

# 低温弱光对不同辣椒品系生长发育及光合特性的影响

高晶霞<sup>1</sup>, 颜秀娟<sup>1</sup>, 李 宁<sup>2</sup>, 王学梅<sup>1</sup>

(1. 宁夏农林科学院 种质资源研究所, 宁夏 银川 750002; 2. 宁夏隆德县职业中学, 宁夏 固原 756300)

**摘 要:**以日光温室不同辣椒品系 12 个品种为试材,研究了低温弱光对辣椒生长发育及光合特性的影响,旨在为辣椒设施栽培和研究耐低温弱光逆境鉴定方法提供参考依据。结果表明:“陇椒 3 号”辣椒茎粗最小,“京彩”辣椒茎粗最粗为 13.78 mm,“63 号”和“60 号”辣椒始花节位最低为 7.2 节,“京彩”辣椒始花节位最高为 8.8 节,“70 号”辣椒株高最低为 55.8 cm,“74 号”辣椒的株高最高为 115.6 cm,“63 号”辣椒株幅最小为 38.4 cm,“京彩”辣椒株幅最大为 60.4 cm,“48 号”的总叶绿素含量最高为 62.23 mg/g,“121-7 号”的总叶绿素含量最低为 47.04 mg/g。“70 号”、“55 号”辣椒叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度下降幅度最高,分别为 514、513 μmol/mol,“陇椒 3 号”辣椒叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度下降幅度最低为 391 μmol/mol,“70 号”辣椒叶片净光合速率下降幅度最高为 8.66 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,“63 号”、“60 号”、“48 号”辣椒叶片净光合速率下降幅度最低,波动于 0.34~0.70 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,“67 号”辣椒叶片气孔导度下降幅度最高为 4 130.5 mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,“74 号”、“60 号”、“70 号”辣椒叶片气孔导度下降幅度最低,波动于 51.4~498.0 mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,“74 号”、“67 号”辣椒叶片的蒸腾速率下降幅度最高,分别为 5.54、5.16 mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,“60 号”、“62 号-6”、“63 号”辣椒叶片蒸腾速率下降幅度最低,分别为 2.06、2.20、2.24 mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>。

**关键词:**低温弱光;辣椒品系;生长发育;光合特性

**中图分类号:**S 641.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)01-0006-04

目前,我国设施蔬菜栽培所采用的技术体系属于低温节能型<sup>[1]</sup>。设施栽培是反季节栽培,因而容易遭受不利温度环境的影响,日光温室一般无人工加热设备,全部靠太阳能来提高室内温度,因此室内温度受天气影响很大、可调控性差,致使日光温室内生态环境不能达到蔬菜生长发育所要求的最适条件。与露地的正常生长条件相比,设施环境常因覆盖物的存在而导致光照强度的降低,加上冬春季节光照时间和光照强度明显不足、温室内温度很低,使生产受很大影响,导致减产和品质下降<sup>[2-3]</sup>。目前普遍采用铺设反光膜、人工补光、整形修剪等措施来改善设施内光照条件,但前二者投资较大,

而后者又见效慢,因而提高光照水平比较困难。因此,弱光逆境的研究成为非常迫切和重要的课题。

辣椒(*Capsicum annuum*)属茄科(Solanaceae)辣椒属(*Capsicum*),原产于南美洲,又名番椒、海椒、辣子、辣茄等。在我国南北广泛栽培,是我国栽培面积最大的蔬菜作物之一,亦是日光温室蔬菜生产的主要果菜之一,但辣椒在反季节生产时,温室内低温、弱光逆境往往导致辣椒大量落花,低温弱光逆境常常成为限制温室辣椒生产力发挥的主要因素,从而影响辣椒产量及商品性。迄今,国内外有关辣椒低温或弱光逆境生理方面,大都以低温或弱光作为单一因素开展研究<sup>[4-6]</sup>,而在日光温室辣椒生产中,低温和弱光条件常常相伴出现。该试验以日光温室不同辣椒品系“70 号”、“55 号”、“74 号”、“京彩”、“121-7 号”、“60 号”、“67 号”、“62 号-6”、“48 号”、“63 号”、“61 号”、“陇椒 3 号”12 个品种为试材,研究了低温弱光对辣椒生长发育及光合特性的影响,旨在为辣椒设施栽培和耐低温弱光逆境鉴定方法提供理论依据。

