

# 远红外电热膜在辣椒育苗上的应用效果研究

苗锦山<sup>1</sup>, 王树勇<sup>2</sup>, 高静<sup>3</sup>

(1. 潍坊科技学院 园艺科学与技术研究所, 山东 寿光 262700; 2. 昌乐县乔官镇农业综合服务中心, 山东 昌乐 262408;

3. 龙口市新嘉街道农业综合服务中心, 山东 龙口 265711)

**摘要:**以辣椒为试材,在温室低温逆境下,研究了远红外电热膜辐射加温在冬春茬辣椒育苗上的应用效果。结果表明:采用远红外电热膜辐射加温处理,辣椒种子发芽势和发芽率显著提高,叶片光合速率和根系活力增加,植株长势和根系发育显著优于对照,有利于壮苗培育。加温方式比较,远红外电热膜覆土 2 cm 加温效果优于直接加温处理。采用远红外电热膜辐射加温技术可缩短辣椒苗龄 15 d,经济、生态和社会效益显著。

**关键词:**远红外电热膜;低温逆境;辣椒;苗龄

**中图分类号:**S 641.304<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)10-0051-03

辣椒是我国种植面积仅次于大白菜的第二大蔬菜作物,近年来保护地反季节栽培呈不断增加趋势,栽培效益较佳。但辣椒属喜温作物,生长发育适温为 20~30℃。低于 15℃时生长发育受阻,持续低于 12℃时可能遭受冷害,对其器官发育造成不良影响。

徐冉等<sup>[1]</sup>研究表明,低温下辣椒的根系总长度均呈下降趋势,根系直径则会呈先升后降的趋势。低温可减小辣椒叶面积,低温时间越长,减大幅度越大。王丽萍等<sup>[2]</sup>对低温逆境下辣椒植株生长特性研究表明,低温弱光对辣椒的株高、茎粗、叶面积、根系都有减少作用,从而造成减产。我国北方保护地冬春茬或早春茬辣椒多在 12 月中下旬至翌年 2 月前播种,整个苗期均处于一年中极寒天气。辣椒出苗后,如遇持续低温条件,辣椒的抵抗力减弱,吸收矿质元素和水分的能力随之减弱,极易诱发生理病害或花芽分化不良,最终导致落花落果<sup>[3]</sup>。因此,冬春茬或早春茬辣椒低温下壮苗培育是生

产上亟待解决的重要问题。

红外辐射材料是指在一定红外波段范围内具有较高辐射强度的材料,系近年来发展起来的一种新型光热转换功能材料的添料,可将其制成电热膜发热元件。以该元件和碳纤维为基材制成远红外电热膜可产生 8 000~15 000 nm 远红外线,类似太阳辐射,该波段光对人类的生存与万物的生长极为重要,被科学家称为“生命光波”,可与生物体内的水分子产生有效“共振”,同时具备渗透性能和温控效应,可有效促进植物生长;另外,远红外电热膜还具有使用年限长、发热速度快(一般几分钟可热)等优点,因而研究和利用远红外电热膜育苗技术具有较好的生产应用价值。现以“中寿 12 号”辣椒为试材,研究了利用远红外电热膜辐射加温技术对辣椒苗期生长发育的影响,以期对辣椒壮苗培育和高效栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试辣椒品种为“中寿 12 号”,由潍坊科技学院园艺科学与技术研究所提供;远红外电热膜由广东暖丰科技有限公司提供,规格为 10.6 m×30.0 cm,功率 400 W。

**第一作者简介:**苗锦山(1972-),男,博士,副教授,现主要从事蔬菜育种与生物技术等研究工作。E-mail:lnmjs@163.com.

**基金项目:**国家星火科技支撑计划资助项目(2011GA740072);潍坊科技学院自然科学重大专项资助项目(W13K002)。

**收稿日期:**2016-02-14

of humidity that have no obvious difference, which were about 47%. Light intensity of the control greenhouse was significantly stronger than the double film shed, but the transmittance of 10 m, 16 m span plastic greenhouse was more larger than other three ones, which were more 2.36 klx, 2.08 klx than 8 m greenhouse. Maintaining a high carbon dioxide concentration was 10 m, 12 m, 16 m double film greenhouse. Integrated above five environmental factors, 16 m span plastic greenhouse had the higher light intensity and carbon dioxide concentration, in addition to in the cooling, moisture had a greater advantage in the summer to compare with the rest of the five greenhouses, which was more promotional.

