

# 南方塑料温室内不同降湿处理效应比较

梁称福<sup>1</sup>, 陈正法<sup>1</sup>, 李文祥<sup>1</sup>, 刘明月<sup>2</sup>, 徐龙铁<sup>3</sup>, 黄光荣<sup>3</sup>, 潘启春<sup>3</sup>

(1. 中国科学院亚热带农业生态研究所, 湖南 长沙 410125; 2. 湖南农业大学园艺园林学院, 湖南 长沙 410128;  
3. 广西壮族自治区贺州市农业局, 广西 贺州 542800)

**摘要:**在具南方区域代表性的广西贺州现代农业科技示范园内,以单栋塑料温室为研究对象,设置地膜覆盖、滴灌、对照(常规栽培)3个处理,在严格控制和统一安排水、肥、病、虫等田间管理措施的前提下,与对照相比较,从对室内空气湿度的动态变化状况、土壤湿度的动态变化状况、番茄生长发育的动态变化状况的影响等多个角度,研究与探讨了地膜覆盖与滴灌处理的直接与间接降湿效应。结果表明:(1)运用地膜覆盖与滴灌,均能明显降低温室内的月平均相对湿度与绝对湿度,具有明显的降湿效果,其中以地膜覆盖效果最佳,滴灌次之。与对照相比,两者分别能使温室内月平均相对湿度降低3%~11%,2%~6%;月平均绝对湿度降低0.8%~4.0hPa,0.4%~1.5hPa。(2)与对照相比,地膜覆盖与滴灌处理分别能使番茄植株矮化7.19%~21.24%、3.24%~8.70%,基茎增粗12.96%~23.39%、10.19%~19.35%,平均单株叶面积增加44.10%~91.92%、30.00%~82.50%,叶面积指数增加0.09%~1.47、0.07%~1.36,群体生长率平均值增加1.89g/(m<sup>2</sup>·d)、1.15g/(m<sup>2</sup>·d),相对生长率平均值减少0.007g/(g·d)、0.008g/(g·d),净同化率平均值增加0.66g/(m<sup>2</sup>·d)、0.10g/(m<sup>2</sup>·d),生物产量增加18.61%、11.39%,经济产量增加37.50%、19.88%;同时使用地膜覆盖与滴灌后,能明显提高植株地上部(茎、叶、花、果)干物质分配率,而降低地下部(根)干物质分配率。(3)经地膜覆盖与滴灌处理后,温室内土壤湿度分别增加6.06%~9.15%、1.92%~3.64%(绝对值);月平均最高温分别增加1.6~4.8℃、1.3~2.4℃,月平均最低温分别升高1.1~2.3℃、-0.8~1.2℃。

**关键词:**塑料温室;降湿效应;比较研究

## Comparative studies on the effects of two dehumidified methods for growing crops in plastic greenhouses in southern China

LIANG Cheng-Fu<sup>1</sup>, CHEN Zheng-Fa<sup>1</sup>, LI Wen-Xiang<sup>1</sup>, LIU Ming-Yue<sup>2</sup>, XU Long-Tie<sup>3</sup>, HUANG Guang-Rong<sup>3</sup>, PAN Qi-Chun<sup>3</sup> (1. Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China; 2. College of Horticulture and Landscape Architecture, Hu'nan Agricultural University, Changsha 410128, China; 3. Guangxi Hezhou Agriculture Bureau, Hezhou 542800, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(8): 1686~1694.

**Abstract:** Greenhouses have extremely high humidity that often presents an important factor affecting the yield and quality of crops, particularly the southern regions of China, where air humidity is high. The conventional methods, such as slots, skylight/lateral windows, and exhaust fans, as presently applied to dehumidify in greenhouses, have a disadvantage to lose heat, which decreases air temperature. In order to solve this problem, plastic mulch coverage and dripping irrigation were designed as dehumidify methods for plastic greenhouses in south China. This paper reported studies on their effectiveness in de-humidity and the effects on crop growth.

An experiment was carried out in Hezhou Agricultural Part, Guangxi, China. The treatments were as: (1) Control: soil surface remained bare; (2) Plastic-mulch coverage: soil surface covered with PVC membrane (0.02mm); (3) Dripping irrigation, PVC hosepipes used, each occupied 1 single-ridgepole plastic greenhouse (30m×8m, east to west orientation,

**基金项目:**中国科学院农业项目办公室“十五”科技攻关资助项目(NK 十五-C-20)  
**收稿日期:**2003-05-03;**修订日期:**2004-01-10  
**作者简介:**梁称福(1969~),男,江西于都人,硕士生,助理研究员。主要从事设施农业环境生态研究。E-mail: CfLiang@isa.ac.cn  
**致谢:**中国科学院亚热带农业生态研究所吴金水研究员、童成立副研究员给予帮助,谨表谢意。  
**Foundation item:** the programme of Agriculture Bureau, Chinese Academy of Sciences(No. NK 十五-C-20)  
**Received date:** 2003-05-03; **Accepted date:** 2004-01-10  
**Biography:** LIANG Cheng-Fu, Master candidate, mainly engaged in agricultural ecology.

3.45m distance). In each of the greenhouses, 6 inductive psychrometers (1.5m above ground, see Fig. 1) and 2 inductive thermometers (0.6m above ground, along the central line) were installed to timely detect humidity and tiptop/minimum temperature. A shutter box was installed open space next the greenhouses to detect free-air humidity and tiptop/minimum temperature. The seed bad in the greenhouses was ploughed, flatted, applied with 1000kg composite, 10 kg complete fertilizers (15-15-15), 7.5kg lime, and 1.5kg pesticide, then thoroughly irrigated. Tomato plants (Mingzhu103, Taiwan) were transplanted (40cm × 65cm, equivalent to 38500 head/hm<sup>2</sup>) in the greenhouses in December, 2001, and regularly irrigated (Table 2). Field management, such as adjusting plants, applying middle-term fertilizers, controlling disease and insects, harvesting, were carried out as local farming. During the growing period, biological characters of tomato (plant height, stem diameter, leaf index, fresh and dry weight) were measured in 10 plants selected by hierarchical random sample at an interval of 30 to 35 days, and the biota and economic yield were also recorded at each time of harvest.

