

# 甘肃武山多层覆盖塑料大棚冬季保温效果研究

宋明军<sup>1</sup> 侯 栋<sup>1</sup> 马彦霞<sup>1</sup> 张顺林<sup>3</sup> 杨盛平<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 甘肃省农业科学院蔬菜研究所, 甘肃兰州 730070; <sup>2</sup> 武山县蔬菜事务管理局, 甘肃天水 741300; <sup>3</sup> 武山县蔬菜科技园区, 甘肃天水 741300)

**摘 要:** 多层覆盖是甘肃渭河流域冬季塑料大棚保温的一个重要手段, 本试验通过在塑料大棚内搭建不同小棚并覆盖塑料薄膜, 对塑料大棚多层覆盖的冬季保温效果进行了研究。结果表明, 塑料大棚多层覆盖可以提高棚内气温和地温, 随着覆盖层数的增多棚内气温的升高幅度降低。每增加 1 层棚膜, 棚内日最低温度提高 1.84~4.48 ℃, 日平均温度提高 1.38~3.72 ℃。采用 4 层覆盖, 棚内日最低温度可提高 5.69 ℃, 平均温度提高 13 ℃左右; 单层覆盖时会出现逆温现象。不同覆盖层棚内温度与外界气温间关系密切, 随着保温层数的增多, 棚内温度受外界气温的影响越来越小。

**关键词:** 塑料大棚; 多层覆盖; 保温效果; 武山县

甘肃省武山县地处渭河上游, 具有光照充足、水量丰沛等得天独厚的自然优势(庄俊康, 2012)。为了提高冬春蔬菜生产能力, 当地农业科技人员在长期实践中逐步探索出了塑料大棚多层覆盖栽培技术, 为韭菜、甘蓝、莴笋等多种耐寒蔬菜的越冬栽培和茄果类、瓜类蔬菜早春栽培创造了适宜环境, 实现了当地蔬菜的四季栽培和均衡供应, 提高了土地收益和农民收入(朱国亮, 2012)。2016年, 武山县塑料大棚蔬菜种植面积达 8 333 hm<sup>2</sup>, 蔬菜收入占农民人均纯收入的 43% 以上(黄录元, 2017)。目前, 蔬菜产业特别是塑料大棚多层覆盖栽培已成为武山县渭河流域农民增收致富的支柱产业。

“四棚四膜”多层覆盖是甘肃渭河流域河谷川道地区塑料大棚冬季保温最常用的方式, 是一种经济有效的保温措施。但在塑料大棚多层覆盖栽培

中, 由于菜农对不同覆盖措施的大棚性能了解不够, 在生产中管理不当, 导致烧苗、日灼伤、冻伤等现象频发; 此外, 蔬菜栽培茬口安排不够合理, 大大降低了大棚利用效率。温度是反映设施性能最直观的因子, 是安排栽培茬口的重要依据, 直接决定了设施的利用效率(李胜利, 2007)。王军等(2002)通过对大棚多层覆盖棚内温度等小气候效应的分析, 提出了江苏盐城地区早春最适合的大棚多层覆盖栽培方式及早春大棚茄果类蔬菜 4 层覆盖栽培的安全定植期; 王华等(2016)对多层覆盖大棚的内外温度进行了相关回归分析, 表明无论是全封闭还是揭膜通风管理的条件下, 双大棚 4 膜覆盖栽培晴天和阴天棚内气温与外界气温之间都存在极显著的直线回归关系。本试验通过对甘肃渭河地区多层覆盖塑料大棚内温度的观测分析, 研究 12 月至翌年 2 月当地最寒冷季节大棚内的温度特点和变化规律, 旨在为当地蔬菜生产中采用合理的大棚多重覆盖方式提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验塑料大棚

试验在甘肃省天水市武山县城关镇清池村进行, 城关镇位于渭河流域河谷川道地区, 属陇中黄

宋明军, 男, 硕士, 副研究员, 主要从事设施蔬菜结构设计与环境调控技术研究, E-mail: gs\_smj@163.com

\* 通讯作者 (Corresponding author): 侯栋, 男, 研究员, 主要从事蔬菜育种与栽培技术研究, E-mail: houdong215@163.com

收稿日期: 2017-04-25; 接受日期: 2017-06-30

基金项目: 国家大宗蔬菜产业技术体系建设专项 (CARS-25-48), 农业部西北地区蔬菜科学观测试验站项目 (2015-A2621-620321-G1203-066)

