

# 增强UV-B辐射下矮牵牛表型变异生理及 RAPD多态性变化\*

邱宗波<sup>1</sup> 张晋豫<sup>1</sup> 孙立<sup>1</sup> 岳明<sup>2\*\*</sup>

(<sup>1</sup>河南师范大学生命科学院 新乡 453007)

(<sup>2</sup>西北大学生命科学院 西安 710069)

**摘要** 采用增强UV-B辐射矮牵牛, 研究增强UV-B辐射下矮牵牛发生变异的生理生化机制. 结果表明, 变异矮牵牛丙二醛 (Malondialdehyde, MDA) 含量显著低于对照矮牵牛 ( $P < 0.01$ ), 而黄酮类化合物含量显著高于对照矮牵牛 ( $P < 0.01$ ), 高效液相色谱图的最高主峰保留时间分别为11.818 min (对照矮牵牛) 和13.783 min (变异矮牵牛). 同时应用随机扩增多态性DNA (Random amplified polymorphic DNA, RAPD) 技术对矮牵牛进行检测分析, 发现引物在对照矮牵牛及变异矮牵牛之间扩增出差异性多态条带, 表明增强UV-B辐射引起矮牵牛基因组DNA发生变异. 图5 参28

**关键词** UV-B辐射; 矮牵牛; 表型变异; HPLC; RAPD

CLC Q682 : Q945.78

## Physiological and RAPD Variation of *Petunia hybrida* Exposed to Enhanced Ultraviolet-B Radiation\*

QIU Zongbo<sup>1</sup>, ZHANG Jinyu<sup>1</sup>, SUN Li<sup>1</sup> & YUE Ming<sup>2\*\*</sup>

(<sup>1</sup>College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxiang 453007, Henan, China)

(<sup>2</sup>College of Life Sciences, Northwest University, Xi'an 710069, China)

**Abstract** The physiological and RAPD variations and phenotype change of *Petunia hybrida* caused by exposure to enhanced UV-B radiation with its seedlings were studied. The results showed that the MDA content in the variant plants of *P. hybrida* was markedly lower than that in the control plants, while the flavonoids content of the variant plants was markedly higher than that of the control. The retention time of HPLC high peak was 11.818 and 13.783 min for the control and variant plants, respectively. RAPD (Random amplified polymorphic DNA) variation of the control and variant plants induced by the enhanced UV-B radiation suggested that random primers would have been amplified with different DNA polymorphism bands. Consequently, the enhanced UV-B radiation could cause mutation of genome DNA in *P. hybrida*. Fig 5, Ref 28

**Keywords** UV-B radiation; *Petunia hybrida*; Phenotype variation; HPLC; RAPD

CLC Q682 : Q945.78

现代工业快速发展, 造成的环境污染破坏了大气臭氧层, 导致到达地表的紫外线-B (UV-B, 280~320 nm) 辐射增强, 进而对植物的生长、发育以及作物的产量产生一系列的影响, 如株高降低, 生物产量下降, 叶片组分改变等<sup>[1-3]</sup>. 大量研究发现, 在平衡的光谱条件下, 植物对UV-B辐射最一致的响应是紫外吸收物 (主要是黄酮类和酚醛类化合物) 增加, 其次是植物形态变化.

叶片表面黄酮类化合物积累是植物对UV-B辐射重要的适应和保护措施, 其作用途径有可能一是黄酮类化合物在UV-B波段强烈的吸收作用可有效降低UV-B对核酸、蛋白质等大分子的破坏作用, 二是往往可作为自由基的猝灭剂和还原剂起到抗氧化胁迫的作用<sup>[4-5]</sup>. 花瓣中也存在大量的紫外吸

收物, 主要是低极性的花色苷 (Anthocyanin), 已经报道有400多种花色苷<sup>[6]</sup>, 还有一定量极性辅色素 (Co-pigment), 它们都是黄酮类化合物. 花中紫外吸收物含量增加和成分变化是植物减少UV-B辐射对自身 (尤其是生殖器官) 伤害的一种有效防护机制<sup>[7]</sup>.