The results obtained indicated that, compared to those for the control, the monthly mean of relative humidity in the greenhouses for the treatments of plastic-mulch coverage and drip irrigation in greenhouses decreased by 3%~11% and 2%~6%, the monthly mean of the absolute humidity by 0.8~4.0 h Pa and 0.4~1.5 h Pa, respectively. By these techniques, soil moisture content in greenhouses increased by 6.06%~9.15% (or 1.92%~3.64% as absolute value); and the daily highest temperature, as the monthly means, increased by 1.6~4.8 C and 1.3~2.4 C. By the application of plastic mulch and drip irrigation, the physiological characteristics of the tomato plants were apparently improved, with significant increases in the mean leaf area (44.10%~91.92% and 30.00%~82.50%), the leaf area index (0.09~1.47 and 0.07~1.36), the plant stem diameter (12.96%~23.39% and 10.19%~19.35%), the net assimilation (0.66 g/(m<sup>2</sup> · d) and 0.10 g/(m<sup>2</sup> · d) and the growth rate (1.89 g/(m<sup>2</sup> · d) and 1.15 g/(m<sup>2</sup> · d)), and decreases in the plant height (7.19~21.24% and 3.24%~8.70%) and the relative growth rate (0.007g/(g · d) and 0.008 g/(g · d)). Consequently, the biota and economic yield of tomato increased by 18.61% and 11.39%, and 37.50% and 19.88%, respectively. It was also found that with plastic mulch and drip irrigation, aboveground dry matter (including stem, leaf, flower and fruits) of tomato plants increased markedly. In conclusion, plastic mulch and drip irrigation can effectively improve air humidity, soil moisture condition and the growth and yield of tomato cultivated in the greenhouses in south China.

**Key words:**plastic greenhouses; dehumidification; tomato

文章编号:1000-0933(2004)08-1686-09 中图分类号:S625.5+1 文献标识码:A

我国塑料温室作物生产地域广、面积大,然而由于空气湿度过高,对作物产生多种生理负面影响,如作物叶片水势变高,电导率变低,蒸腾变慢,根部被动吸水受牵制,对矿质养料的吸收受阻,光合作用速率降低<sup>[1~6]</sup>等,也为作物病原物提供适宜的侵染和蔓延环境,从而影响作物正常生长发育,导致产量降低,品质变劣。降(除)湿便成为温室作物生产中的重要环节。我国的温室降(除)湿是在白天温室气温高时采用扒缝、开天窗或侧窗等自然换气和开排气扇强制换气等方法,而且是在室内外温差很大的情况下进行的。这些方法主要存在以下3个主要问题:①室内的热量损失;②室温骤然下降,短时间内降低了室内的绝对湿度而提高了相对湿度,使作物叶片沾湿,增加发病机会<sup>[7]</sup>;③费工费时,且栽培不易控制。目前国外设施栽培技术较先进的国家如荷兰、日本、美国、以色列等,能按照作物生长的最适宜生态环境条件,在现代温室内通过计算机进行四季恒定的环境自动控制<sup>[8]</sup>。这些方法由于成本过高,大面积发展不切合我国基本国情和具体实际。本试验研究试图利用通过减少土壤水分蒸发蒸腾量,从而降低温室内空气湿度这一科学原理与途径,设置地膜覆盖与滴灌处理,比较研究了它们的直接降湿效应与间接降湿效应,对于充实温室湿度环境理论、指导温室作物生产实践具有参考价值和现实意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点及其概况

试验在广西贺州现代农业科技示范园单栋塑料温室内进行。温室东西走向,长30m,宽8m,顶脊高3.45m,肩高1.95m。温室内开设5畦,中央3畦宽为1.05m,旁边两畦宽为0.7m。温室内土壤成土母质为砖红壤。供试蔬菜作物为台湾103明珠番茄(早中熟,无限生长型)。

### 1.2 试验设计与方法

**1.2.1 试验处理** 试验设地膜覆盖、滴灌、对照(常规栽培)3个处理,每个处理安排在一座标准单栋塑料温室内进行,温室规格见图1。其中地膜覆盖处理在番茄定植之前采用厚度为0.02mm的聚氯乙烯薄膜覆盖畦面;滴灌处理在番茄定植之后使用直径为4cm的聚氯乙烯软管铺于畦面番茄植株旁边,并在植株根部钻一小孔,便于水珠从小孔处漏出而湿润植株根部土壤;对照

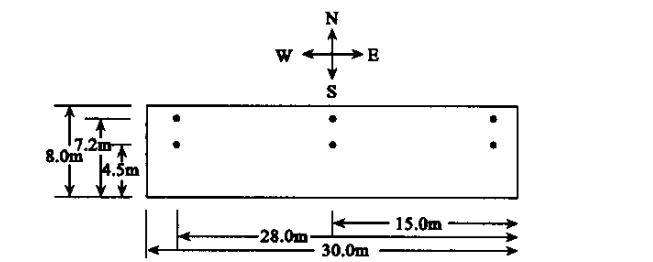


图1 温室内湿度观测点地面投影图

Fig. 1 The projected figure of humidity observation spots inside greenhouses

处理既不采用地膜覆盖也不铺软管,畦面裸露,采取常规浇水方式。

**1.2.2 观测仪器布设** 分别在3座塑料温室内离温室北侧(指温室北端地面界线)0.8m、3.5m处悬挂边、中两排干湿球温度表,每排又在离温室东边2.0m、15.0m、28.0m处设置观测点,每处观测点悬挂干湿球温度表1套(干湿球温度表感温泡离地面的垂直距离为1.5m),每座温室内共计6套(温室内湿度观测点设置见图1)。同时在3座温室内中心位置处(离东、西边各为15.0m,离南、北边各为4.0m)安置最高、最低温度计1套(温度计感温泡离畦面垂直距离为0.6m)。

在试验温室东边室外,安装百叶箱1个,箱内悬挂干湿球温度表1套,最高、最低温度计1套(干湿球温度表及最高、最低温度计感温泡离地面的垂直距离均为1.5m)。

**1.2.3 番茄植株栽培管理方法** 结合深耕、松土、整地,在每座温室内施入腐熟猪粪1000kg、K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>复合肥(N15-P15-K15)10kg、生石灰7.5kg、多菌灵1.5kg。然后灌足底水,过2d再次松土,挖坑定植。定植日期为2001年12月24日,株行距为40cm×65cm,每667m<sup>2</sup>定植基本苗2565株(定植时番茄苗子生物学性状见表1)。定植后植株调整、肥、水、病、虫等田间管理按常规方法一致同时进行。其中整枝方式采用单干整枝,肥料按每667m<sup>2</sup>分多次追施K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>复合肥(N15-P15-K15)120kg、三元配方肥(N12-P7-K30)35kg,浇水方式及数量见表2。番茄自2002年2月27日开始收获,2002年5月12日收获完毕。