土丘陵沟壑地区,处于亚热带季风湿润气候区。海拔 1 490 m,年均气温 11 ℃,年均降水量 500 mm 左右,无霜期约 180 d(数据来自武山县气象局)。

试验大棚为竹木结构,棚长 60 m、宽 9 m、高 2.4 m,棚架主体为 8 cm 宽的竹片,拱间距 100 cm;中间立柱高 2.4 m,两边以 20 cm 的高度差依次递减,立柱间距 120 cm,为直径 8 cm 的混凝土预制件。在棚体每排立柱顶部沿大棚长度方向(纵向)拉 1 道 8 cm 的宽竹片,共拉 9 道,将主体拱型竹片纵向固定。内膜支架一般 3 层,选用直径 1.5 cm 的竹棍,与主棚体拱型同步,内支架拱型上部、两侧用竹棍纵向固定 3 道,内膜支架每层间距 18 cm。覆盖 0.10 mm 厚的防雾滴薄膜,棚内种植韭菜。扣棚后根据天气变化及时利用棚两头的放风口降温。当棚外凌晨最低温度高于 5 ℃ 时开始逐渐撤除内层薄膜,要及时按由内向外的顺序撤除,每层间隔 3~5 d,以防止高温造成危害(王江俊等,2016)。

## 1.2 测定项目

观测 2013 年 12 月 5 日至 2014 年 2 月 28 日塑料大棚内不同覆盖层温度(分别用 A、B、C、D 表示)及室外气温(用 W 表示)和室内 10 cm 地温(用 T 表示),观测点位置如图 1 所示。采用温湿度自动记录仪进行记录,每 10 min 记录 1 次数据。为避免阳光直接辐射造成的影响,观测时温度传感器上方加一硬纸板遮挡。

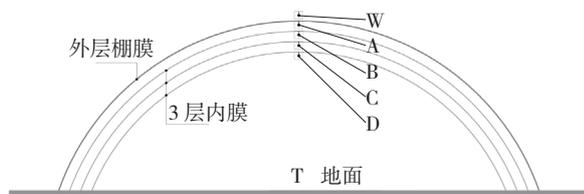


图 1 塑料大棚截面结构示意图及观测点位置

## 1.3 数据分析

通过数据处理,获得多层覆盖塑料大棚棚内外温度的动态变化(最低、最高和平均温度)和旬变化规律,利用 SPSS 16.0 软件进行相关分析,得出外界温度与不同覆盖层塑料大棚内温度的相关性。

## 2 结果与分析

### 2.1 多层覆盖塑料大棚冬季棚内外温度的动态变化

由图 2 可知,2013 年 12 月至 2014 年 2 月不同覆盖层棚内日最低温度、日最高温度和日平均温度

均高于棚外;不同覆盖层的棚内日最低温度和日平均温度差异较大,而日最高温度则变化较小。随着保温膜层数的增加,3 个月内棚内日最高温度和最低温度的最大差值逐渐减小,A、B、C、D 覆盖层日最高和最低温度差值分别为 37.4、37.2、34.5、34.2 ℃。3 个月中 A、B、C、D 覆盖层的日最低温度分别比棚外提高 -1.05~5.54、2.83~11.92、5.78~16.84、5.69~16.89 ℃,日平均温度分别比棚外提高 2.02~9.28、5.17~14.87、7.62~17.94、8.15~18.03 ℃。可见,只覆盖 1 层薄膜会出现逆温现象(调查的 80 d 内有 13 d 出现逆温现象),但多层覆盖则没有逆温现象。随着覆盖层的增加,棚内温度逐渐升高,但升高幅度逐渐减小;每增加 1 层棚膜,棚内日最低温度提高 1.84~4.48 ℃,日平均温度提高 1.38~3.72 ℃;4 层覆盖棚内日最低温度可提高 5.69 ℃,平均温度可提高 13 ℃ 左右。