矮牵牛 (*Petunia hybrida* Vilm) 又名碧冬茄, 是茄科矮牵牛属多年生草本, 花色丰富, 易于栽培, 花期长, 花朵繁盛, 是以花为研究对象的理想植物. 研究已发现矮牵牛等3种植物花色苷合成的途径<sup>[8-9]</sup>. Gonzalez等<sup>[10]</sup>、Fukui等<sup>[11]</sup>对矮牵牛的花瓣进行过植物化学研究. 孟祥春等报道了花瓣花色苷、还原糖及蛋白质含量在发育过程中的变化, 将花期分为I、II、III、IV、V期, 发现自然状况下花色苷在第IV和V期中变化较为平缓, 是测定花中花色苷对环境因子反应的最佳时期<sup>[12]</sup>. 张晋豫等报道了增强UV-B处理对矮牵牛花瓣中花色苷、辅色素和还原糖的含量以及苯丙氨酸解氨酶活性的影响<sup>[13]</sup>. 至今尚未见到有关矮牵牛在增强UV-B辐射下发生变异的研究报道, 我们研究了增强UV-B处理下矮牵牛发生变异的生理生化机制, 以期探讨黄酮类化合物的防护作用和机理提供理论依据.

收稿日期: 2009-12-01 接受日期: 2010-01-11

\*国家自然科学基金项目 (No. 30670366)、河南省生物化学与分子生物学重点学科和河南师范大学青年科学基金项目 (No. 2008qk15) 资助 Supported by the National Natural Sciences Foundation of China (No. 30670366), Key Subject of Biochemistry and Molecular Biology of Henan Province and the Youth Science Foundation of Henan Normal University (No. 2008qk15)

\*\*通讯作者 Corresponding author (E-mail: yueming@nwu.edu.cn)

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

矮牵牛 (*Petunia hybrida* Vilm, 梦幻系列) 购于陕西省西安市园林研究所. 选取大小均一、粉红色花瓣品种的矮牵牛幼苗, 分别于2006年3月5日和2007年3月5日种植于西北大学生命科学学院果园中.

### 1.2 试验处理

实验分别在2006年和2007年的5月5日~6月20日进行, 选择矮牵牛盛花期(4朵以上), 使用30 W紫外灯管(秦牌, 波长峰值313 nm, 宝鸡光源研究所)进行增强UV-B辐射处理. 采用升降式灯架, 灯管悬于植株上方60 cm处, 每天9:00~17:00时进行照射, 处理期间根据光背景通过调节灯管与植株顶层的高度, 保持紫外辐射强度. 用742型UV-B辐照计(北京师范大学光电仪器厂)测定297 nm处的紫外辐射强度(以植株顶端计), 并根据Caldwell的公式<sup>[14]</sup>转变为生物有效辐射(UV-B<sub>BE</sub>), 增加的UV-B<sub>BE</sub>为1.18~2.54 kJ m<sup>-2</sup>. 对照组上方同样悬挂灯管, 但不通电, 以保证两组有相同的光照条件. 增强UV-B辐射45 d后, 于6月25日取对照和变异矮牵牛的花瓣进行各项指标测定. 两年的实验结果趋势较一致, 因此仅选用2007年的实验数据.

### 1.3 MDA含量测定

参照Predieri等的方法<sup>[15]</sup>, 称取0.2 g新鲜花瓣, 加入少量石英砂和4 mL 50 mmol L<sup>-1</sup>磷酸缓冲液(pH 7.8)于冰浴中充分研磨, 其匀浆液用8 000 g冷冻离心20 min. 取1 mL上清液加2.5 mL 0.5% TBA(硫代巴比妥酸)混合后沸水浴20 min, 冰浴终止反应(约5 min), 再次35 000 g离心10 min, 取上清液分别在532 nm和600 nm下测光吸收值, 3次重复.