1.3 试验观测内容与方法

**1.3.1 温室内外温、湿度等气象因子的观测记录** 自2001年12月1日至2002年3月31日共4个月时间<sup>①</sup>,每天6:30、11:00、17:30、21:30等4次定时观测记录不同降温处理温室内各层及室外干湿球温度表数值。最高、最低温度计的数值在17:30观测。

**1.3.2 番茄生长发育指标的调查测定** 自番茄定植开始,每隔30~35d采用分层随机取样法<sup>[9]</sup>,分别在每座温室内抽取10株样本,调查测定其株高、茎粗、叶片数、叶面积、叶面积指数,鲜重、干重,群体生长率、相对生长率、净同化率。其中株高采用卷尺

表1 定植时番茄苗子生物学性状\*

Table 1 The biological characters of tomato seedlings when transplanted

株高 (cm) <sup>①</sup> *	茎粗 (mm) <sup>②</sup>	叶片数 (sheets/ plant) <sup>③</sup>	单株叶面积 (cm <sup>2</sup> / plant) <sup>④</sup>	单株鲜重 (g/ plant) <sup>⑤</sup>	单株干重 (g/ plant) <sup>⑥</sup>
13.6	3.9	6.3	86.2	6.30	0.76

\* 表中所列数据为随机调查测定10株苗子所得的平均值 Data listed on the table were means of 10 seedlings by random sample; \*  
\* ①Plant height, ②stem diameter, ③Leaf number of individual plant, ④Leaf area of individual plant, ⑤the weight of individual fresh plant, ⑥the weight of individual dry plant

表2 试验温室番茄浇水情况

Table 2 The irrigation case on tomato plants inside experimentation greenhouses

日期(年-月-日) Date(year-month-day)	浇水方式* Irrigation way	单座温室浇水量(m <sup>3</sup> ) Irrigation quantity of single greenhouse
2001-11-23	水管泼浇(1)**	1.720
2001-11-24	瓢勺泼浇(2)	1.050
2001-11-27	瓢勺泼浇(2)	0.910
2001-12-04	瓢勺泼浇(2)	1.050
2001-12-14	瓢勺泼浇(2)	0.250
2001-12-24	瓢勺泼浇(2)	0.530
2002-01-05P	瓢勺泼浇(2)	1.050
2002-01-11	瓢勺泼浇(2)	1.050
2002-01-23	瓢勺泼浇(2)	1.050
2002-02-03	水管泼浇(1)	1.050
2002-02-17	水管泼浇(1)	0.890
2002-02-27	水管泼浇(1)	1.050
2002-03-08	瓢勺泼浇(2)	0.450
2002-03-12	瓢勺泼浇(2)	0.450
2002-03-26	水管泼浇(1)	1.050
2002-04-05	水管泼浇(1)	2.100
2002-04-16	水管泼浇(1)	2.100
2002-04-28	水管泼浇(1)	1.050
合计 Total		18.850

\* 浇水方式是针对地膜覆盖和对照温室而言;滴灌温室采用水表控制水量;3座不同处理温室内每次浇水量与浇水总量完全一致 Irrigation way listed on the table was aimed at plastic mulch and control greenhouses; but irrigation quantity was auto-controlled by water meter for drip irrigation greenhouse; Irrigation quantity every time and total irrigation quantity inside three various dehumidified treatments greenhouses were both consistent completely; \* \* (1) Hosing, (2) Splashing by ladle

① 在2001年12月~2002年3月4个月期间,温室内外气象因子的实际观测天数总计为113d,其中晴天53d,阴天44d,雨天16d。按月份又分为:12月为晴天、阴天、雨天各18d、9d、4d;1月份31d,其中晴天、阴天、雨天各15d、13d、3d;2月份21d,其中晴天、阴天、雨天各10d、7d、4d;3月份30d,其中晴天、阴天、雨天各10d、15d、5d

量取,茎粗利用游标卡尺在植株茎基部量取,叶片数采用计数器计算,叶面积与叶面积指数测定采用重量法<sup>[10]</sup>,鲜重直接用天平称取,干重测定采用恒重法<sup>[11]</sup>,群体生长率、相对生长率、净同化率测定按杨守仁、村田吉男等介绍方法<sup>[12,13]</sup>进行。

1.3.3 温室内土壤含水量测定 在试验的中期(1~3月份),每隔30d左右利用S形取样法(9个样点)分别采集3个处理温室内15cm深处土壤样品,采用烘干法<sup>[14]</sup>测定含水量。

1.3.4 番茄产量、平均单果重及病果率的测定 番茄定植后,每次整枝、打杈、抹芽、疏花、疏果等植株调整所采集的枝、叶、芽、花、果等,均按试验处理分别称重;番茄收获期,按试验处理详细记载每次采摘的番茄好果、病果数量与重量。待番茄拉秧,统计各个试验处理温室番茄的生物产量与经济产量、平均单果重以及病果率。

1.4 试验数据整理与统计

1.4.1 干湿球温度的校正与对应湿度的换算 按《湿度查算表》<sup>[15]</sup>所介绍方法进行。

1.4.2 月平均相对湿度与绝对湿度的求法 对温室内、外而言,其某一时刻(包括6:30、11:00、17:00、21:30)的月平均相对湿度与绝对湿度是指1个月内该时刻所有干湿球温度表所对应的相对湿度与绝对湿度的平均值。

1.4.3 月平均最高温与最低温的求法 在本试验中,月平均最高温与最低温分别指某一特定月份所有观测日最高温与最低温的平均值。

所有数据的整理与统计均采用Excel(97)和SAS软件。

2 结果与分析

2.1 不同降湿处理后温室内空气湿度动态变化分析

表3描绘了不同降湿处理后6:30、11:00、17:00、21:30等4个时刻温室内月平均相对湿度与绝对湿度变化情况。从中可以看出,无论是采用地膜覆盖还是滴灌,温室内的月平均相对湿度与绝对湿度均有不同程度的下降,其中尤以地膜覆盖处理下降幅度为大,滴灌次之。地膜覆盖与滴灌分别能使月平均相对湿度降低3%~11%、2%~6%,月平均绝对湿度降低0.8~4.0hPa、0.4~1.5hPa。地膜覆盖温室在12月11:00、17:00、21:30与1月6:30、11:00、17:00、21:30的月平均相对湿度以及所有月份与时刻的月平均绝对湿度,与对照相比差异显著;而滴灌温室仅1月17:00的月平均相对湿度以及2月6:30、21:30,3月6:30、17:00的月平均绝对湿度,跟对照差异达到显著水平( $P<0.05$ )。

