

新型功能棚膜对日光温室环境及番茄生长发育的影响

李岩^{1,2}, 孙娜¹, 赵海榕¹, 魏珉^{1,2*}, 米庆华^{2,3}, 王秀峰¹, 史庆华^{1,2}, 杨凤娟¹

1. 山东农业大学园艺科学与工程学院/作物生物学国家重点实验室/
农业部黄淮海地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 山东 泰安 271018
2. 农业部黄淮海设施农业工程科学观测实验站, 山东 泰安 271018
3. 山东农业大学科技处, 山东 泰安 271018

摘要: 本文以番茄品种‘金棚荣耀’为试材, 研究了加入转光剂后涂覆型和内添加型消雾无滴膜的透光性、保温性及对番茄植株生长、果实品质和产量的影响。结果表明: 与内添加型消雾无滴膜相比, 涂覆型消雾无滴膜的透光性及保温性均有所提高, 明显促进番茄植株生长, 有利于提高番茄每 667 m² 产量。转光剂种类不同, 对果实成熟期和品质具有较大影响。新研发的 34 号涂覆转光膜可明显促进番茄生长, 每 667 m² 产量显著高于对照, 且番茄红素含量和糖酸比显著提高。总体来看, 加入转光剂后涂覆型消雾无滴膜更有利于提高番茄果实的综合品质。

关键词: 消雾无滴膜; 涂覆型; 内添加型; 番茄; 生长发育

中图分类号: S626.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2016)02-0161-05

Effects of Neotype Multi-functional Plastic Films on Environmental Condition, Growth and Development of Tomato in Solar Greenhouse

LI Yan^{1,2}, SUN Na¹, ZHAO Hai-rong¹, WEI Min^{1,2*}, MI Qing-hua^{2,3}, WANG Xiu-feng¹, SHI Qing-hua^{1,2}, YANG Feng-juan¹

1. College of Horticulture Science and Engineering/Shandong Agricultural University/State Key Laboratory of Crop Biology /Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (Huanghuai Region), Ministry of Agriculture, Tai'an 271018, China
2. Scientific Observing and Experimental Station of Environment Controlled Agricultural Engineering in Huang-Huai-Hai Region, Ministry of Agriculture, Tai'an 271018, China
3. Technology Department/Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

Abstract: The light transmittance and heat retaining property of coating-anti-fog film and inner-added anti-fog film both adding light conversion agent and their effects on the growth, quality and yield of tomato were studied with the tomato cultivar ‘Jinpengrongyao’ as test material. As the results, the light transmittance and heat retaining property were increased and the growth and yield per 667 m² of tomato were also improved by using the coating-anti-fog film greenhouse film. Moreover, the maturity stage and fruit quality of tomato were greatly influenced by different kinds of light conversion agent. Compared with control, the growth and yield per 667 m² of tomato were evidently enhanced by the newly developed coating-light-conversion film of No. 34; meanwhile, lycopene content and acid-sugar ratio in fruit were significantly improved as well. In a word, coating-anti-fog film was more conducive to improve the comprehensive quality of tomato.

Keywords: Anti-fog film; coating; inner-added; tomato; growth and development

影响日光温室、塑料大棚等设施蔬菜生产的因素很多, 除了适合当地使用的大棚、温室结构和配套栽培技术外, 覆盖材料在棚室蔬菜生产过程中也起着举足轻重的作用^[1], 可以实现作物的反季节上市, 而且能提高其品质和产量^[2]。其中, 塑料薄膜由于具有质地柔韧、经济、便于安装、透光能力强等优点而被广泛应用, 成为当今温室、塑料大棚等园艺设施的主要覆盖材料^[3-5]。在设施蔬菜生产上选用透光率高、保温性能好、耐用、防尘、防雾效果好的透明覆盖物是实现节能、高效生产的重要途径^[6]。而且, 随着优质、高效、配套设施栽培技术的不断完善, 新型覆盖材料的研制与应用迅速发展, 一批具有改善透光性、提高保温性、延长使用期、降低造价的多功能塑料薄膜不断推向市场, 极大地改善了温室、大棚中温、光、水、气等栽培条件。

