

# 栽培方式与土壤水分对黄瓜产量、品质及水分利用效率的影响

张朝文<sup>1</sup>, 梁银丽<sup>1,2</sup>, 王科锋<sup>1</sup>, 穆兰<sup>2</sup>, 石国华<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学 林学院, 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:**以津春四号黄瓜为试验材料,研究了不同栽培方式(日光温室(G),遮雨棚(S))及土壤水分条件(土壤含水率分别为田间持水量的60%~70%(W<sub>1</sub>)和90%~100%(W<sub>2</sub>))对黄瓜产量、品质和水分利用效率(WUE)的影响。结果表明:(1)低水条件下,植株根冠比较大,但生物量、产量较低。耗水量随土壤含水率上升而增加,含水率较低的土壤有利于WUE提高幅度较大;日光温室植株根冠比较小,生物量和产量高于遮雨棚;(2)较低的土壤含水率利于果实品质提高,其维生素C(V<sub>c</sub>)、可溶性糖、可溶性蛋白质和可溶性固形物含量较高;遮雨棚内黄瓜营养品质优于日光温室内的黄瓜。

**关键词:** 黄瓜; 产量; 品质; 水分利用效率

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)02-0091-04

中图分类号: S642.2

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.02.020

## Effects of Cultivation Modes and Soil Moisture on Yield and Quality of Cucumber and Its Water Use Efficiency

ZHANG Chao-wen<sup>1</sup>, LIANG Yin-li<sup>1,2</sup>, WANG Ke-feng<sup>1</sup>, MU Lan<sup>2</sup>, SHI Guo-hua<sup>1</sup>

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The experiment was performed with the two cultivation modes of solar greenhouse(G) and rain protection shed(S) in two soil moisture levels(soil relative water contents of 60%~70% and 90%~100%). The No. 4 Jinchun cucumber was selected to investigate the effects of cultivation modes and soil moisture on yield and quality of cucumber and its water use efficiency. Results showed that: (1) Water consumption increased with increasing soil moisture content. Lower soil moisture was helpful for improving water use efficiency(WUE). Under lower soil moisture, the root-shoot ratio was higher, but plant biomass and crop yields were lower. The root-shoot ratio in solar greenhouse was lower. Plant biomass and crop yield in solar greenhouse were higher than those in rain protection shed. (2) Lower soil moisture was beneficial to improving cucumber quality, and vitamin C(V<sub>c</sub>), soluble sugar, protein content and soluble solid content were higher. As for the nutrition quality, rain protection shed gave a better quality than solar greenhouse.

**Keywords:** cucumber; yield; quality; water use efficiency

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)是我国广大地区农业生产中的主要蔬菜作物之一。由于种植黄瓜效益高以及日光温室、塑料大棚等各种栽培方式的广泛应用,其栽培面积也不断扩大,并且在周年蔬菜供应中占有重要的地位<sup>[1]</sup>。随着经济的快速发展,人们的蔬菜消费水平也不断提高,已经由单求简单的数量,发展到越来越重视蔬菜的营养品质。

提高黄瓜生产的经济效益,要从增加产量入手。黄瓜是对水分敏感且耗水量较多的蔬菜,在生长发育期间需多次灌水,其水分的供应状况对其生长发育、产量和生产效益有很大影响,成为黄瓜优质、高效和高产的关键因素。目前,有关不同水分条件对黄瓜产量、品质和水分利用效率的影响已有部分研究,郭生虎等<sup>[2]</sup>研究得出在滴灌条件下灌水量达到 563 mm

收稿日期:2013-05-13

修回日期:2013-05-29

资助项目:国家“十二五”科技支撑计划项目“西部城郊生态涵养高效农业模式研究与示范”(2014BAD14B006)

作者简介:张朝文(1986—),男(汉族),河南省林州市人,硕士研究生,研究方向为农业生态及作物生理生态。E-mail: bzd427@163.com。

通信作者:梁银丽(1957—),女(汉族),陕西省咸阳市人,博士,研究员,博士生导师,主要从事农业生态及作物生理生态研究。E-mail: liangyl@ms.iswc.ac.cn。

