

# He-Ne 激光与红色荧光灯对作物的 生物效应实验研究

邵耀椿 李惠庆 金白谋 薛林宝 顾仁芳

(江苏农学院, 江苏, 扬州)

**摘要**——通过对农作物的发芽率、光合速率、叶绿素含量等的测量, 发现 He-Ne 激光与 40 W 红色荧光灯(峰值 660 nm)对作物产生的生物效应有差别。这可能是激光的单色性等一些性质起了重要作用。

**关键词**——He-Ne 激光, 荧光灯, 生物效应。

## 1. 前 言

激光育种和激光对作物的生物学效应的研究工作已进行了多年, 但迄今对其机理尚不十分清楚。激光所产生的生物效应, 是为了更好地利用激光开展育种工作, 我们试图从蕃茄、莴苣的发芽率, 水稻幼苗的生长, 以及菊花幼苗修复作用上来探讨这一问题。发现: He-Ne 激光与红色荧光灯相比, 虽然两者都能产生生物效应, 但其作用是有差别的, 从引起一些性状变化来看, He-Ne 激光比红色荧光灯更为理想, 这可能与激光的一些特性有关。

## 2. 实 验

供试验的材料为蕃茄、莴苣、水稻种子、菊花幼苗, 使用辐照源为 40 mV He-Ne 激光器、40 W 红色荧光灯和 20 W 紫外低压汞灯, 其波长分别为 632.8 nm、600~690 nm (峰值为 660 nm) 和 253.7 nm (峰值)。

### 2.1 照射种子产生的生物效应

用 He-Ne 激光单粒照射种子胚部(每组处理为 50 粒), 光斑直径约 3 mm; 红光辐照种子(每组处理为 100 粒)照度为 700 Lx。然后测定蕃茄、莴苣的发芽率, 测定水稻幼苗的光合速率和叶绿素含量。

#### (1) 发芽率观察

蕃茄、莴苣种子经处理后, 室温下放在暗箱中发芽(主要防止光照影响), 结果见图 1、图

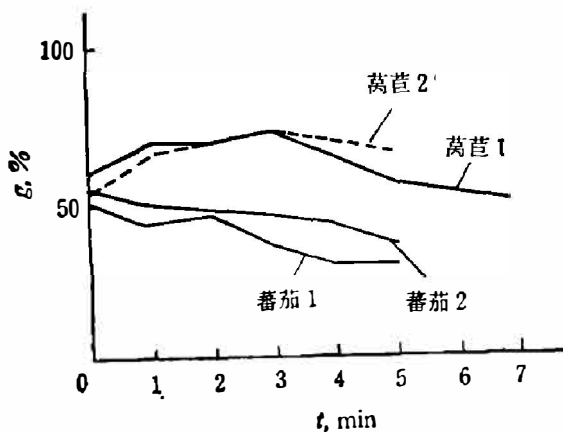


图 1 激光剂量与蕃茄、莴苣种子发芽率关系

Fig. 1 The relationship between the laser doses and the germinating rates of tomato and lettuce seeds.

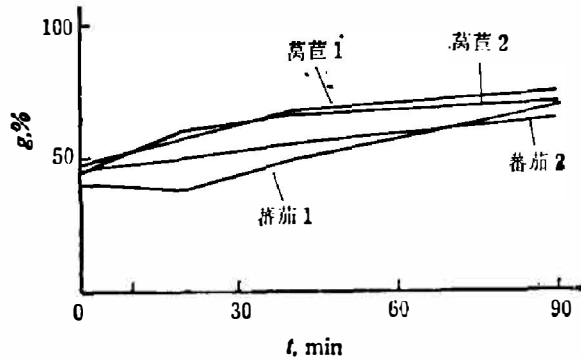


图 2 红色荧光灯辐照时间与蕃茄、莴苣种子发芽率关系

Fig. 2 The relationship between the irradiation time of the red fluorescent light and the germinating rates of tomato and lettuce seeds.

