

侯 伟,杨福孙,李尚真,等. 低温寡照对海南棚栽西瓜生长的影响及其灾害等级指标[J]. 江苏农业科学,2015,43(8):161–166.  
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2015.08.053

# 低温寡照对海南棚栽西瓜生长的影响 及其灾害等级指标

侯 伟<sup>1,3</sup>, 杨福孙<sup>1</sup>, 李尚真<sup>1</sup>, 周兆德<sup>1</sup>, 陈汇林<sup>2</sup>, 吴翠玲<sup>2</sup>

(1. 海南大学农学院,海南海口 570228;2. 海南省气象科学研究所,海南海口 570203;

3. 海南大学环境与植物保护学院,海南海口 570228)

**摘要:**低温寡照是制约海南塑料大棚栽培西瓜生长发育的主要因素。为研究低温寡照对海南棚栽西瓜生长发育与产量变化规律的影响并构建灾害等级指标体系,基于 2012、2013 年连续 2 年冬季海口单层塑料大棚内外气象资料,在灾害来临前和影响后测定了西瓜相关生长指标并与后期产量进行了统计分析,通过选取最低气温、最大降温幅度和持续天数为致灾因子以构建初步等级指标体系。结果表明:(1)过程低温伴随着持续寡照同时出现,低温寡照天气下气温和太阳辐射日变幅小,棚内最低气温比外界仅高出 1℃左右。(2)低温寡照对西瓜授粉坐瓜和膨大期影响最大,15℃以下低温影响开花授粉,10℃以下低温严重影响授粉坐瓜及瓜果膨大,易产生畸形瓜等变态瓜。西瓜产量与坐瓜率、叶面积、藤蔓粗度及叶绿素含量有紧密关系,坐瓜率越低,叶面积越小,藤蔓越细,叶绿素含量越低则产量就越低。(3)选取最低气温、最大降温幅度和持续天数为致灾因子,并结合减产率将低温寡照灾害等级划分为轻度、中度、重度 3 个级别。

**关键词:**低温寡照;西瓜;大棚;生长;灾害指标

**中图分类号:**S651.04 **文献标志码:**A **文章编号:**1002–1302(2015)08–0161–05

我国南方简易塑料大棚以太阳辐射能为主要加热能源,相比于北方而言,具有热量资源较充足、运行成本较低的特点<sup>[1]</sup>,但低成本的塑料大棚对自然灾害的抵制能力较差,易使温室作物遭受到外界不利环境影响而造成伤害<sup>[2]</sup>。对于南方冬季温室大棚栽培的热带或亚热带作物而言,低温寡照是限制作物生长发育的主要因子<sup>[3]</sup>,低温伴随着阴雨天气会明显减弱作物的光合作用,造成作物在生理和形态上的损害,甚至还会严重影响到其产量和品质<sup>[4]</sup>,低温寡照气象灾害已经成为限制南方温室大棚作物生产的主要障碍因素之一<sup>[5]</sup>。

目前有关温室大棚内外气象要素变化的研究较多,并建立了较多的数学预测模型<sup>[6–9]</sup>。涉及对番茄、黄瓜等温室作物在低温寡照天气下的生长发育类研究也多见报道<sup>[10–13]</sup>,且构建了较多的寒害灾害指标体系<sup>[14–15]</sup>,并最终建立了高效的日光温室低温预警模型<sup>[16–18]</sup>。而有关低温寡照影响下温室西瓜生长发育、产量及等级指标的研究则较少。Korkmaz 等<sup>[19]</sup>研究温室西瓜在移栽过程中遭受低温后的影响发现,低温减少了植株叶面积、叶绿素含量及最终产量,低温显著延迟了开花坐瓜的时间。

西瓜原产热带非洲,是海南省重要的反季节外销瓜菜作

物之一,但由于冬季易受内地强冷空气影响而造成较长时间的低温寡照天气,对棚栽西瓜影响较大,致使历年棚栽西瓜面积都维持在 0.4 万 hm<sup>2</sup> 左右,且有减少的趋势<sup>[20]</sup>。本研究以海南棚栽西瓜主要品种早佳 8424 为试材,研究 2012 年冬季(2012 年 12 月至 2013 年 2 月)、2013 年冬季(2013 年 12 月至 2014 年 2 月)低温寡照期间大棚内外气象变化规律,调查棚栽西瓜在不同程度低温寡照下的受害症状,测定相关生长指标,并与后期瓜产量进行显著性分析,以期获得低温寡照影响下棚栽西瓜敏感生长期的耐受阈值,并最终结合 2 年冬季低温寡照灾害致灾因子计算出低温寡照综合气象指标,拟构建海南棚栽西瓜低温寡照气象灾害等级指标体系。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为海南冬季塑料大棚主栽西瓜品种早佳 8424,采用爬地栽培方式,双行种植,待幼苗长至 4 片真叶后移栽至大棚,西瓜进行 3 蔓整枝,株行距设定为 60 cm × 250 cm(栽培方式参照海南各地的冬季西瓜种植模式)。