涂覆型消雾无滴转光膜作为一种新型功能棚膜, 近几年得到了迅速推广应用, 其突出特点是持

收稿日期: 2013-12-19

修回日期: 2014-04-09

基金项目: 国际科技合作项目(S2011GR0454); “十二五”国家科技支撑计划课题(2012BAD11B01); 山东省科技成果转化项目(鲁科农字<2013>56)

作者简介: 李岩(1983-),男,讲师,博士,现主要从事设施蔬菜与无土栽培的研究。E-mail:edmonlee@163.com

***通讯作者:** Author for correspondence. E-mail:minwei@sdau.edu.cn

久流滴性和消雾性，并能把日光中的部分紫外线转换成红光。近年来，国内外对于不同棚膜对番茄生长发育的影响效应已有较多研究^[7]，但关于新型功能棚膜对日光温室内主要环境因子及对番茄生育和果实品质综合影响的研究还鲜有报道。因此，本试验以内添加型未加转光剂及涂覆型未加转光剂棚膜为对照，研究了涂覆型和内添加型消雾无滴转光膜覆盖条件下日光温室内光温环境及番茄生长发育的变化，旨在探讨新型覆盖材料对日光温室内主要环境条件和果实品质的影响，并为该棚膜的研制开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试材与处理

试验于2012年10月~2013年5月在山东省莱芜市方下镇卢家庄山东农业大学农膜试验示范基地日光温室内进行。温室长度62 m，高度4.8 m，跨度12 m，透明覆盖材料由编号28（内添加型消雾无滴膜不加转光剂，对照1）、31（涂覆型消雾无滴膜不加转光剂，对照2）、30（内添加型消雾无滴膜加转光剂，转光剂种类：L9-1）、33（涂覆型消雾无滴膜加转光剂，转光剂种类：SS-1）、34（涂覆型消雾无滴膜加转光剂，转光剂种类：L9-1）共5块棚膜等距离拼接而成，2012年10月10日扣膜。棚膜由山东天鹤塑胶股份有限公司生产，厚度均为0.08 mm。

供试番茄品种为‘金棚荣耀’（大果型红果，商品苗由莱芜市农科院提供），2012年10月15日定植，行距65 cm，株距36 cm，单干整枝。每处理设一个小区，从中选取10株定期观察测定。田间肥水管理按常规进行。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 光谱 不同棚膜覆盖下各光谱采用美国产Unispec™光谱分析系统测定。各光质光谱见表1。

1.2.2 光强 采用PPsystem公司的TPS-2便携式光合仪测定光强，在距地面1 m处分别测定温室外及温室内的光照强度，从9:00~16:00，每个整点采集1次数据。

透光率计算公式： $T=R_i/R_0 \times 100\%$ ，式中 R_i 、 R_0 分别是在温室内和温室外距地面1 m处水平面所测的光照强度，单位为KLux^[8]。

1.2.3 温度 采用TR-52S温度记录仪记录温室内全天的土壤温度。记录地温的探头在地下10 cm。每10 min采集1次数据，取每个月每天地温总和的平均值作为月平均地温。

1.2.4 番茄生长指标 定植后24 d起开始测定各处理15株番茄株高、茎粗、叶片数，株高使用卷尺测量，茎粗使用游标卡尺测定。以后每隔30 d左右测量1次，直到打顶为止。

1.2.5 番茄果实品质 果实采收期选取第2穗商品成熟果实用于品质测定。蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[9]；2,6-二氯酚靛酚滴定法测定维生素C含量^[10]；滴定法测有机酸含量^[9]；国标法测番茄红素含量^[11]。

