

不同光环境和灌溉量对沟栽法青菜生长的影响

张敏^{1,2}, 薛绪掌², 张富仓³, 樊强⁴, 李霞¹, 王国栋¹

(1. 西北农林科技大学 理学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097;

3. 西北农林科技大学 旱区农业水土工程教育部重点实验室, 陕西 杨凌 712100; 4. 西北农林科技大学 水建学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:针对全封闭温室夏季高温的现状,以小青菜为试材,采用沟式栽培法营造适宜作物生长的温度条件,研究了不同光环境和不同的灌溉量处理对全封闭温室内盆栽小青菜的产量和水分生产率的影响。结果表明:不同光环境下 R+D 处理温度最高,空气相对湿度基本保持在 25%~60%之间,光照强度变化趋势基本相同,呈抛物线变化;生长指标中 R+1/2 处理的株高最大,而 CK 叶片数最少;R+1/2 处理的盆栽小青菜蒸腾速率最大,各处理的蒸腾日变化规律并没有满足单峰曲线;R+1/2 处理的产量、耗水量及水分生产率均表现最高。不同灌溉量试验中,株高、叶片数、产量、耗水量和水分生产率均表现出相同的变化规律为 2T>3T>1T。由此可见,封闭温室内沟式栽培中适宜的补光和灌溉量可以大大提高小青菜的产量和水分生产率。

关键词:沟式栽培;全封闭温室;降温;水分生产率;青菜

中图分类号:S 161.4⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)07-0039-06

我国农业发展的主要制约因素之一是水资源严重不足。全封闭温室作为一种新的设施类型,除了进出的门外,其它部分全部密封^[1]。利用温室结构上的密封性,可将蒸散耗水回收再循环利用,以满足温室内的生产用水,从而达到节水的目的。此外还具有节能、提高 CO₂ 利用率、抑制病虫害的发生、提高劳动生产率和产品产出率等优点^[2-3]。但封闭的结构使得温室内部形成不利于植物生长的高温高湿环境,如何比较经济地对全封闭温室降温除湿已成为温室环境研究中着重解决的问题,除了采用常规的遮阳降温方法,目前一些学者还利用太阳能烟囱和热交换器、使用发光二极管和荧光灯等冷光源、空间延长、水循环等方法来降温除湿^[1,4-8],虽取得了一定的降温效果,但还存在降温成本过高、区域性太强等不足。

封闭温室内的沟式栽培法,将地温资源引入设施栽培中,利用地温恒定,受外界环境影响较小的特点,在不消耗任何能源的条件下实现夏季温室的正常生产,同时还可以大大提高作物水分生产率,达到节水的目的。郭建武等^[9]研究沟栽法定植对番茄黄化曲叶病毒病的防控效果表明,当温室大棚内平均最高温度为 33~36℃

时,利用沟栽法定植可使沟内番茄根际 5~25 cm 地温稳定在 28℃ 以下;沟内土壤相对湿度 60%~80% 时,5 cm 地温均可降至 28℃ 以下,降温效果明显。且番茄黄化曲叶病毒病的发生率极显著降低。李霞等^[10]测量了 120 cm 深的窄沟内空气温度发现其一直保持在 25℃,表明利用“地-气温差”热交换原理可调控全密闭盆栽小环境内的温湿度,但夜间的降温除湿效果不明显。

现针对全封闭温室存在降温除湿困难、效果不佳的现状,采用沟式栽培法来营造适宜作物生长的温度条件,在不消耗任何能源的条件下从根本上解决全封闭温室高温高湿的问题。该试验研究了不同光环境和不同灌溉量处理下小青菜的产量和水分生产率的差异,期为沟式栽培中光环境和灌溉量的设计提供了试验基础,也为进一步开展全封闭温室沟式栽培的水的循环利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2013 年 6~7 月在陕西省杨凌市西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室的灌溉试验站日光温室内进行,地理位置为东经 108°04′、北纬 34°17′,海拔 506 m,属于暖温带季风半湿润气候区。

1.2 试验材料

供试作物为小青菜,每盆均匀置 13 穴,6 月 25 日每穴播种 3 粒,基质表面用 0.1 mm 的铝箔反光膜覆盖,防止基质表面层蒸发。3 d 后出苗、间苗,选长势一样的植

第一作者简介:张敏(1982-),女,博士研究生,实验师,现主要从事环境生物物理等研究工作。E-mail:63863013@qq.com.

