

# 不同灌水量及畦面覆盖物影响温室甜椒产量的生理机制研究

王林闯, 贺超兴, 张志斌

(中国农业科学院 蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

**摘要:** 研究了不同灌水量和覆盖物对温室有机土基质栽培条件下甜椒生长发育和产量的影响, 分析了其对土壤地温、含氧量以及植物光合速率和叶绿素含量的影响。结果表明: 不同覆盖物对地温和土壤含氧量有不同程度的影响, 地膜覆盖增温效果明显, 秸秆覆盖效果最差, 土壤含氧量在不同灌水量处理中表现出了明显的差异, 随着土壤含水量的增加含氧量越来越低; 不同覆盖物处理间, 覆盖秸秆处理的土壤含氧量较其他处理高 5% ~ 10%, 其次是覆盖草坪草处理, 覆盖地膜的含氧量最低。叶绿素含量和光合速率均以中水量最好, 覆盖秸秆和草坪草处理间的差异不显著, 最终甜椒产量亦以中水量处理要高于低水量和高水量, 以中水量且覆盖草坪草处理的表现最好, 显著高于其他处理。

**关键词:** 甜椒; 灌水量; 覆盖物; 生理机制; 温室

中图分类号: S641.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2010)增刊-0196-04

## Physiological Study on Different Irrigation Quantity and Soil Mulches to Yield of Sweet Pepper in Greenhouse

WANG Lin-chuang HE Chao-xing ZHANG Zhi-bin

(Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract** The effects of different irrigation quantity and mulches on the growth and yield of sweet pepper with organic soil substrate in greenhouse were studied. The soil temperature and oxygen content in soil were compared. The photosynthetic rate and chlorophyll content of leaves were analyzed. The results showed that the substrate temperature and oxygen content in soil were changed with different mulches; soil temperature in film mulch was much higher than that in straw mulch. The oxygen content was negatively correlated with the water irrigation. The oxygen content in straw mulch was much higher than others. The photosynthesis of sweet pepper cultivated surface covering with green grass was higher than any other treatments. The yield of sweet pepper with middle irrigation quantity was higher than low and high irrigation quantity. The fruit yield of sweet pepper cultivated soil covering with green grass was the best treatments.

**Key words** Sweet pepper; Irrigation quantity; Mulches; Physiological mechanism; Greenhouse

甜椒是世界上重要的设施栽培蔬菜之一, 在国外发达国家和我国的大中城市都具有较大的需求量, 其在我国的栽培面积也是呈逐年增多趋势。甜椒有喜温、喜水、喜肥、怕涝的特性, 采用传统土壤栽培常因水肥供应不及时而产量不高<sup>[1]</sup>。而采用有机土栽培则可明显改善根际环境和水肥供应取得高产<sup>[2]</sup>。有机土栽培是中国农业科学院蔬菜花卉研

究所开发的以秸秆等农业废弃物与腐熟有机肥、土壤为主要原料配制的蔬菜土壤栽培体系<sup>[3]</sup>, 由于根际结构改善, 水肥利用率提高, 在番茄、甜椒等设施蔬菜栽培中取得了良好的效果<sup>[1,4]</sup>。尽管中国设施蔬菜发展迅猛, 经济效益良好, 但作为设施蔬菜大国仍存在一些普遍问题, 主要是设施条件老化、灌水技术落后、缺乏科学合理的灌水制度等, 这已成为制约

收稿日期: 2010-10-11

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2009BAD44B04); 农业部行业科技项目 (nyhyx07-007); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (082060302-05); 农业部园艺作物遗传改良重点开放实验室资助