**第一作者简介:**高晶霞(1982-),女,硕士,研究实习员,现主要从事蔬菜学等研究工作。E-mail:gjj830114@163.com.

**责任作者:**王学梅(1964-),女,本科,研究员,现主要从事设施蔬菜栽培技术研究及育种等工作。E-mail:wmxm92036h@163.com.

**基金项目:**国家大宗蔬菜产业技术体系资助项目(CARS-25-G-50);辣椒种质资源创新与新品种选育资助项目(NKYG-14-14)。

**收稿日期:**2015-08-13

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为日光温室不同辣椒品系“70号”、“55号”、“74号”、“京彩”、“121-7号”、“60号”、“67号”、“62号-6”、“48号”、“63号”、“61号”、“陇椒3号”12个品种,以“陇椒3号”为对照,各品种均由宁夏农林科学院种质资源研究所提供。

### 1.2 试验方法

试验于2014年7月在宁夏农林科学院枸杞综合试验基地进行。7月19日播种育苗,9月1日定植、起垄、双行栽培,黑膜覆盖,行距80 cm,株距30 cm,采用黑膜基质培。基质由宁夏天缘公司提供。随机区组排列,设3次重复,分别观测各品系的植物学性状、光合特性。其它管理条件同常规,各小区生产管理保持一致。

### 1.3 项目测定

对不同辣椒品种的形态学特征观察与测定在田间进行。株高(cm):辣椒植株距地面最高高度。株幅(cm):植株顶部叶片展开的最大宽度。始花节位(节):第1朵花着生节位数。茎粗(mm):以游标卡尺测定。叶片叶绿素含量采用便携式 SPAD-502 叶绿素仪测定,选择晴天上午,生长一致的植株,测定第5~8片功能叶,每株测定3次,每个辣椒品系测定5~7个植株。光强:选择晴朗无云的天气在10:00时,测定不同辣椒品系的净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、胞间CO<sub>2</sub>浓度(Ci)指标。仪器使用英国 PP-systems 公司生产的 TPS-2 便携式光合系统,每个辣椒品种选择5株受光良好、生长一致的单株,在第5片功能叶上测量。

### 1.4 数据分析

相关分析和系统聚类分析采用 DPS 数据处理系统。差异显著性分析采用 SPSS 软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 低温弱光对辣椒植株性状的影响

由表1可知,相同低温弱光条件下,不同辣椒品系的植株生长发育有差异。“京彩”的茎粗明显大于其它辣椒品系,为13.70 mm,“陇椒3号”(CK)的茎粗最小,为7.83 mm,其它10个辣椒品系茎粗表现为“48号”>“74号”>“61号”>“60号”>“70号”>“121-7号”>“55号”>“67号”=“62号-6”>“63号”。“京彩”的始花节位最高为8.8节,“63号”和“60号”的始花节位最低为7.2节,其它9个辣椒品系始花节位表现为“48号”>“74号”=“61号”>“55号”=“121-7号”>“陇椒3号”=“70号”=“67号”>“62号-6”。“74号”的株高最高为115.6 cm,“70号”最低为55.8 cm,其它10个辣椒品系株高表现为

“60号”>“55号”>“67号”>“121-7号”>“陇椒3号”>“48号”>“京彩”>“61号”>“62号-6”>“63号”。“京彩”的株幅最大为60.4 cm,“63号”的株幅最小为38.4 cm,其它10个辣椒品系的株幅表现为“60号”>“55号”>“陇椒3号”>“74号”>“67号”>“70号”>“121-7号”>“48号”>“61号”>“62号-6”。“48号”的总叶绿素含量最高为62.23 SPAD,“121-7号”的总叶绿素含量最低为47.04 SPAD,其它10个辣椒品系总叶绿素含量表现为“63号”>“67号”>“74号”>“61号”>“62号-6”>“70号”>“55号”>“60号”>“京彩”>“陇椒3号”。

表1 低温弱光对辣椒植株性状的影响

Table 1 Effect of low temperature and weak light on the plant characters of pepper