### 1.2 方法

2012、2013 年冬季在海口市灵山镇大棚西瓜栽培基地进行试验。采用竹架式结构单层拱圆形塑料大棚,棚长 29.6 m,宽 4.4 m,高 1.9 m,棚膜为 PVC 无滴膜,膜厚 0.08 mm,大棚开口为东西方向。试验选定 4 个大棚处理,对照棚 1 为在 2 处棚口朝棚内方向距地面 0.5 m 处各安置 1 台功率为 1 800 W 的美的暖风机(NTJ18–10S),棚顶处等距安装 8 盏功率为 40 W 的防潮双管日光灯,在低温寡照天气来临夜间关闭棚口并运行暖风机进行加温,确保夜间温度在

收稿日期:2014–09–21

基金项目:国家公益性行业(气象)科研专项(编号:GYHY201206019–4);海南省研究生创新科研课题(编号:S12)。

作者简介:侯 伟(1989—),男,硕士研究生,研究方向为植物抗逆生理生态。E–mail:hainuhouwei89@163.com。

通信作者:杨福孙(1976—),男,博士,副教授,硕士生导师,研究方向为植物抗逆生理生态。E–mail:fsyang1590@163.com。

15℃以上(棚内放置2个温度计以供观察),在白天10:00—14:00打开棚内所有日光灯以助补光;对照棚2(仅供观测)不做任何光温处理,棚内小气候完全随外界条件变化;另外选取2个处理棚进行温度与光照处理,棚内各放置1台ZG系列罗茨风机,风机距离地面0.5 m,功率设置为10 kW,于低温寡照天气下运作以构造棚内西瓜种植方向不同温度梯度,并且在11:00—14:00使用遮阳网进行3 h的遮阳处理。试验所选大棚内部均等距安置了4个光温感应点(距离地面0.4 m)以对棚内的各气象要素进行连续观测记录,棚外同时也单独设置了1个观测感应点以便同步记录棚外实时气象变化,气象数据采集频率为1次/min。

对照棚和处理棚的西瓜幼苗均是进行同期移栽,分别在2012年11月10日和2013年11月21日开始移栽,4个试验大棚的西瓜前后进行了4期移栽,每期相隔10 d。气象观测项目包括气温、太阳辐射、相对空气湿度、风速、降雨量等,日照时数取至桂林洋地区,由海南省气候中心提供。观测仪器由海南省气象科学研究所提供并安置,仪器安装按照国家气象局地面气象规范进行,每分钟自动获取气象数据资料。仪器采用北京中仪远大科技有限公司生产的RR-9200自动监测系统 and RR-9140自动监测系统。

### 1.3 测定指标

根据海南省气候中心及时预报,在低温寡照来临前2 d,影响期间,升温后2 d分别对对照棚1及2个处理棚中所标记西瓜植株的叶面积、叶绿素含量(位于9~14节位的功能叶)、茎粗、坐瓜率及第1茬瓜产量进行测定,其中每个感应点附近随机获取3株西瓜,功能叶的选取尽可能避免相互遮光现象。功能叶叶面积采用复印称重法<sup>[21]</sup>测定;叶绿素含量测定使用SPAD-502型叶绿素测定仪;茎粗使用游标卡尺测

定坐瓜节位处藤蔓直径;坐瓜率以第1次坐瓜成功率统计为准;产量通过测定感应点附近8株以上西瓜的第1茬正常瓜的产量并折成每667 m<sup>2</sup>的产量,大棚试验测定均重复3次。在低温寡照灾害影响后对西瓜藤蔓生长、叶片状态、开花授粉、瓜果膨大等情况展开田间调查。

### 1.5 数据处理

采用Pearson相关系数分析低温寡照过程的最低气温、最大降温幅度和持续天数3个致灾因子与产量之间的相互关系,分析其相互间的关系。利用主成分分析方法对多个致灾因子进行最优组合与简化,以作为棚栽西瓜低温寡照气象灾害的综合气候指标。数据采用Excel 2003进行计算处理并绘制图表,使用SAS 9.1软件对数据进行方差分析和主成分分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 冬季大棚内外气温与日照时数分析

2012、2013年对海口冬季对照棚2(观测棚)内外气温与日照时数分析发现,棚内外最高气温与当天日照时数呈显著正相关关系,而最低气温极小值的出现与寡照的累积量有关(图1)。说明日照充足可迅速提升当天的气温,而过程低温是伴随着持续寡照同时出现的,寡照天气明显缩短了棚内外的气温日较差值。2012、2013年2个冬季,海口出现的低温寡照天气影响均以1月份最为严重,且全年极端最低气温均出现在1月中旬左右,此时正是海南大棚栽培西瓜最敏感的坐瓜期和膨大期,长期的低温寡照天气直接影响到西瓜的最终产量与品质,故1月份的低温寡照天气应是海南棚栽西瓜种植户重点防范的不利气象灾害。