1.2.6 番茄产量 自番茄第2穗果实成熟采收时记录产量。

表 1 不同棚膜覆盖的光谱组成

Table 1 Spectrum of different films in solar greenhouse

处理光谱(%) Treated spectrum	紫外光 300~400nm Ultraviolet	紫光 400~440nm Violet	蓝光 440~510nm Blue	绿光 510~610nm Green	红橙光 610~710nm Red	远红光 710~760nm Far-red	近红外 760~1100nm Near infrared	可见光 400~700nm Visible light
34	8.38d	2.92bc	6.50c	6.75e	10.05a	6.43a	55.37d	30.74a
33	9.32b	3.43a	7.20b	7.25d	7.14cd	5.82b	59.00c	26.00c
30	8.04e	2.42c	2.72e	7.90c	7.70c	2.13d	67.24a	21.00d
31 (CK2)	8.83c	2.67c	7.44a	10.54a	9.40b	2.00e	55.00d	29.00b
28 (CK1)	9.90a	1.32d	4.40d	8.71b	7.07d	4.52c	65.00b	20.38d

1.3 数据统计分析

采用Microsoft Excel 2007以及Origin 7.5软件进行数据整理和作图，并用SPSS 19.0软件进行方差分析，显著性由Duncan’s新复极差法检验。

2 结果与分析

2.1 不同消雾无滴膜覆盖对日光温室内光照条件的影响

由表1可知,透射光中的各种光谱成分,34号薄膜在紫外光、绿光区比例均显著低于CK1和CK2,在红橙光、远红光区的比例较CK1、CK2和其它棚膜均显著提高,其中透射光谱在红橙光区较CK1和CK2分别提高42.15%和6.91%。30和33号棚膜分别在近红光和紫光区的光谱比例较CK显著提高。

由图1可以看出,五种棚膜的透光率月变化趋势基本一致,均呈现先降低后升高再降低趋势。涂覆型消雾无滴膜(31、33、34号)的透光率高于内添加型消雾无滴膜(28、30号),28号(CK1)棚膜的透光率始终最低。

各棚膜透光率日变化如图2所示。中午光照最强时,棚膜的透光率最高。不同类型薄膜下,涂覆型的透光率高于内添加型,但早晚彼此差异不显著。

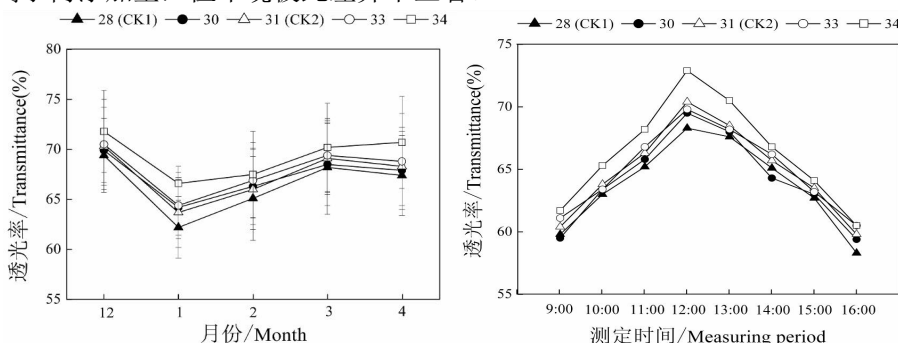


图 1 不同棚膜透光率月变化

Fig.1 Monthly variation of transmittance of different films

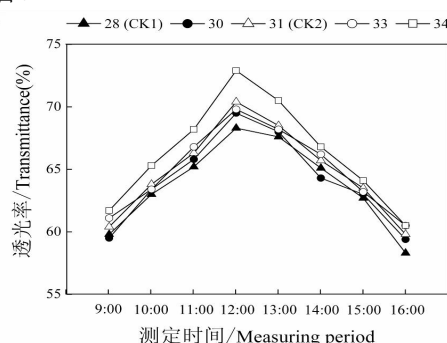


图 2 不同棚膜透光率日变化

Fig.2 Diurnal variation of transmittance of different films

2.2 不同消雾无滴膜对日光温室土壤温度的影响

由图3可以看出,不同棚膜覆盖下月平均地温的变化趋势基本相同,涂覆型棚膜下的月平均地温高于内添加型棚膜,但差异不明显。不同棚膜覆盖下室内地温的日变化,12~16时差异明显,涂覆型棚膜覆盖的地温较高,内添加型棚膜覆盖地温较低;夜间不同棚膜覆盖下的地温差异不显著。