2. 从图 1 可见 He-Ne 激光对蕃茄(一般种子)的发芽率有抑制作用; 而对莴苣(需光种子)的发芽率, 开始随激光剂量增加而增加(说明有促进作用), 当出现一个峰值后开始下降, 且超过一定剂量时发芽率甚至低于对照, 说明 He-Ne 激光对需光种子(莴苣), 也有抑制作用。而从图 2 可见, 普通红光对莴苣和蕃茄种子的发芽率都有促进作用。因为需光种子需要红光(峰值 660 nm)通过光敏素来打破其休眠, 促进发芽率。而一般种子通常不需要红光来打破休眠, 但红光也会影响种子内光敏素, 因而对发芽率有一定促进作用。He-Ne 激光(632.8 nm)是接近 660 nm 的红光, 所以也能通过光敏素对需光种子莴苣促进发芽, 但超过一定剂量, He-Ne 激光的抑制作用强于促进作用, 使发芽率下降, 甚至低于对照。而对于一般种子蕃茄, 在 He-Ne 激光剂量很小时, 促进作用就被抑制作用掩盖了。这说明, He-Ne 激光与普通红光是区别的。He-Ne 激光的抑制作用的原因, 可能是 He-Ne 激光使酶失活<sup>[1]</sup>, 或在植物体中产生了自由基<sup>[2]</sup>所引起的。

## (2) 光合速率与叶绿素含量

水稻种子试验了二批。第一批处理后放在垫放纱布棉花培养皿中, 置于朝南室内离窗口 1 m 左右桌上, 室温为 15~25°C 之间, 12 天后测定光合速率(P)。第二批处理后放入 LRH-250-G 光照培养箱中, 恒温 25°C, 18 天后测定光合速率与叶绿素含量。光合速率用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6200 便携式红外 CO<sub>2</sub> 气体分析仪测定。叶绿素含量用 Arnon 法测定。结果见表 1 和图 3。

从表 1、图 3 上可以看出不同剂量的 He-Ne 激光照射种子, 对水稻幼苗生长有着不同的影响, 曲线上有一峰值。3 min 和 5 min 处理的幼苗叶绿素含量高, 因此影响到它的光合速率也高。所以, 经 He-Ne 激光处理过的作物, 一般幼苗长势较好。从 40mW He-Ne 激光照射 3~5 min 处理后的结果也可以看出(见图 1), 对莴苣发芽率提高也较适宜。并且我们在蕃茄、玫瑰茄育种试验时, 也发现这个剂量使作物长势较好。可能对于一部分作物(不是所有作物)这个剂量(约 7~12 J)是比较适宜。红色荧光灯处理, 对水稻幼苗的叶绿素含量和

表1 水稻幼苗光合速率( $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ )与叶绿素含量( $\text{mg/g}\cdot\text{FW}$ )  
Table 1 The photosynthesis rate( $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ) and chlorophyll amount ( $\text{mg/g}\cdot\text{FW}$ ) in rice seedlings.

		CK	He-Ne 处理				红色荧光灯处理		
$t(\text{min})$		0	1	3	5	7	30	60	
第一批光合速率		13.03	—	18.90	14.48	12.95	14.33	15.04	
第二批	光合速率	18.07	19.47	29.92	22.86	19.47	18.98	21.48	
	叶绿素含量	Chl <sub>a</sub>	0.529	0.598	0.724	0.651	0.527	0.623	0.636
		Chl <sub>b</sub>	0.156	0.174	0.249	0.215	0.179	0.183	0.193
		Chl <sub>T</sub>	0.685	0.772	0.973	0.866	0.756	0.806	0.829
Chl <sub>b</sub> /Chl <sub>a</sub>		0.294	0.290	0.344	0.330	0.339	0.293	0.303	

