

57-58

## 耐候光转换无滴农膜的转光效应研究

王则民, 徐祖辉, 傅楚瑾, 曹锦荣, 陈志荣

(上海师范大学生命与环境科学学院, 上海 200234)

**摘要:** 将稀土转光粉和其他助剂添加到聚乙烯树脂里, 制得新颖的耐候光转换无滴农膜. 它与长寿无滴农膜相比较, 具有将紫外光转换成红光的特殊功能, 可提高棚温, 促进光合作用, 提高农产品的产量和品质.

**关键词:** 稀土; 转光; 聚乙烯农膜

**中图分类号:** O614.33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-5137(2000)02-0053-06

## 0 引言

农膜与肥料、农药一起被称为农业的三大生产资料. 目前, 我国已成为世界上园艺设施栽培面积最大的国家. 80年代以来, 农膜品种发展很快. 普通农膜(第一代农膜)仅具有保温性; 基础功能农膜(第二代农膜)除了具有保温性外, 还具有防老化或防雾滴等功能; 而多功能农膜(第三代农膜)不仅具有第二代农膜的功能, 还具有光转换、光选择等控制性功能.

90年代以来, 国内已有人将稀土荧光化合物添加到聚氯乙烯或聚乙烯树脂中, 制成光能转换膜<sup>[1-3]</sup>. 我们在1991年也已研制出稀土聚乙烯荧光薄膜, 并报道了它对农作物的增产效应<sup>[4]</sup>. 1995年以来, 我们与上海市农业科学院合作, 对于稀土转光农膜的光色效应和增产效应作了进一步研究<sup>[5,6]</sup>. 1998~1999年, 与上海三花薄膜厂、上海市农业科学院合作, 又共同研制出了耐候光转换无滴农膜, 它是一种新型的多功能农膜. 本文主要报道 UTR 稀土转光粉在耐候光转换无滴农膜中的转光效应.

## 1 试验部分

## 1.1 转光粉的合成和荧光测试

**收稿日期:** 1999-12-06

**基金项目:** 上海市科学技术委员会1998年度重大科技资助项目(985211003; 项目鉴定号: 沪科鉴99G01347)

**作者简介:** 王则民(1942-), 男, 上海师范大学生命与环境科学学院教授.

S 626.2, TQ320.721

耐候光转换, 转光效应, 园艺

以氧化铈( $\text{Eu}_2\text{O}_3$ , 纯度99.95%, 上海跃龙有色金属有限公司出品)为原料, 按一定摩尔比, 使其与相关金属化合物和有机配体进行反应, 控制 pH 值和反应温度, 经沉淀、洗涤、干燥、粉碎, 制得含铈的多核有机配合物, 取名为 UTR 稀土转光粉。

用日本日立 650-60 型荧光光谱仪, 在 240nm 的激发波长监控下, 测试转光粉的荧光发射光谱。

### 1.2 膜的研制

按 0.2% 重量比, 将 UTR 稀土转光粉添加到聚乙烯树脂里, 制成母料。为了使农膜具有防老化、防雾滴等基础功能, 在配制母料时, 还添加了一定的光稳定剂(受阻胺类)、抗氧化剂和无滴剂(非离子型)。然后采用 3 层共挤吹膜技术, 将母料制成耐候光转换无滴农膜。工艺流程如图 1。

