

土壤水分对日光温室西葫芦耗水量及产量的影响^{*}

熊亚梅¹, 梁银丽^{1,2}, 贺丽娜¹, 周茂娟¹, 陈甲瑞¹, 杜社妮^{1,2}, 翟 胜³

(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;

3. 聊城大学环境与规划学院, 山东聊城 252059)

摘 要: 在日光温室中研究了不同土壤水分条件对西葫芦耗水量、产量及水分利用效率的影响。结果表明, 在整个生育期, 西葫芦总耗水量随土壤含水量的增大而增大。土壤相对含水量保持在 90%~100% 时, 耗水量最大, 为 8 668.25 m³/hm²。然而水分利用效率却最低, 仅为 39.7 kg/m³。相反, 土壤含水量下限为 70% (T3) 时, 耗水量虽不高, 产量却最高, 达到 352.4 t/hm², 叶片净光合速率和结瓜数也最大, 水分利用效率也相应最大, 达到了 66.1 kg/m³。综合考虑产量构成诸因子和水分利用效率, 认为过量灌溉对提高西葫芦产量并不利, 合理利用水资源, 土壤水分控制在田间持水量的 70%~80% 较适宜。

关键词: 西葫芦; 日光温室; 产量; 耗水量; 水分利用效率

中图分类号: S642.6

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2007)03-0141-04

The Effect of Soil Moisture on Water Consumption and Yields of Summer Squash in Solar Greenhouse

XIONG Ya-me¹, LIANG Yin-li^{1,2}, HE Li-na¹, ZHOU Mao-juan¹,
CHEN Jia-rui¹, DU She-ni^{1,2} and ZHAI Sheng³

(1. Northwest A & F University, Yangling Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese

Academy of Sciences and Ministry of Water Resource, Yangling Shaanxi 712100, China; 3. College of

Environment and Programming, Liaocheng University, Liaocheng Shandong 252059, China)

Abstract: Water consumption, yields and WUE (water use efficiency) of summer squash (*Cucurbita pepo*) under different water conditions were studied in solar greenhouse. The results showed that, during the whole growth, the total amount of water consumption got higher with the increase of soil moisture. Under 90%~100% relative soil moisture, the the total water consumption was highest, up to 8 668.25 m³/hm². However, WUE took on opposite trend, only was 39.7 kg/m³. On the contrary, under 70%~80% (T3) relative soil moisture, yield, net photosynthesis rate and the amount of fruit were highest, WUE was also highest, up to 66.1 kg/m³. Considered systematically from all parts of yield form and WUE, under 70%~80% relative soil moisture, both were suitable. It concluded that too much irrigation was not good to improve yield, in order to utilize water resources reasonably, soil water content should be controlled under 70%~80% of field water content.

Key words: Summer squash; Solar greenhouse; Yield; Water consumption; Water use efficiency

随着我国综合国力和人民生活水平的提高, 人们对新鲜蔬菜全年均衡供应的要求越来越迫

切, 因而发展温室生产和促成蔬菜反季节栽培技术逐渐成为农业相关学科研究的一个新兴的重要

^{*} 收稿日期: 2006-10-12 修回日期: 2007-01-09

基金项目: 中国科学院知识创新项目 (KZCX2-XB2-05-01); 国家科技支撑项目 (2006BAD09B07); 中国科学院安塞站和中国科学院水土保持研究所领域前沿项目 (SW04302) 资助。

作者简介: 熊亚梅 (1979-), 女, 生态学硕士。主要从事农业生态以及作物生态生理研究。电话: 029-87012227; 传真: 029-87012210; Email: yamei0993@163.com