表3 不同降湿处理后2001年12月~2002年3月温室内月平均相对湿度与绝对湿度变化

Table 3 The monthly variations of average relative humidity and absolute humidity on the middle-level inside greenhouses from December 2001 to March 2002 in various dehumidified treatments

时刻 Time	降湿处理 Dehumidified treatments	12月 December		1月 January		2月 February		3月 March	
		相对湿度	绝对湿度	相对湿度	绝对湿度	相对湿度	绝对湿度	相对湿度	绝对湿度
		(%) Relative humidity	(hPa) Absolute humidity	(%) Relative humidity	(hPa) Absolute humidity	(%) Relative humidity	(hPa) Absolute humidity	(%) Relative humidity	(hPa) Absolute humidity
6:30	地膜①*	87a**	11.4b	90b	11.6b	92a	12.1b	92a	14.8b
	滴灌②	90a	11.8ab	91ab	12.0ab	94a	12.5b	93a	15.2b
	对照③	93a	12.3a	97a	12.4a	98a	13.7a	96a	16.7a
11:00	地膜①	65b	18.1b	74b	20.1b	77a	20.4a	78a	24.1a
	滴灌②	72a	20.8a	80a	20.9ab	80a	20.8a	80a	24.4a
	对照③	76a	22.1a	83a	22.0a	81a	21.4a	83a	25.3a
17:00	地膜①	74b	15.0a	78b	15.4b	77a	17.3b	82a	21.0b
	滴灌②	81a	15.0a	79b	16.0ab	78a	17.8ab	83a	21.5b
	对照③	85a	16.0a	85a	16.9a	80a	19.0a	85a	22.7a
21:30	地膜①	81b	11.8b	89b	12.3b	90a	14.1b	91a	18.0b
	滴灌②	89a	12.4ab	93a	13.2ab	92a	14.8b	93a	18.7ab
	对照③	92a	13.1a	97a	13.7a	95a	15.9a	96a	19.6a

\* ①Plastic mulch, ②Drip irrigation, ③Control; \*\* 对同一时刻、同一月份、3个不同处理数据应用LSD法进行统计检验,同一列中①②③所对应的3个数据标记相同字母表示差异不显著( $P>0.05$ ),标记不同字母表示差异显著( $P<0.05$ ),下同 Statistical test was conducted on data of three various treatments in the same time and the same month, Three corresponding data with ①②③ in same erect column followed by same letters indicate no significantly difference( $P>0.05$ ), but different letters indicate significantly difference( $P<0.05$ );The same below

2.2 不同降湿处理后温室内土壤湿度动态变化分析

对温室内方数据土壤样品进行含水量测定结果(图2)表明:地膜覆盖处理土壤保水效果最好,在测定的3个时期(2002年1月29日、2002年2月26日、2002年3月28日)均保持最高的土壤含水量,分别达到22.32%、25.95%、22.72%;滴灌处理



次之,在测定的3个时期分别为18.78%、20.40%、18.58%;对照处理土壤保水效果最差,依次为15.14%、16.80%、16.66%。因在整个试验过程中,严格控制各处理温室内每次浇(灌)水量以及浇(灌)水总量一致,据土壤含水量测定结果可以推断,地膜覆盖、滴灌能够降低温室内空气湿度的根本原因是:增强了土壤保水性能,减少了土壤水分蒸发量。

### 2.3 不同降湿处理后对番茄生长发育状况的影响

**2.3.1 对番茄植株株高和茎粗的影响** 由图3、图4可知,降湿处理对株高和茎粗的影响较大。植株变矮,基茎变粗。且矮化效果与增粗效果均以地膜覆盖最好,滴灌次之。以2002年2月25日的调查测定结果为例,地膜覆盖、滴灌、对照3处理的植株株高分别为135.4cm、147.5cm、158.9cm,茎粗分别为15.3mm、14.8mm、12.4mm;前两者分别比对照矮化14.79%、7.17%,增粗2.9mm、2.4mm。从调查测定的整个时期来看,3个不同处理植株均在不断地往上长高,而基茎在2002年2月25日以后基本上不再增粗。对同一时期不同处理之间进行显著性测验结果表明,地膜、滴灌植株株高除2001年12月9日、茎粗除2002年1月10日与对照无显著差异外,其余3个时期均有显著差异。

**2.3.2 对番茄植株叶片数、叶面积及叶面积指数的影响** 试验结果(表4)表明,在整个番茄生长发育过程之中,不同降湿处理对番茄叶片数的影响不大,无明显差异( $P>0.05$ )。从不同生长发育阶段的单株叶面积来看,地膜覆盖、滴灌与对照相比均存在明显差异,但地膜覆盖与滴灌之间除2002年2月25日表现出显著差异( $P<0.05$ )外,其余3个时期则无显著差异( $P>0.05$ )。2001年12月9日、2002年1月10日、2002年25日、2002年3月29日4个时期,地膜覆盖的平均单株叶面积分别比对照增加44.1%、91.9%、66.0%、48.0%,而滴灌分别比对照增加33.0%、82.5%、30.0%、50.0%。由上述结果可知,温室内湿度主要是通过影响植株单片叶面积而不是叶片数,进而影响单株叶面积。

因不同降湿处理温室内番茄栽培的株行距完全一致,所以各个时期所测得的叶面积指数大小跟单株叶面积大小成正相关。随着番茄生长势的不断加强,各个处理温室内番茄的叶面积指数均在逐渐加大。但在2002年2月25日以前的3次测定中,叶面积指数值均呈现地膜覆盖>滴灌>对照规律,而在3月29日测定结果则表现为滴灌处理的番茄叶面积指数(4.07)比地膜覆盖处理(4.02)略大。由此可以判断,地膜覆盖与滴灌相比,利于增加番茄早期生长势,而后期生长势稍差。