光合速率也有促进作用,而且60 min处理普遍比30 min处理效果明显,这与He-Ne激光处理情况有所不同。He-Ne激光处理7 min反而比3 min和5 min的效果差(光合速率比3 min要低30%),某些方面数据虽高于1 min和CK处理,而另一些方面数据却低于1 min,甚至比CK还要低。说明He-Ne激光除了有促进作用外,还存在抑制作用;当剂量过大时,抑制作用强于促进作用,而且在各类数据指标上抑制趋势不尽相同。

从发芽率和光合速率测量情况看,两种辐照源有相同之处,但也有差别。估计He-Ne激光能量集中是一个重要原因。He-Ne激光平均功率密度达 $0.48\text{ W/cm}^2$ ,而红色荧光灯只有 $0.4\text{ mW/cm}^2$ ,相差3个数量级。无疑,He-Ne激光光子与生物大分子作用几率要比后者大得多。

## 2.2 修复作用比较

用紫外照射菊花幼苗(距顶端1 cm),对其进行杀伤,然后用He-Ne激光和普通红光处理,观察它们的修复作用。

(1) 紫外(代号UV)照射菊花幼苗120 min,再用扩束He-Ne激光辐照幼苗全株;功率密度为 $0.2\text{ mW/cm}^2$ ;处理时间为60 min;代号为UV-L。

(2) 紫外处理120 min后,再用红色荧光辐照幼苗,照度为 $450\text{ Lx}$ ,时间为12小时,代号为UV-R。

它们的结果见表2。

从表2可见,由于紫外损伤了植株的分生组织,使得处理后再生长的节间与茎粗均小于对照,植株只剩下顶部几片叶子,也不显蕾。菊花幼苗的生长受到严重的抑制。经激光和红光修复后,节间长与茎粗均比没有修复的有改善,但比OK要小。再进一步观察植株,

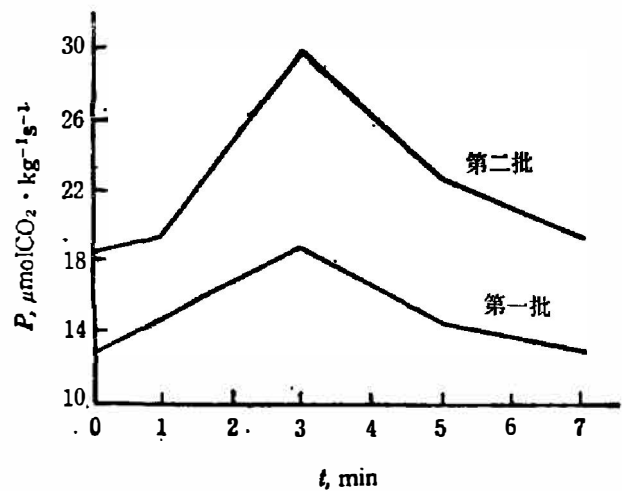


图3 激光剂量与水稻幼苗光合速率关系  
Fig. 3 The relationship between the laser doses and the photosynthesis rate of rice seedlings.

表 2 菊花幼苗修复情况

Table 2 Damage renovation of chrysanthemum seedlings

项 目 型 号	顶部几节平均长度			顶下第五节的茎粗			显 蕾 率 (%)
	增长量 (cm)	增长比 (%)	与CK比 (%)	增长量 (cm)	增长比 (%)	与CK比 (%)	
UV-L	+0.10	115	56.0	0.12	139	121	67
UV-R	-0.15	55.4	27.2	0.122	150	130	33
UV	-0.74	21.7	10.7	0.030	107	95	0
CK	+0.66	203	100	0.042	113	100	100

UV-R 处理叶子比 UV-L 处理叶子横向长势好,但是显蕾数明显小于 UV-L. UV-R 叶子最茂盛一株却不显蕾. 而且 UV-R 的叶型、花型、花色与 CK 相比,没有什么明显变化.