责任作者:王国栋(1957-),男,博士,教授,现主要从事环境生物物理等研究工作。E-mail:Gdwang211@yahoo.com.cn.

收稿日期:2013-12-10

株,每穴留1株。试验用盆的内径24 cm,盆高23 cm。采用基质栽培,草炭:珍珠岩按5:2均匀混和,每盆施尿素4 g,复合肥4 g,与基质混匀后装满钵。专业级照度计(TES1339型)台湾泰仕电子工业股份有限公司生产;电子天平(ELT30KA型,精度为1 g),常熟市天量仪器有限责任公司生产。

1.3 试验方法

在全封闭温室内沿东西方向挖沟,沟长2.2 m,沟深0.75 m,沟宽0.4 m,畦宽0.6 m。将盆栽装置放入深沟内,使基质表面位于地面下0.5 m处。

1.3.1 不同光环境试验 设沿沟壁贴反光纸从地面到距基质表面1/2高度处(R+1/2)、沟底贴反光纸(R+D)2个处理,以不贴反光纸为对照(CK),每处理5次重复。播种时保证盆栽基质水分充足,试验过程中根据各处理的植株蒸腾耗水量的2倍进行补水,每3 d补水1次。

1.3.2 不同灌溉量试验 设计3种不同灌溉量,每隔3 d补水1次,灌溉量分别按各处理植株蒸腾量的1倍(1T)、2倍(2T)、3倍(3T)进行,每处理5次重复。

1.4 项目测定

1.4.1 小环境温湿度的测定 用中国农业大学生产研制的温湿度采集系统,把传感器探头悬吊于盆栽植株的冠层上方0.1 m处采集温湿度,设定每隔10 min读取存储1次。

1.4.2 光照强度的测定 选择TES1339型专业级照度计,在7:00~17:00每隔1 h直接读数1次,测定光照强度。

1.4.3 生长指标的测定 试验结束时,每个处理取5株小青菜,测量其株高和叶片数,5次重复的平均值即为该处理的平均株高和叶片数。

1.4.4 蒸腾量的测定 用ELT30KA型电子天平(精度为1 g)称重测定。日蒸腾量于每天早上8:00称重1次,相邻2 d的称重值求差之后,3次重复的平均值就是该沟内小青菜的日蒸腾耗水量。蒸腾速率的测定:从7:00~17:00每隔1 h快速称重盆栽装置1次,相邻2次称

重差值的平均值为该处理1 h内的蒸腾量,即蒸腾速率。

1.4.5 总耗水量的测定 试验于6月25日播种,几日后出苗、间苗、下沟,7月27日开始收获,通过称重来计算总耗水量,即定植称重的重量-收获称重的重量-产量+各阶段补水的重量。根据各处理产量与总耗水量计算植株水分利用效率。