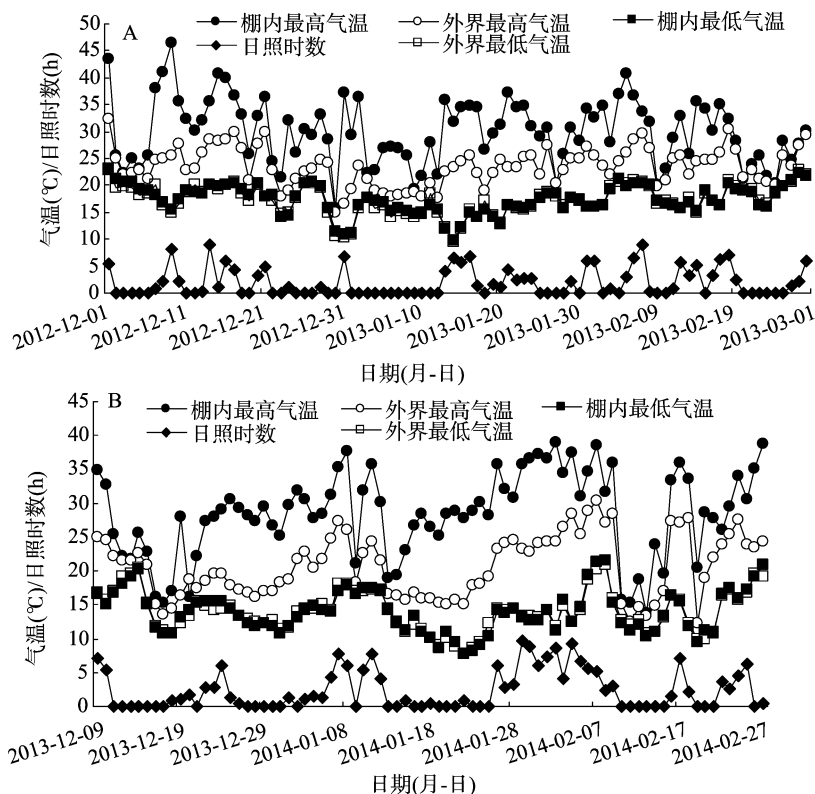


图1 2012年(A)、2013年(B)冬季塑料大棚内外气温与日照时数关系

2.2 不同天气条件下大棚内外气温和太阳辐射日变化分析

按气象上日照量分类标准,即日照百分率 $S \geq 60\%$ 、 $20\% < S < 60\%$ 、 $0 \leq S \leq 20\%$ 分别为晴天、少云-多云和寡照天气<sup>[22]</sup>,以2012年冬季为例,取2012年12月16日、2013年2月6日、2013年2月12日、2013年2月18日4 d作为晴天天气;2012年12月20日、2013年2月5日、2013年2月13

日、2013年2月16日4 d作为少云-多云天气;以2013年1月22—30日连续9 d作为寡照天气。分析显示,3种天气条件下,大棚内外气温极值均在14 h左右出现。晴天条件下棚内温度均明显高于棚外。而寡照条件下棚内外温度差异较小(图2)。

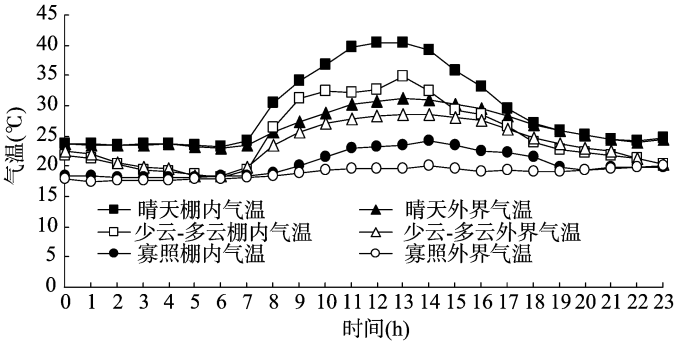


图2 不同天气条件下大棚内外气温日变化

通过对不同天气太阳辐射量分析可知:(1)晴天08:00棚内外太阳辐射开始增强,其最大辐射量均在14:00左右出现,而在17:00大幅下降,棚内外的辐射差异大,太阳辐射增大是造成当日气温升高及相对空气湿度降低的主要原因。(2)少云-多云天气太阳辐射同样在08:00开始上升,而在12:00—14:00辐射量增幅减缓,棚内外最大辐射在15:00左右出现,说明少云-多云天气太阳辐射变动异常,相比晴天而言,辐射量有所减少。(3)寡照天气太阳辐射平稳上升,棚内外最大辐射量在13:00左右出现,往后开始剧烈下降,棚内外辐射差异较小,太阳辐射量大幅减少(表1)。

