

新型稀土转光膜对日光温室温光环境、番茄生长和果实品质的影响

宋兰芳¹, 华明艳¹, 崔少杰¹, 孙海波¹, 吴建金², 金凤媚¹

(1. 天津市农业科学院现代都市农业研究所 天津 300384; 2. 天津市农业发展服务中心 天津 300016)

摘要: 为了探索新型稀土转光膜(RPO)在日光温室番茄上的应用效果,以口感型番茄品种津杂 902、津杂 903 和硬粉型品种津杂 340 为试验材料,以普通棚膜(PO)为对照,研究稀土转光膜对日光温室环境下秋延茬番茄植株生长和果实品质的影响。结果表明,与 PO 相比,RPO 处理使番茄的始花期提早 0~5 d,盛花期提早 9~13 d,结果期提早 6~8 d。在 RPO 处理下,温室内的最高光照强度高于对照 19.36%~39.33%;11 月最低温度增幅 41.35%;供试品种津杂 902、津杂 903、津杂 340 叶片叶绿素相对含量分别比 PO 处理显著提高了 8.27%、7.53%、14.34%;维生素 C 含量分别比 PO 处理显著提高了 76.92%、24.66%、97.24%;可溶性固形物含量分别比 PO 处理显著提高了 5.38%、10.43%、21.95%;可滴定酸含量分别比 PO 处理显著降低了 12.63%、23.32%、46.48%;平均单果质量分别比 PO 处理显著提高了 44.00%、83.03%、28.44%。综上,RPO 处理有效改善了日光温室的温光环境,促进秋延茬番茄植株生长,提高了果实品质和单果质量,可在生产中推广应用。

关键词: 番茄;稀土转光膜;生长;品质

中图分类号:S641.2

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2025)08-178-05

Effects of novel rare earth light-converting film on temperature and light of solar greenhouse, tomato growth and fruit quality

SONG Lanfang¹, HUA Mingyan¹, CUI Shaojie¹, SUN Haibo¹, WU Jianjin², JIN Fengmei¹

(1. Institute of Modern Urban Agriculture, Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300384, China; 2. Tianjin Agricultural Development Service Center, Tianjin 300016, China)

Abstract: In order to explore the application effects of the novel rare - earth photoconversion film (RPO) on tomato in solar greenhouse, the taste - type tomato variety Jinza 902 and Jinza 903, and the hard - powder type variety Jinza 340 were used as experimental materials. With the common greenhouse film (PO) as the control, the effects of the rare-earth photoconversion film (RPO) on the growth of autumn-delayed tomato and fruit quality in solar greenhouse were studied. The results showed that compared with the PO treatment, the RPO treatment advanced the initial flowering stage of tomato by 0-5 days, the full - bloom stage by 9-13 days, and the fruiting stage by 6-8 days. Under the RPO treatment, the maximum light intensity in the greenhouse was 19.36%-39.33% higher than that of the control; the minimum temperature in December increased by more than 41.35%. The relative chlorophyll content in the leaves of the tested varieties Jinza 902, Jinza 903, and Jinza 340 were significantly increased by 8.27%, 7.53%, and 14.34%, respectively compared with the PO treatment; the vitamin C content were significantly increased by 76.92%, 24.66%, and 97.24%, respectively; the soluble solids content were significantly increased by 5.38%, 10.43%, and 21.95%, respectively; the titratable acid content were significantly decreased by 12.63%, 23.32%, and 46.48%, respectively; the average single fruit mass was significantly increased by 44.00%, 83.03%, and 28.44% respectively compared with the PO treatment. In conclusion, the RPO treatment effectively improved the temperature and light environment in the solar greenhouse, promoted the growth of autumn-delayed tomato plant, and improved the fruit quality and single fruit mass, which can be popularized and applied in production.

