条件下 VC 含量时期均差异显著,表现为盛果期>末果期>初果期。

2.1.2 对可溶性蛋白质含量的影响 苦瓜初果期和盛果期可溶性蛋白质含量均表现出基本一致的规律(表 1),中水最高,而高水和低水处理间无显著差异;末果期各处理之间含量差异显著,表现为中水>低水>高水;高水和中水的可溶性蛋白质含量动态变化总体均表现为“先升后降”趋势,其中,高、中水处理初果期和末果期差异不显著;而值得一提的是,低水处理的各时期蛋白质含量变化均不显著,基本维持在稳定的水平。

2.1.3 对可溶性糖含量的影响 纵向比较显示,初果期可溶性糖含量为低水>中水>高水,盛果期为中水>低水>高水,末果期中低水处理差异不显著,但均显著高于高水处理;横向来看,随着结果时期持续,可溶性糖含量表现出不同程度的上升趋势,末果期>盛果期>初果期,且每个水分处理可溶糖含量的时期均达差异显著,表明高水和初果期都不利于可溶性糖的积累(表 1)。

2.1.4 对可溶性固形物含量的影响 可溶性固形物含量在初果期和末果期均表现为中、低水处理之间差异不显著,但均显著高于高水处理,而盛果期各处理间均有显著差异,可溶性固形物含量由高到低依次为低水>中水>高水,说明高水处理不利于可溶性固形物的形成;横向比较结果表明,初果期可溶性固形物含量最低,盛果期和末果期含量有不同程度升高,其中高水处理的含量一直增加,各结果期差异显著,而中水和低水处理在结果期和末果期含量增加不显著(表 1)。

2.2 不同土壤水分处理对不同结果期产量累计动态的影响

由图 2 可以看出,中水和低水处理产量差异不显著,但均极显著高于高水处理($P < 0.01$)。高水处理对总产量的时期贡献率依次为初果期 34.9%,盛果期 46.7%,末果期 18.4%;中水处理对总产量的时期贡献率为初果期 22.9%,盛果期 46.7%,末果期 30.4%;低水

表 1 不同土壤水分对苦瓜不同结果时期果实营养品质的影响

Table 1 Effect of different SWC on nutritional quality content under different fruiting stage

营养品质指标 Nutritional quality index	土壤水分含量 SWC/%	结果时期 Fruiting stage		
		初果期 Early fruit stage	盛果期 Full fruit stage	末果期 Late fruit stage
维生素 C 含量 Vitamin C content/mg · kg ⁻¹	90~100	474.2 ± 8.9(a)c	648.8 ± 8.9(c)a	568.3 ± 8.7(c)b
	70~80	463.8 ± 9.8(a)c	687.2 ± 9.0(a)a	661.4 ± 11.2(a)b
	50~60	473.4 ± 7.7(a)c	666.9 ± 9.6(b)a	639.2 ± 10.4(b)b
可溶性蛋白质含量 Soluble protein content/mg · g ⁻¹	90~100	10.08 ± 0.72(b)b	11.29 ± 0.62(b)ab	9.02 ± 0.63(c)bc
	70~80	12.19 ± 0.65(a)b	14.23 ± 0.95(a)a	12.91 ± 0.87(a)b
	50~60	10.83 ± 0.85(b)a	11.56 ± 0.51(b)a	11.10 ± 0.94(b)a
可溶性糖含量 Soluble sugar content/mg · g ⁻¹	90~100	7.41 ± 0.48(c)c	9.56 ± 0.20(c)b	10.49 ± 0.27(b)c
	70~80	8.53 ± 0.31(b)c	11.96 ± 0.32(a)b	13.24 ± 0.25(a)a
	50~60	9.58 ± 0.32(a)c	11.23 ± 0.39(b)b	13.32 ± 0.26(a)a
可溶性固形物含量 Soluble solid content/%	90~100	2.77 ± 0.06(b)c	3.30 ± 0.10(c)b	3.83 ± 0.06(b)a
	70~80	3.00 ± 0.00(a)b	4.00 ± 0.00(b)a	4.07 ± 0.06(a)a
	50~60	3.07 ± 0.06(a)b	4.23 ± 0.06(a)a	4.13 ± 0.06(a)a

注：“±”后数值表示标准误；不同小写字母表示差异达 5% 显著水平；括号里字母表示纵向比较，括号外字母表示横向比较。

Note: The symbol of “±” present standard error. Data with different normal letters within the same column are significantly different at 0.05 level according to LSD test. The letters in bracket present in vertical comparison, the letters after the bracket present in horizontal comparison.