1.4.6 水分生产率 指作物消耗单位水量的产出,其值等于作物产量(一般指经济产量)与作物净耗水量或蒸发蒸腾量之比值,单位为 kg/m^3 。

1.5 数据分析

试验数据采用Microsoft Excel 2007及DPS V 7.05软件进行分析处理。多重比较采用Duncan新复极差法, $P \leq 0.01$ 。

2 结果与分析

2.1 不同光环境试验处理对沟栽法小青菜生长的影响

2.1.1 不同光环境下温湿度的变化 从图1可以看出,晴天状况下在9:00之前和20:00之后,各处理间温度差异不大,R+D处理略低于CK和R+1/2,最大温差只有0.81℃和0.38℃;在9:00~20:00,各处理间的温度差异显著,以R+D的温度最高,R+1/2的次之,与CK相比,最大温差分别为8.25℃和8.17℃。在多云天气条件下,各处理温度之间的差异较晴天不明显,R+1/2温度略高,各处理之间最大温差不到3℃。从图2可知,晴天天气条件下,从6:00开始各处理的空气相对湿度开始不断下降,10:00降至最低,保持在30%左右一段时间,19:00后湿度开始回升,几个处理的变化规律基本一致,但R+1/2处理的空气相对湿度一直高于其它2个处理。多云天气条件下空气相对湿度虽不如晴朗天气下变化剧烈,但也表现出白天湿度小晚上湿度变大的规律。由于试验中沟壁和沟底覆盖有塑料膜,有效阻止了深层土壤中的水分对空气湿度的影响,降低了沟内的空气相对湿度,各处理的空气相对湿度基本保持在25%~60%之间,非常适宜植株生长。

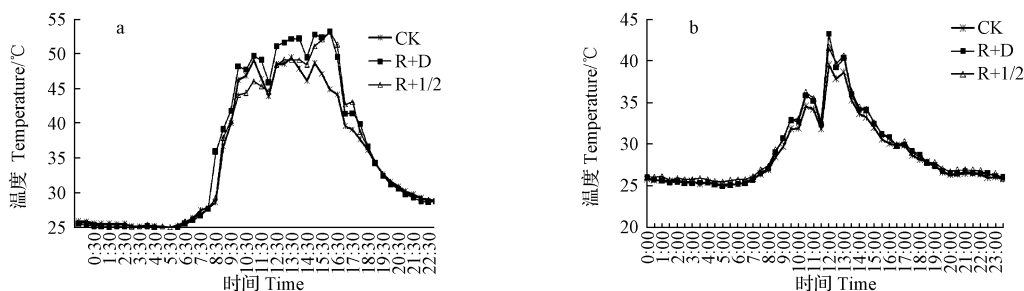


图1 不同光环境下植株冠层的空气温度的变化

注:a.晴天(7月5日);b.多云(7月9日),下同。

Fig. 1 Variation of temperature of plant canopy under different light environment

Note: a. Sunny (July 5th); b. Cloudy (July 9th), the same below.

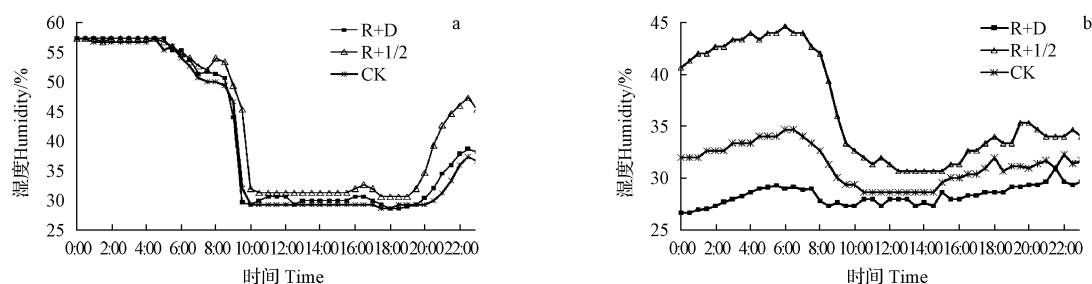


图2 不同光环境下植株冠层湿度的变化

Fig. 2 Variation of humidity of plant canopy under different light environment

2.1.2 不同光环境下光照强度的变化 光照强度是影响温室内温度、湿度等环境的主导因子,也会直接影响着作物的光合作用和产量高低^[11-12]。从图3可以看出,各处理光照强度变化趋势基本相同,呈抛物线变化。在10:00之前,各处理光照强度差异不大;10:00~14:00 差异逐渐增大。以 R+1/2 处理的光照强度最大,R+D 处理次之,CK 最小。16:00 之后,各处理光照强度均明显下降。12:00以后,光照曲线出现波动,其与天空中的云朵增多有关。