Key words: Tomato; Rare-earth light conversion film; Growth; Quality

收稿日期:2024-10-14;修回日期:2025-01-27

基金项目:天津市农业产学研用“揭榜挂帅”项目(GBGG202313);天津市科技支撑重点项目——重点研发计划(23YFZCSN00160);2025 年农业主导产业自主创新科研项目(2025ZYCX012)

作者简介:宋兰芳,女,助理研究员,主要从事番茄和草莓育种研究。E-mail: songlanfang@126.com

通信作者:金凤媚,女,研究员,主要从事番茄和草莓分子育种研究。E-mail: jinfm414@163.com

光照是影响植物生长发育的重要因素之一,不同光质对植物的形态建成、生理代谢及果实品质等均有调控作用^[1],但并非阳光中所有波段的光线都对植物生长有益^[2],对植物生长发育起关键作用的主要是蓝紫光 and 红橙光^[3]。稀土转光膜是一种通过添加稀土转光剂来实现光转换的薄膜,它将可见光中的紫外光转换成蓝紫光及红橙光^[4-5],或者将黄绿光转换成红橙光,进而改变透过膜的光质^[6],使作物充分利用光能。研究发现,转光膜可以促进草莓的生长发育^[7],提早草莓的初花期与坐果期^[8];还可以提高番茄产量,改善果实品质^[9];此外,还能改善弱光期和低温期的温室环境^[10]。

番茄是全球普遍栽培的蔬菜种类之一^[11],我国设施栽培番茄面积日益扩大^[12]。秋延茬口是番茄生产中的重要茬口,可补充夏延茬和越冬茬的市场空白,但冬季棚内低温寡照的环境制约着番茄的提早上市,也影响番茄品质。鉴于此,笔者选取天津赛维阳光新材料有限公司生产的稀土转光膜(RPO)进行试验,研究其对番茄生长和产量、品质的影响,以期秋延茬和越冬茬番茄的生产提供良好的环境,为进一步推广应用该类型棚膜提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

试验用番茄为天津市农业科学院现代都市农业研究所自育的口感型品种津杂 902、津杂 903 和硬粉型品种津杂 340。稀土转光膜(RPO)由天津赛维阳光新材料有限公司研发提供,厚度为 12 丝。普通棚膜(PO)由山东潍坊瑞科农业科技有限公司提供,厚度为 12 丝。

1.2 试验设计

试验于 2023 年 8—11 月在天津市农业科学院现代都市农业研究所武清基地开展。试验温室棚长均为 70 m,跨度 9 m,面积均 630 m²,分别覆盖不同试验薄膜,标记为 1# 基地、2# 基地。1# 基地覆盖稀土转光膜,2# 基地覆盖普通棚膜。以普通棚膜为对照,与稀土转光膜覆盖的棚室进行对比试验,分别在 1# 基地、2# 基地的同一位置种植番茄,南北行向,滴灌栽培,株行距 40 cm×65 cm。共设 2 个处理,每个处理 3 次重复,每个小区面积 9 m²(一个高畦)。试验温室大棚除覆盖薄膜不同外,其他条件均相同,管理按常规方法进行。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 植物表观形态和生理指标 试验材料均于 7

月 10 日育苗,8 月 8 日定植,属早秋延茬口。定植后 1 个月左右在田间条件下分别记录每个小区番茄的始花期(整个小区 30%植株的第一花序的第 1 朵至第 3 朵花开放的时间)、盛花期(70%植株第一花序 2 朵以上开花时间)、结果期(整个小区 50%植株至少有一个果穗有可采收成熟果的时间);每个小区随机选取 10 株,在第一穗果成熟时,对待测植株生长点以下第 3 片叶采用 SPAD 502 叶绿素仪测定叶绿素相对含量,每个叶片选 3 个位置测定,取平均值。

1.3.2 棚室内小环境的影响 于试验棚室内距离地面 1.6 m 高度相同位置悬挂温光度记录仪(HO-BO:MX Temp/Light),分别测定温室内的光照强度和温度,每个整点采集 1 次数据。实时记录棚内小环境的变化,取每个月每天光照强度、气温总和的平均值作为月平均光照强度和月平均气温。

1.3.3 番茄产量及品质指标 于结果期选取商品成熟果实测定品质指标,调查单果质量(每穗果随机测定 9 个果质量求平均值,共调查 3 穗果);采用 ATAGO 手持式数显糖量计测定可溶性固形物含量(w,后同);利用雷根生物科技有限公司提供的试剂盒分别采用滴定法和 2,6-二氯酚靛滴定法测定可滴定酸和维生素 C 含量。

1.4 数据分析

采用 Excel 2010 处理试验数据;采用 SAS 软件进行统计分析和差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 转光膜对番茄物候期的影响