时完全能满足黄瓜水分需求。翟胜等<sup>[3]</sup>的研究表明,在温室盆栽条件下不同生育时期不同土壤水分条件对黄瓜蒸腾量和产量有明显影响,并提出黄瓜耗水规律、产量与水分之间的函数关系。李清明等<sup>[4]</sup>提出了温室黄瓜初花期较适宜的节水灌溉上限指标;毛学森<sup>[5]</sup>等研究了日光温室黄瓜亏缺灌溉对黄瓜产量和水分利用效率的影响,并提出相应的灌溉方案。何华<sup>[6]</sup>等提出了在日光温室条件下黄瓜在初瓜期、盛瓜期和生长后期应保持的土壤水分含量,实现了水分利用与产量的高效统一。黄瓜的栽培方式呈现多样化,在温室栽培条件下采用不同栽培措施,其品质有一定的差异性<sup>[7]</sup>。用有机土基质栽培,能有效增加黄瓜产量并提高黄瓜品质<sup>[8]</sup>。大田栽培条件下有机栽培的黄瓜产量较低,但其品质却最好<sup>[9]</sup>。而在遮雨棚条件下对黄瓜的研究多以盆栽为主<sup>[10]</sup>。不同栽培方式对黄瓜生长发育及产量影响的研究居多,但对其品质深入研究的较少。由于黄瓜种植的利润较高,价格相对稳定,黄瓜的栽培面积,尤其是温室黄瓜的栽培面积会进一步增加。有关不同水分条件对黄瓜产量、品质和水分利用效率的研究已有了大量报道,而不同栽培方式及土壤水分处理对其影响的研究还较少。本文通过研究不同栽培方式与土壤水分条件对黄瓜产量、品质和水分利用效率的影响,以为黄瓜优质高产高效生产提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验区概况

试验研究于 2012 年 4—8 月在陕西省杨凌示范区西北农林科技大学水土保持研究所试验场日光温室及其遮雨棚内进行。试验小区长 3.0 m,宽 2.4 m。相邻小区间用深埋 60 cm 的隔水膜隔开,防止水分侧渗。试验地土质为黑垆土,田间持水率为 24%,密度为 1.26 g/cm<sup>3</sup>,有机质为 18.2 g/kg,碱解氮为 85 mg/kg,速效磷为 25.0 mg/kg,速效钾为 216 mg/kg,pH 值为 7.9。采用日产小型气象自动记录仪 HOBO 对 1.5 m 高度处大气温度和大气相对湿度进行动态监测。黄瓜整个生育期日光温室和遮雨棚内的温湿度如图 1 所示。

### 1.2 试验设计

供试品种为津春 4 号,栽培方式为日光温室(G)和遮雨棚(S)。采用营养钵育苗,4 月 15 日定植,5 月 3 日进行水分处理。小区内株距为 30 cm,行距为 60 cm。每小区分别施入尿素(含 N 量≥46.4%),磷酸二铵(N≥15.0%,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>≥42.0%),农用硫酸钾(K<sub>2</sub>O≥50.0%)各 54 g 作基肥,分别于 5 月 18 日和 6

27 日按此量追施化肥。试验设 2 个水分水平,土壤含水率分别为田间持水率的 60%~70%(W<sub>1</sub>)和 90%~100%(W<sub>2</sub>),试验共计 4 个处理(GW<sub>1</sub>,GW<sub>2</sub>,SW<sub>1</sub>,SW<sub>2</sub>),每个处理重复 3 次。控水前各处理灌水量保持一致。

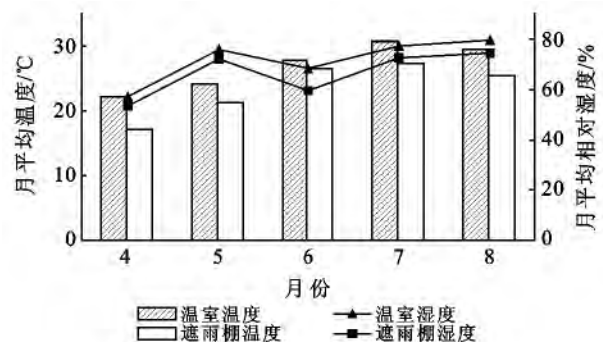


图 1 黄瓜生育期日光温室/遮雨棚的温湿度

### 1.3 测试项目及方法

1.3.1 补水量的确定 生长期内每 7 d 左右,采用 TDR(time domain reflectometer)测定一次 0—40 cm 土壤水分,并每 15 d 用土壤烘干法校对土壤含水率。当土壤含水率低于设定的土壤含水率下限时按照上限补灌,用水表控制灌水量。分别统计各小区耗水量。计算补水量,公式为:

$$M=S \cdot H \cdot R(W_a-W_b)$$

式中: $M$ ——灌溉量(m<sup>3</sup>); $S$ ——小区面积; $H$ ——灌溉计划湿润层深度, $H=40$  cm; $R$ ——土壤密度(g/cm<sup>3</sup>); $W_a$ ——田间持水率的 60%~70%和 90%~100%; $W_b$ ——实际测得含水率(%)<sup>[11]</sup>。