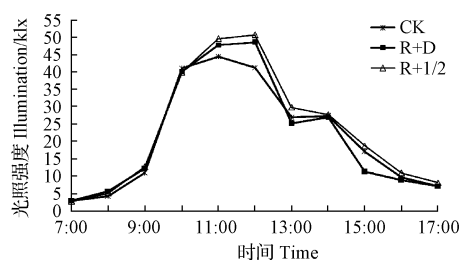


图3 不同光环境下光照强度的变化

Fig. 3 Variation of illumination under different light environment

2.1.3 不同光环境下小青菜生长指标的变化 蔬菜对环境的反应是非常敏感的。不同蔬菜由于在进化过程中长期生活在一定的地区范围,形成了其特定的温湿度要求。外界环境如果超出了蔬菜生长特定的温湿度范围,其生长就受到阻碍。因此,生长指标的变化状况直接反映了蔬菜对环境的适应程度。从表1可以看出,R+1/2 处理的株高最大,CK 的次之,R+D 的最小。

表1 不同光环境下小青菜生长指标的比较

Table 1 Comparison of plant growth indices of *Brassica chinensis* var. *chinensis* under different light environment

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	叶片数 Leaf number
R+D	20.200±1.779B	10.4±1.82A
R+1/2	25.220±0.884A	10.4±1.14A
CK	20.480±2.516B	9.0±1.22A

注:不同大写字母代表 0.01 水平下差异显著,下同。

Note: Different capital letters mean significant difference at 0.01 level, the same below.

R+1/2 与其它 2 个处理差异达到极显著水平。CK 叶片数最小,3 个处理之间没有显著差异。

2.1.4 不同光环境下典型天气小青菜日蒸腾量的变化

由图4可知,各处理在典型天气下日蒸腾量表现为多云天气日蒸腾量最大,雨天日蒸腾量最小。晴天天气下 R+1/2 处理最大,R+D 次之,CK 最小。多云天气 R+D 处理的日蒸腾量略大于 R+1/2,CK 最小。雨天日蒸腾量表现为 R+1/2>CK>R+D。各处理日蒸腾的变化和其植株冠层日平均气温的变化没有正相关性。

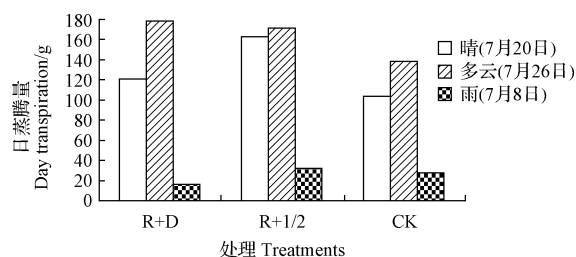


图4 不同光环境下小青菜日蒸腾量的变化

Fig. 4 Variation of day transpiration of *Brassica chinensis* var. *chinensis* under different light environment

2.1.5 不同光环境下小青菜蒸腾速率的日变化 从图5可以看出,在全天中 R+1/2 处理的盆栽小青菜蒸腾速率最大,R+D 次之,CK 最小。中午 11:00~12:00 各处

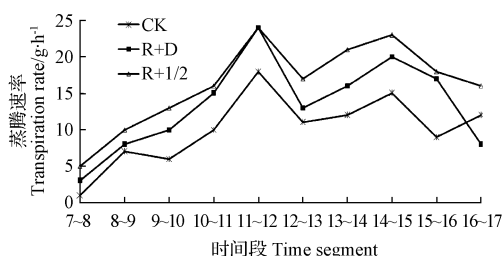


图5 不同光环境下小青菜蒸腾速率的日变化 (晴天 7月27日)

Fig. 5 The diurnal change of transpiration rate of *Brassica chinensis* var. *chinensis* under different light environment (July 27th, Sunny)