### 2.3.3 对番茄植株鲜重、干重及植株各器官干物质分配率的影响

自2001年12月9日~2002年4月27日番茄单株鲜重与单株干重的变化情况分别见图5、图6。从总体上看,在2001年12月上旬~2002年1月上旬、2002年2月下旬~2002年3月下旬两个阶段,番茄植株生长较为缓慢;而在2002年1月中旬~2002年2月中旬、2002年3月下旬~2002年4月下旬两个阶段,植株生长迅速。从各个处理之间比较来看,在1月上旬以前,地膜覆盖处理与滴灌处理植株生长速度几乎一致,但明显地大于对照处理;1月中旬~2月下旬,明显地表现出地膜覆盖处理>滴灌处理>对照规律;自3月上旬以后,地膜覆盖与对照处理植株生长发育速度相仿,但均滞后于滴灌处理。在整个生长发育时期,单株番茄光合作物的积累总量均以地膜覆盖处理最大,滴灌处理次之,对照最小。以2002年4月27日测定结果为例,地膜覆盖、滴灌、对照处理的平均单株鲜重分别为3362.7g、3158.9g、2806.6g,前两者分别比对照增加19.81%、12.55%;平均单株干重分别为302.34g、269.14g、225.37g,前两者分别比对照增加34.15%、19.42%。

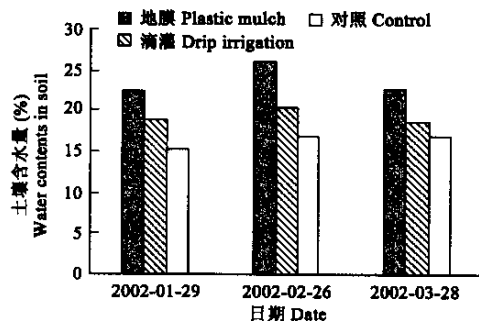


图2 不同降湿处理后温室内15cm深处土壤含水量动态变化

Fig. 2 The dynamic variations of water content in soil at a depth of 15 cm inside greenhouses in various dehumidified treatments

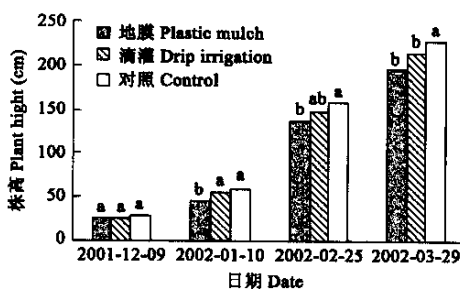


图3 不同降湿处理对番茄植株株高的影响

Fig. 3 Effects of various dehumidified treatments on height of tomato plant

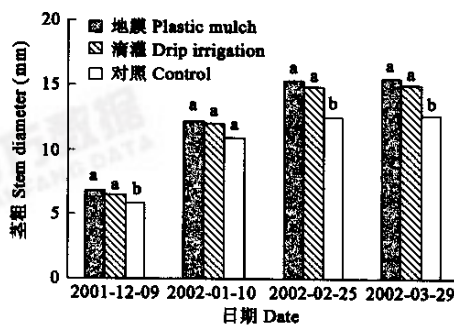


图4 不同降湿处理对番茄植株茎粗的影响

Fig. 4 Effects of various dehumidified treatments on stem diameter of tomato plant

表 4 不同降湿处理对番茄叶片数、叶面积及叶面积指数的影响

Table 4 Effects of various dehumidified treatments on leaf number, leaf area and leaf area index of tomato plant				
日期 Date	指标 Index	地膜覆盖 Plastic mulch	滴灌 Drip irrigation	对照 Control
2001-12-09	叶片数 Leaf number(sheets/plant)	11. 4a *	11. 6a	12. 3a
	叶面积 Leaf area(dm <sup>2</sup> /plant)	7. 65a	7. 06a	5. 31b
	叶面积指数 Leaf area index	0. 29a	0. 27a	0. 2b
2002-01-10	叶片数 Leaf number(sheets/plant)	17. 3a	16. 1a	16. 2a
	叶面积 Leaf area(dm <sup>2</sup> /plant)	41. 99a	39. 93a	21. 88b
	叶面积指数 Leaf area index	1. 61a	1. 54a	0. 84b
2002-02-25	叶片数 Leaf number(sheets/plant)	29. 2a	29. 7a	31. 3a
	叶面积 Leaf area(dm <sup>2</sup> /plant)	96. 57a	75. 63b	58. 18c
	叶面积指数 Leaf area index	3. 71a	2. 91b	2. 24c
2002-03-29	叶片数 Leaf number(sheets/plant)	32. 1a	34. 8a	35. 2a
	叶面积 Leaf area(dm <sup>2</sup> /plant)	104. 41 a	105. 83a	70. 55b
	叶面积指数 Leaf area index	4. 02a	4. 07a	2. 71b

\* 对同一横栏中 3 个不同处理所对应的同一指标方面的数据进行统计检验 Statistical test was conducted on corresponding data which belonged to same index of three various treatments in same horizontal column

经地膜覆盖与滴灌降湿后,根部(地下部)干物质分配率降低,相应地增加了茎、叶、花、果(地上部)等器官的干物质分配率,尤其是分配到果实的干物质相对量明显增加。以 2002 年 1 月 10 日测定结果为例,地膜覆盖、滴灌、对照 3 处理番茄植株根部干物质分配率分别是:3. 36%、5. 04%、6. 82%,果实中干物质分配率分别是:10. 65%、4. 98%、0%,差异较为明显(表 5)。

2. 3. 4 对植株群体生长率(CGR)、相对生长率(RGR)及净同化率(NAR)的影响 群体生长率(CGR)表示在单位时间单位土地面积上所增加的干物质量,即作物干物质日生产率。测定结果(表 6)表明,经降湿处理后,在番茄植株的各个生长发育时期,群体生长率(CGR)均有明显提高,其中尤以地膜覆盖处理提高的幅度为大。这可能是因为地膜覆盖不仅可以降低温室内空气湿度,而且还能提高地温,利于番茄植株光合产物积累的缘故。从对番茄植株进行测定的整个生长发育时期来看,无论是地膜覆盖、滴灌,还是对照处理,群体生长率(CGR)均表现出“中间大,两头小”的总体趋势,呈单峰曲线,即缓苗~初花果期、盛花果-收获中初期植株群体生长较慢,初花果-盛花果期植株群体生长较快(地膜覆盖、滴灌、对照 3 处理分别达到 7. 98、6. 96、5. 70)。