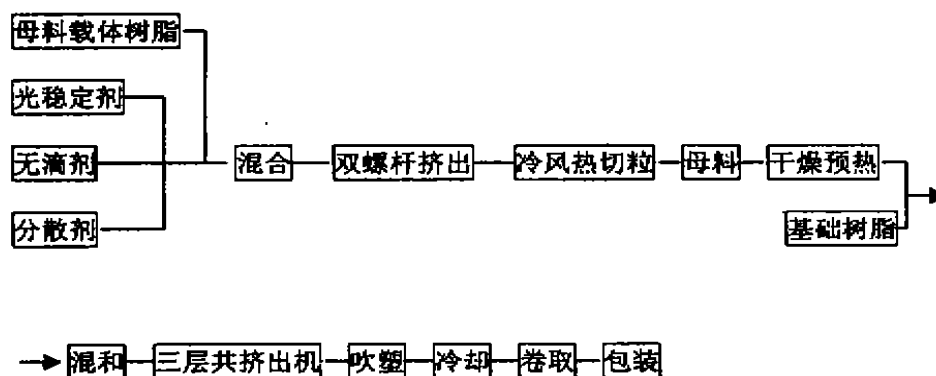


图 1 工艺流程图

### 1.3 膜的性能测试

按照国标 GB4455-94 和企标 Q/YSTL8-1999 方法测试膜的机械物理性能指标、无滴性能和光转换性能。用 ZF-1 型三用紫外分析仪(上海顾村电光仪器厂出品)测试膜的光致发光性能。用日本日立 650-60 型荧光光谱仪, 在监控 614 nm 发射波长下, 测定膜的激发光谱( $E_e$ ), 在监控 240nm 的激发波长下, 测定膜的发射光谱( $E_m$ )。

### 1.4 膜的扣棚试验

在 1998 年 12 月~1999 年 6 月, 于上海市郊区的 12 个试验点扣棚试验。试验采用田间对比法, 以耐候光转换无滴农膜为试验膜(以下简称试验膜), 以长寿无滴三层共挤膜为对照膜(以下简称对照膜)。除了未添加转光粉、没有转光功能之外, 对照膜的其他所有机械物理性能和基础功能均与试验膜相同。每个试验点上都采用上述两种处理, 每种处理均为 3 个重复(小区), 一般每小区为一只标准大棚( $33 \times 6 \text{m}^2$ )。供试作物有番茄、黄瓜、茄子、草莓、西瓜、甜瓜和花卉共 7 种。共建标准试验大棚达 60 余只。植物生理指标测试方法参见文献<sup>[6]</sup>。除处理因素外, 在试验期间, 每个试验点内, 同种作物的所有栽培措施严格保持一致, 保温、通风等管理措施也相同。

## 2 结果与讨论

### 2.1 膜的机械物理性能

耐候光转换无滴农膜的机械物理性能指标列于表1。由表可见:试验膜的各项机械物理性能指标均达到项目研究指标,均符合相应的国标和企标要求。这说明 UTR 稀土转光粉加入聚乙烯树脂后,除了产生特定的荧光发射峰之外,并不影响农膜的机械物理性能。

表1 耐候光转换无滴农膜的机械物理性能

测试项目	项目指标		测试结果	
膜厚度(mm)	0.08	0.12	0.08	0.15
拉伸强度(Mpa)	$\geq 18$	$\geq 19$	MD 23 TD 27	MD 26.83 TD 27.85
断裂伸长率(%)	$\geq 450$	$\geq 460$	MD 452 TD 725	MD 595 TD 755
直角撕裂强度(kN/m)	$\geq 60$	$\geq 60$	MD 76 TD 100	MD 93.56 TD 115.96
透光率(%)	$\geq 80$	$\geq 80$	84	83
紫外线加速老化承受力(h)	$\geq 500$	$\geq 500$	>1500	>500
荧光发射峰波长(nm)	600~700	600~700	600~700	600~700
表面湿润张力(mN/m)	38	38	>38	>38
无滴有效期(month)	4	6	4~6	6

### 2.2 膜的荧光性能

UTR 稀土转光粉和试验膜在365或254 nm 紫外光照射下,均能产生肉眼可见的鲜艳红光,而对照膜不产生红光。显然,这是转光粉的光致发光现象所产生的,它也是鉴别试验膜和对照膜的最佳方法。