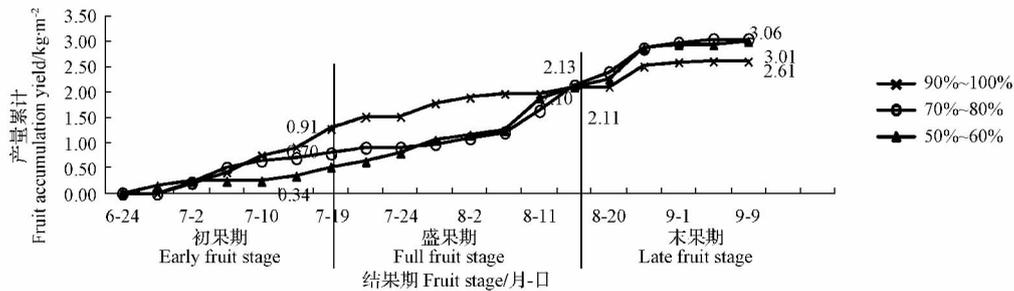


图 2 不同土壤水分处理对不同结果期产量累计动态的影响

Fig 2 Effect of different SWC on fruit accumulation yield of different fruit stage

处理对总产量的时期贡献率为初果期 11.3%，盛果期 58.5%，末果期 30.2%。可以看出，高水处理的产量形成主要集中在初果期和盛果期，占总产的 81.6%，表现出明显的早衰趋势，是造成产量相对较低的原因；而中水和低水处理均表现为初果期产量较低，但盛果期和末果期产量贡献率分别达 77.1% 和 88.7%，结果中后期均表现出强而持久的产量，导致总产高于高水处理。

3 讨论与结论

苦瓜喜湿喜温但不耐涝^[15]，相对于初果期、盛果期的环境温度升高，同时大气相对湿度达最高值(图 1)，适宜的温、湿环境有利于生长发育，使得果实合成碳水化合物等营养物质的能力增强^[6,16]，具体表现为盛果期果实维生素 C、可溶性蛋白质，可溶性固形物含量高于初果期和末果期。初果期 VC 含量在水分处理间差异不显著，可能是此期 VC 对水分响应不敏感，更深入的有关于

果实 VC 影响机制有待于进一步研究。值得一提的是，该研究中可溶性糖含量在整个结果期一直增加显著，且各时期水分处理之间差异显著，说明果实可溶性糖能够作为一种渗透调节物质，在不同胁迫程度的不同时期得以反应，这和李国芸^[16]在烟草上的研究结果相一致。

品质和产量对水分效应有所不同，高水环境下造成过早的旺盛生长，光合产物更早、更多分配到果实的同时，土壤高湿环境也造成了根系早衰，植株生理功能不协调^[17]，最后表现为产量下降，果实可溶性蛋白质，可溶性固形物和可溶性糖含量降低；中等土壤水分却能够更好的协调了大气温、湿环境，促进根系发育，有利于植株营养和生殖的合理平衡分配^[9]，表现出中、低水处理产量相对持久稳定，综合营养品质得以提高，这进一步证明了韩瑞峰^[18]关于同属作物甜瓜的研究结果。

综上所述，盛果期苦瓜果实品质普遍优于初果期和

未果期,50%~60% SWC和70%~80% SWC虽都能显著提高苦瓜果实产量,但70%~80% SWC更有利于品质改善,90%~100% SWC造成苦瓜早衰减产,果实品质明显降低。研究认为70%~80% SWC最有利于苦瓜节水、高产和改善品质。