品系名称 Product line name	茎粗 Stem diameter /mm	始花节位 Begin to spend the festival /节	株高 Plant height /cm	株幅 Strain amplitude /cm	叶绿素含量 Chlorophyll content /SPAD
“陇椒3号”(CK)	7.83	7.6	74.6	49.8	47.04
“70号”	9.52	7.6	55.8	45.2	49.00
“55号”	8.80	8.0	82.4	50.8	47.98
“74号”	10.40	8.2	115.6	47.8	51.72
“京彩”	13.70	8.8	70.8	60.4	47.20
“121-7号”	9.40	8.0	79.2	43.6	46.62
“60号”	9.80	7.2	86.4	53.8	47.31
“67号”	8.70	7.6	80.4	46.8	53.47
“62号-6”	8.70	7.4	58.8	38.6	50.05
“48号”	10.50	8.6	74.2	43.2	62.23
“63号”	8.40	7.2	57.8	38.4	56.62
“61号”	10.10	8.2	69.6	41.0	50.47

### 2.2 低温弱光对辣椒净光合速率(Pn)下降幅度的影响

由图1可知,在低温弱光相同的条件下,各辣椒品系叶片净光合速率下降幅度有差异。“70号”辣椒叶片净光合速率下降幅度最高为8.66  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”63号”、“60号”、“48号”辣椒叶片净光合速率下降幅度最低,波动于0.34~0.70  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”陇椒3号”、“55号”、“京彩”、“61号”叶片净光合速率下降幅度不显著,分别在5.30~5.50  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。Pn的降低必

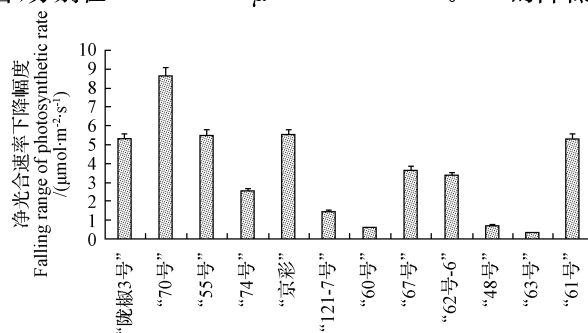


图1 低温弱光对辣椒净光合速率(Pn)下降幅度的影响

Fig. 1 Effect of low temperature and weak light on the falling range of net photosynthetic rate (Pn) of pepper

然导致同化积累量的下降,使植株的生长势减弱和干物质积累减小。

### 2.3 低温弱光对辣椒气孔导度(Gs)下降幅度的影响

由图2可知,在低温弱光相同的条件下,各品系辣椒叶片气孔导度(Gs)有差异。“67号”辣椒叶片气孔导度下降幅度最高为 $4\,130.5\text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,”74号”、“60号”、“70号”辣椒叶片气孔导度下降幅度最低,波动于 $51.4\sim 498.0\text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,”陇椒3号”、“55号”、“74号”、“京彩”、“121-7号”、“62号-6”、“48号”、“63号”、“61号”辣椒叶片气孔导度下降幅度差异不明显。气孔导度(Gs)的降低会使光合底物传导能力降低,必然影响光合作用的正常进行。

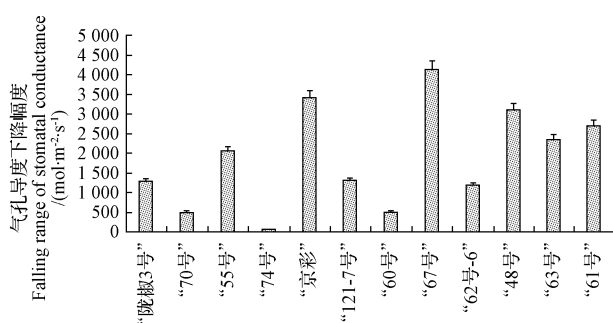


图2 低温弱光对辣椒气孔导度(Gs)下降幅度的影响

Fig. 2 Effect of low temperature and weak light on the falling range of stomatal conductance (Gs) of pepper

### 2.4 低温弱光对辣椒蒸腾速率(Tr)下降幅度的影响

由图3可知,在低温弱光相同的条件下,各品系辣椒叶片蒸腾速率(Tr)有差异。“74号”、“67号”辣椒叶片的蒸腾速率下降幅度最高,分别为 $5.54, 5.16\text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,”60号”、“62号-6”、“63号”辣椒叶片蒸腾速率下降幅度最低,分别为 $2.06, 2.20, 2.24\text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,”陇椒3号”、“70号”、“55号”、“京彩”、“121-7号”、“48号”、“61号”辣椒叶片蒸腾速率下降幅度不明显,波动于 $2.93\sim 4.37\text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。蒸腾速率的降低必然减小蒸腾拉力,进而减慢了水分矿质养分的吸收和运输速率。