理的蒸腾速率均达到日最大值,分别为 24、24、18 g/h。各处理的蒸腾日变化规律并没有满足 Edwards 等^[13]和 Swanson^[14]描述的单峰曲线(二次曲线),这是因为气孔导度随着温度的升高而增大。在 30℃左右,气孔导度达到最大^[15],但随着温度的进一步升高,植物发生水分亏缺,从而引起叶片气孔部分或者全部关闭^[16],气孔导度减小,蒸腾速率下降。对于试验中各处理在 12:00~14:00 温度均超过了 35℃,蒸腾速率明显下降。之后蒸腾速率随着温度的下降而回升。

2.1.6 不同光环境下小青菜蒸腾速率与环境因子的关系 植物的蒸腾作用由其自身生理特性决定,同时在很大程度上又受到外界环境因子的影响。影响蒸腾作用的主要环境因素有光照强度、空气相对湿度、大气温度等^[17-19]。这些影响因素并不是孤立的,而是相互影响,

表 2 不同光环境下小青菜蒸腾速率与环境因子的逐步分析结果

Table 2 Stepwise regression analysis of transpiration rate of *Brassica chinensis* var. *chinensis* and environmental factors under different light environment

处理 Treatment	逐步回归方程 Stepwise regressive equation	相关系数 Correlation coefficient	F 值 F value	显著性 Significant	P 值 P value
R+D	$T_r = -19.006 + 0.790T_a + 0.075I_n$	0.896	14.319	0.0001	0.0034
R+1/2	$T_r = -35.999 + 1.337T_a - 0.108RH - 0.109I_n$	0.948	17.721	0.0001	0.0022
CK	$T_r = -40.594 + 1.232T_a + 0.255RH - 0.147I_n$	0.895	8.017	0.0001	0.0161

注: T_r 为盆栽小青菜的蒸腾速率(g/h), T_a 为各处理小环境内每小时的平均温度(℃), RH 为各处理小环境内每小时的平均空气相对湿度(%), I_n 为各处理小环境内每小时的平均光照强度(klx)。

Note: T_r expressed the transpiration rate of *Brassica chinensis* var. *chinensis*(g/h), T_a expressed the average temperature in each environment in every hour(℃), RH is average humidity(%) and I_n is average illumination in each environment in every hour(klx).

2.1.7 不同光环境下小青菜产量、耗水量及水分生产率的变化 由表 3 可知,封闭温室内盆栽小青菜的产量和总蒸腾耗水量因沟内光环境的不同而差异明显。R+1/2 处理的产量最大,与其余处理差异极显著。R+D 处理次之,CK 产量最小,仅为 R+1/2 的 53.31%,可见沟式栽培中合适的补光可以大大提高小青菜的产量。总耗水量表现为 R+1/2 的最大,R+D 最小,各处理之间差异不显著。水分生产率的大小表现为:R+1/2>R+D>CK,R+1/2 处理与 CK 差异极显著。

表 3 不同光环境下小青菜产量、耗水量和水分生产率的变化

Table 3 Variation of yield, water consumption and water productivity of *Brassica chinensis* var. *chinensis* under different light environment

处理 Treatment	产量 Yield/g	耗水量 Water consumption/kg	水分生产率 Water productivity/kg·m ⁻³
R+D	34.850±5.346B	3.257±0.389A	10.671±0.46B
R+1/2	62.897±9.938A	3.728±0.431A	16.953±2.86A
CK	33.533±0.215B	3.533±0.100A	9.500±0.31B

2.2 不同灌溉量处理对沟栽法小青菜生长的影响

2.2.1 不同灌溉量下小青菜生长指标的变化 从表 4

共同作用于植物体。为精确地分析多个环境因子对蒸腾作用影响的综合效果和单因子的作用,以蒸腾速率为因变量(y),其它几个影响因子(空气平均温度、空气平均相对湿度、白天平均光照强度)为自变量,根据试验测量数据应用 DPS 软件对影响蒸腾速率的环境因子进行多元逐步回归分析,得到蒸腾速率与其影响因子的回归方程,如表 2 所示。从表 2 回归方程可以看出,不同处理的蒸腾速率与环境因子的逐步回归方程的相关系数 R 都在 0.89 以上,均达到显著水平。各处理影响小青菜植株蒸腾的主要环境因子略有差异,R+D 处理的蒸腾速率与平均温度和平均光照强度显著相关;其它 2 个处理的蒸腾速率受小环境平均温度、平均湿度以及平均光照强度的影响。