课题。

西葫芦(*Cucurbita. pepo*)别名笋瓜、搅瓜,原产于美洲南部,又称美洲南瓜。其嫩果不论炒食、作馅或作汤都很可口,富含人体所需的无机盐、蛋白质和各种维生素,营养比较丰富,深受广大城乡居民的喜爱。日光温室西葫芦的种植面积在瓜类蔬菜中仅次于黄瓜(*Cucumis sativus* L.),已经成为日光温室生产的主要栽培蔬菜之一,在人们日常生活中具有举足轻重的地位^[1]。许多学者对黄瓜进行了较为详尽的研究,阐述了土壤水分对日光温室黄瓜产量及水分利用效率的影响^[2,3]。也有学者针对温度和水分对西葫芦结瓜习性、产量及品质影响和 CO₂ 浓度对西葫芦生长及产量的影响方面做了初步研究^[4,5],指出西葫芦对水分较敏感,灌水量与产量的关系很密切,大棚栽培西葫芦提高膨瓜率在整个生长过程中都要以提高土壤水分为主^[5]。就土壤水分对日光温室西葫芦产量及水分利用效率的影响方面尚未涉足。为此,本文设置 5 个不同土壤水分处理,探讨了不同水分条件对西葫芦耗水量和产量的影响,以期 为日光温室西葫芦生产中水分管理提供可靠的理论依据与技术指标。

1 材料与方法

试验于 2006 年 2~6 月在位于陕西杨凌的中国科学院水利部水土保持研究所日光温室内进行。供试西葫芦品种为特选早青。2006 年 2 月 22 日开始营养钵育苗,于 3 月 18 日定植。温室顶部覆盖无滴聚乙烯薄膜,室内温、湿度变化曲线见图 1、图 2。供试土壤理化性质:有机质 10.5 g/kg,全氮 0.57 g/kg,碱解氮 37.0 mg/kg,速效磷 2.2 mg/kg,速效钾 129.3 mg/kg,pH 8.1,田间持水量 26%。试验共设 5 个水分处理(表 1),每处理重复 3 次。小区种植面积 7.8 m²,行距 0.60 m,株距 0.25 m。各试验小区间埋设 50cm 深塑料膜隔水层以防止水分横向渗透。供试西葫芦品种为早青一代。营养钵育苗,三叶期定植,定植后浇透水。待主蔓出现第一瓜时进行不同水分处理。灌水使用软管定量浇灌,灌水量用水表控制。其他管理按常规方法进行。根瓜重量达到 250 g 左右开始采收,即 5 月 11 日开始采收,6 月 26 日收获完毕。

测定指标及方法 ①净光合速率:分别于 5 月 9 日(初瓜期)、5 月 29 日(盛瓜期)、6 月 18 日

(末)瓜期使用 LI-6400 美国产便携式光合仪测定西葫芦叶片的净光合速率(Pn),每处理 9 片叶。②耗水量:每 5 d 测定 1 次土壤水分含量,用快速便携式测墒计 MPKit 进行测定。当土壤含水量接近处理含水量低限时进行补充灌水,灌水量达到处理含水量的高限。记录每次测定的土壤含水量,通过计算得出西葫芦每天耗水量。③产量:定期采收并记录西葫芦各区的结瓜数和果重,依据动态产量统计总产量。

表 1 西葫芦灌水试验设计
Table 1 Irrigation design of summer squash

处理 Treatment	T1	T2	T3	T4	T5
土壤相对含水量/% Relative soil moisture	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100