作者简介: 王林闯 (1983-), 男, 山东武城人, 硕士研究生, 主要从事设施蔬菜栽培技术研究。

通讯作者: 贺超兴 (1965-), 男, 陕西铜川人, 博士, 研究员, 主要从事设施有机精准农业技术研究。

设施蔬菜发展的重要因素之一。尽管有机土栽培系统使用滴灌,但夏季高温下蒸腾量大,因而如何确定理想灌溉指标是实现标准化栽培的关键。有研究表明,植株生长势强的荷兰品种在较高灌水量下产量最高,而生长势较弱的国产品种的需水量较低,中水量下产量最高<sup>[5]</sup>。大量研究表明,地面覆盖可提高水分利用效率和作物产量,还可通过影响土壤环境而影响土壤养分的分布<sup>[6-8]</sup>和养分有效性<sup>[9-10]</sup>。地膜覆盖可提高土壤表层温度和湿度,减少土壤热量损失,为作物生长提供较好的生长环境条件<sup>[11,12]</sup>。秸秆覆盖具有增加土壤有机质,协调地温,蓄水纳墒<sup>[13-15]</sup>,减少地表径流和水土流失<sup>[16]</sup>等作用,还可有效改善土壤中的水、肥、气、热等因素的供应状况,改良土壤的理化性状,增强土壤中生物和微生物的活性,抑制杂草的危害等。另外还有研究报道,由于植物根系的呼吸作用以及土壤微生物的影响,引起土壤中 CO<sub>2</sub> 浓度常常较高,而 O<sub>2</sub> 浓度较低<sup>[17]</sup>,会造成土壤中 CO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 环境不良,影响植株正常的生长发育<sup>[18]</sup>。本试验将不同灌水量和覆盖物相结合,研究其对温室有机土栽培条件下土壤的环境条件及甜椒生长发育和产量的影响,为设施甜椒高产高效栽培提供理论和技术支持。

# 1 材料和方法

供试甜椒品种为中椒 105,由中国农业科学院蔬菜花卉研究所选育。

试验于 2009 年 1 月至 2009 年 8 月在中国农业科学院蔬菜花卉研究所节能日光温室进行。2009 年 1 月 1 日播种于营养钵中,2 月 25 日定植于日光温室。采用槽式栽培,槽长 6 m,宽 0.6 m,双行种植,每行 15 株,栽培基质为有机土壤,主要有作物秸秆、鸡粪,普通土壤按一定比例配制而成,经充分腐熟后填充于栽培槽内,并已经过一年的种植。

采用裂区试验设计,主因子为土壤含水量,由 HH2 土壤水分测定仪测定,分为 3 个处理: L 为低水量,控制范围为 27% ~ 33%; M 为中水量,控制范围为 32% ~ 38%; H 为高水量,控制范围为 37% ~ 43%。根据土壤水分测定仪的测定值及各处理的含水量范围进行灌水。每周灌水 2~4 次,根据水表统计灌水量,低灌水量每次灌水 89 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,每畦共灌水 2.7 m<sup>3</sup>,单株共灌水 0.09 m<sup>3</sup>;中灌水量每次灌水 152 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,每畦共灌水 4.02 m<sup>3</sup>,单株共灌水 0.13 m<sup>3</sup>;高灌水量每次灌水 211 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,每畦共灌水 5.65 m<sup>3</sup>,单株共灌水 0.19 m<sup>3</sup>。副因子为不同覆盖物,共 4 个处理,分别为薄膜(A)、作物秸秆(B)、草

坪草(C)、草坪草+塑料薄膜(D),其中低灌水量只有薄膜和作物秸秆两个副因子,每处理重复 3 次,每重复 10 株。施肥管理如常,分别于坐果初期和盛果期追施 2 次复合肥。4 月 10 日始收,前期每 7 d 采收 1 次,中后期 1~2 周采收 1 次,统计每次采收产量,8 月上旬结束。其间,分别于 9:00 14:00 16:00 对各处理基质的温度进行测量;结果初期,用 SPAD-502 手持叶绿素测定仪对各处理甜椒叶片的叶绿素含量进行测定;盛果期,用测氧仪对基质的含氧量进行测定并测量植株功能叶片的光合速率;最后统计分析总产量。

# 2 结果与分析

## 2.1 不同灌水量和覆盖物对基质温度和含氧量的影响

由图 1 可知,整体上看 3 个不同灌水量间地温差别不大,低水量略微偏高,而在不同覆盖物间表现出了明显差异,覆盖薄膜处理的地温高于其他处理,覆盖秸秆处理的最低,有的差异高达 1~1.5℃,其次是草坪草+塑料薄膜,平均比覆盖秸秆处理高 0.5~1℃,覆盖草坪草处理稍高于覆盖秸秆,这一趋势无论在不同时间点还是不同灌水量上都表现出了一致性。

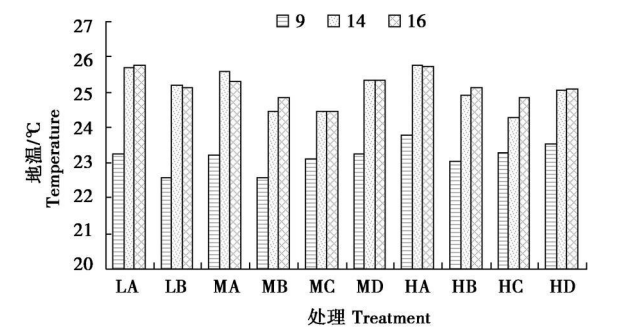


图 1 不同灌水量和覆盖物对基质温度的影响  
Fig 1 Effects of different water irrigation and cover matter on temperature of cultivation substrate

