

广东英德石门台自然保护区山顶矮林 主要乔木种间联结性研究

尹爱国¹, 苏志尧², 陈北光²

(1 茂名学院 化学与生命科学学院, 广东 茂名 525000; 2 华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642)

摘要:采用 2×2 联列表,通过方差比率(VR)、 χ^2 检验、联结系数(AC)、种间共同出现百分率(PC)和Pearson相关系数 r 公式对广东石门台自然保护区山顶矮林13个主要乔木进行种间联结性和相关性分析.结果表明:13个乔木种群总体呈不显著的负联结;78对种对中,绝大多数种对联结关系未达到显著水平,种对间的独立性相对较强,相关性较弱,只有15对种对存在较强的相关性,这些可能与群落目前所处的阶段和特殊的生境条件有关.

关键词:山顶矮林; 石门台自然保护区; 乔木种群; 种间联结性与相关性

中图分类号:Q948.567

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2007)01-0077-05

Interspecific Association of Main Tree Populations of the Montane Elfin Forest in Shimentai Nature Reserve, Guangdong Province

YIN Ai-guo¹, SU Zhi-yao², CHEN Bei-guang²

(1 College of Chemistry and Life Science, Maoming College, Maoming 525000, China;

2 College of Forestry, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: Based on a 2×2 contingency table, interspecific association of 13 main tree populations of the montane elfin forest in shimentai Nature Reserve, Guangdong Province, was studied using variance ratio (VR), χ^2 test, association coefficient (AC), percentage of co-occurrence (PC), and Pearson r correlation coefficient. The results show that 13 main tree populations are insignificantly negative association in general; most of the total 78 species pairs exhibit no significant association, obvious independency and weak correlation. Only 15 populations show strong correlation, which may be related to the serial stage of the community and special habitat.

Key words: the montane elfin; Shimentai Nature Reserve; tree population; interspecific association and correlation

种间联结是指不同物种在空间分布上的相互关联性,是对各物种在不同生境中相互影响相互作用所形成的有机联系的反映,通常是由于群落生境的差异影响了物种的分布而引起的.近些年来,国内外许多学者在研究方法和不同植被类型优势种间联结性方面做了不少工作,但有关山顶矮林的种间联结

性鲜见报道^[1-2].本文采用种间联结与种间相关的测定方法,对山顶矮林种间关系进行研究,从而有利于正确认识山顶矮林的结构、功能、物种间以及物种与环境之间的相互关系,并能为山顶矮林的植被研究与资源保护提供基本资料,以便更好地保护山顶矮林,并为保护生物的多样性提供种间关系的依据^[3].

收稿日期:2005-09-13

作者简介:尹爱国(1975—),男,讲师,硕士,E-mail:yinlife8@hotmail.com

基金项目:英德市政府资助项目(4400-H01012)

1 研究地概况与方法

1.1 自然概况

广东石门台自然保护区位于东经 113°01'11" ~ 113°46'11"、北纬 24°17'49" ~ 24°31'02", 地处广东省中北部, 英德市北部, 是南岭山脉的最南端, 是珠江三角洲与粤北山区的过渡地带, 南北长约 24 km, 北江从保护区中部纵贯南北. 保护区总面积 82 260 hm², 是目前广东省连片面积最大的保护区, 包括石门台和滑水山 2 个核心区. 保护区未受第四纪冰川影响, 出露的地层古老, 物种起源古老, 地形复杂, 地貌类型多样, 至今仍有保存甚为完整的植被, 为许多物种提供了理想栖息生境^[4].