表1 不同天气条件下棚内外太阳辐射量日变化情况

时间	辐射量(W/m <sup>2</sup> )					
	晴天		少云-多云		寡照	
	棚内	外界	棚内	外界	棚内	外界
07:00	9.1	14.9	5.5	8.7	1.4	2.6
08:00	33.0	48.1	22.4	38.6	13.2	25.1
09:00	92.1	167.6	31.5	38.4	32.6	50.5
10:00	210.7	343.5	51.8	63.9	65.3	102.3
11:00	289.0	426.6	97.9	122.4	103.0	131.5
12:00	374.7	516.7	180.6	228.6	116.8	149.6
13:00	471.2	647.6	206.9	263.8	139.6	179.3
14:00	446.8	638.6	225.1	288.0	127.4	170.1
15:00	414.9	539.5	344.8	442.4	104.4	135.2
16:00	302.0	482.0	279.8	395.9	82.0	80.0
17:00	282.3	320.8	107.2	143.7	19.1	18.9
18:00	121.6	146.0	45.3	56.5	0.6	0.7
19:00	4.5	6.0	9.1	11.1	0.1	0.1

2.3 低温寡照下各处理棚之间气温与太阳辐射变化规律

参考蔡德存等的低温寡照标准<sup>[23]</sup>,并鉴于低温寡照天气对西瓜生长的影响调查结果进行修订,定义为每天日照时数 $\leq 3$  h为阴天,连续5个阴天为1个低温寡照过程。由表2可知,对照棚1在低温寡照持续期间经过暖风机夜间加温和正午的日光灯补光之后,最低气温和太阳辐射量均大于其他各个处理棚,其中最低气温均在15℃以上,而最大降温幅度相比其他大棚较小。对照棚2(观测棚)在2年的低温寡照过

程中最低气温均维持在13℃左右,仅比外界高出1℃左右,且外界仅有76.3%的太阳辐射量能够达到棚内,这表明了海南冬季大棚的保温效果和透光率并不理想。2个处理棚在低温寡照过程中最低气温均达到了12℃以下,且最大降温幅度为4℃左右,均大于对照棚和外界环境,相比正常大棚而言,遮阳网的覆盖消减了45.2%左右的太阳辐射量(表2)。

表2 低温寡照不同大棚之间气温与太阳辐射变化

处理	2012年冬季低温寡照过程			2013年冬季低温寡照过程		
	最低气温(℃)	最大降温幅度(℃)	太阳辐射量(W/m <sup>2</sup> )	最低气温(℃)	最大降温幅度(℃)	太阳辐射量(W/m <sup>2</sup> )
对照棚1	16.9	2.2	485.8	15.8	1.8	463.2
对照棚2	13.8	2.9	189.6	13.2	3.0	163.4
外界环境	12.7	2.8	246.2	12.1	3.2	229.8
处理棚1	11.3	3.4	97.7	9.3	3.8	73.3
处理棚2	11.8	4.1	85.9	9.6	4.6	62.4

注:最低气温、最大降温幅度和太阳辐射量均为当年所有低温寡照过程的平均值,太阳辐射量为11:00—14:00的小时平均。

2.3 低温寡照对西瓜生长的影响

2012—2013年从12月开始海南温室大棚便开始受到低温寡照的影响,该月是西瓜伸蔓及开花授粉的重要时期,夜间最低气温可降至15℃以下。2年调查结果均发现15℃以下低温致使西瓜藤蔓生长缓慢,叶片数减少,节间变长,甚至可造成部分老叶提前萎蔫,并对西瓜开花有一定延迟影响。1月是海南大棚西瓜最易受到低温寡照影响的月份,极端最低气温可降至7℃左右,调查发现多数叶片大面积黄化干枯,茎尖生长点开始软化,并有封顶现象。1月是海南棚栽西瓜授粉坐瓜及膨大的关键时期,长时间低温寡照天气易导致花粉劣质,授粉坐瓜困难,瓜不易膨大,且后期易产生僵瓜、畸形瓜、空心瓜等变态瓜,对西瓜产量和外观品质影响最大。2月份低温寡照灾害影响有所减弱,若该月采收西瓜期间遭遇低温寡照天气则会推迟西瓜上市,严重的会影响到西瓜的品质。

2年试验调查研究发现,15℃以下低温持续5 d以上会明显减缓西瓜茎叶生长速率,且会影响到花粉和子房发育形成;8~13℃的低温持续9 d以上则会造成西瓜茎叶明显损

伤,包括叶片黄化、萎蔫及封顶现象,对授粉坐瓜及西瓜膨大  
有较大影响;7~12℃低温若持续超过12d则会直接造成西  
瓜叶片的大面积死亡,花粉质量劣质,不易授粉坐瓜,后期的  
畸形瓜、空心瓜等变态瓜数量大幅增加(表3)。