由表 1 可以看出,口感型番茄津杂 902 在不同处理下同时进入始花期,在 RPO 处理下比 PO 提早 9 d 进入盛花期,提早 6 d 进入结果期。津杂 903 在 RPO 处理下比 PO 提早 3 d 进入始花期,提前 13 d 进入盛花期,提早 7 d 进入结果期。硬粉型番茄津杂 340 在 RPO 处理下比 PO 提早 5 d 进入始花期,提早 12 d 进入盛花期,提早 8 d 进入结果期。由此可见,RPO 处理使番茄的花期提前,始花期提前 0~5 d,盛花期提前 9~13 d,结果期提前 6~8 d。

2.2 转光膜对番茄叶片叶绿素相对含量的影响

由表 2 可知,RPO 处理下各品种的叶绿素相对含量均显著高于 PO 处理,津杂 902、津杂 903、津杂 340 在 RPO 处理下分别比 PO 处理显著提高 8.27%、7.53%、14.34%。转光膜处理下不同品种叶绿素相对含量依次为津杂 903>津杂 902>津杂 340;

表 1 不同番茄品种物候期
Table 1 Phenological stages of different tomato varieties

品种名称 Variety name	RPO			PO		
	始花期(月-日) First flowering period(Month-day)	盛花期(月-日) Full bloom period(Month-day)	结果期(月-日) Fruiting period (Month-day)	始花期(月-日) First flowering period(Month-day)	盛花期(月-日) Full bloom period (Month-day)	结果期(月-日) Fruiting period (Month-day)
津杂 902 Jinza 902	09-08	09-12	11-14	09-08	09-21	11-20
津杂 903 Jinza 903	09-05	09-08	11-07	09-08	09-21	11-14
津杂 340 Jinza 340	09-06	09-09	11-15	09-11	09-21	11-23

PO 处理下不同品种叶绿素相对含量依次为津杂 903>津杂 902>津杂 340。由此可知,RPO 处理可以提高番茄叶片叶绿素相对含量。

表 2 稀土转光膜对叶绿素相对含量的影响
Table 2 Effects of rare earth light-converting film on the relative content of chlorophyll

处理 Treatment	SPAD	津杂 902 Jinza 902	津杂 903 Jinza 903	津杂 340 Jinza 340
RPO		60.23±0.48 a	65.67±1.04 a	55.83±1.26 a
PO		55.63±1.15 b	61.07±0.98 b	48.83±1.30 b

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

2.3 稀土转光膜对棚内光照强度的影响

由表 3 和表 4 可知,随着月份的增加,PO 处理的平均光照强度和最高光照强度均逐渐降低,而 RPO 处理的平均光照强度呈降-升-降的变化趋势,最高光照强度逐渐降低。其中 8 月份 RPO 处理的平均光照强度和最高光照强度分别较 PO 处理提高 27.26%和 19.37%;9 月份 RPO 处理的平均光照强度和最高光照强度分别较 PO 处理提高 0.48%和 19.81%;10 月份 RPO 处理的平均光照强度和最高光照强度分别较 PO 处理提高 44.62%和 39.32%;11

表 3 每月平均光照强度
Table 3 Average illumination each month klx

处理 Treatment	8 月 August	9 月 September	10 月 October	11 月 November
RPO	18.04	8.46	11.73	5.17
PO	14.17	8.42	8.11	4.41

表 5 稀土转光膜对温度的影响
Table 5 Effects of rare earth light-converting film on temperature

处理 Treatment	平均气温 Average temperature/°C				最高气温 Maximum temperature/°C				最低气温 Minimum temperature/°C			
	8 月 August	9 月 September	10 月 October	11 月 November	8 月 August	9 月 September	10 月 October	11 月 November	8 月 August	9 月 September	10 月 October	11 月 November
RPO	33.63	27.47	23.51	18.49	56.84	53.37	51.52	44.44	18.40	11.15	9.65	7.76
PO	32.25	27.88	23.14	17.47	55.68	53.11	49.55	43.67	17.93	10.72	9.95	5.49

表 4 每月最高光照强度
Table 4 Highest illumination each month klx

处理 Treatment	8 月 August	9 月 September	10 月 October	11 月 November
RPO	71.70	63.30	60.01	46.43
PO	60.07	52.84	43.07	37.45