### 1.4 黄酮类化合物吸收光谱测定

参照Caldwell的方法<sup>[16]</sup>, 称取新鲜花瓣0.1 g, 加10 mL酸性甲醇溶液(甲醇、水、盐酸体积比为79:20:1), 室温下研磨, 于55 °C水浴中提取30 min. 抽滤, 定容至25 mL, 用Lambda35紫外-可见分光光度计(PerkinElmer, USA)在波长200~400 nm处测定黄酮类化合物的光吸收值, 3次重复.

### 1.5 色谱样品制备及色谱条件

黄酮类化合物的制备和水解按Markham的方法<sup>[17]</sup>. 制备过程中已经将低极性(叶绿素、脂肪等)杂质去除, 保留除花色苷类极性黄酮类化合物的大部分, 消除干扰. 水解采用酸处理法, 然后用酸或碱中和至pH 7.0. 吸取水解液20 μL进样. 标准品黄酮(Flavone, 上海试剂总厂)经北京大学医学院纯化.

测定采用惠普HP-Agilent高效液相色谱仪. 色谱柱为Hypersil ODS2 (C18)、4.6×250 mm、5 μm; 流动相: A为色谱甲醇; B为pH 3.0的磷酸水溶液, 梯度洗脱; 流速1.5 mL min<sup>-1</sup>, 检测波长345 nm.

### 1.6 基因组DNA提取及RAPD分析

DNA提取用改进的CTAB法<sup>[18]</sup>. 所得DNA样品的紫外吸收扫描曲线极为平滑, 260 nm吸收峰呈对称分布,  $D_{260\text{ nm}}/D_{280\text{ nm}}$ 值在1.7~1.9之间, 表明提取的DNA样品具有较高的纯度.

随机引物均选用10 bp的寡聚核苷酸, 共用引物20条, 经筛选采用20 μL的PCR反应体系, 其中包括10×Buffer, 1.5 mmol L<sup>-1</sup> MgCl<sub>2</sub>, 100 μmol L<sup>-1</sup> dNTP, 0.2 μmol L<sup>-1</sup>引物, DNA模

板30 ng, 1 U Taq酶. 扩增反应在DNA扩增仪中进行, 反应程序为: 94 °C预变性6 min, 94 °C变性30 s, 39 °C退火45 s, 72 °C延伸60 s, 45个循环后, 72 °C延伸10 min. 扩增产物经1.2%的琼脂糖凝胶电泳分离, 凝胶成像系统照相分析. 引物和Taq酶购自上海生工公司, dNTP、MgCl<sub>2</sub>和琼脂糖为Sigma (USA) 公司产品.

## 2 结果与分析

### 2.1 增强UV-B辐射对矮牵牛表型的影响

增强UV-B辐射45 d后, 于6月25日随机选取20朵矮牵牛的花瓣进行观察. 表型观察结果表明, 与对照矮牵牛相比, 增强UV-B辐射的变异矮牵牛整个花冠筒变为紫色, 雄蕊(花药和花丝)也变为紫色, 花瓣水溶液的pH增加(对照和变异矮牵牛花瓣水溶液pH分别为5.87和6.15). 植株叶子表面积减小, 被毛增加. 变异矮牵牛生长期增加, 10月份还能开花, 对照矮牵牛则于7月初全部枯萎死亡.



图1 对照与变异矮牵牛表型比较

Fig. 1 Phenotype comparison of control and variant *P. hybrida*

### 2.2 矮牵牛花瓣MDA含量

MDA是膜脂过氧化作用的主要产物之一, 其含量可表示膜脂过氧化作用的程度. 增强UV-B辐射引起对照矮牵牛花瓣MDA含量显著增加, 在6月25日MDA含量为300.16 μmol g<sup>-1</sup> (FW), 说明细胞膜已受到严重损伤. 而变异矮牵牛花瓣MDA含量为101.28 μmol g<sup>-1</sup> (FW), 显著低于对照矮牵牛的MDA含量, 从而延缓衰老速度.