### 2.2 多层覆盖塑料大棚冬季棚内外温度的日变化规律

2.2.1 外界气温最低和最高的条件下晴天大棚内外温度的日变化规律 由图 3 可知,不同覆盖层棚内气温均呈单峰曲线变化。外界气温最低时(1 月 9 日)A 覆盖层与棚外、B、C、D 覆盖层当日最低温度的温差分别为 0.62、5.84、10.55、14.35 ℃,当日最低地温为 7.65 ℃,D 覆盖层内最低气温为 0.77 ℃;A、B、C、D 覆盖层出现最低温度的时间分别为 6: 50、7: 00、7: 00、7: 00;最低地温出现在 9: 10;最低棚外气温出现在 6: 50。A、B、C、D 覆盖层最高温度分别出现在 13: 20、13: 20、13: 40、13: 40、15: 50 地温最高,13: 10 棚外温度最高。单层覆盖时会出现断断续续的逆温,但持续时间短。

外界气温最高时(2 月 2 日)A、B、C、D 覆盖层出现最低温度的时间分别为 7: 50、7: 50、7: 50、8: 00,较 1 月 9 日推迟近 1 h;最低地温出现在 8: 50,直到 9: 10 温度逐渐回升;外界气温 7: 50 最低;各覆盖层最高温度分别出现在 13: 10、13: 20、13: 30、13: 30~13: 50、16: 00~16: 10 地温最高,14: 40 棚外气温最高。A 覆盖层夜间近 12 h 处于逆温状态。可见,外界气温最低和最高的条件下大棚气温与地温的日变化过程相似,但外界气温最低时地温的变化幅度小;外界气温高时棚内外出现最低温度的时间推迟,最低地温