1.2 调查方法

在线路踏查的基础上, 在有代表性的地段采用样方取样法, 每个样方面积为 10 m × 10 m, 共计 42 个. 用 GPS 测海拔高和经纬度, 用坡度计测定坡向和坡度. 在样方中记录立木种名, 测定胸径 ≥ 2.5 cm 的所有立木胸径、树高、冠幅和枝下高. 在每个样方的四侧各设置一个 2 m × 2 m 小样方, 进行林下植物和森林更新频度调查, 记录灌木、草本和藤本的种类、盖度和密度, 胸径 < 2.5 cm 乔木的种类、高度和盖度, 并按主林层、演替层、更新层记录乔木树种. 从中选取 13 种主要乔木(表 1)进行种间关联分析, 它们都是群落的优势种或常见种.

表 1 山顶矮林 13 种主要乔木的基本情况

Tab. 1 Description of 13 main tree populations in the montane elfin forest

种号 species no.	种名 species	出现的		
		个体数 individual no.	样方数 appear no. of quadrats	重要值 importance value
1	疏齿木荷 <i>Schima remotiserrata</i>	367	19	37.969
2	五列木 <i>Pentaphylax euryoides</i>	358	23	37.004
3	红锥 <i>Castanopsis hystrix</i>	237	15	32.132
4	木荷 <i>Schima superba</i>	279	14	30.129
5	蜜花树 <i>Rapanea neriifolia</i>	156	14	17.068
6	中华楠 <i>Machilus chinensis</i>	69	16	12.924
7	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	80	10	12.428
8	白锥 <i>Castanopsis fabri</i>	83	6	10.249
9	网脉山龙眼 <i>Helicia reticulata</i>	64	11	9.202
10	罗浮柿 <i>Diospyros morrisiana</i>	45	12	8.102
11	华鼠刺 <i>Itea chinensis</i>	28	12	6.411
12	拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i>	24	11	5.862
13	山苍子 <i>Litsea cubeba</i>	22	11	5.783

1.3 数据处理

依据野外调查数据, 采用 2 × 2 联列表的形式排列并计算种对间的 a (种 A 与种 B 同时出现的样方数)、 b (只有种 B 出现的样方数)、 c (只有种 A 出现的样方数)、 d (种 A 与种 B 都不出现的样方数) 的数据矩阵, 作为种间联结测定的基础数据.

1.3.1 总体相关性检验 对多物种间总体相关性测定, 可用零关联模型导出方差比率 (VR) 来检验统计^[1-2]:

$$\delta_T^2 = \sum_{i=1}^S P_i(1 - P_i), P_i = n_i/N,$$

$$S_T^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^S (T_j - t)^2,$$

$$VR = S_T^2/\delta_T^2,$$

式中, S 为总物种数, N 为总样方数, T_j 为样方 j 内出现的研究物种总数, n_i 为物种 i 出现的样方数, t 为样方中物种的平均数, $t = (T_1 + T_2 + \cdots + T_N)/N$, δ_T^2 为总体样本方差, S_T^2 为总种数方差.

在独立性零假设条件下, VR 期望值为 1, 当 VR > 1 时, 表明种间表现出净的正关联; VR < 1 时, 则种间表现出净的负关联.

采用统计量 $W = VR \times N$ 来检验 VR 值偏离 1 的显著程度, 如果种间无关联, 由 W 落入下面卡平方分布给出的界限内的概率为 90%: $\chi_{0.95}^2(N) < W < \chi_{0.05}^2(N)$.

1.3.2 种间关联测定 用联结系数 (AC) 来表明种间联结的程度^[1-2,5]:

$$AC = (ad - bc)/(a + b)(b + d) \quad ad \geq bc;$$

$$AC = (ad - bc)/(a + b)(a + c) \quad ad < bc \text{ 且 } d \geq a;$$

$$AC = (ad - bc)/(b + d)(d + c) \quad ad < bc \text{ 且 } d < a.$$

AC 值域为 $[-1, 1]$, AC 越接近 1, 物种间关联越强, 反之, 越接近 -1, 物种间负关联越强, AC 为 0 表明物种间完全独立.