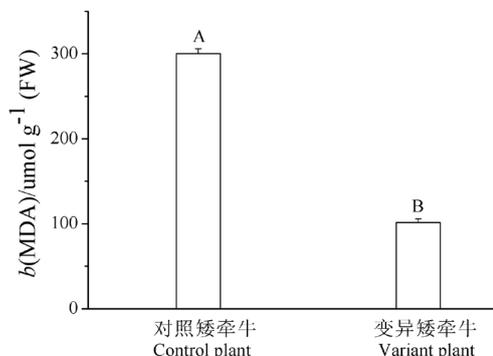


图2 对照和变异矮牵牛花瓣MDA的含量

Fig. 2 MDA content in control and variant *P. hybrida* petals  
A, B表示处理之间在 $P<0.01$ 水平差异显著  
A, B show significant difference at  $P<0.01$

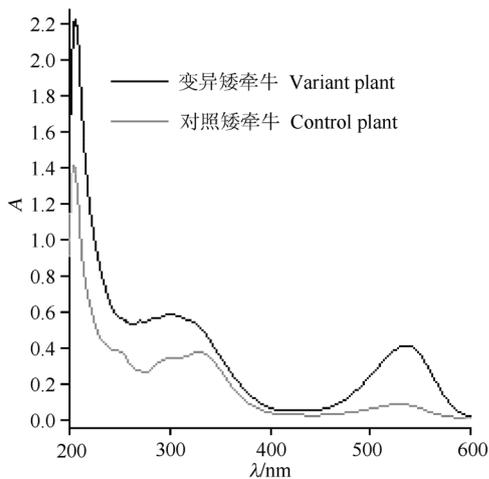


图3 对照和变异矮牵牛花瓣黄酮类化合物在200~600 nm处的吸收光谱  
Fig. 3 Absorption spectra (absorbance at 200~600 nm) of flavonoids in control and variant *P. hybrida* petals

### 2.3 矮牵牛花瓣黄酮类化合物的吸收光谱

从图3可看出, 变异矮牵牛在紫外波段(280~320 nm)的吸收值显著高于对照矮牵牛, 且在300 nm处有最大吸收峰. 280~320 nm区域是黄酮类化合物的主要吸收区域.

### 2.4 矮牵牛花瓣黄酮类化合物的HPLC分析

从图4可以看出, 对照和变异矮牵牛花瓣黄酮类化合物的高效液相色谱图最高主峰保留时间分别为11.818 min和13.783 min, 说明变异矮牵牛花瓣中有新的黄酮类化合物出现, 可能是矮牵牛花瓣颜色发生变化的主要原因.

### 2.5 矮牵牛RAPD图谱分析

图5为引物S20和S21对增强UV-B辐射下矮牵牛的RAPD扩增谱带. S20和S21引物扩增出现的多态性主要表现为扩增条带的减少和扩增谱带颜色深浅有所变化.