**Keywords:** plastic greenhouse; different span; cooling capacity; test of environment

## 1.2 试验方法

试验于 2013 年 1—3 月在潍坊科技学院园艺科学与技术研究所温室内进行。设置 3 个处理, T1(CK): 穴盘基质育苗, 不采用远红外电热膜辐射加温; T2: 育苗穴盘直接置于远红外膜上加温; T3: 远红外膜上覆土 2 cm, 育苗穴盘置于覆土之上加温。1 月 23 日播种辣椒于 72 孔穴盘。随机区组设计, 每处理重复 5 次。播种后将穴盘置于温室小拱棚, 远红外电热膜温度控制为昼温 25~28 ℃, 夜温 15~18 ℃, 其它管理同日常生产。

## 1.3 项目测定

播种 3 d 和 7 d 后分别调查发芽势和发芽率。发芽势(%)=(种子发芽初期在规定时间内能正常发芽的种子数/供试种子数)×100; 发芽率(%)=(种子发芽终止在规定时间内全部正常发芽种子数/供试种子数)×100; 光合速率( $P_n$ )测定采用 LCA-4 光合分析系统; 根系活力采用 TTC 法测定<sup>[4]</sup>; 播种后 30 d 和 40 d 分别调查根系和植株长势相关指标。

## 2 结果与分析

## 2.1 远红外电热膜辐射加温对辣椒发芽的影响

从表 1 可以看出, T3 和 T2 处理的发芽势和发芽率分别为 69.8%、58.0% 和 86.0%、85.7%, 较对照差异均达到极显著水平, 其中远红外电热膜覆土 2 cm 辐射加温处理发芽势极显著高于远红外电热膜直接加温处理( $P<0.01$ )。

## 2.2 远红外电热膜辐射加温对辣椒光合作用的影响

从表 2 可知, T3、T2 和 T1(CK)处理光合速率分别为 6.72、4.00、3.51  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 处理间差异显著

表 1 远红外电热膜加温对辣椒发芽的影响

Table 1 Effect of the far-infrared heating film radiation on germination in hot pepper %

处理 Treatment	发芽势 Germination potential	发芽率 Germination rate
T1(CK)	0.0 C	38.8B
T2	58.0 B	85.7A
T3	69.8A	86.0A

注: 表中大小写字母不同分别表示差异极显著( $P<0.01$ )和差异显著( $P<0.05$ )。下同。

Note: Different capital and small letters in the table mean significant difference at 0.01 level and 0.05 level, respectively. The same as below.

( $P<0.05$ )。上述 3 个处理蒸腾速率和气孔导度分别为 0.19、0.17、0.11  $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  和 5.22、4.86、4.37  $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 处理间差异显著( $P<0.05$ )。T3、T2 和 T1(CK)处理细胞间隙  $\text{CO}_2$  浓度分别为 295、301、288  $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 采用远红外电热膜加温处理细胞间隙  $\text{CO}_2$  浓度显著高于对照( $P<0.05$ ), 从而为提高辣椒光合作水平打下了基础。

## 2.3 远红外电热膜辐射加温对辣椒地上部植株生育的影响

从表 3 可以看出, 远红外电热膜辐射加温显著促进了辣椒幼苗的生育进程, 主要表现在处理植株株高、茎粗、真叶叶数、单株叶面积、地上部干鲜重均显著高于对照( $P<0.01$ ), 远红外覆土 2 cm 加温效果优于直接加温处理。另外, 远红外电热膜辐射加温处理植株上胚轴和下胚轴长度显著小于对照, 但干物质率增加, 有助于低温环境下培育壮苗。