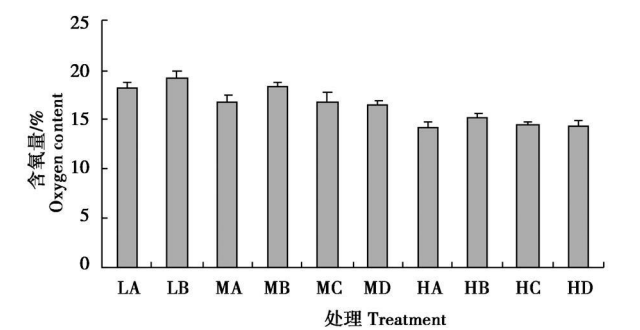


图 2 不同灌水量和覆盖物对基质中氧含量的影响  
Fig 2 Effects of different water irrigation and cover matter on oxygen content in substrate

从图 2 可以看出, 土壤含氧量在不同灌水量处理中表现出了明显的差异, 随着土壤含水量的增加含氧量是越来越低; 不同覆盖物处理间, 覆盖秸秆处理的土壤含氧量较其他处理高 5% ~ 10%, 其次是覆盖草坪草处理, 覆盖草坪草 + 薄膜与覆盖薄膜基本相当, 且这一趋势在各灌水处理间表现基本一致。

2 2 不同灌水量和覆盖物对甜椒叶片叶绿素含量的影响

由图 3 可知, 中水量处理的甜椒叶片的叶绿素含量较高, 其中覆盖秸秆和草坪草处理相当且高于其他覆盖物处理, 其次是草坪草 + 薄膜, 覆盖薄膜处理最低; 高水量处理的甜椒叶绿素含量介于中水量和地水量处理之间, 覆盖秸秆、草坪草和薄膜 + 草坪草处理间差异不明显, 都高于覆盖薄膜; 低水量处理的甜椒叶片叶绿素含量最低, 覆盖秸秆处理高于覆盖薄膜处理。

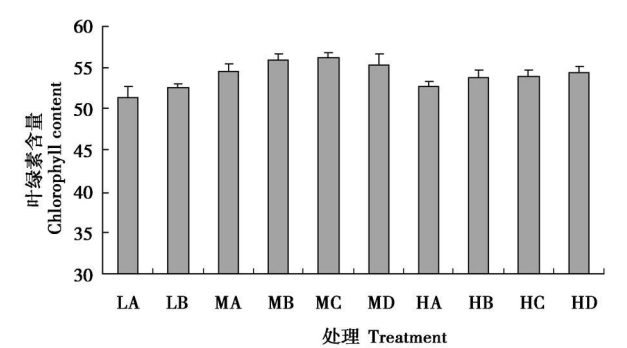
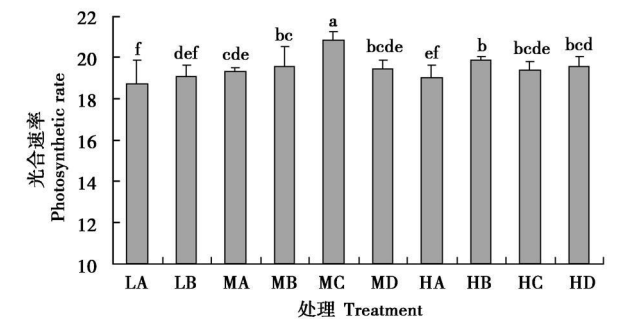


图 3 不同灌水量和覆盖物对甜椒叶片叶绿素含量的影响

Fig 3 Effects of different treatments on chlorophyll content of leaves in sweet pepper



不同小写字母表示 Duncan's 新复极差法测验 0.05 时差异显著, 其他图同。

Different letter showed the significant difference by Duncan's test at 0.05 level, other figures are same.

图 4 不同灌水量和覆盖物对甜椒功能叶片光合速率的影响

Fig 4 The photosynthetic rate of sweet pepper leaves under different treatments

2 3 不同灌水量和覆盖物对甜椒功能叶片光合速率的影响

由图 4 及统计分析结果来看, 整体上甜椒叶片

的光合速率在不同灌水量间没有显著差异; 在中水量处理中, 覆盖草坪草处理甜椒叶片光合速率显著地高于其他覆盖物处理, 其他覆盖物间差异没有达到显著水平; 低水量和高水量处理中, 覆盖秸秆处理甜椒叶片光合速率也高于其他覆盖物处理, 但并没有达到显著水平。