## 3 讨论

MDA是膜脂过氧化作用的主要产物之一, 其含量的高低

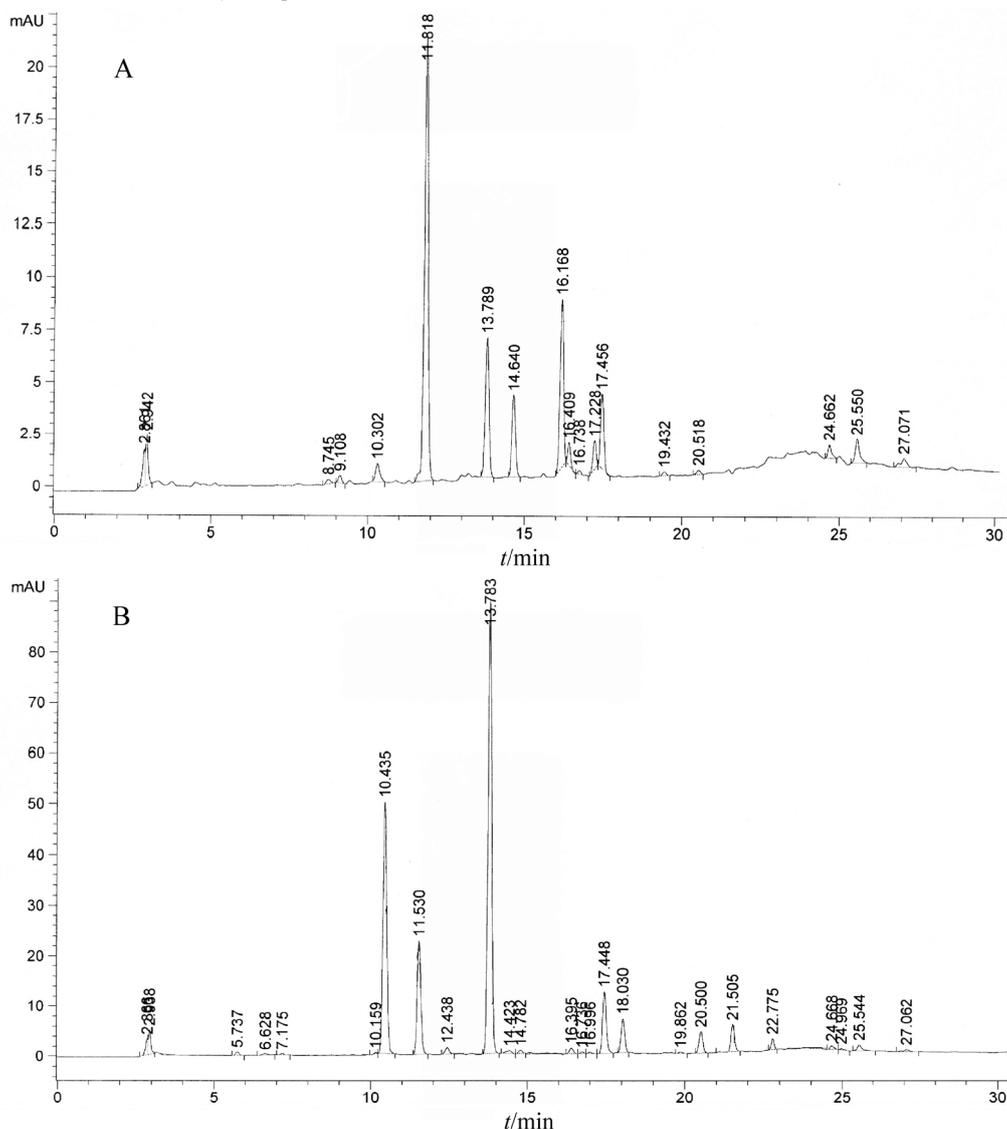


图4 对照(A)和变异(B)矮牵牛花瓣黄酮类化合物的高效液相图谱  
Fig. 4 HPLC chromatograms of flavonoids in petal of control (A) and variant (B) *P. hybrida*

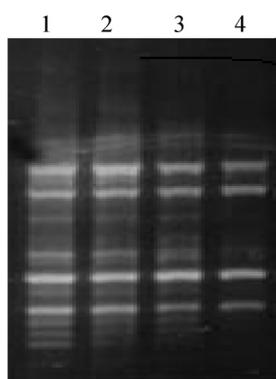


图5 S20 (泳道1和3) 和S21 (泳道2和4) 引物扩增的矮牵牛RAPD图谱  
Fig. 5 Amplified band patterns of *P. hybrida* by primers of S20 and S21  
泳道1和2是对照矮牵牛; 泳道3和4是变异矮牵牛  
Lane 1 and 2: Control plant; Lane 3 and 4: Variant plant