相对生长率(RGR)反映了某一时间单位干物重量的生产效率。它受到净同化率、叶的厚度、叶重与整株重指标之比的影响很大<sup>[13]</sup>。由表 7 可以看出,在自 2001 年 12 月 9 日~2002 年 3 月 29 日番茄生长发育阶段的测定期内,番茄植株的相对生长率(RGR)出现逐渐减小的趋势。在各个阶段,地膜覆盖与滴灌处理之间无明显差异,而它们与对照相比,则均有明显的降低。

净同化率(NAR)是表示群体条件下作物叶片光合生产率 的指标。它受叶面积的影响较大。测定结果(表 8)表明,自缓苗期至收获中初期,随着番茄植株生长发育阶段的往前推进,净同化率(NAR)逐渐降低,在测定的对应同一阶段,净同化率(NAR)数值基本上表现出地膜覆盖>滴灌>对照规律(缓苗期-初花果期例外,此阶段滴灌处理的净同化率为 4. 58,小于对照 4. 73)。

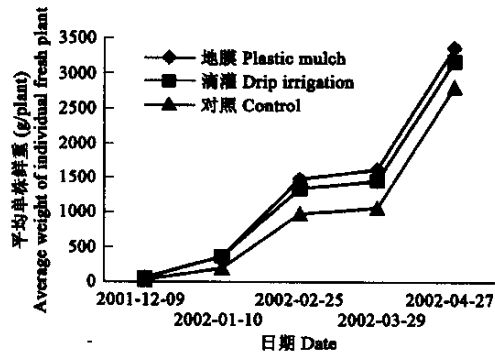


图 5 不同降湿处理对番茄植株鲜重的影响  
Fig. 5 Effects of various dehumidified treatments on the weight of individual fresh tomato plant

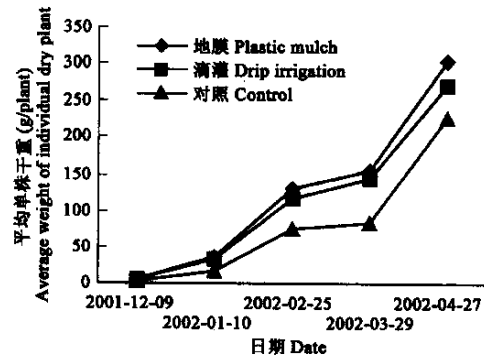


图 6 不同降湿处理对番茄植株干重的影响  
Fig. 6 Effects of various dehumidified treatments on the weight of individual dry tomato plant

2.4 对温室内番茄产量、平均单果重及病果率的影响

研究结果表明,经地膜覆盖、滴灌降湿后,番茄生物产量、经济产量、平均单果重增加,经济系数提高,而病果率下降。增加(或提高、下降)的幅度均以地膜覆盖为大,滴灌次之。其中地膜覆盖、滴灌温室的生物产量分别比对照(2440.0kg/座)增加18.61%、11.39%;经济产量分别比对照(968.2kg/座)增加37.50%、19.88%。经济产量增加的幅度与生物产量相比要大得多。地膜覆盖与滴灌处理的平均单果重与对照相比,差异均达到显著水平( $p<0.05$ );而该两者之间相比,则无显著差异( $p>0.05$ )(表9)。

2.5 不同降湿处理后温室内最高温与最低温动态变化分析

最高温与最低温是衡量温室性能的两个重要指标。它们通常受到温室内空气湿度、土壤湿度、光照等多种因素的影响。本试验结果(图7、图8)表明,经地膜覆盖与滴灌降湿处理后,温室内月平均最高温与月平均最低温总体上呈现明显上升趋势(1月份月平均最低温除外),且呈现出地膜覆盖处理>滴灌处理>对照>室外变化规律。2001年12月~2002年3月4个月温室内的月平均最高温依次为:地膜覆盖29.5℃、24.2℃、23.6℃、29.5℃,滴灌26.2℃、24.6℃、22.6℃、29.6℃,对照24.7℃、22.6℃、21.3℃、27.2℃。分别比对照增加:地膜覆盖4.8℃、1.6℃、2.3℃、2.3℃,滴灌1.5℃、2.0℃、1.3℃、2.4℃。室外的月平均最高温比对照还要低些。4个月温室内的月平均最低温依次为:地膜覆盖9.8℃、11.8℃、12.6℃、17.5℃,滴灌9.1℃、8.7℃、12.0℃、17.6℃,对照7.9℃、9.5℃、10.8℃、16.4℃。地膜覆盖与滴灌处理总体上高于对照。在4个月当中,室外的月平均最低温均低于各试验处理温室。

3 讨论与结语

3.1 地膜覆盖(plastic mulch)与滴灌(drip irrigation)是农业生产上常用的两种技术。本试验在严格控制水、肥、病、虫等田间管理的前提下,从温室内月平均相对湿度与绝对湿度长周期变化的角度探讨并表明了它们均具有明显的直接的降湿效果。地膜覆盖的保水保温性能早已被人们所认知,其保水的主

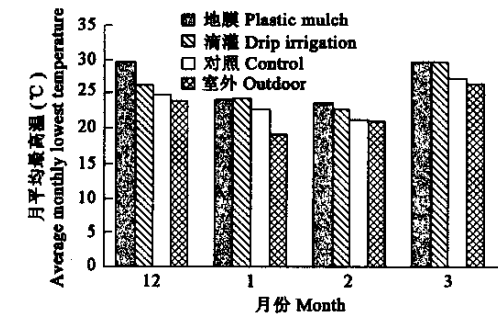


图7 不同降湿处理对温室内月平均最高温的影响  
Fig. 7 Effects of various dehumidified treatments on average monthly highest temperature inside greenhouses

表5 不同降湿处理对植株各器官干物质分配率的影响(%)  
Table 5 Effects of various dehumidified treatments on distribution rate of dry matter of various organs of tomato plant

日期 Date	指标 Index	地膜覆盖 Plastic mulch	滴灌 Drip irrigation	对照 Control
2001-12-09	根 Root	10.76	9.64	12.45
	茎 Stem	18.31	18.98	16.74
	叶、花 Leaf and flower	70.93	71.69	70.82
	果 Fruit	0	0	0
2002-01-10	根 Root	3.36	5.04	6.82
	茎 Stem	16.85	17.73	24.08
	叶、花 Leaf and flower	69.14	72.24	69.12
	果 Fruit	10.65	4.98	0
2002-02-25	根 Root	3.58	3.01	4.85
	茎 Stem	12.41	16.42	17.78
	叶、花 Leaf and flower	53.47	48.1	49.94
	果 Fruit	30.55	32.46	27.42
2002-03-29	根 Root	3.54	2.59	4.09
	茎 Stem	28.87	31.64	32.29
	叶、花 Leaf and flower	48.7	43.11	51.69
	果 Fruit	18.33	25.72	11.93

