

生长在不同光质下的花生幼苗的超弱发光*

李德红 何永红 罗明珠¹ 谭石慈 邢达

(华南师范大学激光生命科学研究所 广州 510631)

(¹ 华南农业大学农学系 广州 510642)

摘要

观测了花生幼苗生长在不同光质下的超弱发光(UBE)及其变化规律。发现光质对花生幼苗的UBE影响十分明显。UBE强度随花生幼苗的生长而增强,生长在白光下的幼苗UBE增加最快,远远高于红光和蓝光两种处理。而后两种处理的UBE未发现明显不同。比较同一部位花生叶片的UBE,白光下最强,其次是红光,蓝光最弱。就同一种光质而言,下部叶片比上部叶片的UBE强,而前者的UBE强度衰减较慢。这些结果进一步表明UBE与叶绿体的发育和光合作用密切相关,并预示了广阔的应用前景。

关键词: 超弱生物发光(UBE) 花生(*Arachis hypogaea* L.) 光质 叶片

植物超弱发光(UBE)的研究引起了生物学家、农学家和生物物理学家的广泛兴趣,对其发生机制进行了有益的探讨^[1,2],国内有关学者也对此作了有益的探索,并在UBE的应用基础方面进行了初步研究^[3-5]。但目前对其机理还缺乏比较明确的认识。笔者等^[6-9]利用超高灵敏度的单光子计数系统,从(诱导)超弱发光的二维图象观测入手,得到了一些新的启示。先前的初步研究暗示,植物的(诱导)超弱发光与光形态建成和光合作用等生长代谢过程密切相关^[10,11]。实验中观察到的超弱发光很可能来自光合作用中叶绿素复合物的发光^[10]。另一方面,光对植物的生长发育起着十分重要的作用^[12],光质对植物生理生化指标的影响是光生物学研究的重要内容。光质对超弱发光的影响如何?尚未见报道。我们在以往工作的基础上,就不同光质下生长的花生种苗和叶片的超弱发光进行观察比较,以进一步探讨超弱发光的生物学意义及其应用途径。

1 材料和方法

1.1 材料培养

经筛选的花生(*Arachis hypogaea* L.)种子,先用70%酒精消毒1min,再用0.1% HgCl₂消毒3-5min,无菌水冲洗干净后播种于培养瓶中,置于光照培养室内。分别在白光(White,波长400-1000nm)、红光(Red,最强发射波长在650nm,半高宽35nm)或蓝光(Blue,最强发射波长在465nm,半高宽55nm)下培养3-35d,每天光照12h(试验用光源为荧光灯,其中红光和蓝光均透过相应的滤膜,光强均为 $24\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$),保持合适水分,温度 25 ± 1 。

1.2 超弱发光的测定

不同时间、不同光质培养的样品经2min白炽灯照射($10\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)后放入样品池,暗置10s后开始采集图象。每幅图象采集30s,每个样品共采集5幅(3~9日龄幼苗)或7幅(35日龄幼苗的叶片)图象。采用自行研制的超弱发光探测系统进行图象观测^[6]。

* 国家杰出青年科学基金和广东省自然科学基金资助项目。

2 结果和分析

2.1 花生幼苗 UBE 的变化趋势及光质对 UBE 的影响

UBE 强度随花生幼苗的生长而增强。种子萌发最初两天的 UBE 比较微弱,但从第 3 天起迅速增高,到 9 日龄时可比 3 日龄幼苗的 UBE 增强 130 倍(R、B)~180(W)倍(图 1)。

图 1 还表明白光、红光和蓝光三种光质对花生幼苗的 UBE 具有十分明显的影响。虽然不同光质处理的 UBE 强度均随花生幼苗的生长而增强,但在白光下生长的幼苗的 UBE 增加最

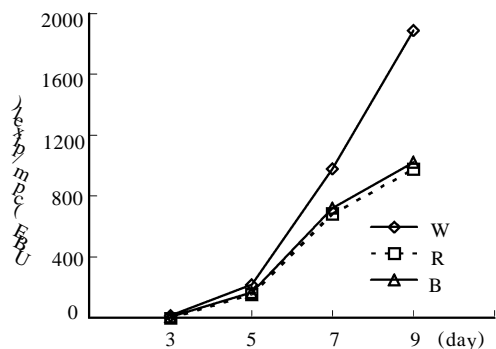


Fig. 1 Effects of different spectrum lights on UBE of peanut seedlings.