可表示膜脂过氧化作用的程度。增强UV-B辐射引起对照矮牵牛花瓣MDA含量显著增加[300.16  $\mu\text{mol g}^{-1}$  (FW)], 这与齐智等<sup>[19-20]</sup>和范雪涛等<sup>[21]</sup>的研究结果相一致, 说明细胞膜已受到严重损伤, 影响植物的正常代谢, 从而加速衰老的速度, 于7月初全部枯萎死亡。而变异矮牵牛花瓣MDA含量为101.28  $\mu\text{mol g}^{-1}$  (FW), 显著低于对照矮牵牛的丙二醛含量, 从而延缓了衰老速度。

花色是观赏植物最重要的质量指标之一, 主要由类黄酮、类胡萝卜素、生物碱三类物质决定<sup>[22-23]</sup>。从200~600 nm处的吸收光谱及高效液相色谱分析可以看出, 变异矮牵牛在紫外波段(280~320 nm)的吸收值显著高于对照矮牵牛, 说明黄酮类化合物的总量有增加且有新的黄酮类化合物的出现。花中紫外辐射吸收物质含量增加和成分变化是植物减少UV-B辐射对自身伤害的一种有效防护机制<sup>[9]</sup>。这些紫外辐射吸收物质主要是类黄酮、黄酮醇、花色苷和烯萜类化合物如类胡萝卜素、树脂等, 其中类黄酮是最主要的<sup>[24]</sup>。紫外线吸收物可能还有化学保护作用, 特别是附加羟基的类黄酮、黄酮醇及黄酮是很有效的自由基猝灭剂和还原剂<sup>[4]</sup>, 不少植物这类物质在受到UV-B辐照后相对含量都有增加, 如大麦<sup>[25]</sup>、水稻<sup>[26]</sup>等。矮牵牛花中的紫外吸收物质含量(主要是类黄酮)增加和成分变化可能是矮牵牛花色发生变异的原因之一。

生理或遗传物质的改变可以引起植物的表型发生变异。为进一步验证矮牵牛表型所产生的变异是否由DNA水平上变异所引起, 我们用20条RAPD随机引物对对照和变异矮牵牛DNA进行了初步分析。结果表明增强UV-B辐射处理确实引起了植物基因组的变化, 表现为扩增条带减少和扩增谱带颜色深浅发生变化, 这些变化可能是由于增强UV-B辐射引起基因组DNA的插入、缺失或点突变<sup>[27]</sup>。辐射处理不仅使植株表型发生一定的突变性状, 更重要的是从分子内部使植物基因组结构发生变化, 这可能是矮牵牛表型发生变异的主要原因。

RAPD的多态性是基于DNA序列变化的分子表型, 从某种意义上反映了基因组序列的多态性<sup>[28]</sup>。增强UV-B辐射引起矮牵牛表型的变异, RAPD技术为此提供了分子上的证据, 但是被检测的多态性片段是否与表型变化有关, 或者到底是哪个片段与表型变异有关, 目前还不清楚。因此可以从变异