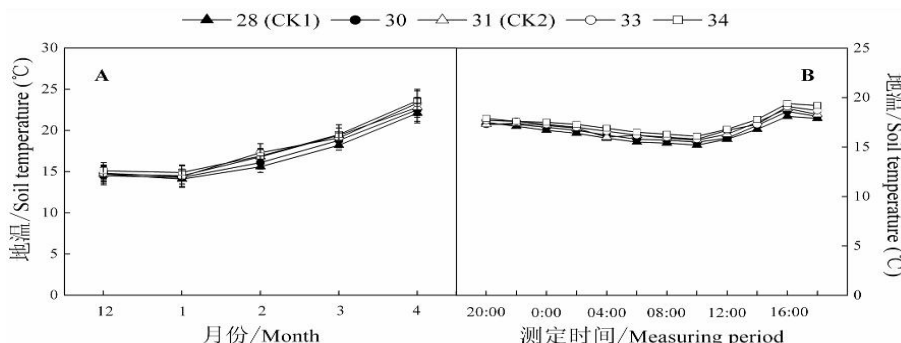


图 3 不同棚膜覆盖下月平均地温的变化(A)和地温日变化(B)

Fig.3 Monthly (A) and diurnal variation (B) of soil temperature under different films

2.3 不同消雾无滴膜覆盖对番茄生长的影响

与对照CK1、CK2及其它处理相比,34号棚膜显著促进了番茄生长,株高和节间长度增加,叶片增多,但茎粗与对照差异不显著(表2);而33号棚膜则抑制了番茄株高增长,但茎粗增加;30号、33号棚膜覆盖下番茄植株叶片数较少。综合比较,34号棚膜最有利于促进番茄生长。

表 2 不同棚膜对日光温室番茄生长的影响

Table 2 Effects of different films on plant growth of tomato in solar greenhouse

处理 Treatments	株高/cm		茎粗/cm		节间长度/cm		叶片数	
	Plant height/cm	4~27	Stem diameter/cm	4~27	Internodes length/cm	4~27	Total leaf number	4~27
34	217.5a	267.8a	1.24b	1.40b	6.03a	6.33a	33a	37a
33	179.3e	220.0c	1.29a	1.40b	5.50e	5.73e	27c	33bc
30	197.0c	237.2b	1.14c	1.37b	5.67d	6.07c	29bc	32c
31 (CK2)	188.7d	240.0b	1.23b	1.48a	5.83c	5.95d	30b	35ab
28 (CK1)	209.0b	261.7a	1.25b	1.28c	5.90b	6.23b	31ab	37a

2.4 不同消雾无滴膜覆盖对番茄开花和果实转色期的影响

由表 3 可见, 相比于对照和其它处理, 34 号棚膜覆盖下的番茄第二穗花开花较早, 30 号棚膜覆盖开花则较晚; 34 号棚膜覆盖下第二穗果实转色期提前 2~3 d, 30 号棚膜覆盖则使转色期延后 1~2 d。

2.5 不同消雾无滴膜覆盖对番茄产量的影响

34 号棚膜显著增加了番茄单株结果数, 且平均单果重及每 667 m² 产量均明显高于其它处理及对照 (表 4); CK1 覆盖下的番茄单株果数、平均单果重以及每 667 m² 产量则明显较低。34 号棚膜下番茄每 667 m² 产量较 CK1 和 CK2 分别增加 59.53% 和 20.23%。