快,远远超过了红光和蓝光两种处理。故实验中观察到的 UBE 总是白光处理显著高于后两者,如 7 日龄时红光和蓝光两种处理的 UBE 分别为白光处理的 69.99% (R)、73.38% (B),9 日龄时则仅为白光处理的 51.68% (R)、54.30% (B)。就 3 - 9 日龄的花生幼苗来看,红光和蓝光两种处理的 UBE 十分接近,未发现明显不同。

2.2 花生幼苗超弱发光强度的衰减

从图 2 可以看出,培养 3 - 9 天的花生幼苗,其(诱导)超弱发光的衰减随生长日龄增加而变化。5 日龄的花生幼苗超弱发光衰减很快,7 日龄时衰减速率略有减缓,到 9 日龄时,UBE 的衰减速率已明显降低。即苗龄越大,超弱发光强度的衰减越趋于缓和。

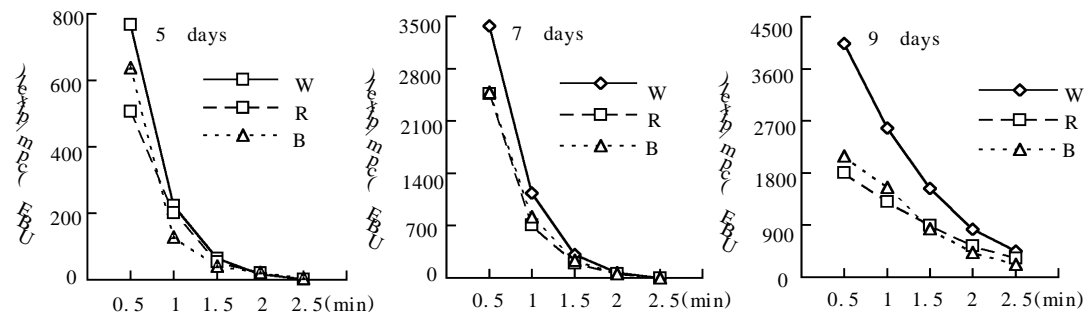


Fig. 2 The attenuation of (induced) UBE of peanut seedlings.

2.3 在不同光质下生长的花生叶片的 UBE 比较

实验选取在不同光质下生长 35d 的花生幼苗,比较对应部位叶片的 UBE。结果如图 3 所示,无论是上部叶片和下部叶片,生长在白光下的叶片的 UBE 最强,其次是红光,蓝光最弱。对下部叶片来说,红光和蓝光处理的花生幼苗叶片的 UBE 强度是白光处理的 83.60%、56.91%;上部叶片的 UBE 则仅为白光处理的 67.87%、54.77%。试验发现(诱导)超弱发光强度的衰减也是上部叶片比下部叶片快一些(图 4),即苗龄较大的叶片,其 UBE 衰减较慢。这与在不同光质下培养 3 - 9 天的花生幼苗的超弱发光强度及其衰减变化的情形十分相似(参见图 2)。

2.4 上下部位叶片的 UBE 比较

图 5 展示了生长在同一种光质下的花生幼苗不同部位叶片的 UBE 强度变化。由该图可

见,生长在三种光质下的(35日龄)花生幼苗的叶片 UBE 变化规律是十分相似的。就白红蓝这三种光而言,不论何种光质,下部叶片都比上部叶片的 UBE 强。其中,红光处理的上下部叶片的 UBE 差别最大,下部叶片的 UBE 比上部叶片约高 30%。而其 UBE 强度的衰减规律不同(图 6)。上部叶片的(诱导)超弱发光开始 1min 内较强但衰减较快;下部叶片的情形正好相反,开始时较弱但衰减较慢。因而自 1.5min 后,下部叶片的 UBE 就明显高于上部叶片。这一点实际上与上述结果(图 2、图 4)是一致的。我们先前的报道也注意到了这种现象^[10]。