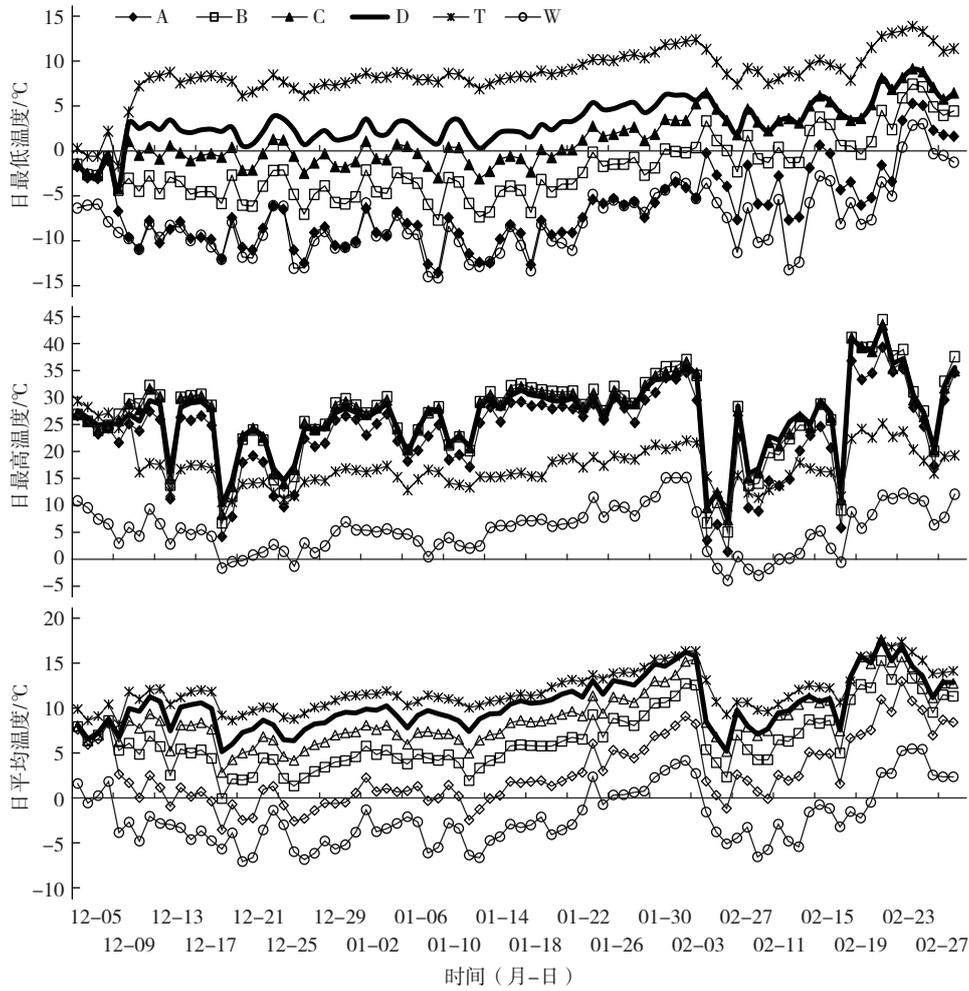


图2 2013年12月至2014年2月多层覆盖塑料大棚内外温度及地温动态变化趋势

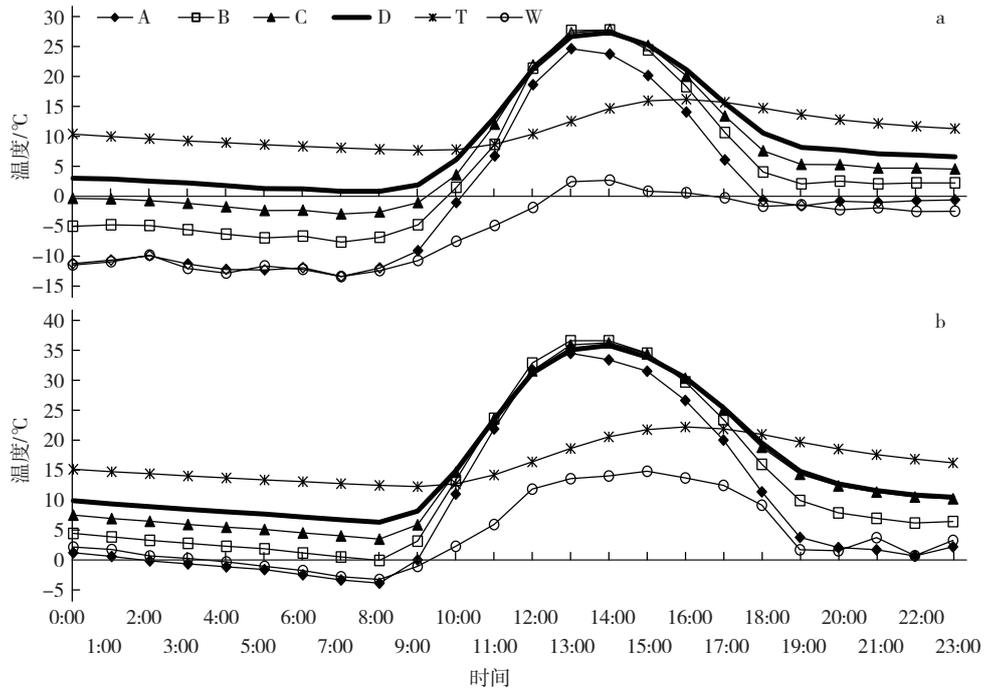


图3 2014年1月9日(a)和2月2日(b)多层覆盖塑料大棚温度变化规律

出现时间提前, 棚内最高温度出现时间提前, 且棚内出现逆温的时间也延长。

2.2.2 外界气温变化最小的阴天大棚内外温度的日变化规律 由图 4 可以看出, 外界气温变化最小的阴天(2月6日)不同覆盖层棚内气温日变化较平缓, B、C、D 覆盖层气温波峰与波谷之差仅为 3.9~5.4

℃, 地温之差为 1.3℃, 棚外温差为 3.2℃。B、C、D 覆盖层棚内最高温度均出现在 15:00, 棚外气温和地温的最高值白天出现在 16:00; A、B、C、D 覆盖层棚内气温、地温及棚外气温的最低值均出现在 23:00 之后。随着塑料薄膜覆盖层数的增多, 棚内温度逐渐升高。棚内各覆盖层全天温度均低于