可以看出,处理 1T 和 3T 的株高与 2T 的差异达到极显著水平,以 2T 处理的株高最大,3T 处理次之,1T 最小。叶片数与株高的变化规律相同,处理 1T 与 2T 的叶片数差异均达到极显著水平。由此可见,全封闭温室内沟式基质栽培的适宜灌溉量为蒸腾量的 2 倍,保持适宜的灌溉量有利于盆栽小青菜的生长。

2.2.2 不同灌溉量下小青菜产量、耗水量及水分生产率的变化 由表 5 可知,不同灌溉量对全封闭温室沟内盆栽小青菜的产量、耗水量和水分利用率因灌溉量的不同而不同,耗水量从大到小依次为 2T>3T>1T,各处理耗水量之间差异不显著。水分生产率和耗水量表现出相同的规律,处理 1T 与 2T 的差异达到极显著水平。由此可见,适宜的灌溉量能够提高小青菜的产量和水分生产率,过大或过小的灌溉量都直接降低产量。

表 4 不同灌溉量下小青菜生长指标的变化

Table 4 Variation of plant growth indices of *Brassica chinensis* var. *chinensis* under different light environment

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	叶片数 Leaf number
1T	15.660±2.678B	6.6±1.14B
2T	20.480±2.516A	9.0±1.22A
3T	15.760±1.626B	8.0±1.00AB

表 5 不同灌溉量下小青菜
产量、耗水量和水分生产率的变化

Table 5 Variation of yield, water consumption and
water productivity of *Brassica chinensis* var. *chinensis* under
different light environment

处理 Treatment	产量 Yield/g	耗水量 Water consumption/kg	水分生产率 Water productivity/kg · m ⁻³
1T	24.573±1.145B	3.118±0.125A	7.88±0.06B
2T	33.533±0.215A	3.533±0.100A	9.50±0.31A
3T	28.670±4.264AB	3.297±0.264A	8.67±0.64AB

3 结论与讨论

该试验结果表明,不同光环境试验中,晴天状况下在 9:00 之前和 20:00 之后,各处理间温度差异不大,9:00~20:00 各处理间的温度差异显著,以 R+D 的最大,R+1/2 处理次之。在多云天气条件下,各处理温度之间的差异较晴天不明显。空气相对湿度基本保持在 25%~60%之间,适宜植株生长。光照强度变化趋势基本相同,呈抛物线变化。R+1/2 处理的光照强度最大,R+D 处理和 CK 略低。生长指标中 R+1/2 处理的株高最大,CK 的次之,R+D 处理的最小。CK 叶片数最少。

各处理在典型天气下日蒸腾量表现为多云天气日蒸腾量最大,雨天日蒸腾量最小。各处理日蒸腾的变化和日平均气温的变化没有正相关性。R+1/2 处理的盆栽小青菜蒸腾速率最大,R+D 处理次之,CK 最小。各处理的蒸腾日变化规律并没有满足单峰曲线(二次曲线)。从蒸腾速率与其影响因子的回归方程可以看出,不同处理的蒸腾速率与环境因子的逐步回归方程的相关系数 R 都在 0.89 以上,均达到了显著水平。影响小青菜植株蒸腾的主要环境,各处理间略有差异。R+1/2 处理的产量、耗水量和水分生产率均表现最大。由此可见,沟式栽培中适宜的补光可以大大提高小青菜的产量。