月份 RPO 处理的平均光照强度和最高光照强度分别较 PO 处理提高 17.24%和 23.98%。以上结果说明,RPO 处理能够提高棚内的光照强度。

2.4 稀土转光膜对棚内气温的影响

不同棚膜对温室的保温效果不同,由表 5 可知,8—11 月的气温随着月份的增加逐渐降低。8 月份,RPO 处理的平均气温、最高气温、最低气温均高于 PO 处理,增幅分别为 4.28%、2.08%、2.62%。9 月份,转光膜处理平均气温低于 PO 处理,降幅为 1.47%;最高气温和最低气温高于 PO 处理,增幅分别为 0.49%和 4.01%。10 月份,RPO 处理平均气温和最高气温均高于 PO 处理,增幅分别为 1.6%和 0.49%;最低气温低于 PO 处理,降幅为 3.02%。11 月份,RPO 处理的平均气温、最高气温、最低气温均高于 PO 处理,增幅分别为 5.84%、1.76%、41.35%。以上结果表明,RPO 处理每个月份的最高气温均高于 PO 处理,表明转光膜处理可以提高温室内最高气温,进而可知,RPO 处理增温效果好于 PO 处理。

2.5 转光膜对番茄品质的影响

由表 6 可知,RPO 处理的番茄果实的维生素 C 和可溶性固形物含量均显著高于 PO 处理,可滴定

酸含量显著低于 PO 处理。津杂 902、津杂 903、津杂 340 在 RPO 处理下的维生素 C 含量分别比 PO 处理显著提高了 76.92%、24.66%、97.24%;可溶性固形物含量分别比 PO 处理显著提高了 5.38%、10.43%、21.95%;可滴定酸含量分别比 PO 处理显著降低了 12.63%、23.32%、46.48%。

表 6 稀土转光膜对番茄果实品质的影响
Table 6 Effects of rare earth light-converting film on tomato fruit quality

品种 Variety	处理 Treatment	w(维生素 C) Vitamin C content/ (mg·100 g ⁻¹)	w(可滴定酸) Titratable acid content/%	w(可溶性 固形物) Soluble solids content/%
津杂 902	RPO	18.63±0.04 a	2.49±0.025 b	8.43±0.088 a
Jinza 902	PO	10.53±0.17 b	2.85±0.053 a	8.00±0.058 b
津杂 903	RPO	14.76±0.03 a	2.86±0.040 b	7.73±0.088 a
Jinza 903	PO	11.84±0.66 b	3.73±0.033 a	7.00±0.058 b
津杂 340	RPO	9.29±0.20 a	1.52±0.023 b	5.00±0.100 a
Jinza 340	PO	4.71±0.53 b	2.84±0.025 a	4.10±0.056 b

注:不同小写字母表示同一品种的不同处理在 0.05 水平差异显著。

Note: Different small letters indicate significant difference between different treatments of the same variety at the 0.05 level.

2.6 转光膜对番茄平均单果质量的影响

由表 7 可知,RPO 处理的番茄平均单果质量均显著高于 PO 处理,津杂 902、津杂 903、津杂 340 在 RPO 处理下的单果质量与 PO 处理相比分别显著提高了 44.00%、83.03%、28.44%。由此可知,转光膜处理可以显著提高番茄的平均单果质量。

表 7 稀土转光膜对番茄平均单果质量的影响
Table 7 Effects of rare earth light-converting film on average fruit mass of tomato g

处理 Treatment	津杂 902 Jinza 902	津杂 903 Jinza 903	津杂 340 Jinza 340
RPO	71.97±0.69 a	103.54±0.50 a	82.10±0.31 a
PO	49.98±0.60 b	56.57±0.42 b	63.92±0.58 b

3 讨论与结论

3.1 转光膜对温室环境的影响

转光膜处理能提高温室内光照强度和温度,这可能是因为转光膜降低了紫外光、紫光和绿光的透过率^[13],提高蓝光、红橙光和远红光的透过率^[14],以能量差的形式提高温室内温度^[15],使植物处于最佳光照环境,促进植物生长^[16]。傅明华等^[17]研究表明,转光膜对提高日最高气温效果显著;本试验进入 11 月后最低气温高于 PO 处理,说明在低温寡照的气候条件下,转光膜处理能提高夜间温度。胡泽善

等^[18]研究表明,在阴雨天光照弱时,转光膜的增温效果明显。

3.2 转光膜对番茄生长的影响

转光膜可以促进番茄生长,本试验中 RPO 处理的番茄物候期比 PO 处理提早了 1 周左右,这可能是由于转光膜处理后番茄植株生长较快,更早进入生殖生长^[19],而 PO 处理的植株生长缓慢。康军等^[3]研究表明,转光膜能改善透过棚膜的光质,使其有利于植物进行光合作用,提高植株的光合效率。