为克服联结系数 AC 受到 d 值影响大而造成偏差, 再选用种间共同出现百分率 (PC) 来表示各种对间的联结程度, 其计算公式为: $PC = a/(a + b + c)$, 值域为 $[0, 1]$, 其值越趋近 1, 则表示该种对的正联结越紧密.

1.3.3 χ^2 显著性检验

$$\chi^2 = \frac{(|ad - bc| - n/2)^2 \times n}{(a + b)(a + c)(c + d)(b + d)},$$

其中, n 为样方数. 若 $\chi^2 > 3.841$ ($0.01 < P < 0.05$), 表示种对间联结性显著; 若 $\chi^2 > 6.635$ ($P < 0.01$), 表示种对间联结性极显著. χ^2 本身没有负值, 判断正负联结

的方法是: $ad > bc$ 时, 为正联结; 反之, 为负联结^[13]。

1.3.4 物种相关性测定 通常使用的测定方法是相关系数(r), 即

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

其中, X_i 、 Y_i 分别为 2 个种的数量, $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 为其平均值, n 为样方数, 将成对物种的定量数据代入 r 公式, 计算种间的相关性, 并以自由度为 $n-2$ 在相关系数表中查其显著程度^[3]。

2 结果与分析

2.1 群落外貌

石门台山顶矮林的组成种类绝大多数是常绿的, 外貌整齐, 树冠层浓密, 林相终年常绿, 春季嫩绿, 秋季浓绿, 冬季则呈灰绿色。郁闭度达 0.85 以上, 极少天窗。矮林的组成种类中虽有少数落叶树种, 但并不构成明显的落叶季相。树冠圆形或椭圆形, 林冠起伏不大, 乔木分层, 层次不太明显。立木的高度一般在 3~5 m, 计有 1 599 株, 占总株数的 66%, 树高最高不超过 12 m, 超过 6 m 的树木不多, 只占 7% (图 1)。群落立木密度较大, 平均每 100 m² 有立木 58 株左右, 分枝较低, 枝下高平均只有 1.3 m 左右, 枯枝落叶及断枝断梢较多, 树干分枝多而稠密。树干附生植物主要为苔藓, 凋落物层较厚, 未见板根现象。藤本植物种类很少, 只见一些草质和纤弱的木质藤本, 未见大型木质藤本。

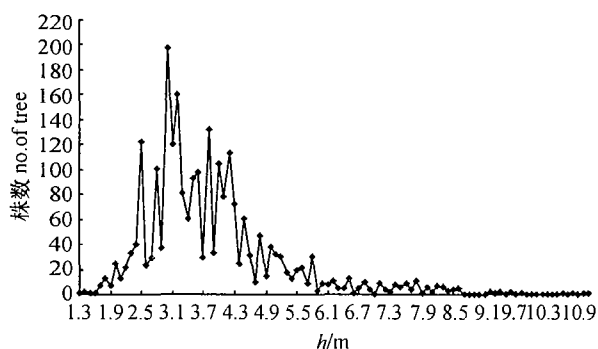


图1 山顶矮林乔木高度与株数的关系

Fig. 1 Correlation diagram of height and number of tree populations in the montane elfin forest

2.2 总体关联性和显著性

根据 13 个乔木种群之间存在与不存在矩阵, 计算 VR 值:

$$VR = S_T^2 / \delta_T^2 = 0.978 < 1,$$

说明 13 个种群间表现出负关联。用统计量 W 来检测 VR 值偏离 1 的显著性。

$$W = VR \times N = 41.058,$$

查表得相应的 χ^2 值, $\chi_{0.95}^2(42) = 28.144$, $\chi_{0.05}^2(42) = 58.124$, W 落入 $\chi_{0.95}^2(42)$ 与 $\chi_{0.05}^2(42)$ 之间, 说明 13 个种群之间在总体上表现出不显著的负关联。