1.3.2 产量及生物量的测定 对每个小区做动态记录,最后求出黄瓜总产量。依据产量和耗水量,计算水分利用效率(水分利用效率=产量/耗水量);取植株地上部和根系,挖取根系时,取长、宽和深均为 40 cm 的土块,置于网袋中,用去离子水冲洗干净。采用烘干称重法测定地上茎叶部干重和地下根部干重。并计算根冠比,根冠比=地下根部干重/地上茎叶部干重。

1.3.3 品质的测定 黄瓜果实各项营养品质指标分别于 6 月 9 日和 7 月 6 日测定,每次测定重复 3 次。每小区分别选取长势均匀、生理成熟度相一致的成熟黄瓜果实,用榨汁机榨成匀浆,测定果实品质。采用钼蓝比色法<sup>[12]</sup>测定维生素 C(V<sub>c</sub>)含量,采用蒽酮比色法<sup>[12]</sup>测定可溶性糖含量,采用紫外吸收法<sup>[12]</sup>测定可溶性蛋白质含量,可溶性固形物含量采用 PRO-101 型糖度计测定。用 Excel 软件进行数据整理,用 DPS 7.05 软件进行数据方差分析,用 LSD 法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 产量与水分利用效率

生育期黄瓜产量、耗水量及水分利用效率计算结果详见表 1。由表 1 可以看出,在相同栽培方式下,土壤水分较高的处理产量和耗水量高于低水处理,表现为  $GW_2 > GW_1$ ,  $SW_2 > SW_1$ ,但其水分利用效率却随着灌水量的增加而降低;在相同水分条件下,日光温室的产量和水分利用效率比遮雨棚的高,表现为  $GW_1 > SW_1$ ,  $GW_2 > SW_2$ ,但其耗水量却呈相反趋势。

表 1 各处理整个生育期的产量、耗水量及水分利用效率

处理	产量/ ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )	耗水量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$ )	水分利用效率 WUE/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )
GW <sub>1</sub>	9.56±0.12b	0.29±0.01d	32.97±0.15a
GW <sub>2</sub>	12.37±0.12a	0.47±0.02b	26.32±0.16b
SW <sub>1</sub>	5.23±0.14d	0.32±0.01c	16.34±0.07c
SW <sub>2</sub>	7.34±0.01c	0.53±0.02a	13.85±0.05d

注:同列不同小写字母表示处理间差异在 5% 显著水平,数据以平均值±标准误表示。下同。

### 2.2 栽培方式和水分处理对黄瓜根冠比的影响

黄瓜茎秆和叶片生长发育所需营养物质由根系来提供,而根系的发育与土壤水分密切相关。由表 2

可知,在相同栽培方式下,土壤水分较高的处理茎叶部干重、根部干重要高于低水处理,差异显著,表现为  $GW_2 > GW_1$ ,  $SW_2 > SW_1$ ,其根冠比却随着灌水量的增加而降低;在相同水分条件下,日光温室的茎叶部和根部干重要比遮雨棚的高,差异显著,表现为  $GW_1 > SW_1$ ,  $GW_2 > SW_2$ ,其根冠比却呈相反趋势。

表 2 栽培方式及水分处理对黄瓜根冠比的影响

处理	地上茎叶干重	地下根系干重	根冠比
GW <sub>1</sub>	20.82±0.29c	0.65±0.03c	0.0312±0.01b
GW <sub>2</sub>	26.41±0.29a	0.77±0.02a	0.0292±0.02d
SW <sub>1</sub>	17.29±0.07d	0.58±0.02d	0.0335±0.00a
SW <sub>2</sub>	23.54±0.40b	0.71±0.01b	0.0302±0.00c