不同灌溉量试验中,2T 处理的株高最大,3T 处理次之,1T 处理最小。其它测量指标,如叶片数、产量、耗水量和水分生产率表现出相同的变化规律。由此可见,适宜的灌溉量可以提高小青菜的产量和水分生产率,全封闭温室内沟式栽培的适宜灌溉量为蒸腾量的 2 倍。

试验中几种典型天气下不同光环境处理小青菜日蒸腾量的变化表现为多云天气日蒸腾量大于晴朗天气,这和封闭温室内常规栽培的结论不同,具体原因有待进一步研究解决。

课题组之前的试验为 3~6 月进行,供试品种为通心菜,设计了不贴反光纸处理(CK)和贴反光膜处理(沟壁和沟底全贴,R),该试验为 7 月进行,供试品种为小青菜,

设计了不贴反光纸(CK)、沟底贴反光纸(R+D)和沟壁贴反光纸从地面到距基质表面 1/2 高度处(R+1/2)共 3 个处理,根据试验结论,与 CK 相比,R 处理沟内的温度、湿度和光照因子比 R+1/2 处理变化更剧烈。光的引入对沟内环境因素的影响需要进一步的理论计算和分析。

参考文献

- [1] 张敏,王国栋,薛绪掌,等.全封闭温室降温方法研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(7):129-134.
- [2] Davise W J, Jianhua Z. Root signals and regulation of growth and development of plants in drying soil[J]. Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1991,42:55-76.
- [3] 葛志军,傅理.国内外温室产业发展现状与研究进展[J].安徽农业科学,2008,36(35):15751-15753.
- [4] Speetjens S L, Stigter J D, Gvan Straten. Watergy, towards a closed greenhouse in semi-arid regions[C]. 23 rd Benelux Meeting on Systems and Control, 2004:157.
- [5] Bot G, Braak N van de, Challa H, et al. The solar greenhouse: state of the art in energy saving and sustainable energy supply[J]. Acta Horticulturae, 2005, 691(2):501-508.
- [6] 晓夫.日本的植物工厂及其新技术[J].生态经济,2004(7):58-61.
- [7] Davies P A, Paton C. The seawater greenhouse in the united arab emirates; thermal modelling and evaluation of design options [J]. Desalination, 2005, 17:1-9.
- [8] Paton C, Davies P A. The seawater greenhouse cooling, fresh water and fresh produce from seawater [R]. The 2nd International Conference on Water Resources in Arid Environments King Saud University Riyadh, 2006.
- [9] 郭建武,姜冬仓,薛爱利.“沟栽降温保湿法”定植防控番茄黄化曲叶病毒病的研究初报[J].河北农业科学,2011,15(5):42-43.
- [10] 李霞,解迎革,薛绪掌,等.温室内密闭小环境降温除湿效果及蒸腾水循环利用[J].农业工程学报,2010,26(8):254-259.
- [11] 丁小涛,金海军,张红梅,等.不同设施光照度日变化及透光率的研究[J].中国瓜菜,2011,24(1):1-4.
- [12] 张新生,陈湖,傅友.光照和温度对温室桃光合特性的影响[J].河北农业科学,2006,10(2):31-33.
- [13] Edwards W R N, Becker P A. A unified nomenclature for sap flow measurements[J]. Tree Physiology, 1996, 17(1):65-67.
- [14] Swanson R H. Significant historical developments in thermal methods for measuring sap flow in trees[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1994, 72:113-132.
- [15] 李霞,王国栋,薛绪掌,等.不同覆盖度下盆栽莴菜蒸腾规律的研究[J].节水灌溉,2009(4):1-5.
- [16] 张立军,刘新.植物生理学[M].北京:科学出版社,2011.
- [17] 吴擎龙.田间腾发条件下水热运移数值模拟[D].北京:清华大学,1993.
- [18] 柯晓新,杨兴国,张旭东.农田蒸发蒸腾测算的微气象学方法[J].干旱地区农业研究,1995,13(1):31-40.
- [19] Yunusaa I M A, Walkera R R, Lu P. Evapotranspiration components from energy balance, sapflow and microlysimetry techniques for an irrigated vineyard in inland Australia[J]. Agriculture and Forest Meteorology, 2004, 127(1/2):93-107.