表6 不同降湿处理对番茄植株群体生长率(CGR)的影响(g/(m<sup>2</sup>·d))  
Table 6 Effects of various dehumidified treatments on crop growth rate (CGR) relative growth rate (RGR) net assimilation rate (NAR) of tomato plants

降湿处理①*	缓苗- 初花果⑤	初花果- 盛花果⑥	盛花果- 收获中初⑦	平均⑧
地膜②	3.87	7.98	4.46	5.44
滴灌③	3.56	6.96	3.57	4.70
对照④	1.79	5.70	3.16	3.55

\* ① Dehumidified treatments, ② Plastic mulch, ③ Drip irrigation, ④Control, ⑤Delayed seedlings to early flower-fruits, ⑥ Early flower-fruits to flourishing flower-fruits, ⑦ Flourishing flower-fruits to early-medium harvest, ⑧Means;表7、表8符号标记与该表相同 Symbol markers on table 7 and table8 were uniform with this table

表7 不同降湿处理对番茄植株相对生长率(RGR)的影响(g/(g·d))  
Table 7 Effects of various dehumidified treatments on relative growth rate (RGR) of tomato plants

降湿处理①	缓苗- 初花果⑤	初花果- 盛花果⑥	盛花果- 收获中初⑦	平均⑧
地膜②	0.064	0.028	0.015	0.036
滴灌③	0.064	0.027	0.013	0.035
对照④	0.076	0.036	0.017	0.043

表8 不同降湿处理对番茄植株净同化率(NAR)的影响(g/(m<sup>2</sup>·d))  
Table 8 Effects of various dehumidified treatments on net assimilation rate (NAR)of tomato plants

降湿处理①	缓苗- 初花果⑤	初花果- 盛花果⑥	盛花果- 收获中初⑦	平均⑧
地膜②	5.29	3.99	3.00	4.09
滴灌③	4.58	3.24	2.76	3.53
对照④	4.73	3.17	2.38	3.43

表 9 不同降湿处理对番茄产量、平均单果重及病果率的影响\*

降湿处理 Dehumidified treatments	生物产量 Biomass		经济产量 Economic yield		经济 系数 <sup>③</sup>	平均单 果重(g) <sup>④</sup>	病果率 (%) <sup>⑤</sup>	增产率 (%) <sup>⑥</sup>
	(kg/座) <sup>①</sup>	(kg/hm <sup>2</sup> ) <sup>②</sup>	(kg/座) <sup>①</sup>	(kg/hm <sup>2</sup> ) <sup>②</sup>				
地膜 Plastic mulch	2894. 0	120643. 5	1331. 3	55498. 5	0. 46	116. 6a	11. 89	37. 50
滴灌 Drip irrigation	2718. 0	113307. 0	1160. 7	48387. 0	0. 43	103. 4a	18. 37	19. 88
对照 Control	2440. 0	101718. 0	968. 2	40362. 0	0. 40	88. 8b	21. 07	

\* 经济系数是指经济产量与生物产量的比值,计算平均单果重时病果包括在内,病果率(%)是指病果重占总果重(经济产量+病果重)的比  
值;增产率(%)是指在经济产量上比对照增加的百分数 Economic coefficient showed the ratio of economic yield to biomass, disease infected  
fruits were included when average weight of individual fruit was calculated, the ratio of disease infected fruits showed the rate of disease infected  
fruits weight to total fruits weight (economic yield plus disease infected fruits weight); the ratio of increase production showed increased  
percentage in economic yield compared with control;①单座温室 Single greenhouse, ②产量 Converted into hm<sup>2</sup>, ③Economic coefficient, ④  
Average weight of individual fruit, ⑤The ratio of disease infected fruits, ⑥The ratio of increase production

要原因是地膜起了天然屏障的作用,避免了土壤与空气的直接  
接触,大大减少了土壤水分蒸发;滴灌能减少土壤水分蒸发蒸腾  
总量,增加土壤湿度<sup>[16]</sup>,从而降低空气湿度,并可节约用水。本试  
验结果表明,地膜覆盖与滴灌均具有明显的直接降湿效果,其中  
以地膜覆盖效果最佳,滴灌次之。与对照(常规栽培)相比,地膜  
覆盖与滴灌分别能使温室内月平均相对湿度降低 3%~11%,  
2%~6%;月平均绝对湿度降低 0. 8~4. 0hPa,0. 4~1. 5hPa。此  
为基于 2001 年 12 月~2002 年 3 月 4 个月当中的 6:30、11:00、  
17:00、21:30 等 4 个时刻的月平均值而得出的结论,其它时刻尚  
未涉及到,而且每个月之中又有晴天、阴天、雨天等不同的天气  
类型之分,在不同天气类型下的降湿效果有所区别。

3. 2 在温室内运用地膜覆盖、滴灌技术,可使番茄植株株型变  
矮,基茎增粗,单株叶面积与叶面积指数、单株鲜重与干重、群体  
生长率与净同化率、生物产量与经济产量、地上部干物质分配率、平均单果重增加,而相对生长率、地下部干物质分配率、病果率  
下降。这些与番茄有关的生长发育指标的变化,从一个侧面证实了地膜覆盖与滴灌的间接降湿效应。但不仅仅是温室内空气湿  
度降低的作用效果,更严格而确切地说,应是温室内土壤温度、空气温度、土壤湿度、空气湿度等多种环境因子共同交互作用  
的结果。虽然在试验过程中严格控制了水、肥、病、虫等田间管理措施,但由于地膜覆盖的保水保温作用以及滴灌的减少土壤水  
分蒸发作用,跟对照温室相比,地膜覆盖温室土壤温度明显上升,土壤湿度增大,空气温度也略有增加;滴灌温室土壤湿度也增  
大,土壤温度与空气温度略有增加<sup>[17]</sup>。这也可以从试验观测数据中得到证实。试验过程中多次测定植株各器官干物质分配率所  
得结果显示,地膜覆盖与滴灌能明显提高果实中干物质分配率,这说明降低空气湿度有利于促进植株光合产物向果实转化。