表 2 远红外电热膜加温对辣椒光合作用的影响

Table 2 Effect of the far-infrared heating film radiation on photosynthesis in hot pepper

处理 Treatment	光合速率 Photosynthesis rate $/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	蒸腾速率 Transpiration rate $/(\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	气孔导度 Stomatal conductance $/(\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	细胞间隙 $\text{CO}_2$ 浓度 Inter-cellular $\text{CO}_2$ concentration $/(\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1})$
T1(CK)	3.51c	0.11c	4.37c	288b
T2	4.00b	0.17b	4.86b	301a
T3	6.72a	0.19a	5.22a	295a

表 3 远红外电热膜辐射加温对辣椒地上部植株生育的影响

Table 3 Effect of the far-infrared heating film radiation on plant growth and development in hot pepper

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /cm	上胚轴长度 Epicotyl length /cm	下胚轴长度 Hypocotyl length /cm	真叶叶数 True leaf number /片	单株叶面积 Leaf area per plant $/(\text{cm}^2 \cdot \text{株}^{-1})$	地上部植株鲜重 Fresh weight $/(\text{g} \cdot \text{株}^{-1})$	地上部植株干重 Dry weight $/(\text{g} \cdot \text{株}^{-1})$	干物质率 Rate of dry matter /%
T1(CK)	4.37c	0.14c	1.11c	3.23c	4.4b	8.56c	0.369 8c	0.031 4c	8.50c
T2	5.85b	0.18b	1.85b	3.43a	4.4b	19.24b	0.782 9b	0.070 3b	8.98b
T3	5.99a	0.20a	1.99a	3.32a	4.8a	20.36a	0.818 3a	0.079 2a	9.68a

## 2.4 远红外电热膜辐射加温对辣椒根系生育的影响

由表 4 可知, 远红外电热膜辐射加温对辣椒根系发育具有明显促进作用。T3、T2 和 T1 处理的根系活力分别为 0.712 5、0.511 5、0.364 5  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW} \cdot \text{h}^{-1}$ , 处理

间差异显著( $P<0.05$ )。低温环境下, 根系代谢水平的提高促进了辣椒一级侧根数(长度大于 0.5 cm 侧根)的增加, 单株根系干重和干物质率亦显著增加, 根冠比趋于协调, 可促发壮苗。

表 4 远红外电热膜辐加温对辣椒根系生育的影响

Table 4 Effect of the far-infrared heating film radiation on root growth and development in hot pepper

处理 Treatment	根系活力 Root activity /(mg·g <sup>-1</sup> FW·h <sup>-1</sup> )	一级侧根条数 The primary lateral root number /条	根系鲜重 Root fresh weight /(g·株 <sup>-1</sup> )	根系干重 Root dry weight /(g·株 <sup>-1</sup> )	根系干物质率 Dry matter rate of root /%	根冠比 Root-shoot ratio
T1(CK)	0.364 5c	15.2c	0.020 2c	0.001 5c	7.42c	0.163c
T2	0.511 5b	18.5b	0.045 0b	0.003 7b	8.22b	0.172b
T3	0.712 5a	25.3a	0.054 5a	0.005 3a	9.72a	0.201a

2.5 辣椒远红外电热膜加温育苗效益分析

试验表明经电热膜加温处理后,辣椒苗龄可减少 15 d 左右。按劳务费(100 元·人<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>)计算,可节省劳务费 1 500 元左右。另外,一块远红外电热膜功率约为 400 W,可以育苗 7~8 穴盘(72 棵/每穴盘),保护地每 667 m<sup>2</sup>种植辣椒 2 500 株计,需 35 穴盘苗及 5 块电热膜加温 30 d,则 5 块远红外电热膜加热电费(电费以 0.5 元·kW<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>计,加热时间以每天 12 h 计)为 (400/1 000)×12×0.5×30×5=360 元,因此使用远红外电热膜辐射加温育苗技术可大大节省生产费用。同时,蔬菜提前成苗或分苗和定植直接促进了产品提前上市,经济效益更为显著。