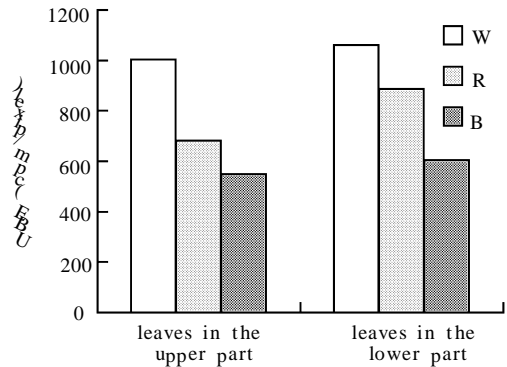


Fig. 3 The UBE of the leaves growing under different spectrum lights.

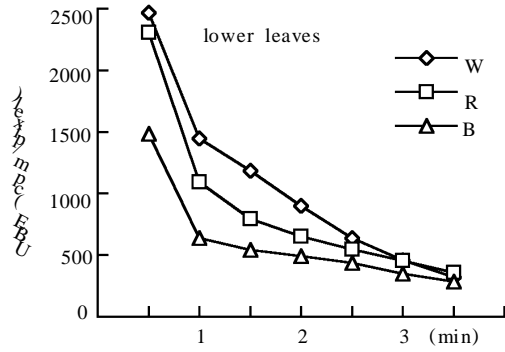
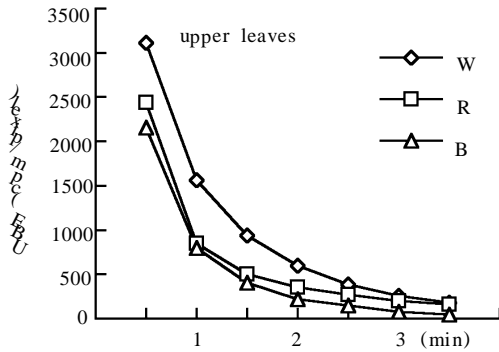


Fig. 4 The UBE attenuation of the leaves growing under different spectrum lights.

Table 1 Comparison of UBE attenuation ratios of leaves growing under different spectrum lights.

	W	R	B
upper leaves	1.071	1.205	0.816
lower leaves	1.552	1.817	2.191
lower/upper	1.35	1.50	2.68

168%(表 1)。图 6 的上下部叶片 UBE 衰减的趋势曲线清楚地表明了这一点。可以看出,无论白光、红光或蓝光处理的叶片,UBE 观测时间越延长,实验结果与拟合曲线符合得越好,而最初的一两个点均偏离曲线较远。这可能来自两个方面:试验误差或者(诱导的)UBE 最初阶段(如 1min 内)的衰减速率更快,即可能遵循另一(指数)衰减规律。

为了对此现象阐述得更清楚,我们试对图 6 的数据作近似简单单指数回归分析:

$Y = Ae^{-t/\tau}$ 式中 A 是 UBE 衰减的初始值, τ 是衰减速率常数, t 为时间。经显著性检验,回归方程的相关系数 R 均达到极显著水平($P < 0.01$),可对 τ 值进行比较。

显然上、下部叶片的衰减速率差别很大:下部叶片的 τ 值比上部叶片高出 35% -

3 讨 论

光对植物生长发育影响的研究是光生物学的一个重要组成部分,一般着重于生物学指标变化的探讨。但光质对植物超弱发光影响的研究尚未见报道。本试验结果表明,不同光质对花

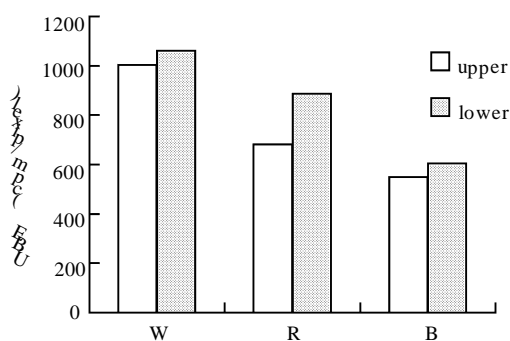


Fig. 5 Comparison of UBE of leaves at the same position under different spectrum light.