3.3 转光膜对番茄果实品质和单果质量的影响

转光膜处理可以改善番茄品质,本试验中 RPO 处理的番茄果实维生素 C 和可溶性固形物含量均显著高于 PO 处理,同时显著降低了可滴定酸含量,可能是因为转光膜提高了红橙光和远红光的比例,改变了光质^[20],进而影响果实品质。

综上所述,温室内光谱透过率、光照强度、温度等多种因素共同作用影响番茄植株生长和果实品质,转光膜有效调节了温室内的光质,为植株生长提供良好的环境条件,使秋延茬番茄物候期提前,显著提高了叶绿素相对含量和平均单果质量,改善了果实品质,达到了番茄生产提质增效的目的。研究结果可为新型转光膜在京津冀地区的推广应用提供参考。

参考文献

- [1] 孙洪助,孙文华,刘士辉,等.不同光质对作物形态建成和生长发育的影响[J].安徽农业科学,2015,43(27):17-20.
- [2] 景慧,张玲玲,路红霞,等.稀土转光农膜对促进蔬菜牛心菜提质增效的研究与应用[J].内蒙古科技与经济,2020(5):80-81.
- [3] 康军,张颂培,刘英俊.光能转换技术在农用薄膜上的应用[J].中国塑料,2000,14(12):42-48.
- [4] 印文.一种高效益的新农膜:转光膜[J].科技信息,1998(2):15.
- [5] 胡金和,刘宗发,黄海燕,等.转光膜对早稻秧苗素质的影响[J].江西农业科技,1999(1):7-8.
- [6] 张颂培,刘英俊,康军,等.农用转光膜的性能研究[J].中国塑料,2002,16(12):69-73.
- [7] 景鑫鑫.转光膜对日光温室草莓生长的影响[J].河南农业,2024(7):25-26.
- [8] 文田,敬志豪,旦增,等.2 种转光膜对西藏设施草莓果实品质的影响[J].现代园艺,2023,46(11):14-17.
- [9] 高亚新,李恭峰,马万成,等.新型稀土转光膜对日光温室环境及番茄生长和果实品质的影响[J].中国瓜菜,2022,35(12):78-84.
- [10] 高亚新,李恭峰,马万成,等.新型稀土转光膜对日光温室环境及黄瓜品质和产量的影响[J].中国瓜菜,2022,35(6):50-55.
- [11] 王琳,刘通,林宝祥,等.黑龙江省大棚番茄高效生产栽培技术[J].黑龙江农业科学,2024(3):120-123.
- [12] 邵雅欣,高艳明,李建设,等.宁夏地区不同品种番茄主要病毒

- 病的分子鉴定及抗性评价[J]. 西北农业学报, 2024, 33(4): 726-735.
- [13] 孟继武, 任新光, 彭连群, 等. 作用光谱模拟法小白菜高产栽培研究[J]. 发光学报, 1997, 18(3): 266-269.
- [14] LI W X, ZHOU N L, CHEN Y Y, et al. The effect of the novel "light fertilizer" on the environment factor in high tunnel and growth of *Brassia chinensis*[J]. Agricultural Science and Technology, 2014, 15(12): 2245-2248.
- [15] 刘杰, 尹云霞, 郑吉飞, 等. 漫散射薄膜在西南地区设施内的应用效果分析[J]. 农业工程技术, 2021, 41(22): 11-16.
- [16] 路红霞, 张玲玲, 景慧, 等. 设施农业稀土转光棚膜越冬茬番茄种植技术[J]. 内蒙古科技与经济, 2021(20): 119-120.
- [17] 傅明华, 顾仲兰, 丁前法, 等. 稀土转光薄膜农田应用效应试验[J]. 上海农业学报, 1998, 14(4): 63-69.
- [18] 胡泽善, 李岚华, 邵承斌, 等. 转光膜材料及研究现状[J]. 材料导报, 2008, 22(增刊 2): 290-293.
- [19] 李岩, 米庆华, 史庆华, 等. 不同工艺转光膜对日光温室环境及番茄生长发育的影响[J]. 中国蔬菜, 2016(9): 34-39.
- [20] 张聃丘, 黄世杰, 李岩, 等. 添加不同助剂棚膜对日光温室光环境及番茄生长发育的影响[J]. 农业工程技术, 2018, 38(10): 29-32.