2 5 不同灌水量和覆盖物对甜椒产量的影响

由图 5 及统计分析结果可知, 整体上看中水量处理下甜椒产量略高于低水量和高水量, 但差异不显著; 低水量下, 覆盖秸秆处理甜椒产量显著高于覆盖薄膜处理; 中水量下, 覆盖草坪草处理的甜椒产量显著高于其他覆盖物处理, 他们之间没有显著差异; 高水量下, 草坪草 + 薄膜处理的甜椒产量显著的高于其他处理, 其他处理间没有显著差异; 甜椒产量在覆盖薄膜的 3 个不同灌水量间没有显著差异; 覆盖秸秆在中水量条件下的甜椒产量显著高于高水量, 其他处理间没有显著差异; 覆盖草坪草在中水量条件下的甜椒产量显著高于高水量处理; 而覆盖草坪草 + 薄膜在高水量条件下的甜椒产量显著高于中水量处理。

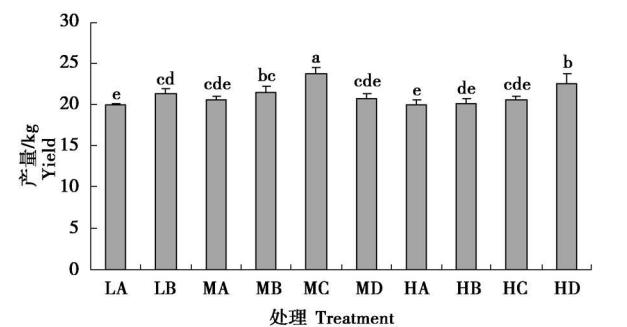


图 5 不同灌水量和覆盖物对甜椒产量的影响

Fig 5 Effects of different treatments on yield of sweet pepper

2 6 不同灌水量和覆盖物处理下甜椒逐月产量分布

从图 6 可以看出, 各处理甜椒产量在 4-6 月份相对来说都比较高, 同时在各处理间的差异也很明显, 可以说这几个月份是产量构成和最终差异形成的主要月份。在采收初期, 可以明显看出中水量处理的产量高于低水量和高水量处理。进入采收中期, 中水量和高水量处理甜椒产量差别不明显, 都高于低水量处理。后期产量, 低水量和中水量较高, 这可能是由于后期温度较高, 高灌水条件下促使植株偏向于营养生长, 座果率低, 因而产量较低。不同覆盖物间, 中水量条件下覆盖草坪草处理在各个月份均保持着相对较好的产量水平, 显著地高于其他覆盖处理。高水量条件下覆盖草坪草 + 薄膜处理在 5-6 月份均获得了较高的产量水平, 显著地高于其他处理。

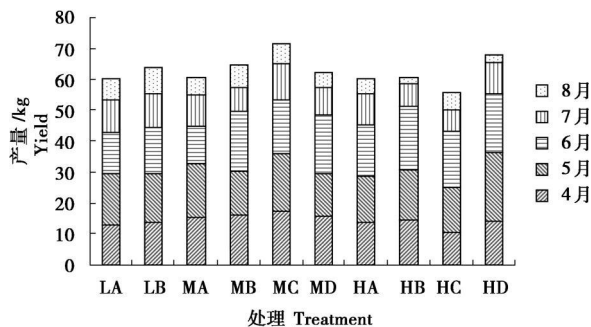


图 6 不同灌水量和覆盖物处理下的甜椒逐月产量分布

Fig 6 Month yield distribution of sweet pepper under different treatments

### 3 讨论

大量研究表明, 良好的土壤生态环境是获得作物优质高产的重要基础, 它通过影响作物地下部根系的生长发育, 进而促进地上部植株的生长, 最终实现作物优质高产。地表覆膜后改变了土壤温度、水分、空气、光照等环境因素, 导致土壤物理、化学和生物学性状发生一系列的变化<sup>[19]</sup>, 但不同覆盖物所产生的影响和效果也有较大的差别, 因而本试验在不同灌水量的基础上对不同覆盖物所产生的影响进行了研究, 通过不同覆盖物对土壤环境所引起的变化结合甜椒的一些生理指标和产量结果, 探求地表覆盖对作物影响的内在原因, 并寻求一种最佳的覆盖物或覆盖方式。覆盖栽培可以说是改善土壤生态环境的一项技术革新, 本试验通过对不同覆盖物进行比较, 结果表明覆盖薄膜处理在对地温的影响上比覆盖作物秸秆等废弃物要好一些, 平均提高 1~1.5℃; 而覆盖作物秸秆废弃物处理的土壤含氧量比覆盖薄膜处理要高, 平均高达 5%~10%。不同土壤含水量对地温没有影响, 但对土壤含氧量的影响较明显, 表现为低水量、中水量、高水量的土壤含氧量依次递增, 这主要是较多的粒间空隙被水份所占据的结果。不同灌水量和覆盖物通过影响地下部根系生长环境对甜椒的生长也产生了相应的影响。从本试验中对甜椒叶绿素含量、光合速率和产量的测定结果可以看出, 整体上看中水量条件下甜椒叶片的叶绿素含量、光合速率和产量上都表现出了一定的优势, 只是差异不显著, 因而面对越来越紧张的水资源, 在生产中要追求合理灌水, 不能盲目认为高水就高产; 从不同覆盖物来看, 覆盖草坪草处理表现较好, 其光合速率和产量都显著高于其他处理。这主要是由于草坪草比较碎小, 不像薄膜那么致密也不像秸秆那么松散, 在保温、保水和透气上达到了一个较好的平衡状态, 故更有利于为植物根系提供一个