生幼苗叶片的 UBE 具有十分显著的影响。相关的试验还对(水稻)谷氨酰胺合成酶(GS)活性等进行了初步观测,发现光质对 UBE 和 GS 活性等具有相似的影响^[14]。我们知道 GS 活性在氮代谢中起着十分重要的作用,并与碳水化合物的代谢相关联。这暗示着 UBE 与生长发育中的某些生理生化过程(如氨基酸和蛋白质的合成与分解、碳水化合物的代谢等)有关。进一步证实了先前的推测^[9, 10]。

蓝光和红光等由于其作用光谱和光受体不

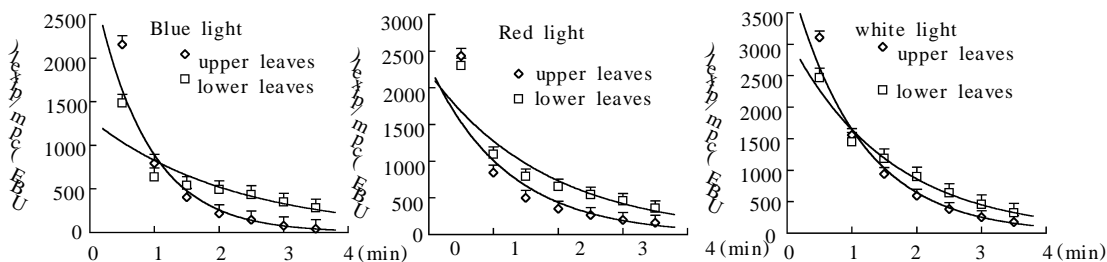


Fig. 6 Attenuation of UBE of upper and lower leaves.

同,对植物的许多生理生化过程(如气孔开闭、叶片衰老、碳水化合物和蛋白质代谢、质膜蛋白磷酸化及基因表达等)具有十分显著的影响^[14]。据报道,蓝光明显影响水稻幼苗叶绿体的发育,如叶绿素 a 和叶绿素 b 的含量较低、a/b 的比例增大、叶绿体中基粒数较少、基粒类囊体的垛叠程度较低^[15],同时呼吸速率大为提高^[16],因而其光合速率远远低于普通白光处理。蓝光可能通过影响叶绿体发育及光合作用来调控水稻幼苗的形态建成,这种影响在 10 日龄时表现得很明显^[15, 16]。我们先前的试验指出,植物的超弱发光可能与叶绿体的发育和光合作用有关^[10],本试验的结果(图 1 和图 3)则给予我们新的暗示:从 UBE 的角度可以更早(5-7 日龄,图 1)测得光质对植物幼苗生长发育的重要影响,而且这种方法具有其它生物学无法比拟的优点:快速、无损、简便、灵敏、直观^[8, 9]。

本试验还初步揭示了不同日龄的花生幼苗(诱导) UBE 的衰减规律。UBE 强度衰减随着苗龄增加而减缓(图 2),叶片 UBE 强度的衰减也随着生长日龄增加而逐渐减缓(图 4 和图 6),它暗示通过 UBE 观测可能(定性)判断植物幼苗的生长时期或叶片所处的发育时期。

若能将 UBE 的变化和超弱发光光谱研究及某些关键的生物学过程联系起来,可望在生物学和农学等领域的研究和生产实践中得到应用。但前提是必须对超弱发光的生物学机理有充分的认识。关于其生物学机理的研究将有助于对这一新的生物物理现象的深入了解,从而可能在生物学和农学等领域的应用方面揭开新的一页。

参考文献

- Schauf B, Repas LM, Kaufmann R.: *Localization of ultraweak photon emission in plants. Photochem and Photobiol*, 1992, 55(2): 287- 291.