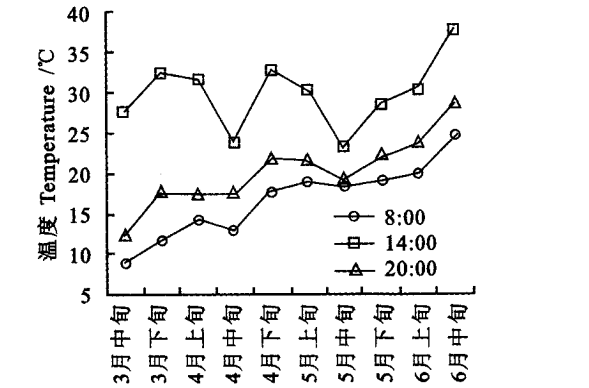


图 1 日光温室温度变化
Fig. 1 Temperature change in solar green-house

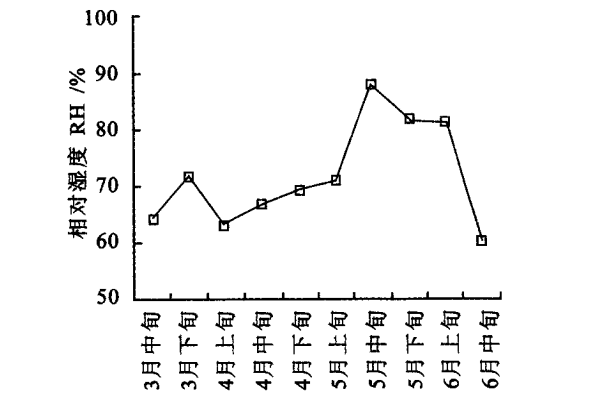


图 2 日光温室湿度变化
Fig. 2 Humidity change in solar green-house

耗水量计算 植物耗水量是指在整个生育期间,因植物蒸腾、土面蒸发而耗散的水量,可用水量平衡公式^[6]进行计算:

$$ET = I + Pe + G - S - \Delta W \quad (1)$$
$$\Delta W = W_t - W_0 \quad (2)$$

式中,ET—耗水量;I—灌水量;Pe—有效降雨量;G—地下水补给量;S—渗漏量;ΔW—土壤

储水变化量; W_0 —时段初的土壤储水量; W_t —时段末的土壤储水量(m^3/hm^2)。

由于本试验是在日光温室条件下进行,顶部盖有塑料大棚,有效降雨量 P_e 为零。且地下水位较深,西葫芦无法利用,故地下水利用量 $G=0$;水分补给属于局部灌溉,每次的灌水量小,没有深层渗漏发生($S=0$)。因此,上式可简化为:

$$ET = I - \Delta W$$

即西葫芦的耗水量实际为累计灌溉水量与土壤储水变化量的差值。

数据处理采用 SAS V8 数据处理软件。

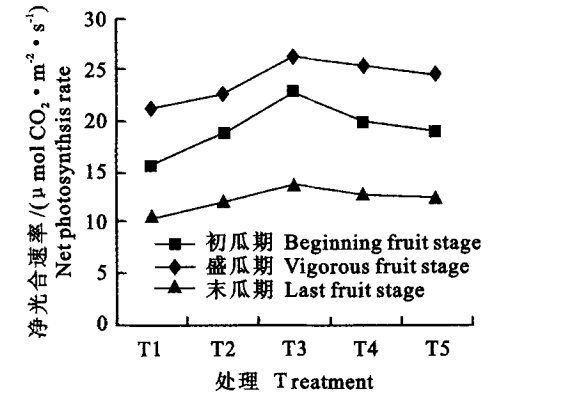


图 3 不同水分处理下日光温室西葫芦结瓜期叶片净光合速率变化

Fig. 3 The change of net photosynthesis rate in fruit stage under different water condition

2 结果与分析

2.1 不同水分处理下西葫芦结瓜期叶片净光合速率变化

西葫芦全生育期净光合速率的变化趋势与土壤湿度和植株生长速率的变化有一定的相关性^[7]。由图 3 可见,不同水分处理下西葫芦初瓜期、盛瓜期、末瓜期叶片净光合速率表现均为 $T_3 > T_4 > T_2 > T_5 > T_1$ 。说明西葫芦叶片的净光合速率是随着土壤含水量的变化而增减的,土壤含水量过高或过低都会导致其净光合速率减小,只有在土壤含水量适宜的情况下西葫芦的净光合速率才会达到最大值。末瓜期叶片净光合速率显然比盛瓜期和初瓜期的净光合速率都小,盛瓜期的最大,初瓜期次之。原因是初瓜期植株处于从营养生长向生殖生长转折的时期,生长量加大, P_n 随之增大。结果旺盛期,茎叶继续生长,同时连续大量结果,生长量达全生育期最大值,管理上土壤经常保持湿润状态,因此 P_n 最高。结果后期,温度过高,植株衰老,叶片发黄, P_n 也逐渐降至最

低。光合作用适宜的土壤相对湿度为 70%~80%。土壤过干(50%~60%、60%~70%)或过湿(80%~90%、90%~100%),都使 P_n 下降。

2.2 不同水分处理条件下西葫芦的耗水量

由图 4 可知,日光温室西葫芦的耗水量随水分处理水平的提高呈递增趋势,表现为 $T_5 > T_4 > T_3 > T_2 > T_1$,当土壤含水量升高到 90%~100%时,耗水量最大,达到 $8\,668.25\text{ m}^3/\text{hm}^2$;产量却呈波动变化,表现为 $T_3 > T_4 > T_5 > T_2 > T_1$,即土壤含水量在 70%~80%(T_3)时产量最高,达到 $352.4\text{ t}/\text{hm}^2$ 。