良好的环境条件, 进而促进植物的生长发育。而在实际生产中, 若受限于草坪草的来源或数量, 也可将秸秆处理成较碎小的状态, 再加以利用。此外, 覆盖的作物秸秆还可以转化成有机质, 有利于改善土壤的物理结构, 进一步促进作物的生长。因而, 在生产上, 地表覆盖经过处理的碎小的作物秸秆是一项较好的改善土壤生态环境, 促进作物生长的措施, 值得推广应用。

### 参考文献:

- [1] 中国农业科学院蔬菜研究所. 中国蔬菜栽培学 [M]. 北京: 农业出版社, 1987 652-666
- [2] 贺超兴, 张志斌, 魏民, 等. 温室甜椒有机化土壤长季节栽培技术的研究 [J]. 华北农学报, 2004 19(3): 84-87
- [3] 贺超兴, 徐知函, 张志斌. 绿色环保型有机土壤栽培新技术 [J]. 长江蔬菜, 2003(12): 29-30
- [4] 陈双臣, 贺超兴, 邹志荣, 等. 温室有机土栽培番茄营养吸收特性研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2005 11(3): 369-374
- [5] 贺超兴, 张志斌. 温室有机土栽培越夏甜椒需水量的研究 [J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(4): 82-85
- [6] 宋秋华, 李凤民, 王俊, 等. 覆膜对春小麦农田微生物数量和土壤养分的影响 [J]. 生态学报, 2002 22(12): 2125-2132
- [7] Doring T F, Brandt M, Heß J *et al*. Effects of straw mulch on soil nitrate dynamics, weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes [J]. Field Crops Research, 2005, 94 238-249
- [8] Romic D, Romic M, Bomsic J *et al*. Mulching decreases nitrate leaching in bell pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivation [J]. Agricultural Water Management, 2003, 60 87-97
- [9] 李浩, 阎勤劳. 旱地覆膜保墒问题的观测与研究 [J]. 西北农业学报, 1997 6 41-49
- [10] 宋凤斌. 玉米地膜覆盖增产的土壤生态学基础 [J]. 吉林农业大学学报, 1991 13(2): 4-8
- [11] 黄明镜, 晋凡生, 池宝亮, 等. 地膜覆盖条件下旱地冬小麦的耗水特性 [J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(2): 20-23
- [12] 王喜庆, 李生秀, 高亚军. 地膜覆盖对旱地春玉米生理生态和产量的影响 [J]. 作物学报, 1998 24(3): 348-353
- [13] 赵聚宝, 梅旭荣, 薛军红, 等. 秸秆覆盖对旱地作物水分利用效率的影响 [J]. 中国农业科学, 1996 29(2): 59-66
- [14] 周凌云. 秸秆覆盖对农田土壤物理条件影响的研究 [J]. 农业现代化研究, 1997, 18(5): 311-320
- [15] O lasantan F O. Effect of time of mulching on soil temperature and moisture regime and emergence, growth and yield of white yam in west Nigeria [J]. Soil & Tillage Research, 1999 50 215-221
- [16] 张亚丽, 张兴昌, 邵明安, 等. 秸秆覆盖对黄土剖面矿质氮素径流流失的影响 [J]. 水土保持学报, 2004 18(1): 85-88
- [17] 徐国强, 李杨, 史奕, 等. 开放式 CO<sub>2</sub> 浓度增高 (FACE) 对稻田土壤微生物的影响 [J]. 应用生态学报, 2002 13(10): 1358-1359
- [18] 陆时万. 植物学 [M]. 第 2 版. 北京: 高等教育出版社, 1991: 207-210
- [19] 李默隐. 地膜覆盖栽培对土壤温度、容重、水分及烟叶产量的效应 [J]. 土壤通报, 1983 14(1): 27-29