矮牵牛扩增的特异性条带中分离、纯化某些条带, 进行克隆测序, 这对于进一步寻找与矮牵牛变异相关的基因, 探讨矮牵牛变异的分子机理具有重要的意义。

## References

- 1 Caldwell MM, Teramura AH, Tivini M. Effects of increased solar ultraviolet radiation on terrestrial plant. *Ambio*, 1995, **24**: 166-173
- 2 Zheng YF (郑有飞), Jian WM (简慰民), Li XF (李秀芬). Effect of enhanced solar ultraviolet radiation on soybean. *Acta Sci Circumst* (环境科学学报), 1998, **18** (5): 549-552
- 3 Yue M (岳明), Wang XL (王勋陵). Effect of enhanced ultraviolet radiation on competitive balance of wheat and oat—the structure of biomass and canopy. *Acta Sci Circumst* (环境科学学报), 1999, **19** (5): 526-531
- 4 Takahama U, Oniki T. A peroxidase/phenolics ascorbate system can scavenge hydrogen peroxide in plant cell. *Physiol Plant*, 1997, **101** (3): 845-852
- 5 Tian XJ (田向军), Qiu ZB (邱宗波), Liu X (刘晓), Yue M (岳明). Effects of enhanced ultraviolet-B irradiance on the diurnal variation of flavonoids in wheat leaves. *Acta Sci Circumst* (环境科学学报), 2007, **27** (3): 516-521
- 6 Konga JM, Chiaa LS, Goha NK. Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 2003, **64**: 923-933
- 7 Caldwell MM, Robberecht R, Flint SD. Internal filters: Prospects for UV-acclimation in higher plants. *Physiol Plant*, 1983, **58**: 445-450
- 8 Dooner HK, Robbins TP, Jorgensen RA. Genetic and developmental control of anthocyanin biosynthesis. *Annu Rev Genet*, 1991, **25**: 173-199
- 9 Katz A, Weiss D. Light regulation of anthocyanin accumulation and chalcone synthase gene expression in *Petunia hybrida* flowers. *Isr J Plant Sci*, 1999, **47**: 225-229
- 10 Gonzalez E, Fougerousse A, Brouillard R. Two diacylated malvidin glycosides from *Petunia hybrida* flowers. *Phytochemistry*, 2001, **58**: 1257-1262
- 11 Kui Y, Kusumi T, Yoshida K. Structures of two diacylated anthocyanins from *Petunia hybrida* cv. Surfinia Violet Mini. *Phytochemistry*, 1998, **47**: 1409-1416
- 12 Meng XC (孟祥春), Zhang YJ (张玉进), Wang XQ (王小菁). Content change of anthocyanin, reducing sugar and soluble protein during the flower development of *Petunia hybrida*. *J South China Norm Univ* (华南师范大学学报), 2001, **2**: 96-99
- 13 Zhang JY (张晋豫), Qiu ZB (邱宗波), Yue M (岳明). Physiological and biochemical changes in the petal of *Petunia hybrida* exposed to enhanced ultraviolet-B radiation. *Acta Bot Bor-Occid Sin* (西北植物学报), 2008, **28** (8): 1637-1642
- 14 Caldwell MM. Solar ultraviolet radiation and the growth and development of higher plant. *Photophysiology*, 1971, **6**: 131-177
- 15 Predieri S, Norma MA, Krizek DT. Influence of UV-B radiation on membrane lipid composition and ethylene of evolution in 'Doyenne d' Hiver' pear shoots grown in vitro under different photosynthetic photo fluxes. *Environ Experl Bot*, 1995, **35**: 152-260
- 16 Caldwell MM. The effects of solar UV-B radiation (280-315 nm)