表 3 2012、2013 年冬季低温寡照过程对处理棚内西瓜生长发育的影响

日期 (年-月-日)	最低气温 (℃)	最大降温幅度 (℃)	持续时间 (d)	症状
2012-12-02—2012-12-08	13.3~15.4	1.7	7	茎叶生长缓慢,藤蔓变细,节间增长,叶片数减少且有黄斑,低温对开花有一定影响
2013-12-16—2013-12-20	10.8~13.4	2.8	5	
2012-12-22—2012-12-30	9.2~11.8	3.5	9	叶片至少50%以上黄化,不易开花,坐瓜率低,瓜不易膨大,茎部软化封顶,叶片萎蔫较重
2013-12-25—2014-01-05	8.1~13.0	3.7	12	
2012-12-22—2013-01-12	8.6~12.4	4.3	20	叶片大面积黄化干枯,开花数少,授粉坐瓜困难,坐瓜后瓜不易膨大,叶片大批量萎蔫,畸形瓜等变态瓜增多
2014-01-13—2014-01-25	7.7~12.2	3.1	13	
2013-01-22—2013-01-30	13.1~14.9	2.2	9	藤蔓生长缓慢,叶片数少且黄化,若前期已受伤害的叶片开始脱落,瓜持续僵化,后期采收有较多空心瓜
2014-02-10—2014-02-15	10.8~13.0	3.1	6	
2013-02-19—2013-02-27	13.6~15.9	2.4	9	开花延迟,影响授粉坐瓜,采收瓜出现畸形瓜、空心瓜比例大,瓜小且皮厚,瓜瓤不甜,品质不佳
2014-02-18—2014-02-21	9.8~12.2	3.2	5	

注:不同时期的最低气温范围取至2个处理棚内的4个观测点记录的最低气温的最大值与最小值。

2.4 低温寡照下西瓜生长指标与产量相关性分析

低温寡照影响前后分别计算出西瓜叶面积、叶绿素含量、茎粗的相对增量(低温寡照影响后生长指标相对影响前的日均增长量),以夜间温度不低于15℃的对照棚西瓜茎叶生长情况进行比较,并结合相应的低温寡照灾害气象条件进行分析后得出(表4),15℃以下低温持续5d以上对西瓜坐瓜期叶面积、叶绿素含量、茎粗、坐瓜率及产量影响显著,可直接造

成西瓜减产近20%;西瓜坐瓜期遭遇8℃的极端低温,并持续9d以上在13℃以下低温同样显著抑制了各项生长指标,可造成西瓜30%以上减产;若极端低温达到7℃,且12℃以下低温持续13d以上则对各项生长指标产生更大抑制,此时可致使西瓜减产40%以上。随着低温的加重及持续时间的延长,西瓜各项生长指标增量逐渐下降,这表明低温的持续显著抑制了西瓜的生长并最终导致严重伤害。

表 4 低温寡照对西瓜植株叶面积、茎粗、叶绿素含量、坐瓜率及产量的影响

环境条件	叶面积增量 (%/d)	叶绿素增量 (%/d)	茎粗增量 (%/d)	坐瓜率 (%)	产量 (kg/666.7 m <sup>2</sup> )
A≥15℃	10.20±0.74a	1.42±0.12a	2.77±0.16a	88.82±2.05a	1 258.72±58.46a
10℃<A<15℃;B≤3℃;5d≤C≤9d	8.41±0.77b	0.98±0.10b	2.32±0.18b	79.77±2.71b	1 013.96±59.10b
8℃<A<13℃;B≤4℃;9d≤C≤12d	4.53±0.44c	0.54±0.51c	2.02±0.10c	64.59±0.89c	798.63±43.11c
7℃<A<12℃;B≤5℃;C>12d	2.26±0.30d	-1.57±0.16d	1.82±0.16d	59.98±2.44d	705.06±64.35d

注:环境条件栏中A为最低气温;B为最大降温幅度;C为持续天数。不同小写字母表示相关性达到显著(P<0.05)。

由西瓜生长指标与第1茬瓜产量的相关性分析结果(表5)可以看出,低温寡照条件下西瓜各项生长指标与产量有显著的相关性。叶面积增量和坐瓜率与产量的相关系数最高,均达到90%以上,而茎粗增量和叶绿素增量与产量的相关系数也表现较高,均高于75%。这说明低温寡照影响下西瓜产量与坐瓜率、叶面积、藤蔓粗度及叶绿素含量有密切关系。西瓜植株坐瓜率越低,叶片面积越小,藤蔓越细,叶绿素含量越低,则西瓜的产量也就越低。

表 5 低温寡照下西瓜植株叶面积、茎粗、叶绿素含量、坐瓜率及产量的相关系数

因子	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
X <sub>1</sub>	1				
X <sub>2</sub>	0.843 1	1			
X <sub>3</sub>	0.873 7	0.737 6	1		
X <sub>4</sub>	0.958 2	0.769 9	0.870 7	1	
X <sub>5</sub>	0.912 9	0.762 4	0.863 6	0.939 7	1

注:X<sub>1</sub>:叶面积;X<sub>2</sub>:茎粗;X<sub>3</sub>:叶绿素含量;X<sub>4</sub>:坐瓜率;X<sub>5</sub>:产量。

2.5 灾害等级指标

通过计算低温寡照天气极端最低气温、最大降温幅度、持

续天数之间的 Pearson 相关系数得出,低温寡照影响下3种致灾因子之间的相关性系数均达到了0.05的显著水平(表6),这表明致灾因子之间不是孤立存在的,而是相互影响的。

表 6 2012、2013 年冬季海口低温寡照期间致灾因子间的相关系数

因子	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
X <sub>1</sub>	1		
X <sub>2</sub>	-0.862 9	1	
X <sub>3</sub>	-0.466 7	0.513 8	1