稀土转光粉和耐候光转换无滴农膜(试验膜)在240 nm 激发波长监控下,于580~720 nm 均产生荧光发射光谱。表2列出了它们的荧光发射峰的波长( $\lambda_m$ )和荧光相对强度( $F$ )。结果表明:(1)在240 nm 激发波长作用下,稀土转光粉及其试验膜在580~720 nm 范围内都产生了铈(III)元素的特征荧光发射光谱,其中又以 $\lambda_m = 612$  nm 的 $^5D_0 \rightarrow ^7F_2$ 的电偶极跃迁的荧光相对强度为最强<sup>[7]</sup>。(2)试验膜在紫外光激发下所产生的红色发光谱带恰好与绿色植物叶绿素的吸收光谱和光合作用的特殊波长相匹配。这是试验膜能将日光中的紫外光转换成红光,从而促进植物生长的根本原因<sup>[8]</sup>。(3)在试验膜中所加入的光稳定剂、抗氧化剂和无滴剂等其他助剂,对于 UTR 稀土转光粉的光转换功能不产生干扰。

表2 荧光发射光谱( $E_m$ )数据

能级跃迁	UTR 稀土转光粉		耐候光转换无滴农膜	
	$\lambda_{em}$ (nm)	相对强度( $F$ )	$\lambda_{em}$ (nm)	相对强度( $F$ )
$^5D_0 \rightarrow ^7F_0$	580	11.2	580	8.7
$^5D_0 \rightarrow ^7F_1$	590	39.5	590	20.6
$^5D_0 \rightarrow ^7F_2$	612	64.8	612	63.5
	622	49.1	622	3.9
$^5D_0 \rightarrow ^7F_3$	650	4.1	650	3.4
$^3D_0 \rightarrow ^1F_4$	700	7.8	700	8.1
	720	3.5		

## 2.3 膜的转光效应

### 2.3.1 升高棚温

试验膜的棚内光照强度和透光率都略高于对照棚. 将试验棚内不同作物第一次测得的透光率的平均值与对照棚作对比, 试验棚内透光率为76.94%, 对照棚内透光率为74.50%, 试验棚提高了3.28%. 由于棚内日光透光率增强, 使试验棚内的日最高温度比对照棚内升高1~3℃, 平均升高1.57℃. 棚温的升高, 有利于提高作物生长所需的积温.

### 2.3.2 促进作物生长发育

试验膜比对照膜更有利于作物生长发育, 这表现在增加植株的株高和叶面积、提早生育期、增加花果数等方面. 例如, 与对照棚比较, 在1998年12月初测得草莓株高增加8.46%、叶面积增加5.79%、花果数增加48.58%. 在1999年3月底测得茄子株高增加3.76%、单位叶面积增加5.79%、花果数增加18.4%. 在1999年3月17日~4月21日4次测定, 试验棚内的花卉(康乃馨)植株高度比对照棚分别增高了47.8%、36.9%、22.2%和21.2%.

### 2.3.3 促进植物光合作用

植物生长与光合作用密切相关, 绿色植物依靠叶片内的叶绿素来捕捉光能. 叶绿素对日光的最强吸收区域是红光( $\lambda = 640 \sim 660$  nm)和蓝光( $\lambda = 430 \sim 450$  nm). 紫外光不能被植物吸收利用, 相反, 280~380 nm 的紫外光会抑制植物生长, 波长短于280 nm 的紫外光对植物有强烈破坏作用. 而试验膜能够吸收紫外光, 并将其能量转换成植物光合作用所需的红光, 从而增强了试验膜棚内作物的光合作用, 有利于植株生长发育. 这表现在试验膜棚内作物叶片的叶绿素含量增加、叶片内光合作用产物(可溶性糖、淀粉、蛋白质)增加、养分吸收率增加等方面.

将试验点上不同作物的叶绿素含量取平均值, 则试验膜棚内作物叶片叶绿素含量为3.13 mg/g, 对照膜棚内为3.049 mg/g, 前者的叶绿素增加5.94%.

将试验膜棚内各种作物的养分吸收率与对照膜棚作比较, 可以发现: 试验膜棚内作物对于氮素的吸收平均增加6.01%, 磷素增加0.58%, 钾素增加2.35%.