### 2.3 栽培方式及水分处理对黄瓜品质的影响

#### 2.3.1 相同栽培方式下水分处理对黄瓜品质的影响

由表 3 可看出,在相同栽培方式的不同水分处理下可溶性糖、蛋白质、 $V_c$  含量、可溶性固形物随着土壤含水率的增加而降低。不同处理间差异显著,表现为  $GW_1 > GW_2$  和  $SW_1 > SW_2$  的趋势。两次测定结果表明不同土壤水分处理对果实品质的影响基本相同,在趋势上表现一致性。水分亏缺使果实水分含量降低,可溶性糖含量增加,而充分灌溉使果实水分含量较高,可溶性糖含量减少,即低水灌溉提高了果实的品质。

表 3 栽培方式及水分处理对黄瓜品质的影响

日期	处理	$V_c/(10^{-2} \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1})$	蛋白质/( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )	可溶性糖/( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )	可溶性固形物/%
20120609	GW <sub>1</sub>	12.32±0.04c	1.52±0.01b	13.3±0.01c	3.30±0.06c
	GW <sub>2</sub>	9.42±0.09d	1.41±0.02c	11.7±0.01d	3.13±0.03d
	SW <sub>1</sub>	19.58±0.05a	1.65±0.01a	15.4±0.01a	3.67±0.03a
	SW <sub>2</sub>	12.63±0.12b	1.55±0.01b	14.2±0.01b	3.57±0.03b
20120706	GW <sub>1</sub>	10.25±0.05c	2.70±0.01c	15.4±0.00b	3.50±0.06c
	GW <sub>2</sub>	9.60±0.01d	2.56±0.01d	14.6±0.01c	3.27±0.07d
	SW <sub>1</sub>	18.45±0.01a	3.22±0.01a	17.7±0.01a	4.33±0.03a
	SW <sub>2</sub>	12.87±0.03b	2.89±0.01b	15.7±0.01b	4.17±0.03b

#### 2.3.2 相同水分条件下栽培方式对黄瓜品质的影响

由表 3 可以看出,在相同水分条件下,不同栽培方式对蔬菜品质的影响达到显著差异。遮雨棚条件下的可溶性糖、蛋白质、 $V_c$  含量、可溶性固形物与温室相比呈现显著性,处理间差异显著,表现为  $SW_1 > GW_1$ ,  $SW_2 > GW_2$  的趋势。两次测定结果表明不同栽培方式对果实品质的影响基本相同,在趋势上表现一致性,遮雨棚内栽培比温室栽培的品质要好。

## 3 结论

黄瓜需水量较大,在相同栽培方式下,土壤含水率的增加有利于产量的提高,耗水量随土壤含水率上升而增加。黄瓜生物量(地上、地下部干重)也随着土

壤含水率增加而增加,说明较高的土壤含水率对其产量形成和生物量的累积具有明显的促进作用,但是其根冠比却随着土壤含水率的增加而降低<sup>[13]</sup>。因而土壤水分不足对地上部分的影响比对根系的影响大,使根冠比增大。较低的土壤含水率利于水分利用效率和果实品质提高, $V_c$ 、可溶性糖、可溶性蛋白质含量和可溶性固形物较高。可见不同的灌水量对黄瓜产量和品质有显著影响<sup>[14]</sup>。随着灌水量的增加,黄瓜产量有所提高,但水分利用效率则随之下落,黄瓜品质亦有下降的趋势,这与王新元等人<sup>[15]</sup>的结论一致。在相同水分条件下,日光温室黄瓜的产量和生物量高于遮雨棚,可能是由于温室条件下生长环境相对稳定,生物量和产量明显升高。但是从营养品质上比