注:X<sub>1</sub>:极端最低气温;X<sub>2</sub>:最大降温幅度;X<sub>3</sub>:持续天数。

由于3个致灾因子之间相关性显著,为避免存在信息上的重复分析,故利用主成分分析法对3个致灾因子进行简化,以期简化后的指标能较好地反映出原来指标的主要信息。现对表2中的数据进行标化处理(最低气温取最小值),计算其协方差矩阵,并求出协方差矩阵的特征根λ、特征向量ν及累计方差贡献率G(p)。

$$\lambda = (2.26, 0.59, 0.15);$$
$$\nu = \begin{bmatrix} -0.600\ 6 & 0.447\ 9 & 0.662\ 3 \\ 0.623\ 3 & -0.256\ 4 & 0.738\ 8 \\ 0.500\ 7 & 0.856\ 5 & -0.125\ 2 \end{bmatrix}.$$

进一步计算第 1、第 2 主成分的方差贡献率:

$$G(1) = \lambda_1 / \sum \lambda_i \times 100\% = 76.3\% ;$$

$$G(2) = \lambda_2 / \sum \lambda_i \times 100\% = 94.9\% .$$

可见,第 1 个主成分方差已占总方差的 75% 以上,且其物理意义明确,故可用第 1 主成分作为原来 3 个致灾因子的综合指标。

$$HI = -0.600\ 6X_1 + 0.623\ 3X_2 + 0.500\ 7X_3 .$$

由上式可知,低温寡照持续过程中极端最低气温  $X_1$  越低,最大降温幅度  $X_2$  越大,持续天数  $X_3$  越长,则对气候综合指标  $HI$  的贡献也就越大,它们对综合指标的贡献分别为  $-0.600\ 6$ 、 $0.623\ 3$  和  $0.500\ 7$ 。将表 3 中相应的气象条件带入综合气候指标,并将产量折算为减产率则可以得出海南棚栽西瓜早佳 8424 的低温寡照气象灾害等级指标体系(表 7)。依据气候综合指标值,将海口棚栽西瓜低温寡照气象灾害划分为轻度、中度、重度 3 个等级,随着综合指标值的增大,西瓜受灾级别和减产率也在同步增加。

表 7 海口冬季棚栽西瓜低温寡照灾害等级指标体系

级别	综合指标 (HI)	环境条件	减产率 (%)
0 级(无)	< -2.6	$A \geq 15\ ^\circ\text{C}$	0
1 级(轻)	$-2.6 \sim < 0.7$	$10\ ^\circ\text{C} < A < 15\ ^\circ\text{C}; B \leq 3\ ^\circ\text{C}; 5\ \text{d} \leq C \leq 9\ \text{d}$	20
2 级(中)	$0.7 \sim 2.2$	$8\ ^\circ\text{C} < A < 13\ ^\circ\text{C}; B \leq 4\ ^\circ\text{C}; 9\ \text{d} < C \leq 12\ \text{d}$	36
3 级(重)	> 2.2	$7\ ^\circ\text{C} < A < 12\ ^\circ\text{C}; B \leq 5\ ^\circ\text{C}; C > 12\ \text{d}$	44

注:  $A$  为极端最低气温;  $B$  为最大降温幅度;  $C$  为持续天数。

### 3 结论

本研究以海南棚栽西瓜主要品种早佳 8424 为试材,探讨了 2012、2013 年冬季低温寡照期间大棚内外气象变化规律,调查了棚栽西瓜在不同程度低温寡照下的受害症状,测定了相关生长指标,并与后期瓜产量进行了显著性分析,获得低温寡照影响下棚栽西瓜敏感生长期的耐受阈值,并最终结合 2 年冬季低温寡照灾害致灾因子计算出了低温寡照综合气象指标,构建了海南棚栽西瓜低温寡照气象灾害等级指标体系。这对有效利用大棚增温作用,高效进行大棚作物生产,开展冬季低温寡照气象灾害评估、区划及监测预警有一定的参考价值。

海南冬季气温与日照时数呈正相关,日照数多、光照充足可快速提高当天气温,而低温的出现往往伴随着寡照。棚内最低气温较之棚外而言仅高出  $1\ ^\circ\text{C}$  左右,大棚保温和透光的效果并不理想,这也说明南方塑料大棚保温的局限性<sup>[24]</sup>。晴天条件棚内低温在  $18\ ^\circ\text{C}$  以上,而高温能达到  $40\ ^\circ\text{C}$  以上,故正午需提前开棚通风降低气温和湿度。低温寡照天气棚内低温一般在  $15\ ^\circ\text{C}$  以下,日照数与辐射量均偏少,全天相对空气湿度在 85% 以上。海口地处热带,多年极端最低气温维持在  $7.9\ ^\circ\text{C}$  左右<sup>[25]</sup>,属偏低温范畴,农业生产采用的简易塑料大棚难以抵抗低温寡照天气的危害,这也是海口历年来气象灾害造成农业损失不断上升的原因之一。