试验膜棚内作物的叶片光合作用产物普遍增加. 例如, 与对照膜棚作比较, 可使番茄叶

片的可溶性糖份增加14.63%,淀粉增加14.65%,蛋白质增加7.41%;西瓜叶片的可溶性糖份增加6.43%,淀粉增加6.44%,蛋白质增加8.27%。

#### 2.3.4 提高作物产量

与对照膜棚作比较,试验膜棚内作物产量的平均增产率在10%左右。例如,使番茄增产12.76%,黄瓜增产10.19%,茄子增产8.54%,草莓增产8.69%,西瓜增产14.20%,甜瓜增产9.95%和花卉增产12.71%。值得指出的是,由于试验膜棚内光合作用加强,使作物提早成熟,从而主要提高了作物的早期产量。例如,与对照膜棚比较,试验膜棚内茄子的早期产量增加22.73%,草莓的早期产量增加23.15%。

#### 2.3.5 改善农产品的品质

试验膜棚内作物的果实品质优于对照膜棚。这可以从下列果实中维生素C和糖份含量的相应增加率来反映。维生素C:番茄+5.06%、黄瓜+7.88%、茄子+5.41%、西瓜+18.18%、甜瓜+27.32%;糖份:番茄+1.49%、黄瓜+7.57%、草莓+4.25%、西瓜+4.65%、甜瓜+6.75%。

#### 2.3.6 提高经济效益

试验统计表明,试验膜棚的经济收入一般比对照膜棚增加12%左右。例如,经济收入:番茄+12.71%、黄瓜+11.66%、茄子+12.01%、草莓+9.21%、西瓜+15.19%。通常,投入产出比在1:3.90~1:7.15范围内。

### 3 结 论

本文报道的耐候光转换无滴三层共挤多功能聚乙烯农用塑料薄膜是国际上先进国家正在兴起的新型农膜。由于在该农膜里添加了UTR稀土转光粉,从而使它能够将日光中的紫外光转换成植物光合作用所需的红光。与长寿无滴三层共挤聚乙烯农膜相比较,可以促进作物生长发育,提高农作物产量10%左右,特别是提高作物早期产量更为显著,还能改善农产品的品质,投入产出比达到1:3~1:7,具有较显著的经济效益。

致谢:耐候光转换无滴农膜由上海三花薄膜厂制得,农业应用试验由上海市农业科学院环境科学研究所完成,谨致谢意。

### 参考文献:

- [1] 李文连,王庆荣,卫革东,等. 含稀土有机配合物的光能转换蔬菜大棚薄膜的研究[J]. 稀土, 1993, 14(1):25
- [2] 廉世勋,毛向辉,吴振国. 稀土无机发光材料CaS:Eu,Cl的过程优化和农膜上的应用原理[J]. 稀土, 1996, 17(3):27
- [3] 王铁军,李晓君,聂中华,等. 聚乙烯转光棚膜的加工和应用研究[J]. 中国塑料, 1997, 11(3):46
- [4] 傅楚瑾,曹锦荣,王则民,陈志荣. 一种新型农用薄膜的效能[J]. 上海农业学报, 1993, 9(2):88

- [5] 傅明华,顾仲兰,丁前发,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
- [6] 王则民,傅楚瑾,曹锦荣,陈志荣. 稀土转光农膜的光色效应研究[J]. 中国塑料,1999,13(6):21
- [7] 张若桦,詹亚力. 销(III)的双亚矾混配合物的合成、表征及其荧光光谱[J]. 无机化学学报,1995,11(2):140
- [8] 赫斯 D. 植物生理学[M]. 北京:科学出版社,1982. 41-50

## Studies of Light Transform Effect on the Farm Film

WANG Ze-min, XU Zu-hui, FU Chu-jin, CAO Jin-rong, CHEN Zhi-rong

(College of Life & Environment Science, Shanghai Teachers University, Shanghai, 200234, China)

**Abstract:** A novel farm film with weatherability and non fog-drop and light transform was produced by adding rare earth light transform agents and other auxiliaries in polyethylene resin. Compared with long-term durable and non fog-drop film, the novel film possessed special function of converting ultraviolet light to red light, thus can increase temperature in the shed, and can also it speed up photosynthesis, improve yield and the quality of the crops.

**Key words:** rare earth; light transform; polyethylene; form film