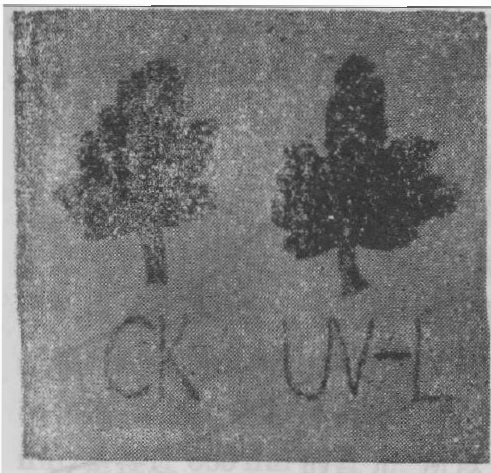


图 4 UV-L 处理后叶型的变化

Fig. 4 The change of leaf shape after the UV-L treatment.

UV-L 处理,发现有一株叶型发生变化(见图 4),花色比 CK 深,但花型无变化. 把此花与对照组同龄期花朵的花青素进行测定比较,各取 1g 同部位鲜花瓣,剪碎放入 0.1N HCl 溶液中浸提,然后用 Bakman-DU-7 型紫外分光光度计对提浸液进行扫描,测到它们的花青素吸收谱,(其吸收率  $\alpha = \log_{10} \left( \frac{I_0}{I} \right)$ , 其中  $I_0$  为入射光强,  $I$  为透射光强.)均在 530 nm 上出现一个吸收峰. UV-L 处理的峰值为 2.9271, 而 CK 的峰值为 2.4191(见图 5、图 6). 花青素含量与吸收峰值成正比. 所以这株经 UV-L 处理后叶型有变化植株的花,花青素比 CK 增加了 21%. 这说明激光修复作用与红光是有差别的,从实用意义上看, He-Ne 激光比普

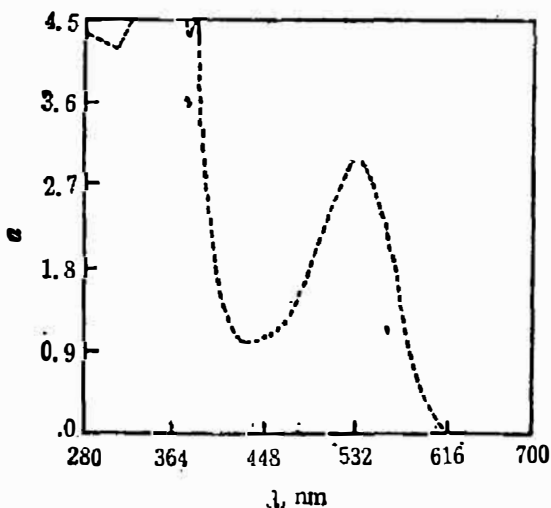


图 5 UV-L 菊花的花青素吸收光谱

Fig. 5 The absorption spectrum of UV-L chrysanthemum cyanidin.

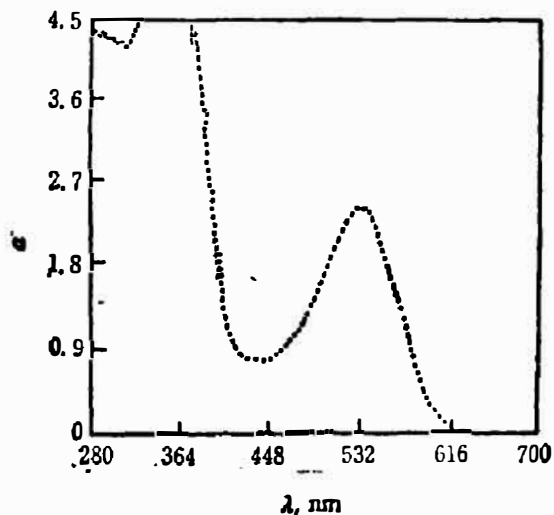


图 6 CK 菊花的花青素吸收光谱

Fig. 6 The absorption spectrum of CK chrysanthemum cyanidin.