2.3 成对物种间联结性

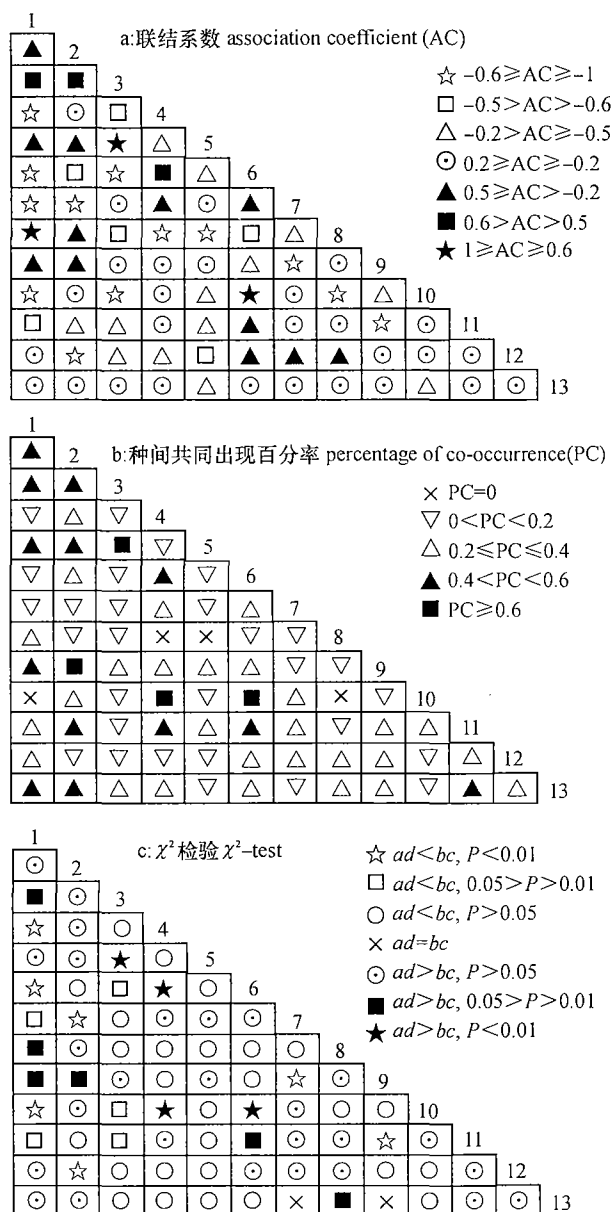
2.3.1 AC 值 图 2a 表明, 种对 3-5 (红锥 *Castanopsis hystrix* - 蜜花树 *Rapanea neriifolia*)、6-10 (中华楠 *Machilus chinensis* - 罗浮柿 *Diospyros morrisiana*) 的 AC 值在 0.6 以上, 说明有较强的正联结, 种对 1-8 (疏齿木荷 *Schima remotiserrata* - 白锥 *Castanopsis fabri*) 的 AC 值为 1, 正联结程度最强; 种对 1-4、1-6、1-7、1-10、2-7、2-12、3-6、3-10、4-8、5-8、7-9、8-10、9-11 的 AC 值在 -0.6 以下, 说明有较强的负联结, 占总种对的 16.7%, 其中种对 1-10 (疏齿木荷 - 罗浮柿)、4-8 (木荷 *Schima superba* - 白锥)、5-8 (蜜花树 - 白锥)、8-10 (白锥 - 罗浮柿) 的 AC 值为 -1, 负联结的程度最强; 大多数种对的 AC 值在 -0.5~0.5, 共有 53 种对, 占总种对的 67.9%, 说明山顶矮林的主要乔木的大多数种对的联结性不强。

2.3.2 PC 值 图 2b 可以看出, 种对 1-10、4-8、5-8、8-10 的 PC 值为 0, 表明疏齿木荷与罗浮柿、木荷与白锥、蜜花树与白锥、白锥与罗浮柿无关联; 种对 1-2、1-3、1-5、1-9、1-13、2-3、3-5 等 17 对的 PC 值在 0.4 以上, 占总种对的 21.8%, 表明这些种对的种间联结性较强; 种对 1-4、2-4、3-4、2-6 等 57 对的 PC 值在 0.4 以下, 占总种对的 73.1%, 说明大部分种对之间的联结程度不显著。