有研究认为,西瓜生长适宜温度为  $20 \sim 32\ ^\circ\text{C}$ ,上限与下限气温分别为  $35\ ^\circ\text{C}$  与  $18\ ^\circ\text{C}$ <sup>[26]</sup>, $15\ ^\circ\text{C}$  以下生长受阻, $10\ ^\circ\text{C}$  以下停止生长,西瓜寒害温度为  $\leq 5\ ^\circ\text{C}$ <sup>[27-28]</sup>。本研究认为,西

瓜不同生长发育期对低温寡照灾害耐受程度不同,伸蔓期西瓜能忍受较强的低温寡照灾害, $10\ ^\circ\text{C}$  以上短期低温对其影响不大,授粉坐瓜及膨大期对低温寡照最为敏感, $15\ ^\circ\text{C}$  以下低温持续 5 d 以上就可影响西瓜开花授粉,而  $10\ ^\circ\text{C}$  以下低温在相当大的程度上影响了西瓜的坐瓜率及瓜膨大速率。低温寡照天气西瓜产量与坐瓜率、叶面积、藤蔓粗度及叶绿素含量有紧密的关系。

选定最低气温、最大降温幅度、持续天数为低温寡照灾害致灾因子,由于这 3 个致灾因子之间的相关性明显,故对其进行了综合简化并得到综合气候指标,其中最低气温、最大降温幅度和持续天数对综合指标的贡献相当,表明此 3 个致灾因子均能较好地代表低温寡照的危害程度。

本次研究的结果可为西瓜农业设施生产,低温寡照灾害监测预警与灾损评估提供有用参考,但部分结论还需进行更长时间的观测调查和统计分析进行验证。

致谢:中国热带农业科学院詹国凤、党选民研究员对试验提供宝贵意见,海南大学农学院杨重法教授对论文写作提出宝贵意见,在此致以最诚挚的谢意。

### 参考文献:

- [1] 李式军. 积极发展中的南方设施园艺业[J]. 中国蔬菜, 2000 (3): 3-6.
- [2] Kumar A, Singh A, Singh I P, et al. Prototype greenhouse environment monitoring system [C]//International multiconference of engineers and computer scientists (IMECS 2010): I ~ III. Hong Kong, China, 2010: 1046-1050.
- [3] Allen D J, Ort D R. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants[J]. Trends in Plant Science, 2001, 6 (1): 36-42.
- [4] Kinet J M. Effect of light conditions on the development of the inflorescence in tomato[J]. Scientia Horticulturae, 1977, 6(1): 15-26.
- [5] 魏瑞江. 日光温室低温寡照灾害指标[J]. 气象科技, 2003, 31 (1): 50-53.
- [6] Wang S J, Zhu S M, Deltour J. Simulation and measurement of tunnel greenhouse climate[J]. Transactions of the CSAE, 1997, 13 (4): 139-144.
- [7] Ferreira P M, Faria E A, Ruano A E. Neural network models in greenhouse air temperature prediction[J]. Neurocomputing, 2002, 43 (1/2/3/4): 51-75.
- [8] Chauhan S, Shrivastava R K. Performance evaluation of reference evapotranspiration estimation using climate based methods and artificial neural networks[J]. Water Resources Management, 2009, 23 (5): 825-837.
- [9] 魏瑞江, 王春乙, 范增禄. 石家庄地区日光温室冬季小气候特征及其与大气气候的关系[J]. 气象, 2010, 36(1): 97-103.
- [10] 韩建会, 张福漫, 徐淑贞. 日光温室低温寡照逆境对黄瓜内源激素水平的影响[J]. 华北农学报, 1999, 14(增刊 1): 76-78.
- [11] Hu W H, Zhou Y H, Du Y S, et al. Differential response of photosynthesis in greenhouse- and field- ecotypes of tomato to long-term chilling under low light[J]. Journal of Plant Physiology, 2006, 163(12): 1238-1246.
- [12] 于红, 黎贞发, 罗新兰, 等. 低温寡照对日光温室番茄幼苗生长的影响[J]. 北方园艺, 2011(24): 56-60.

陈 汝,王金政,薛晓敏,等. 追肥对苹果树体结构、叶片及果实品质的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(8):166-168.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.054

# 追肥对苹果树体结构、叶片及果实品质的影响

陈 汝<sup>1</sup>,王金政<sup>1</sup>,薛晓敏<sup>1</sup>,聂佩显<sup>1</sup>,张彦欣<sup>2</sup>

(1. 山东省果树研究所,山东泰安 271000; 2. 山东省沂水县果茶服务中心,山东沂水 276400)

**摘要:**以 4 年生烟富/SH40/八棱海棠为试材,研究了不同追肥处理对苹果树群体结构、叶片及果实品质的影响。结果表明:不同追肥处理对苹果树树体结构的影响不同,与对照相比,各追肥处理下苹果树树高及干周均高于对照。树体枝类组成以短枝与叶丛枝占比最高,其次是中枝,长枝与徒长枝占比最低。各追肥处理下单叶面积、百叶厚、SPAD 值、比叶鲜质量、比叶干质量等参数均高于对照,各追肥处理均能提高苹果的单果质量,其中 N3 处理下苹果单果质量最高,但硬度、可溶性固形物含量最低,可见增加氮肥用量虽能增大果个,但会降低果实风味;除单果质量低于 N3 处理外,N2 + M3 处理下果实着色指数、光洁指数、可溶性固形物含量均高于其他处理。