通红光修复效果理想。其原因可能是<sup>[3]</sup> He-Ne 激光对细胞有丝分裂有促进作用,在帮助修复基础上还能提高细胞染色体畸变率。

### 3. 讨 论

从上述试验可以看到,红光也能产生生物效应,这可能是通过酶的光激活而产生的。与红色 He-Ne 激光所产生的生物效应虽然有相同之处,但在某些方面是有区别的。这可能与 He-Ne 激光既具有红光性质,又具有激光特性(偏振、能量集中、单色性)有关。根据一些报道<sup>[5]</sup>,偏振光对生物有刺激作用,这一般是对于偏振光直接照射生物大分子来说的。如果偏振光通过植株进入内部,其偏振性会受影响。我们做了实验<sup>[6]</sup>,当种皮透射率小于 30% 时,偏振光通过后,其偏振度<sup>[7]</sup>

$$V = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

趋于 0; 当透射率为 32%, 偏振度约为 0.01。而一般种皮透射率在 20~30% 左右<sup>[8]</sup>, 所以偏振光对种子不会产生多大影响, 但由于植株生长点的透射率大于 30%, 偏振性可能有点影响。

对于激光能量集中这一性质, 在处理种子时, He-Ne 激光功率密度比普通红光约大  $10^3$  倍, 增加了光子与生物大分子的作用几率。但是在修复菊花幼苗时, He-Ne 激光的功率密度为  $0.2 \text{ mW/cm}^2$ ; 红色荧光灯峰值 660 nm, 波长范围为 660~690 nm, 照度为 450 Lx, 根据红色荧光灯能量分布曲线换算后<sup>[9]</sup>, 功率密度约为  $0.27 \text{ mW/cm}^2$ , 即两者密度相近。因此在这里就不能用能量集中来解释修复上的差别了。

激光的单色性很可能是一个重要的因素。根据光生物学理论, 当波长不纯时, 会产生非相加效应, 即协同作用和对抗作用<sup>[4]</sup>, 产生的效应与单色光有区别。

致谢——余碧玉副教授在测试部分提供实验数据, 特此致谢。

### 参 考 文 献

- [1] 程极济等, 生物物理学, 北京: 人民教育出版社, 1982, 530, 539.
- [2] Wolbarsht M. L., *Laser Applications in Medicine and Biology*, 刘普和等译, 北京: 科学出版社; 1993, 86.
- [3] 西北土壤所同位素组, 激光, 3(1976), 4:11.
- [4] Smith K. O. *The Science of Photobiology*, 沈恂等译, 北京: 科学出版社, 1984, 489~491.
- [5] 宗仁鹤, 应用激光联刊, 6(1987), 6: 58.
- [6] 邵耀椿, 江苏农学院学报, 10(1989), 3: 11.
- [7] Eugene Hecht *Optics*, 秦克诚等译, 北京: 人民教育出版社, 1980, 470.
- [8] 邵耀椿等, 应用激光联刊, 6(1987), 6: 27.
- [9] 俞和权等, 物理学, 北京: 农业出版社, 1978, 159.

## EXPERIMENTAL STUDY ON BIOLOGICAL EFFECT OF He-Ne LASER AND RED FLUORESCENT LIGHT ON PLANTS

SHAO YAOUCHUN, LI HUIQING, JIN BAIMOU, XUE LINBAO, GU RENFANG  
(*Jiangsu Agricultural College, Yangzhou, Jiangsu, China*)

### ABSTRACT

Measurements show that there are differences between the biological effects of the He-Ne laser and of the 40 W red fluorescent light (peak value 660 nm) on plants.

The laser monochromatic characteristic might play an important role in the biological effect of laser irradiation.