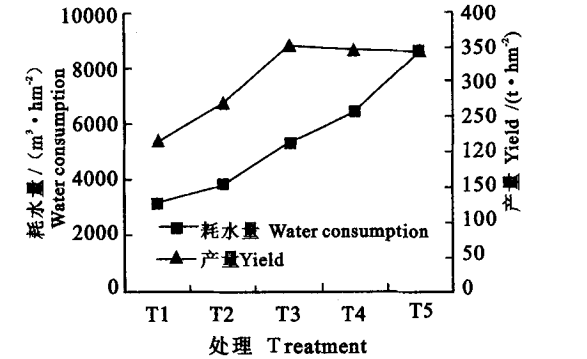


图 4 日光温室西葫芦耗水量与产量的关系

Fig. 4 Relation between water consumption and yield

表 2 温室西葫芦不同水分处理下的产量及其水分利用效率

Table 2 Yield and WUE of summer squash under different water condition

处理 Treatment	结瓜数 /个 No. of fruit	产量 /($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$) Yield	耗水量 /($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$) Water consumption	WUE /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
T1	44 d* D**	196.3 c C	3188.25 e E	61.6 c C
T2	54 c CD	241.2 b B	3858.25 d D	62.5 b B
T3	77 a A	352.4 a A	5328.25 c C	66.1 a A
T4	71 b AB	345.5 a A	6448.25 b B	53.6 d D
T5	69 b BC	344.2 a A	8668.25 a A	39.7 e E

2.3 不同水分处理对西葫芦产量及水分利用效率的影响

由表 2 得知, T_3 的结瓜数最多,产量也最大, T_4 次之。经方差分析表明,各处理间的差异显著。应用 Duncan 氏新复极差测验法^[8]对各处理的结瓜数和产量进行多重比较表明,各水分处理间差异显著, T_3 、 T_4 、 T_5 的产量显著高于 T_1 和 T_2 。西葫芦的结瓜数随土壤含水量的升高先增大后减小,水分利用效率趋势与之一致,当土壤含水量在 70%~80%时达到最大,之后随着灌水量的加大逐步降低。西葫芦的水分利用效率(WUE)指每消耗 1 m^3 水所生产的鲜果量,即:

$WUE = Y/ET$ 。由表 2 可看出,T3 的水分利用效率最高,达到了 66.1 kg/m^3 ,T2 的次之,高水处理 T5 的最低,仅为 39.7 kg/m^3 。说明过量的水不能被西葫芦结瓜充分利用,反而浪费了有限的水资源。

2.4 不同水分处理下西葫芦生物量的变化

由图 5 可见,西葫芦植株鲜重随灌水水平的升高呈显著递增趋势。土壤含水量从 $50\% \sim 60\%$ 升高到 $80\% \sim 90\%$ 时,鲜重呈平缓的递增趋势;土壤含水量升高到 $90\% \sim 100\%$ 时,鲜重急剧增加。与此同时,植株干重也呈递增趋势,但增长幅度不大。由此说明植株含水量受灌水水平高低的影响很大,灌水水平越高,植株含水量越大。结合西葫芦产量综合因子来看,土壤水分过低会抑制植株生长,过高反而造成植株徒长,透光透气性降低,净光合速率降低,消耗增加,都不利于结瓜。

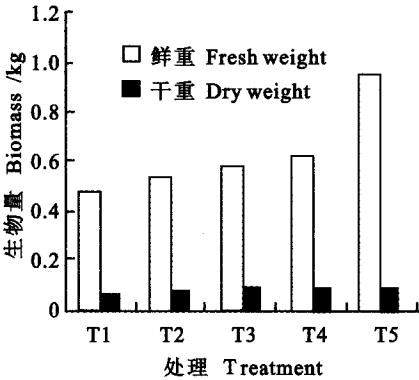


图 5 不同水分处理下西葫芦生物量的变化
Fig. 5 The change of biomass under different water condition