**关键词:**追肥;树体结构;果实品质;苹果;叶片参数

**中图分类号:** S661.106<sup>+</sup>.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)08-0166-03

苹果树生长不仅需要大量元素氮、磷、钾,还需要钙、铁、锰、锌、铜、硫、硼、硅等中量、微量元素。目前,我国主要通过施用化肥来补充大量元素,通过施用有机肥来补充中量、微量元素。果园土壤养分、施肥状况是决定果园产出率的基本因素,不仅影响果树的产量、品质,而且影响果农收入。受传统观念的影响,果农偏爱施用以尿素为主的化肥,轻视有机肥及微量元素等肥料的施用,致使土壤结构遭到破坏,土壤有机质

亏缺,养分比例失调,土壤肥力逐渐退化,不仅导致果园生产能力降低,肥料利用率下降,而且还会影响环境安全<sup>[1-2]</sup>。科学施肥是保证果树高产稳产的重要措施,肥料种类及合理搭配是科学施肥的关键<sup>[3-5]</sup>。关于苹果的科学施肥前人已经作了大量研究<sup>[6-9]</sup>。本研究探讨不同追肥处理对苹果群体树体结构及果实品质的影响,旨在为苹果生产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

本试验于 2012—2013 年在山东省沂水县友兰基地进行,试验材料为 4 年生富士/SH40/八棱海棠,树势健壮,生长一致,株行距为 2 m × 4 m,南北行向。果园土层深厚,肥力中等,管理条件良好,管理水平中等偏上。试验所用的肥料为:尿素(含氮量 46%)、绿霞牌袋装有机肥(氮磷钾总含量 6%,

收稿日期:2014-08-20

基金项目:国家现代农业(苹果)产业技术体系专项(编号:CARS-28)。

作者简介:陈 汝(1985—),女,山东兖州人,博士,助理研究员,主要从事水果育种与栽培生理研究。E-mail:chenrugss@163.com。

通信作者:王金政,研究员,主要从事水果育种栽培和设施果树研究。E-mail:wjz992001@163.com。

[13] 白青华,马红勇,殷雪莲,等. 低温期不同结构日光温室温度变化及其对樱桃番茄生长的影响[J]. 北方园艺,2013(22):59-62.

[14] 冯颖竹,梁 红,黄 璜. 广东冬季寒害指标研究[J]. 自然灾害学报,2005,14(1):59-65.

[15] 杜尧东,李春梅,毛慧琴. 广东省香蕉与荔枝寒害致灾因子和综合气候指标研究[J]. 生态学杂志,2006,25(2):225-230.

[16] 刘可群,杨文刚,刘志雄,等. 冬季大棚蔬菜低温冰雪灾害评估与预警研究[J]. 湖北农业科学,2011,50(22):4617-4621,4625.

[17] 李 宁,申双和,黎贞发,等. 基于主成分回归的日光温室低温预测模型[J]. 中国农业气象,2013,34(3):306-311.

[18] 黎贞发,王 铁,宫志宏,等. 基于物联网的日光温室低温灾害监测预警技术及应用[J]. 农业工程学报,2013,29(4):229-236.

[19] Korkmaz A, Dufault R J. Developmental consequences of cold temperature stress at transplanting on seedling and field growth and yield. I. Watermelon[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science,2001,126(4):404-409.

[20] 周 曼,蔡兴来. 海南省大棚西瓜生产存在问题及改进措施[J]. 中国蔬菜,2010(5):50-51.

[21] 高祥斌. 图像处理技术在室内观叶植物叶面积测量中的应用[J]. 安徽农业科学,2009,37(34):16814-16815.

[22] 刘可群,黎明锋,杨文刚. 大棚小气候特征及其与大气气候的关系[J]. 气象,2008,34(7):101-107.

[23] 蔡德存,赵玉清. 冀中南地区塑料日光温室的两种灾害性天气及其对策[J]. 中国农业气象,1991(4):46-48.

[24] 杨再强,朱 凯,赵 翔,等. 中国南方塑料大棚气象灾害风险区划[J]. 自然灾害学报,2012,21(5):213-221.

[25] 何春生. 海南岛 50 年来气候变化的某些特征[J]. 热带农业科学,2004,24(4):19-24,41.

[26] Bates M D, Robinson R W. Cucumbers, melons, and water-melons: Evolution of crop plants[M]. Essex: Longman Scientific and Tech Press,1995.

[27] 林 焱. 棚栽西瓜关键技术百问百答[M]. 北京:中国农业出版社,2009.

[28] 张玉杰. 日光温室小型西瓜高效栽培技术[M]. 北京:科学技术文献出版社,2009.