较,遮雨棚内黄瓜的品质优于日光温室,由于温室的密闭效应,温室内的空气相对湿度比较高,温室内光合有效辐射 PAR 为 700~850  $\mu\text{mol}/(\text{m}^{-2} \cdot \text{s})$ ,较遮雨棚降低了 7.8%~12.4%,弱光逆境是导致温室黄瓜品质下降的一个主要因素,可经常清洁棚膜保持表面清洁,采取辅助光源以及更新透光性良好的新型薄膜等有效措施改良其品质。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 程智慧. 蔬菜栽培学各论[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [2] Guo Shenghu, Kong Dejie, Zhang Yuanpei, et al. Effects of different irrigation amounts on water consumption and water use efficiency of greenhouse cucumber[J]. *Agricultural Science & Technology*, 2010, 11(9):217-220.
- [3] 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.
- [4] 李清明,邹志荣,郭晓冬,等. 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:自然科学版*, 2005, 33(4):47-51, 56.
- [5] Mao Xuesen, Liu Mengyu, Wang Xinyuan, et al. Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the North China Plain [J]. *Agricultural Water Management*, 2003, 61(3): 219-228.
- [6] 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.
- [7] 张屹东,李秀杰,张志勇,等. 栽培方式对黄瓜品质的影响[J]. *河南农业科学*, 2001(12):22-23.
- [8] 贺超兴,舒海波,张志斌. 有机土基质栽培方式影响温室黄瓜产量品质的研究[J]. *江西农业学报*, 2010, 22(7): 56-59, 68.
- [9] 蔡莉莉,严少华,孙连飞,等. 三种不同栽培方式下黄瓜产量和品质及土壤养分的研究[J]. *上海农业学报*, 2008, 24(4):51-54.
- [10] 廖凯,范兴科. 黄瓜初花期适宜灌溉控制指标研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2011, 29(3):48-52.
- [11] 曾睿,梁银丽,要晓玮,等. 不同水分条件下温室番茄土壤呼吸变异性分析[J]. *灌溉排水学报*, 2011, 30(6): 111-114.
- [12] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 陕西西安:世界图书出版公司,2000.
- [13] 翟胜,梁银丽,王巨媛,等. 土壤水分对日光温室黄瓜生长发育及光合特性的影响[J]. *中国农学通报*, 2005, 21(2):187-191.
- [14] 张自坤,刘作新,张颖,等. 日光温室黄瓜地下滴灌灌溉制度的试验研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2008, 26(6): 76-81.
- [15] 王新元,李登顺,张喜英. 日光温室冬春茬黄瓜产量与灌水量的关系[J]. *中国蔬菜*, 1999(1):18-21.
- [7] Lieth H. Modeling the primary productivity of the world [J]. *Nature and Resources*, 1972, 8(2):5-10.
- [8] Lieth H, Box E. Evapotranspiration and Primary Productivity[C] // Thornthwaite W. Memorial Model, Publications in Climatology. New Jersey: C W Thornthwaite Associates, 1972:37-46.
- [9] Uchijima Z, Seino H. Agroclimatic evaluation of net primary productivity of natural vegetations (1): Chikugo model for evaluating net primary productivity[J]. *Journal of Agricultural Meteorology*, 1985, 540(4): 343-352.
- [10] 朱志辉. 自然植被净初级生产力估计模型[J]. *科学通报*, 1993, 38(15):1422-1426.
- [11] 周广胜,张新时. 自然植被净第一性生产力模型初探[J]. *植物生态学报*, 1995, 19(3):193-200.
- [12] 郑元润,周广胜,张新时,等. 农业生产力模型初探[J]. *植物学报*, 1997, 39(9):831-836.
- [13] Lin Huilong. A new model of grassland net primary productivity(NPP) based on the integrated orderly classification system of grassland[C]. Xi'an: The 6th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2009:52-56.
- [14] 刘勇洪,权维俊,高燕虎. 华北植被的净第一生产力研究及其时空格局分析[J]. *自然资源学报*, 2010, 25(4): 564-573.
- [15] 李小燕,任志远,张翀. 陕南气温变化时空分布研究[J]. *资源科学*, 2012, 25(4):564-573.
- [16] 魏伟,石培基,赵军. 石羊河流域海拔、植被覆盖与景观类型空间关系研究[J]. *干旱区地理*, 2012, 35(1):91-98.
- [17] 陈鹏翔,毛炜峰. 基于 GIS 的新疆气温数据栅格化方法研究[J]. *干旱区地理*, 2012, 35(3):438-445.
- [18] 李晶,任志远. 基于 GIS 的陕北黄土高原土地生态系统固碳释氧价值评价[J]. *中国农业科学*, 2011, 44(14): 2943-2950.
- [19] 朱文泉. 中国陆地生态系统植被净初级生产力遥感估算及其与气候变化关系研究[D]. 北京:北京师范大学, 2005.
- [20] 刘宪锋,任志远. 西北地区植被覆盖变化及其与气候因子的关系[J]. *资源科学*, 2012, 45(10):1954-1963.
- [21] 王芳,卓莉,陈建飞. 2000—2006 年广东省农田生物质能时空变化遥感分析[J]. *地理研究*, 2010, 29(12): 2223-22232.
- [22] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,2002.