不同棚膜覆盖对温室甜椒生长发育环境及产量的影响

蔡琳¹, 汤志洪²

(1. 菏泽学院 资源与环境系, 山东 菏泽 274000; 2. 菏泽学院 园林工程系, 山东 菏泽 274000)

摘要:以甜椒品种“红罗丹”为试材, 以传统内添加型 EVA 膜为对照, 研究了涂覆膜和试验型内添加 EVA 膜的透光保温性及其对甜椒生长、环境及产量的影响。结果表明: 涂覆膜和试验型内添加 EVA 膜的透光性及保温性均高于传统内添加 EVA 膜; 试验型内添加 EVA 膜的月平均气温、地温均最高, 保温增温效果最好; 涂覆膜的透光性能最好, 气温日变化剧烈; 涂覆膜和试验型内添加 EVA 膜分别比对照增产 23.3% 和 10.2%。

关键词:棚膜; 甜椒; 生长发育; 环境; 产量

中图分类号:S 641.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)07-0044-04

近年来, 我国设施农业发展迅速, 这与现代化学工业特别是塑料薄膜工业发展有很大关系^[1]。塑料棚膜是目前我国设施生产中的主要透明覆盖材料, 其原料、加工工艺对室内光、温环境影响很大^[2], 进而影响作物生长发育。合理使用农用塑料薄膜, 是农业增产的重要

措施之一, 它可以加速作物生长、防止低温冷害、保水保墒、延长作物生长期, 达到增产增收的目的^[3-4]。我国现有的农用功能棚膜主要是采用内添加功能性助剂, 使之具有流滴消雾功能, 如传统的内添加型 EVA (醋酸丙烯) 消雾无滴膜。涂覆型 EVA 无滴消雾棚膜是一种通过表面涂覆技术制造的新型功能棚膜。

目前国内外研制和应用的塑料薄膜种类很多, 性能各不相同。农用塑料覆盖材料的功能化研究发展趋于系统化、专用化^[5]。随着科学技术的发展, 新型塑料薄

第一作者简介:蔡琳(1979-), 女, 硕士, 讲师, 现主要从事设施农业的教学和科研等工作。E-mail: cailints@sina.com.

基金项目:菏泽学院科学研究基金资助项目(XY12KJ08)。

收稿日期:2013-12-17

Effect of Different Light Environment and Irrigation Amount on the Growth of *Brassica chinensis* var. *chinensis* in Ditch Cultivation

ZHANG Min^{1,2}, XUE Xu-zhang², ZHANG Fu-cang³, FAN Qiang⁴, LI Xia¹, WANG Guo-dong¹

(1. College of Science, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097; 3. Key Laboratory of Agricultural Soil and Water Engineering in Arid and Semiarid Areas of Ministry of Education, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 4. College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: According to high temperature in summer in closed greenhouse, taking *Brassica chinensis* var. *chinensis* as material, the ditch cultivation was used to creation suitable growth environment for crops, effect of different light environment and irrigation of growth and water productivity in closed greenhouse were studied. The results showed that in the experiment of light environment, the temperature of R+D was maximum, the humidity remained at the 25%~60%, the trend of illumination was similar like a parabola. At the end of experiment, the plant height of R+1/2 was the highest and the leaf number of CK was the smallest in all treatments. The day transpiration of R+1/2 was the biggest, the change of the diurnal transpiration of all treatments did not follow a single peak curve. The water consumption and water productivity of R+1/2 was maximum. In the experiment of different irrigation, the plant height, leaf number, yield, water consumption and water productivity showed as 2T>3T>1T. Therefore, supplementary illumination and irrigation in the ditch cultivation can improve the yield and water productivity greatly.

Key words: planting with ditch; closed greenhouse; cooling; water productivity; *Brassica chinensis* var. *chinensis*