表 3 不同棚膜对日光温室番茄开花和果实转色的影响

Table 3 Effects of different films on flowering and color-changing period of tomato in solar greenhouse

处理 Treatments	第 2 穗开花期	第 2 穗果转色期
	Flowering period of second blossom bunch	Color-changing period of second fruit cluster
	月-日 Month-day	月-日 Month-day
34	11-30	02-26
33	12-02	02-28
30	12-05	03-02
31 (CK2)	12-02	02-28
28 (CK1)	12-02	03-01

表 4 不同棚膜对日光室内番茄产量的影响

Table 4 Effect of different films on yield of tomato in solar greenhouse

处理 Treatments	单株果数 (个) Fruit number per plant	平均单果重 (g) Average weight of single fruit (g)	产量 (kg)/667 m ² Yield per 667 m ² (kg)
34	29 a	202.5 a	11658.8 a
33	26 b	168.9 c	8718.9 d
30	26 b	171.6 c	8857.7 c
31 (CK2)	27 b	180.9 b	9696.9 b
28 (CK1)	25 b	147.2 d	7308.0 e

2.6 不同消雾无滴膜覆盖对番茄品质的影响

由表 5 可以看出, 与其它棚膜相比, 34 号棚膜明显提高了番茄果实中番茄红素、可溶性糖含量, 同时降低了有机酸含量, 使果实糖酸比增加; 34 号棚膜覆盖的果实中 Vc 含量低于 CK2, 但明显高于其它棚膜。

表 5 不同棚膜对日光室内番茄果实品质的影响

Table 5 Effect of different films on fruit quality of tomato in solar greenhouse

处理 Treatments	番茄红素 Lycopene(μg/g)	可溶性糖 Soluble sugar (%)	有机酸 Organic acid (%)	糖酸比 Acid-sugar ratio	Vc 含量 Vc content(mg/100 g)	可溶性蛋白 Soluble protein(mg/g)
34	92.5 a	4.98 a	20.8 b	23.94 a	61.92 ab	0.48 b
33	69.1 c	4.63 b	30.8 a	15.04 bc	50.89 ab	0.71 a
30	78.2 b	4.23 c	23.7 b	17.86 b	55.54 ab	0.63 a
31 (CK2)	75.2 b	4.83 ab	23.2 b	20.80 a	67.72 a	0.64 a
28 (CK1)	65.0 c	4.07 c	30.2 a	13.47 c	45.23 b	0.72 a

3 讨论

设施环境是影响设施内蔬菜生长发育的重要条件^[12]。目前, 影响保护地栽培的障碍因素日益突出, 如低温、高湿、弱光、营养元素单一等^[13], 尤其在种植越冬蔬菜时, 设施内的低温弱光更是限制设施蔬菜生长发育的主要因子之一, 因此提高冬季设施内的光照、温度显得尤为重要^[8]。马光恕等利用普通塑料薄膜和光生态塑料薄膜两种覆盖材料为试验材料, 研究了不同覆盖材料对大棚内番

茄生长发育的影响,结果表明,光生态塑料薄膜比普通塑料薄膜具有更好的透光性和增温性^[4]。本试验中,与对照相比,34号棚膜增加了红橙光和远红光比率,降低了紫外光及绿光比率。说明在400~700 nm可见光区,34号棚膜透射光谱中较长波长光质比率提高。此外,未加转光剂(CK2)和加转光剂(33、34号)的涂覆型消雾无滴棚膜其透光率均高于未加转光剂(CK1)和加转光剂(30)的内添加型消雾无滴棚膜(图2和3),说明在低温弱光的冬季,涂覆型消雾无滴膜可通过提高透光率来改善光照不足的问题。

设施蔬菜栽培生产要求棚膜具有较高的保温性能,以减少冬春能源消耗^[5],且不同材料及制作工艺的棚膜保温性能不同。由不同棚膜覆盖下的地温变化可知,新研制的34号涂覆型消雾无滴转光膜的保温性要好于其它棚膜。