2.4 种间联结显著性检验

据 χ^2 检验相关公式测定结果绘制的半矩阵图 (图 2c) 可以看出, 在 13 个主要乔木种群组成的 78 个种对中, 正联结的有 37 对, 占总种对的 47.4%, 负联结有 39 对, 占总种对的 50.0%, 无联结有 2 对, 分别为 7-13 (马尾松 *Pinus massoniana* - 山苍子 *Litsea cubeba*)、9-13 (网脉山龙眼 *Helicia reticulata* - 山苍子), 占总种对的 2.6%。正联结中有 4 个种对存在极显著的正联结, 分别为 3-5 (红锥 - 蜜花树)、4-6 (木荷 - 中华楠)、4-10 (木荷 - 罗浮柿)、6-10 (中华楠 - 罗浮柿), 有 1-3 (疏齿木荷 - 红锥)、1-8 (疏齿木荷 - 白锥)、1-9 (疏齿木荷 - 网脉山龙眼)、2-9 (五列木 *Pentaphylax euryoides* - 网脉山龙眼)、6-11 (中华楠 - 华鼠刺 *Itea chinensis*)、8-13 (白锥 - 山苍子) 6 对存在显著的正联结, 有 27 对存在不显著的正联结, 占总种对的 34.6%; 负联结中有 7 对存在极显著的负联结, 分别为 1-4 (疏齿木荷 - 木荷)、1-6 (疏齿木荷 - 中华楠)、1-10 (疏齿木荷 - 罗浮柿)、2-7 (五列木 - 马尾松)、2-12 (五列木 - 拟赤杨 *Alniphyllum fortunei*)。

nei)、7-9(马尾松-网脉山龙眼)、9-11(网脉山龙眼-华鼠刺),有5对存在显著的负联结,27对存在不显著的正联结,占总种对的34.6%。存在不显著的正负联结或无联结的种对有56对,占总种对的71.8%,说明大部分种对之间的联结程度不显著。



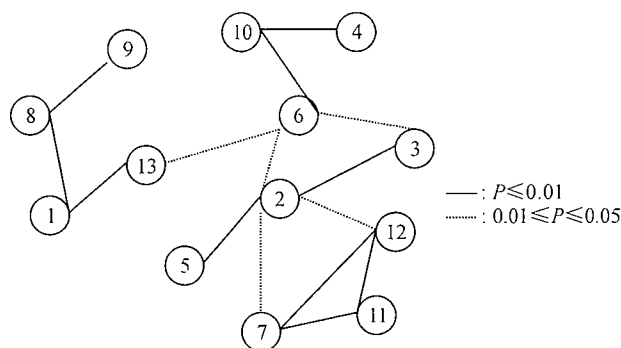
1: 疏齿木荷 *Schima remotiserrata*; 2: 五列木 *Pentaphylax euryoides*; 3: 红锥 *Castanopsis hystrix*; 4: 木荷 *Schima superba*; 5: 蜜花树 *Rapanea neriifolia*; 6: 中华楠 *Machilus chinensis*; 7: 马尾松 *Pinus massoniana*; 8: 白锥 *Castanopsis fabri*; 9: 网脉山龙眼 *Helicia reticulata*; 10: 罗浮柿 *Diospyros morrisiana*; 11: 华鼠刺 *Itea chinensis*; 12: 拟赤杨 *Alniphyllum fortunei*; 13: 山苍子 *Litsea cubeba*

图2 山顶矮林主要乔木种群间联结分析半矩阵图
Fig. 2 Half-matrix diagram of interspecific association of main tree populations in the montane elfin forest