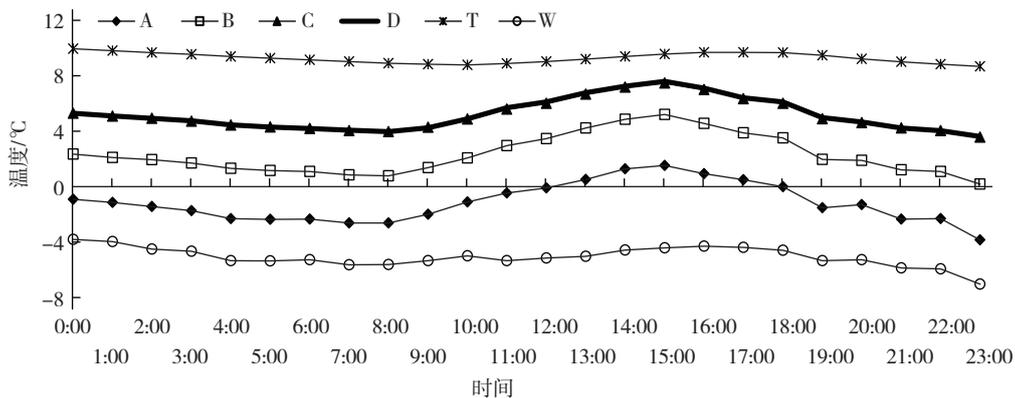


图 4 2014 年 2 月 6 日多层覆盖塑料大棚温度变化规律

地温, 但始终高于棚外气温。

### 2.3 多层覆盖塑料大棚冬季棚内旬温度与外界气温的相关性

对多层覆盖塑料大棚冬季棚内温度旬变化规律进行分析, 结果表明, 随着保温层数的增加, 棚内旬平均气温和旬最低气温均有不同程度的增高, 但增温幅度逐渐降低, 每增加 1 层棚膜, 棚内旬平均气温的提升幅度分别为 5.06、8.66、10.99、12.29℃。根据测定的不同覆盖层棚内旬平均温度与外界气温, 建立棚内旬平均温度 (y) 与外界气温 (x) 的相关方程。由表 1 可知, 棚内旬平均温度与外界

气温存在一元二次函数关系 ( $y=ax^2+bx+c$ ), 随着棚膜覆盖层数增多, 棚内旬最低、最高和平均温度与外界气温的相关指数逐渐减小; 同一覆盖层 (D 除外) 的相关指数均为棚内旬最低温度大于旬最高温度; 旬最低地温、最高地温与外界气温的相关指数均小于不同覆盖层内温度与外界气温的相关指数。可见, 不同覆盖层温度与外界气温关系密切; 随着保温层数的增多, 棚内温度受外界气温的影响越来越小, 棚内旬最低温度受外界气温的影响大于旬最高温度; 旬最低地温、最高地温受外界气温的影响小于棚内气温。

表 1 多层覆盖塑料大棚内旬温度与外界气温的相关性分析

覆盖层	最低温度		最高温度		平均温度	
	方程	$R^2$	方程	$R^2$	方程	$R^2$
A	$y=-0.046x^2+0.671x+2.156$	0.927 <sup>1)</sup>	$y=-0.076x^2+2.397x+13.071$	0.844	$y=-0.030x^2+1.170x+5.715$	0.939
B	$y=-0.024x^2+0.738x+5.499$	0.915	$y=-0.032x^2+1.654x+18.895$	0.759	$y=-0.004x^2+1.030x+8.754$	0.879
C	$y=-0.006x^2+0.809x+8.061$	0.756	$y=-0.029x^2+1.403x+20.128$	0.703	$y=0.008x^2+0.870x+10.645$	0.728
D	$y=0.323x^2+0.941x+8.099$	0.518	$y=0.002x^2+0.989x+21.080$	0.672	$y=0.035x^2+0.687x+11.291$	0.614
T	$y=0.075x^2+1.357x+13.560$	0.278	$y=-0.202x^2+3.492x+6.253$	0.489	$y=0.035x^2+0.618x+12.755$	0.631

注: 1) A 覆盖层旬最低温度的  $R^2$  为 0.927, 说明外界温度与其平方这两个变量可解释 A 温度变化原因的 92.7%, 而其余的 7.3% 变动要由其他因素的影响来解释。

### 3 结论与讨论

长期以来, 塑料大棚多层覆盖作为一种操作方便、投资少、节能的保温措施在甘肃渭河流域广

泛应用。本试验结果表明, 塑料大棚多层覆盖可以提高棚内气温和地温, 但随着覆盖层数的增加, 棚内气温的升高幅度降低; 每增加 1 层棚膜, 棚内日最低温度提高 1.84~4.48℃、日平均温度提高

1.38~3.72 ℃; 采用4层覆盖, 棚内最低温度可提高5.69 ℃, 平均温度提高13 ℃左右; 单层覆盖时会出现逆温现象, 而多层覆盖则没有逆温现象。

外界气温最低和最高的条件下大棚气温与地温的日变化过程相似, 不同覆盖层棚内气温均呈单峰曲线变化; 与外界气温最低时相比, 外界气温高时棚内温度和地温变化幅度大, 棚内外出现最低温度的时间推迟, 最低地温出现的时间提前, 棚内最高温度出现的时间提前, 且棚内出现逆温的时间也延长。外界气温变化最小的阴天, 不同覆盖层棚内气温日变化较平缓, 不同覆盖层棚内最高温度均出现在15:00, 这与曲继松等(2016)在拱棚韭菜上的研究结果一致; 而棚外白天气温和地温的最大值均出现在16:00。此外, 随着保温膜层数的增加, 棚内旬平均气温和旬最低气温均有不同程度的增高, 但增温幅度逐渐降低, 这与李胜利(2007)的研究结果一致。