3 讨论与结论

我国设施蔬菜反季节生产中,尤其在蔬菜发育的关键阶段存在低温逆境常导致蔬菜叶芽、花芽分化不良,根系吸收障碍导致缺素,植株徒长,产量和品质下降等生产实际问题。目前蔬菜冬季育苗所采用的加温技术主要有烧煤火道(火炉)采暖、锅炉暖气、热风炉、电暖风或铺设电热线方法,但上述调控技术普遍存在热效率转化率较低,加温不均匀,不能实现地上和地下同步温度调控,成本较高,操作复杂,环境污染等问题,并且生产应用效果不佳,不能满足生产需求。

该研究发现,在温室低温逆境条件下,远红外电热膜辐射加温处理可显著促进辣椒幼苗发育,缩短苗龄

15 d 以上。在红外电热膜辐射加温处理下,辣椒种子活力增加,发芽势显著提高。幼苗叶片光合作用和根系活力显著增加,实现了低温下苗期根冠同步调控,植株生长和根系发育均得以促进,根冠比趋于协调,有助于壮苗培育。采用上述技术,可大大缩短辣椒育苗时间,定植、收获等农事操作时间相应提前,经济效益显著。

从技术处理来看,远红外电热膜上覆土 2 cm 加温和直接加温差异之处在于远红外电热膜直接辐射加温不利于穴盘基质水分保持,相同管理条件下植株易发苗期缺水,生长在一定程度上受抑,因此在冬季蔬菜育苗上电热膜宜覆土后加温,覆土厚度以 2 cm 左右为宜。

综上,应用远红外温热膜辐射加温育苗技术实现了低温下蔬菜幼苗根冠同步调控,有助于蔬菜壮苗培育,可产生良好的经济效益。该项技术属清洁能源技术,光热转化效率较高,亦可产生显著的生态和社会效益,生产应用前景广阔。

参考文献

[1] 徐冉,任旭琴. 低温对辣椒叶面积及生理指标的影响[J]. 安徽农业科学,2007,35(31):86-87.  
[2] 王丽萍,王鑫,邹春蕾. 低温弱光胁迫下辣椒植株生长特性的研究[J]. 辽宁农业科学,2007(6):7-9.  
[3] 岳振平. 低温逆境对辣椒影响的研究进展[C]//河南省植物生理学会三十周年庆典暨学术研讨会,2010.  
[4] 郝再斌,苍晶,徐仲. 植物生理实验技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨出版社,2002.

Effect of the Far-infrared Heating Film Radiation on Hot Pepper Seedling

MIAO Jinshan<sup>1</sup>, WANG Shuyong<sup>2</sup>, GAO Jing<sup>3</sup>

(1. Institute of Horticultural Science and Technology, Weifang College of Science and Technology, Shouguang, Shandong 262700;  
2. Comprehensive Agricultural Service Center of the Qiaoguan Sub-district Administration of Changle City, Changle, Shandong 262408;  
3. Comprehensive Agricultural Service Center of the Xinjia Sub-district Administration of Longkou City, Longkou, Shandong 265711)

**Abstract:** Taking hot pepper as material, effect of the far-infrared heating film radiation on winter-spring hot pepper seedling was studied in the the greenhouse low temperature stress conditions. The results showed that the treatments of far-infrared heating film radiation promoted germination potential and germination rate significantly. Increased photosynthesis and root activity of the treatments resulted in more plant growth and root system development significantly, which helped to cultivate strong seedling. Compared with direct heating, the effects of heating with 2 cm earth covered on the far-infrared heating film radiation were better. As a result, the treatment of far-infrared heating film radiation can reduce 15 days of seedling age in hot pepper and produce remarkable economic, ecological and social benefits.

**Keywords:** far-infrared heating film; low temperature stress; hot pepper; seedling age