### 2.5 低温弱光对辣椒胞间CO<sub>2</sub>浓度(Ci)下降幅度的影响

由图4可知,在低温弱光相同的条件下,各品系辣椒叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度(Ci)有差异。“70号”、“55号”辣椒叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度下降幅度最高,分别为 $514, 513\text{ }\mu\text{mol/mol}$ ,”陇椒3号”辣椒叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度下降幅度最低为 $391\text{ }\mu\text{mol/mol}$ ,其它品系(“74号”、“京彩”、“121-7号”、“60号”、“67号”、“62号-6”、“48号”、“63号”、“61号”)辣椒叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度(Ci)下降幅度差异不明显,分别在 $391\sim 461\text{ }\mu\text{mol/mol}$ 。说明低温弱光

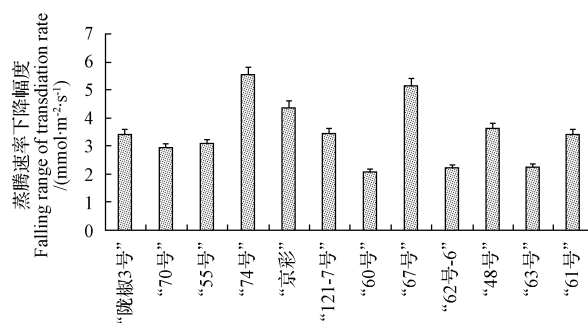


图3 低温弱光对辣椒蒸腾速率(Tr)下降幅度的影响

Fig. 3 Effect of low temperature and weak light on the falling range of transpiration rate (Tr) of pepper

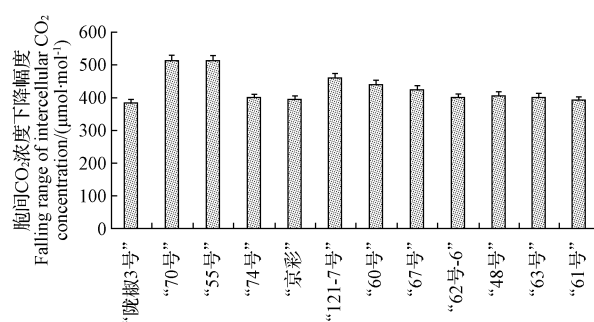


图4 低温弱光对辣椒胞间CO<sub>2</sub>浓度(Ci)下降幅度的影响

Fig. 4 Effect of low temperature and weak light on falling range of intercellular CO<sub>2</sub> concentration (Ci) of pepper

造成了光合原料的供应不足,Pn、Gs降低的同时,伴随Ci也相应降低,说明气孔限制因素是使光合速率下降的主导因素之一。

## 3 结论

低温弱光胁迫使各品系辣椒植物学性状之间有差异,“陇椒3号”辣椒的茎粗最小,“京彩”辣椒的茎粗最粗为 $13.78\text{ mm}$ ,”63号”和“60号”辣椒的始花节位最低为 $7.2$ 节,“京彩”辣椒的始花节位最高为 $8.8$ 节,“70号”辣椒株高最低为 $55.8\text{ cm}$ ,”74号”辣椒的株高最高为 $115.6\text{ cm}$ ,”63号”辣椒株幅最小为 $38.4\text{ cm}$ ,”京彩”辣椒株幅最大为 $60.4\text{ cm}$ ,”48号”的总叶绿素含量最高为 $62.23\text{ SPAD}$ ,”121-7号”的总叶绿素含量最低为 $47.04\text{ SPAD}$ 。

低温弱光胁迫使各品系辣椒叶片光合特性有差异,“70号”、“55号”辣椒叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度下降幅度最高,分别为 $514, 513\text{ }\mu\text{mol/mol}$ ,”陇椒3号”辣椒叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度下降幅度最低为 $391\text{ }\mu\text{mol/mol}$ ,”70号”辣椒叶片净光合速率下降幅度最高为 $8.66\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,”63号”、“60号”、“48号”辣椒叶片净光合速率下降幅度最低,波动于 $0.34\sim 0.70\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,”67号”辣椒