2.5 物种相关性

由图3可以看出,具强相关性的种对有10对,全部为正相关性;较强相关性的种对有5对,只有

6-13(中华楠-山苍子)存在较强的正相关,其余的存在较强的负相关;有相关性的种对只占总种对的18.8%,说明大部分种对之间的相关性不显著。山顶矮林是在漫长的演替过程中发育成熟的,由于种内种间的竞争,群落的组成成分基本稳定,各个物种占据了有利于自己的位置,和谐共处,相互依赖和相互竞争大为降低和减弱,所以多数种对相关性强。山顶矮林是一种特殊的植物群落类型,生长在海拔850 m以上的孤立、陡峭的山顶或山脊,土层瘠薄,腐殖质少,光照强,温度较低,昼夜温差大,湿度很大,生境条件差,“山顶效应”明显,为了与恶劣的生境条件作斗争,有较多的种群的相互依赖性增强,有1对种对的正相关性较强,10对种对有强的相关性。同时为了竞争共同利用的资源,有极少种群产生排斥作用,只有4对种对存在较显著的负相关性,这是长期适应不同的微环境,利用不同资源空间的结果,也是生态分离的反映^[1-2]。



1: 疏齿木荷 *Schima remotiserrata*; 2: 五列木 *Pentaphylax euryoides*; 3: 红锥 *Castanopsis hystrix*; 4: 木荷 *Schima superba*; 5: 蜜花树 *Rapanea neriifolia*; 6: 中华楠 *Machilus chinensis*; 7: 马尾松 *Pinus massoniana*; 8: 白锥 *Castanopsis fabri*; 9: 网脉山龙眼 *Helicia reticulata*; 10: 罗浮柿 *Diospyros morrisiana*; 11: 华鼠刺 *Itea chinensis*; 12: 拟赤杨 *Alniphyllum fortunei*; 13: 山苍子 *Litsea cubeba*

图3 山顶矮林主要乔木种群间相关分析星座图(r-检验)
Fig. 3 Constellation diagram of interspecific correlation test of main tree populations in the montane elfin forest (r-test)

3 讨论

χ^2 检验由于有明确的指标($P < 0.01$ 和 $P < 0.05$),能比较准确客观地表现种间联结性,而AC却能体现出那些由 χ^2 检验证明不显著的联结性来。AC值虽能反映种间联结性的相对强弱,但对联结性强弱的等级划分缺少统一的标准,当所研究群落中物种数目较多,而调查格子面积较小仅能体现较少的物种数(人为地减小了b值或c值)时,它一方面夸大了负联结性,另一方面则由于高d值导致AC值正值偏高。PC值由于忽视了d值的作用,无形中夸大

了 a 、 b 、 c 值在联结性测定中的作用. 因此,以 χ^2 检验为基础,结合AC和PC共同来测定种群间的联结性会得到较准确的结论^[2,6-7].

但用 χ^2 检验得出联结性强的种对,其相关性不一定都强. 例如3-5(红锥-蜜花树)、4-6(木荷-中华楠)有极显著的正联结,但它们的正相关性较弱,相关系数 r 分别为0.288、0.262,红锥和蜜花树均喜温暖湿润的气候,耐荫,相同的生境需求决定它们存在正联结性强,但它们所处的生态位不同,就造成它们的正相关性较弱,这也与实际情况相吻合,木荷和中华楠也是由于所处的生态位不同,造成正相关性较弱. 这是2种方法所用数据的差异造成的, χ^2 分析用的是种存在与否的元数据,而 r 分析用的是数量数据,所含的信息量较大,故后者的精度和准确性要高些. 但 χ^2 检验与 r 检验所得的结果基本一致,只是强弱的差异,可以相互检验和补充^[8].

参考文献:

- [1] 马丹炜,王跃华,王道模,等. 青城山森林植被常见种

群种间联结性的研究[J]. 四川大学学报:自然科学版,2004,41(1):169-173.