参考文献

- [1] 全国农业技术推广服务中心. 冬瓜西葫芦苦瓜周年生产配套技术[M]. 北京:中国农业出版社,2000:2-3.
- [2] 向长萍,谢军,聂启军,等. 23个苦瓜品种(系)农艺性状的主成分分析[J]. 华中农业大学学报,2001,20(4):378-381.
- [3] 孟焕文,程智慧. 温室大棚佛手瓜、丝瓜、苦瓜栽培新技术[M]. 杨凌:西北农林科技大学出版社,2009:127-129.
- [4] 高安辉,蔡永强,张兴无,等. 苦瓜品种的比较试验研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(32):14055-14057.
- [5] 柯传勇. 不同水分处理对水稻生长、产量及品质的影响[D]. 武汉:华中农业大学,2010.
- [6] 彭强. 遮阳与土壤水分对结果期辣椒果实及叶片生理特性的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [7] 孙丽萍,温永刚,王树忠,等. 灌水量对日光温室黄瓜水分分配及硝态氮转移的影响[J]. 中国农业大学学报,2012,17(1):93-99.
- [8] 何华,杜社妮,梁银丽,等. 土壤水分条件对温室黄瓜需水规律和水分利用的影响[J]. 西北植物学报,2003,23(8):1372-1376.
- [9] 翟胜,梁银丽,王巨媛,等. 干旱半干旱地区日光温室黄瓜水分生产函数的研究[J]. 农业工程学报,2005,21(4):136-139.
- [10] 吴锡平,罗林坤. 中国苦瓜研究文献的计量分析[J]. 农业图书情报学刊,2006,18(6):151-154.
- [11] Perla V, Jayanty S S. Biguanide related compounds in traditional antidiabetic functional foods[J]. Food Chemistry,2013(138):1574-1580.
- [12] 邱红. 苦瓜总皂苷提取方法及高皂苷苦瓜品种筛选研究[D]. 泰安:山东农业大学,2008.
- [13] Krawinkel M B, Keding G B. Bitter Gourd (*Momordica charantia*): a dietary approach to hyperglycemia[J]. Nutrition reviews,2006,64(7):331-337.
- [14] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安:世界图书出版公司,2000:138,142,162.
- [15] 张振贤,俞景权,于贤昌,等. 蔬菜栽培学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2003:196.
- [16] 李国芸. 水分胁迫对香料烟生理特性及品质的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2008.
- [17] 于红梅,李子忠,龚元石,等. 传统与优化水氮管理对蔬菜土壤氮素损失与利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2007,23(2):54-59.
- [18] 韩瑞锋. 水分对温室甜瓜生长、光响应特性及果实品质的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2011.

The Response of Fruit Nutritional Quality and Yield of Bitter Melon to Soil Moisture and Fruiting Stage

LI Wen-ping¹, LIANG Yin-li^{1,2}, BAO Tian-li¹

(1. Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resource, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Taking bitter melon (*Momordica charantia* L. var 'Lanshan Dabai') as material, three soil water content treatments (SWC) were designed as 50%~60%, 70%~80%, 90%~100% of relative to the percentage of field water capacity, the SWC during different fruiting (early fruit stage, full fruit stage, late fruit stage) stages and yield of bitter melon under rain shelter were studied. The results showed that, 70%~80% SWC was benefit for vitamin C content, soluble sugar content and soluble protein content, while the 50%~60% SWC was benefit for soluble solid content; Three SWC treatments had the same trends of nutritional quality changes; vitamin C content, soluble protein content reached maximum content at full fruit stage, soluble sugar content reached maximum content at late fruit stage, while soluble solid content reached maximum content at both full and late fruit stage under 50%~60% SWC and 70%~80% SWC; In terms of fruit yield, 50%~60% SWC and 70%~80% SWC treatments were not significant difference, but both of them were significantly higher than 90%~100% SWC. The nutritional quality of full fruit stage was always better than other stage, and 70%~80% SWC was benefit for the quality and yield of bitter melon.

Key words: bitter melon; soil water content (SWC); fruiting stage; nutritional quality; fruit yield