叶片气孔导度下降幅度最高为  $4\ 130.5\ \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , “74号”、“60号”、“70号”辣椒叶片气孔导度下降幅度最低,波动于  $51.4 \sim 498.0\ \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , “74号”、“67号”辣椒叶片的蒸腾速率下降幅度最高,分别为  $5.54$ 、 $5.16\ \text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , “60号”、“62号-6”、“63号”辣椒叶片蒸腾速率下降幅度最低,分别为  $2.06$ 、 $2.20$ 、 $2.24\ \text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

该试验中,“京彩”、“74号”、“48号”、“60号”、“63号”5个辣椒品种受低温弱光条件影响很小,试验结果可为辣椒设施栽培和研究耐低温弱光逆境鉴定方法提供参考依据,并作为耐低温品种示范推广。

### 参考文献

- [1] 孙日飞.我国蔬菜产业发展现状、问题与现状[C].中国园艺学会第九届第二次全国理事扩大会议会刊,2003.
- [2] 王耀林.节能日光温室创新增效及其可持续发展途径的探讨[C].中国农学会第三届全国秋冬季设施农业新技术推广会会刊,2003.
- [3] 张真和.我国蔬菜产业发展中的问题与对策[C].中国农学会2001年设施农业新技术新产品,2001.
- [4] 邱仲华,邱云慧.节能日光温室生产经济效益滑坡的原因与对策[J].温室园艺,2003(3):3-5.
- [5] 马艳青,戴雄泽.低温胁迫对辣椒抗寒性相关生理指标的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2000,26(6):461-462.

## Effect of Low Temperature and Weak Light on Growth and Photosynthetic Characters of Different Pepper Strains

GAO Jingxia<sup>1</sup>, YAN Xiujuan<sup>1</sup>, LI Ning<sup>2</sup>, WANG Xuemei<sup>1</sup>

(1. Institute of Plant Resources Research, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry, Yinchuan, Ningxia 750002; 2. Longde Ningxia County Vocational School, Guyuan, Ningxia 756300)

**Abstract:** 12 different pepper lines were used as materials, effect of low temperature and weak light on growth and photosynthetic characters in pepper strain were studied, to provide reference for greenhouse cultivation and method for resistance to weak light stress at low temperature. The results showed that, ‘Longjiao 3’ pepper had minimum stem diameter, the stem diameter of the ‘Jingcai’ was the maximum with 13.78 mm, the start flower festival of ‘63’ and ‘60’ pepper were lowest for the 7.2 section, the start flower festival of the ‘Jingcai’ pepper was the highest for the 8.8 section, the plant height of ‘70’ pepper was the lowest of 55.8 cm, the plant height of ‘74’ pepper was the highest of 115.6 cm, strain amplitude of ‘63’ pepper was the smallest of 38.4 cm, the maximum amplitude of the ‘Jingcai’ pepper was 60.4 cm, the total chlorophyll content of ‘48’ was 62.23 mg/g, the total chlorophyll content of ‘121-7’ was 47.04 mg/g, the concentrations of intercellular  $\text{CO}_2$  of ‘70’ and ‘55’ pepper leaves were the highest of  $514\ \mu\text{mol/mol}$  and  $513\ \mu\text{mol/mol}$  respectively, ‘Longjiao No. 3’ leaf intercellular  $\text{CO}_2$  concentration decreased to the lowest  $391\ \mu\text{mol/mol}$ , the net photosynthetic rate of pepper leaves was the highest in ‘70’ pepper, the net photosynthetic rate of pepper leaves was the lowest in ‘63’, ‘60’ and ‘48’, which were between  $0.34$  and  $0.70\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , the stomatal conductance of pepper leaves was the highest in ‘67’ peppers, the stomatal conductance of pepper leaves were the highest in ‘74’, ‘60’, ‘70’ peppers, between  $51.4$  and  $498.0\ \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , the transpiration rate of pepper leaves was the highest in ‘74’ and ‘67’, respectively  $5.54$  and  $5.16\ \text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , ‘60’, ‘62-6’ and ‘63’ pepper leaf transpiration rate were the lowest, respectively of  $2.06$ ,  $2.20$ ,  $2.24\ \text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

**Keywords:** low temperature and poor light; pepper strain; growth; photosynthetic characteristics