- [2] 邓贤兰,刘玉成,吴杨. 井冈山自然保护区栲属群落优势种群的种间联结关系研究[J]. 植物生态学报,2003,27(4):531-536.
- [3] 孙中伟,赵士洞. 长白山北坡椴树阔叶红松林群落木本植物种间联结性与相关性研究[J]. 应用生态学报,1996,7(1):1-5.
- [4] 苏志尧,陈北光,吴大荣. 广东英德石门台自然保护区的植被类型和群落结构[J]. 华南农业大学学报,2002,23(1):58-62.
- [5] 林伟强,刘惠明,张璐. 广州帽峰山次生林主要种群种间联结性研究[J]. 生态科学,2004,23(1):42-46.
- [6] 张思玉. 桫欏群落内主要乔木种群的种间联结性[J]. 应用与环境生物学报,2001,7(4):335-339.
- [7] 胡理乐,江明喜,党海山,等. 从种间联结分析濒危植物木荷小勾儿茶在群落中的地位[J]. 植物生态学报,2005,29(2):258-265.
- [8] 张金屯,焦蓉. 关帝山神尾沟森林群落木本植物种间联结性与相关性研究[J]. 植物研究,2003,23(4):458-463.

【责任编辑 李晓卉】

(上接第72页)

联,主要是绒毡层异常导致花粉营养失调败育^[11-12]. 陈中正等^[3]对本研究材料的研究表明,中层异常是导致花粉败育的关键,因此 $ws-3-1$ 是进行分子生物学基础研究的良好材料,本研究的结果将有助于水稻核雄性不育机理的研究.

参考文献:

- [1] 蒋兴村. 863-2空间诱变育种进展及前景[J]. 空间科学学报,1996,16(增刊):77-82.
- [2] 梅曼彤. 空间辐射环境对生物系统的效应[M]//姜景山. 空间科学与应用. 北京:科学出版社,2001:551-565.
- [3] 陈中正,刘向东,陈志强,等. 水稻空间诱变雄性不育新种质的细胞学研究[J]. 中国水稻科学,2002,16(3):199-205.
- [4] DIATCHENKO L, LAU Y F, CAMPBELL A P, et al. Suppression subtractive hybridization: A method for generating differentially regulated or tissue-specific cDNA probes and libraries[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1996, 93(12): 6025-6030.
- [5] SAMBROOK J, FRITSCH E F, MANIATIS T. Molecular cloning: A laboratory manual[M]. 2nd ed. New York: Cold Spring Laboratory Press, 1989: 6.3-10.68.

- [6] GODDARD R H, WICK S M, SILFLOW C D, et al. Microtubule components of the plant cell cytoskeleton[J]. Plant Physiol, 1994, 104(1): 1-6.
- [7] 徐是雄,刘向东,冯九焕,等. 水稻IR36及光温敏核雄性不育系矮64S小孢子母细胞减数分裂期间微管骨架的变化[J]. 植物学报,2001,43(3):221-226.
- [8] SCHMID F X. Protein folding: Prolyl isomerases join the fold[J]. Curr Biol, 1995, 5(9): 993-994.
- [9] SCHIENE-FISCHER C, YU C. Receptor accessory folding helper enzymes: The functional role of peptidyl prolyl *cis/trans* isomerases[J]. FEBS Lett, 2001, 495(1/2): 1-6.
- [10] KUREK I, DULBERGER R, AZEM A, et al. Deletion of the C-terminal 138 amino acids of the wheat *FKBP73* abrogates calmodulin binding, dimerization and male fertility in transgenic rice[J]. Plant Mol Biol, 2002, 48: 369-381.
- [11] 利容千. 我国水稻雄性不育的细胞生物学研究概况与展望[J]. 植物学通报,1999,16(增刊):30-34.
- [12] 谢潮添,魏冬梅,田惠桥. 高等植物雄性不育的细胞生物学研究进展[J]. 植物生理与分子生物学报,2006,32(1):17-23.

【责任编辑 李晓卉】