3. 3 在温室内运用地膜覆盖与滴灌降湿后,通过增加番茄植株蒸腾速率,促进光合作用,增强对土壤中水分与矿质养分的吸  
收,增加植株鲜重与干重,从而增加生物产量与经济产量,平均单果重也明显增加。但据 Baker-JC 报道,当试验时除空气湿度不  
一致外,温室内其它环境因子如气温、土温、光照等完全一致,在白天空气湿度高时,茄子平均单果重反而比湿度低时要大一  
些<sup>[18]</sup>,刚好与本试验结果相反,这也许是由于经地膜覆盖与滴灌降湿处理后,在降低空气湿度的同时,土壤湿度增大,土温与气  
温升高,这几种环境因子共同作用造成的结果。本文通过分析不同降湿处理温室内土壤湿度与最高温、最低温的变化,从一个侧  
面阐明了空气湿度与土壤湿度以及与最高温、最低温之间的定量关系。总之,地膜覆盖与滴灌技术成本低廉,简便易行,降湿效  
果良好,值得在温室作物生产中加以推广应用。

References:

[ 1 ] Beijing Forestry Academy, eds. *Plant Physiology(previous volume)*. Beijing:China Forestry Publishing House, 1982. 114~115.  
[ 2 ] Xu H L, Wang R, Gauthier L, *et al.* Tomato leaf photosynthetic responses to humidity and temperature under salinity and water deficit.  
*Pedosphere*, 1999, **9**(2): 105~112.  
[ 3 ] Triguera M, Gauthier S F, Gauthier L. Effects of humidity on tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Truss) water uptake, yield, and  
dehumidification cost. *Canadian Agricultural Engineering*, 1999, **41**(3): 135~140.

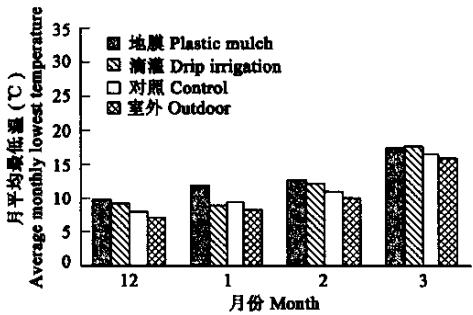


图 8 不同降湿处理对温室内月平均最低温的影响

Fig. 8 Effects of various dehumidified treatments on average monthly lowest temperature inside greenhouses



- [4] Comstock J, Ehleringer J. Stomatal response to humidity in common bean (*phaseolus vulgaris*); implications for maximum transpiration rate, water use efficiency and productivity. *Australian Journal of Plant Physiology*, 1993, **20**(6): 669~691.
- [5] Araki V. Effects of environmental conditions on plant water status in tomato. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 1993, **61**(4): 827~837.
- [6] Stanghellini C, Meurs WTM Van, Van Mear WTM. Environmental control of greenhouse crop transpiration. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 1992, **51**(4): 297~311.
- [7] Zhang Z F. Several issues which should be look out in sunlight greenhouse production in winter. *China Vegetable*, 1998,(6): 59.
- [8] Gu J N, Mao H P. Integrate environment-controlling technologies of establishment cultivation both at home and abroad. *Research of Agricultural modernization*. 1999,**20**(5): 184~186.
- [9] Southwest Agricultural University eds. *Vegetable Research(revised edition)*. Henan Science and Technology Publishing House,1986. 214~219.
- [10] Plant Physiology and Bio-chemical Staff Room of Northwest Agricultural University eds. *Experimentation Instructor on Plant Physiology*. Xian; Shanxi Science and Technology Publishing House, 1987. 76~134.
- [11] Eastern-china Normal University eds. *Experimentation Instructor On Plant Physiology*. Beijing; Renming Education Publishing House, 1981. 1~2.
- [12] Yang Sh R, Zheng Y eds. *Crop Plant*. Beijing; Agriculture Press, 1989. 53~125.
- [13] Cun Tian J N. *Crop photosynthesis and ecology-theoretics and practice of crop production*. Shanghai; Shanghai Science and Technology Publishing House,1982. 272~275.
- [14] Nanjin Agricultural University eds. *Soil assay on properties of agro-chemistry(second-edition)*. Beijing; Agriculture Press,1988. 27~28.
- [15] Central Weather Bureau eds. *Humidity Consult Table(first-edition)*. Weather Publishing House, 1980. 125~138.
- [16] Gustafsson G, Weich R. Humidity and carbon dioxide balance for greenhouse crops. *Rapport Institutionen for Lantbrukets Buggnadsteknik Sverige Lantbruksuniversitet*. 1991,(72),64.
- [17] Fricke A, Krug H. Influence of humidification and dehumidification on greenhouse climate as well as water relations and productivity of cucumber. II. Influence on plants. *Gartenbauwiss enschaft*. 1997,**62**(6): 241~248.
- [18] Bakker J C. Effects of day and night humidity on yield and fruit quality of glasshouse eggplant (*Solanum melongena* L). *Journal of Horticultural Science*, 1990, **65**(6): 747~753.

#### 参考文献:

- [1] 北京林学院主编. 植物生理学(上册). 北京:中国林业出版社,1982. 114~115.
- [7] 张芝富. 日光温室冬季管理中应注意的几个问题. 中国蔬菜, 1998,(6): 59.
- [8] 顾寄南,毛罕平. 国内外设施栽培综合环境控制技术及其发展. 农业现代化研究,1999,**20**(5): 184~186.
- [9] 西南农业大学主编. 蔬菜研究法(修订本). 河南科学技术出版社,1986. 214~219.
- [10] 西北农业大学植物生理生化教研室编. 植物生理学实验指导. 西安:陕西科学技术出版社,1987. 76~134.
- [11] 华东师范大学编. 植物生理学实验指导. 北京:人民教育出版社,1981. 1~2.
- [12] 杨守仁,郑尧主编. 作物栽培学概论. 北京:农业出版社,1989. 53~125.
- [13] 村田吉男著. 作物的光合作用与生态-作物生产的理论及应用. 上海科学技术出版社,1982. 272~275.
- [14] 南京农业大学主编. 土壤农化分析(第2版). 农业出版社,1988. 27~28.
- [15] 中央气象局编. 湿度查算表(甲种本). 气象出版社,1980. 125~138.