3 结论

水分是影响作物生长发育最主要的因子,合理的水分灌溉可以提高蔬菜的产量及水分利用效

率。试验结果表明,在整个生长期,耗水量随着灌水水平的升高而加大,产量却呈波动变化,先升高后降低。对于西葫芦综合产量而言,结瓜数最为重要,而结瓜数与单瓜重量关联度不大,原因是单瓜重量大,营养向果实转移较多,不能供给新开放雌花坐果需要,即使能够坐瓜,也不能膨大,造成化瓜,从而使单株结瓜数减少。从结瓜数、产量和水分利用效率三方面综合考虑,灌水过多不利于增产。当土壤含水量控制在 $70\% \sim 80\%$ 的水平范围内时,结瓜数最大,产量最高,水分利用效率也最佳。因此,在日光温室种植西葫芦,为实现节水、高产、高效的目标,适宜的土壤水分含量应控制在田间持水量的 $70\% \sim 80\%$ 。

参考文献:

[1] 杨春玲,吴国兴,孙克威.日光温室瓜类栽培新技术[M].北京:中国农业出版社,1996.83~114.

[2] 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.

[3] 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].北方园艺,2003,(4):20.

[4] 唐道城.温度和水分对西葫芦结瓜习性、产量及品质影响[J].北方园艺,2001,(3):22~23.

[5] 王冬良,王洪礼,吕国华.节能日光温室内 CO₂ 浓度对西葫芦生长及产量的影响[J].石河子大学学报(自然科学版),2000,4(2):122~127.

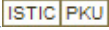
[6] 刘祖贵,段爱旺,吴海卿,等.水肥调配施用对温室滴灌番茄产量及水分利用效率的影响[J].中国农村水利水电,2003,(1):10~12.

[7] 高志奎,刘彦民,何俊萍,等.西葫芦光合作用特性[J].园艺学报,1996,23(3):305~306.

[8] 胡小平,王长发. SAS 基础及统计实例教程[M].西安:西安地图出版社,2001.77~81.

作者: [熊亚梅](#), [梁银丽](#), [贺丽娜](#), [周茂娟](#), [陈甲瑞](#), [杜社妮](#), [翟胜](#), [XIONG Ya-mei](#), [LIANG Yin-li](#), [HE Li-na](#), [ZHOU Mao-juan](#), [CHEN Jia-rui](#), [DU She-ni](#), [ZHAI Sheng](#)

作者单位: [熊亚梅, 贺丽娜, 周茂娟, 陈甲瑞, XIONG Ya-mei, HE Li-na, ZHOU Mao-juan, CHEN Jia-rui \(西北农林科技大学, 陕西杨凌, 712100\)](#), [梁银丽, 杜社妮, LIANG Yin-li, DU She-ni \(西北农林科技大学, 陕西杨凌, 712100; 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西杨凌, 712100\)](#), [翟胜, ZHAI Sheng \(聊城大学环境与规划学院, 山东聊城, 252059\)](#)

刊名: [西北农业学报](#) 

英文刊名: [ACTA AGRICULTURAE BOREALI-OCIDENTALIS SINICA](#)

年, 卷(期): 2007, 16 (3)

被引用次数: 4次

参考文献(8条)

1. [杨春玲](#); [吴国兴](#); [孙克威](#) [日光温室瓜类栽培新技术](#) 1996
2. [何华](#), [杜社妮](#), [梁银丽](#), [张成娥](#) [土壤水分条件对温室黄瓜需水规律和水分利用的影响](#)[期刊论文]-[西北植物学报](#) 2003 (8)
3. [翟胜](#); [梁银丽](#); [王巨媛](#) [土壤水分对日光温室黄瓜生长发育及光合特性的影响](#) 2003 (04)
4. [唐道城](#) [温度和水分对西葫芦结瓜习性、产量及品质影响](#)[期刊论文]-[北方园艺](#) 2001 (3)
5. [王冬良](#), [王洪礼](#), [吕国华](#) [节能日光温室CO₂浓度对西葫芦生长及产量的影响](#)[期刊论文]-[石河子大学学报\(自然科学版\)](#) 2000 (2)
6. [刘祖贵](#), [段爱旺](#), [吴海卿](#), [张寄阳](#), [王广兴](#) [水肥调配施用对温室滴灌番茄产量及水分利用效率的影响](#)[期刊论文]-[中国农村水利水电](#) 2003 (1)
7. [高志奎](#); [刘彦民](#); [何俊萍](#) [西葫芦光合作用特性](#) 1996 (03)
8. [胡小平](#); [王长发](#) [SAS基础及统计实例教程](#) 2001