- on higher plants: Implications of stratospheric ozone reduction. In: Caseellan A. Research in Photobiology. New York: Plenum Press, 1977. 335
- 17 Markham KR. Techniques of flavonoid identification. Beijing: Science Press (北京: 科学出版社), 1990
- 18 Gu HY (顾红雅), Qu LJ (瞿礼嘉). Plant Molecular Biology—A Laboratory Manual. Beijing: High Education Press (北京: 高等教育出版社), 1998. 6~7
- 19 Qi Z, Yue M, Wang XL. Laser pretreatment protects cells of broad bean from UV-B radiation damage. *J Photochem & Photobiol B Biol*, 2000, **59** (7): 33~37
- 20 Qi Z, Yue M, Hang R, Wang XL. The damage repair role of He-Ne laser on plants exposed to different intensities of ultraviolet-B radiation. *Photochem & Photobiol*, 2002, **75** (6): 680~686
- 21 Fan XT (范雪涛), Ma DW (马丹炜), Xiang S (向莎), Yang XJ (杨晓娇). Change in antioxidant enzymes of *Galinsoga parviflora* Cav. under environmental stresses. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2008, **14** (5): 616~619
- 22 Tanaka Y, Kusumi T. Metabolic engineering to modify flower color. *Plant Cell Physiol*, 1998, **11**: 1119~1126
- 23 He XL (何小玲), Wang JF (王金发). Question in quality genetic and genetic engineering of ornamental plants. *Plant Physiol Commun* (植物生理学通讯), 1998, **34** (6): 462~466
- 24 Robberecht R, Caldwell MM. Protective mechanisms and acclimation to solar ultraviolet-B radiation in *Oenothera striata*. *Plant Cell Environ*, 1983, **6**: 477~485
- 25 Liu L, Gitz DC, McClure JW. Effects of UV-B on flavonoids, ferulic acid, growth and photosynthesis in barley primary leaves. *Physiol Plant*, 1995, **93**: 725~733
- 26 Markham KR, Ryan KG, Bloor SJ, Mitchell KA. An increase in the luteolin: Apigenin ratio in *Marchantia polymorpha* on UV-B enhancement. *Phytochemistry*, 1998, **48**: 791~794
- 27 Liu QF (刘青芳), Li WJ (李文建), Zhou LB (周利斌). Effects of heavy ion beam irradiation on explants *in vitro* culture and RAPD analysis of plants induced by irradiated hypocotyl with *Medicago sativa*. *J Radiat Res Radiat Process* (辐射研究与辐射工艺学报), 2008, **26** (4): 228~232
- 28 Yu LX (余丽霞), Li WJ (李文建), Dong XC (董喜存). RAPD analysis on dwarf mutant of *Dahlia pinnata* Cav. induced by 80 MeV/U<sup>12</sup> C<sup>6+</sup> ions. *Nucl Tech* (核技术), 2008, **31** (11): 830~833



## 蛋白质生物农药

邱德文 主编 (应用生物技术大系) 科学出版社 出版 (2010年5月)

“十一五”国家重点图书出版规划项目 978-7-03-027524-0 ¥50.00

### 内容简介

本书内容为现代生物技术前沿之一,是在生物技术快速发展、生物农药备受关注的背景下,在分析了国内外蛋白质生物农药研究进展及其研制经验的基础上编著而成的。全书共分十四章,包括蛋白质生物农药的概念及类型, Bt晶体蛋白的杀虫作用及应用,细菌源蛋白质生物农药,真菌源蛋白质生物农药,蛋白质生物农药对植物的免疫增产功能,蛋白质生物农药的作用机理,农药的毒理学评价,蛋白质生物农药的筛选和评价模型,蛋白质生物农药的发酵、制备和检测,蛋白质生物农药的制剂技术和应用,蛋白质药物的分子生物学研究技术,蛋白质药物的结构解析与分子设计,蛋白激酶子转基因植物研究,蛋白质生物农药的发展前景等。

本书适合于农林院校的农学和植物保护类专业及综合性院校的生命科学相关专业的教师、研究生使用,也可供相关研究领域的科研人员参考。

## 虫媒传染病流行病学研究进展

(美) S.M. 莱蒙 等编 吕志平 等译 (翻译版) 科学出版社 出版 (2010年5月)

978-7-03-027233-1 ¥68.00

### 内容简介

本书从宏观角度审视了虫媒传染病给全球带来的负担,讨论了未来能够成功减轻和应对虫媒传染病的策略,并深入探讨了虫媒传染病的生物学和生态学背景,虫媒传染病对健康和经济产生的影响,新发与复发虫媒传染病方面的预防和控制手段、科学与技术上的进步,以及应对当前和未来威胁的综合策略。全书内容高端、前沿,观点、理论独到新颖,对虫媒传染病的预防和控制工作有很好的指导和借鉴意义。

本书可供高等院校特别是各类医学院校生命科学领域的学生、老师、研究人员,以及疾病预防控制相关工作人员,如CDC和检验检疫以及医院传染病相关医务工作者参考。

联系人: 科学出版社科学销售中心 周文宇 电话: 010-64031535 E-mail: zhouwenyu@mail.sciencep.com

网址: www.lifescience.com.cn 网上订购: www.dangdang.com www.amazon.cn