相关分析结果表明, 不同覆盖层棚内温度与外界气温间关系密切, 随着保温层数的增多, 棚内温度受外界气温的影响越来越小, 棚内旬最低温度受外界气温的影响大于旬最高温度; 旬最低和最高地温受外界气温的影响小于棚内气温。

本试验观测的80 d内最内层温度仅5 d低于0

℃, 最低温度为-4.318 ℃, 而韭菜地上部分叶片能耐的低温为-5~-4 ℃(吕思维, 2015); 棚内地温在-1.756~13.834 ℃之间变化, 完全能保证韭菜地下部分根茎正常生长。因此, 4层覆盖塑料大棚适合甘肃渭河流域河谷川道地区冬季韭菜栽培。

#### 参考文献

- 黄录元. 2017. 武山县大棚蔬菜高效栽培模式及效益调查. 农业科技与信息, (7): 7-8.
- 李胜利. 2007. 巨型塑料大棚结构设计及主要环境因子特征研究 [博士学位论文]. 郑州: 河南农业大学.
- 吕思维. 2015. 韭菜休眠及冬棚耐低温生长习性的研究 [硕士学位论文]. 扬州: 扬州大学.
- 曲继松, 张丽娟, 朱倩楠, 马立明. 2016. 宁夏两种韭菜拱棚内环境温度冬季日变化比较研究. 北方园艺, (13): 46-49.
- 王华, 丁同华, 林红梅, 陈菲菲, 张小锋. 2016. 江苏沿海地区双大棚多层覆盖内外温度间的相关回归分析. 蔬菜, (10): 18-22.
- 王江俊, 侯栋, 余宏军, 蒋卫杰. 2016. 蒋卫杰博士: 聚焦生产一线(二十)——武山韭菜韭菜栽培技术. 中国蔬菜, (2): 83-86.
- 王军, 孙兴祥, 曹坚, 倪宏正. 2002. 大棚多层覆盖小气候效应研究初报. 江苏农业科学, (1): 47-48.
- 朱国亮. 2012. 甘肃探索出塑料大棚多层覆盖蔬菜栽培技术. 央视网, <http://news.cntv.cn/20120221/104669.shtml>.
- 庄俊康. 2012. 一个贫困县的蔬菜强县之路. 甘肃经济日报, 2012-05-17.

## Studies on Heat Preservation Effect in Winter by Multi-layer Plastic Film in Plastic Tunnel in Wushan County of Gansu Province

SONG Ming-jun<sup>1</sup>, HOU Dong<sup>1</sup>, MA Yan-xia<sup>1</sup>, ZHANG Shun-lin<sup>3</sup>, YANG Sheng-ping<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Vegetable Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, Gansu, China; <sup>2</sup>Wushan County Vegetable Administration Bureau, Tianshui 741300, Gansu, China; <sup>3</sup>Wushan County Vegetable Science and Technology Park, Tianshui 741300, Gansu, China)

**Abstract:** Multi-layer cover is an important way for heat preservation in plastic tunnel in winter at the Wei River basin. This experiment studied the heat preservation effect in winter under plastic tunnel with multi-layer plastic film by constructing small size shed covered with plastic film inside of the big plastic tunnel. The results showed that the air temperature and soil temperature inside of plastic tunnel were all raised by covering multi-layer plastic film, but the ascending range of air temperature was reduced along with the increasing of covering layers. The greenhouse film mulch had salient warming effect. The daily minimum temperature within the tunnel increased by 1.84-4.48 ℃, and daily mean temperature increased by 1.38-3.72 ℃ when increasing the numbers of layer. The daily minimum temperature could be increased to 5.69 ℃, and average temperature increased about 13 ℃ by 4 mulch layers. Temperature inversion appeared only under one layer of plastic film. There is very close relation between inside tunnel temperature and outside tunnel temperature with different covering layers. The increasing layer numbers can reduce the influence of outside tunnel temperature on inside tunnel temperature.

**Key words:** Plastic tunnel; Multi-layer cover; Effect of heat preservation; Wushan County