本文读者也读过(10条)

1. [周志宇](#), [吴彩霞](#), [李雪瑞](#), [王斌](#), [张冈](#), [ZHOU Zhi-yu](#), [WU Cai-xia](#), [LI Xue-rui](#), [WANG Bing](#), [ZHANG Gang](#) [阿拉善飞播区沙拐枣利用率的研究](#)[期刊论文]-[草业科学](#)2006, 23 (9)
2. [罗照霞](#), [柴强](#), [LUO Zhao-Xia](#), [CHAI Qiang](#) [不同供水水平下间甲酚和间作对小麦、蚕豆耗水特性及产量的影响](#)[期刊论文]-[中国生态农业学报](#)2008, 16 (6)
3. [玉宝](#), [王百田](#), [YU Bao](#), [WANG Baitian](#) [基于耗水量的晋西刺槐人工林密度调控研究](#)[期刊论文]-[林业资源管理](#) 2010 (6)
4. [胡萌](#), [康绍忠](#), [张轸](#), [杜太生](#), [佟玲](#) [柠条幼年期对不同矿化度咸水灌溉的响应研究](#)[会议论文]-2008
5. [李红梅](#), [周怀平](#), [陕方](#), [边俊生](#), [邓晓燕](#), [梁霞](#), [孙秋雁](#) [品种和肥料两因素对苦荞麦水肥利用的影响](#)[会议论文]-2004
6. [陈朝晖](#) [几种棕榈科植物需水规律试验研究](#)[期刊论文]-[福建热作科技](#)2002, 27 (2)
7. [李惠英](#) [日光温室金黄西葫芦优质高产栽培技术](#)[期刊论文]-[现代农业科技](#)2010 (9)
8. [阮成江](#), [李代琼](#) [黄土丘陵区人工沙棘蒸腾作用研究](#)[期刊论文]-[生态学报](#)2001, 21 (12)
9. [胡田田](#), [康绍忠](#), [李志军](#), [张富仓](#), [Hu Tiantian](#), [Kang Shaozhong](#), [Li Zhijun](#), [Zhang Fucang](#) [局部供应水氮条件下玉米不同根区的耗水特点](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2005, 21 (5)
10. [张小由](#), [康尔泗](#), [司建华](#), [周茂先](#), [Zhang Xiaoyou](#), [Kang Ersi](#), [Si Jianhua](#), [Zhou Maoxian](#) [胡杨蒸腾耗水的单木测定与林分转换研究](#)[期刊论文]-[林业科学](#)2006, 42 (7)

引证文献(4条)

1. [孔德杰, 郑国宝, 张源沛, 郭生虎, 朱金霞](#) [宁夏设施番茄膜下滴灌条件下耗水规律和水分利用效率](#) [期刊论文] - [西北农业学报](#) 2011 (01)
2. [王竹承, 梁宗锁, 丁永华](#) [水分胁迫对苤蓝幼苗生长和生理特性的影响](#) [期刊论文] - [西北农业学报](#) 2010 (12)
3. [贾兵国, 贾学苏](#) [不同灌溉方式对日光温室西葫芦生长发育的影响](#) [期刊论文] - [中国园艺文摘](#) 2014 (7)
4. [范凤翠](#) [设施蔬菜控漏灌水机理与技术研究](#) [学位论文] 博士 2010

引用本文格式: [熊亚梅, 梁银丽, 贺丽娜, 周茂娟, 陈甲瑞, 杜社妮, 翟胜, XIONG Ya-mei, LIANG Yin-li, HE Li-na, ZHOU Mao-juan, CHEN Jia-rui, DU She-ni, ZHAI Sheng](#) [土壤水分对日光温室西葫芦耗水量及产量的影响](#) [期刊论文] - [西北农业学报](#) 2007 (3)