- 2 Shoichi Kai, Mitani T, Fujikawa M.: *Anomalous biophoton emission during germination process of red bean*. *Jpn J Appl Phys*, 1993,32(3B):L417 - L419.
- 3 沈恂, 傅世密, 张月敬等: 生物系统超弱发光的探测: 绿豆、大鼠血液和 3T3 细胞的发光, 生物物理学报, 1988,4(2):98 - 103.
- 4 汪沛洪, 吕金印: 利用植物超弱发光鉴定抗旱性的小麦品种初探, 生物化学与生物物理进展, 1990,17(5):399 - 400.
- 5 周禾, 杨起简: 不同类型植物种子在萌发期的超弱发光研究, 生物物理学报, 1996,12:157 - 160.
- 6 谭石慈, 邢达: 生物的超弱发光图象的观测, 科学通报, 1996,42(6):644 - 646.
- 7 王苏生, 陈天明, 俞信等: 生物超微弱发光的二维探测, 激光生物学, 1996,5(1):771 - 774.
- 8 王维江, 邢达, 谭石慈, 李德红: 生物样品超弱发光图象的探测与分析, 生物物理学报, 1997,13(4):677 - 682.
- 9 Xing Da, Tan Shici, Wang Weijiang, Li Dehong: *Observations of light - induced and spontaneous ultraweak bioluminescence images*. *Acta Laser Biology Sinica*, 1997,6(2):1035 - 1039.
- 10 李德红, 邢达, 谭石慈, 王维江: 绿豆和花生的超弱发光, 植物生理学报, 1998,24(2):177 - 182.
- 11 李德红, 邢达, 谭石慈, 王维江: 植物超微弱发光的生物学意义初步研究, 第五届全国光子生物学和光子医学学术研讨会论文汇编, 1997.5, 12. 张家界.
- 12 潘瑞炽, 董愚得: 植物生理学(第三版), 高等教育出版社, 北京, 1995.
- 13 李德红, 邓江明, 邢达: 光质对水稻幼苗超弱发光和谷氨酰胺合成酶活性的影响, 生命科学研究, 1998,2(2):109 - 112.
- 14 李韶山, 潘瑞炽: 植物的蓝光效应, 植物生理学通讯, 1993,29(4):248 - 252.
- 15 李韶山, 潘瑞炽: 蓝光对水稻幼苗叶绿体发育的影响, 中国水稻科学, 1994,8(3):185 - 188.
- 16 余让才, 潘瑞炽: 蓝光对水稻幼苗呼吸代谢的影响, 中国水稻科学, 1996,10(3):159 - 162.

ULTRAWEAK BIOPHOTON EMISSION OF PEANUT SEEDLINGS UNDER DIFFERENT LIGHTS

Li Dehong He Yonghong Luo Mingzhu¹ Tan Shici Xing Da

(Institute of Laser Life Science, South China Normal University, Guangzhou 510631)

⁽¹⁾ Department of Agronomy, South China Agricultural University, Guangzhou 510642)

ABSTRACT

The ultraweak biophoton emission (UBE) of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seedlings growing under different spectrum lights was studied. The UBE got stronger as the seedling growing, and was affected obviously by different spectral conditions. The UBE of seedlings under white light ($\lambda = 400 - 1000\text{nm}$) was much stronger than that of seedlings growing under red or blue. There was no visible difference between the UBES of the latter two, however. The UBE of the leaves growing under white light was strongest, followed by that of leaves growing under red, and the one which under blue was weakest. Comparing the UBE of seedlings growing under the same light, the UBE of lower leaves was stronger than that of the upper ones. The attenuation of UBE of the former decreased slower. These results suggest again that UBE may closely involved in development of protoplasts and photosynthesis, and prospect its wonderful future in applications.

Key Words: Ultraweak biophoton emission (UBE)

Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Light quality Leaf

本文于 1998 年 3 月 16 日收到。