前苏联科学院季米利亚捷夫植物生理研究所进行了多种人工光源照射对黄瓜、番茄、菠菜、西葫芦、花椰菜、洋葱、冬油菜等的栽培实验,结果证明,在同样的辐射强度和适宜的日照长度下,植物的发育在红橙光下完成最快^[5]。马光恕等研究发现,光生态塑料薄膜能够促进番茄株高和株幅的生长,提高番茄的产量^[4]。廉华等研究发现,生态塑料薄膜能够促进黄瓜和甜瓜的产量^[7]。本研究表明,通过对五种棚膜覆盖下番茄生长、产量及品质指标的分析表明,与内添加型消雾无滴膜(28、30号)相比,涂覆型消雾无滴膜(31、33、34号)有利于提高番茄每667 m²产量。转光剂种类不同,对果实成熟期和品质具有较大影响。新研发的34号涂覆转光膜可明显促进番茄生长,果实转色期比CK1和CK2提前2~3 d,每667 m²产量分别比两个对照增加59.53%和20.23%,且番茄红素含量和糖酸比显著提高,这与34号棚膜的保温和透光性提高有关,且34号棚膜中加入新型转光剂,能够将紫外光和绿光等短波长的光转换成对植物生长有利的红橙光,从而促进番茄植株生长、提高果实品质。

4 结论

与内添加型消雾无滴膜相比,涂覆型消雾无滴膜的透光性及保温性均有所提高,明显促进番茄植株生长,提高番茄单位面积产量。转光剂种类不同,对果实成熟期和品质具有较大影响。34号涂覆转光膜可明显促进番茄植株生长和果实成熟,单位面积产量显著高于对照,且番茄红素含量和糖酸比显著提高。

参考文献

- [1] 亢立.设施蔬菜栽培中新型覆盖材料的应用[J].上海蔬菜,2008,5:61-64
- [2] 胡飞虎,丁为民.不同棚膜的透光保温性及其对西瓜苗叶绿素含量和根系活力的影响[J].江苏农业科学,2009,5:164-166
- [3] 李式军.设施园艺学[M].北京:中国农业出版社,2002:72-78
- [4] 张真和,李建伟.我国棚室覆盖材料的应用与发展(上)[J].长江蔬菜,1997,7:1-3
- [5] 张福曼.设施园艺学[M].北京:中国农业大学出版社,2000:90-107
- [6] 杨春玲,孙克威,姜戈.EVA薄膜在日光温室蔬菜生产中应用效果的研究[J].北方园艺,2005,4:22-23
- [7] 廉华,马光恕,王智然.不同覆盖材料对大棚内若干环境指标及蔬菜生长发育的影响[J].黑龙江八一农垦大学学报,2002,14(1):19-21
- [8] 李强,王秀峰,初敏,等.新型棚膜对温室内光温环境及番茄生长发育的影响[J].山东农业科学,2010,3:41-45
- [9] 赵世杰,刘华山,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科技出版社,1998
- [10] 刘春生,杨守祥.农业化学分析[M].北京:中国农业大学出版社,1996
- [11] 李增光,吴骥陶,高映红.番茄酱中番茄红素的测定[J].食品与发酵工业,1991(2):82-84
- [12] 陈修德,米庆华,高东升,等.不同棚膜对温室内主要环境条件的影响[J].山东农业大学学报:自然科学版,2010,41(3):356-359
- [13] 李宪利,高东升,史作安.桃塑料大棚高效栽培的尝试[J].落叶果树,1996,4:26-28
- [14] 马光恕,廉华,闫明伟.不同覆盖材料对大棚内番茄生长发育的影响[J].吉林农业科学,2002,27(4):41-43
- [15] 克列什宁A.植物与光[M].雷宏,译.北京:科学出版社,1963:380