

在烟草和蓝猪耳花粉萌发及花粉管生长中 阿拉伯半乳糖蛋白的作用

赵振东, 秦 源, 吴娟子, 赵 洁*

(武汉大学生命科学院, 植物发育生物学教育部重点实验室, 武汉 430072)

摘 要: 采用花粉离体培养技术研究了阿拉伯半乳糖蛋白(arabinogalactan proteins, AGPs)在烟草和蓝猪耳花粉萌发及花粉管生长中的作用。结果表明: β GlcY(β -Glucosyl Yariv reagent, 一种能与 AGPs 特异结合的试剂)处理导致蓝猪耳花粉萌发率和花粉管生长速度下降; β GlcY 对烟草花粉管的生长也有一定的抑制作用。另外, 采用免疫荧光技术, 发现在烟草和蓝猪耳未萌发的花粉粒中, AGPs 主要分布在萌发孔上; 在烟草离体生长的花粉管中 AGPs 呈均匀分布, 但是在蓝猪耳离体生长的花粉管中未观察到 AGPs 的分布。

关键词: 烟草; 蓝猪耳; 花粉和花粉管; 阿拉伯半乳糖蛋白; β -Glucosyl Yariv reagent

中图分类号: Q944.46

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2006)05-0397-06

Effects of Arabinogalactan Proteins on Pollen Germination and Pollen Tube Growth of *Torenia fourieri* and *Nicotiana tabacum* L.

ZHAO Zhen-Dong, QIN Yuan, WU Juan-Zi, ZHAO Jie*

(Key Laboratory of Ministry of Education for Plant Developmental Biology, College of Life Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Effects of arabinogalactan proteins in pollen germination and pollen tube growth of *Torenia fourieri* and *Nicotiana tabacum* were studied with the *in vitro* pollen tube growth system. The results showed that the frequency of pollen germination and the speed of pollen tube growth of *T. fourieri* were decreased by the treatment of β GlcY (β -Glucosyl Yariv reagent, a reagent specifically bind AGPs). The growth of tobacco pollen tubes was also inhibited by the provision of β GlcY to the medium. With the immunocytochemistry localization techniques, it was observed that AGPs were mainly distributed in the apertures of pollen grains. When the pollen tubes germinated, AGPs were distributed throughout the whole pollen tubes uniformly in *N. tabacum* L., but absent in the pollen tubes of *T. fourieri*.

Key words: *Nicotiana tabacum* L.; *Torenia fourieri*; Pollen grain and pollen tube; Arabinogalactan proteins; β -Glucosyl Yariv reagent

有性生殖是高等植物生活史中的一个重要环节,而花粉萌发和花粉管生长又是高等植物完成有性生殖的关键事件之一,直接关系到受精过程能否顺利完成,因此,有关方面机理的研究越来越受到人们的关注。花粉管的生长方式为顶端生长,即生长部位仅限于花粉管的顶端区域。花粉管的顶端生长依赖于细胞壁及细胞质前体物质源源不断地运往顶端,促使花粉管伸长。大量研究表明,从柱头与花粉的识别,花粉管在花柱中定向生长,花粉管准确到达胚囊释放精子,到合子形成和胚胎发育整个过程均有阿拉伯半乳糖蛋白(arabinogalactan proteins, AGPs)贯穿其中^[1,2]。

AGPs 广泛分布于植物的各种组织和细胞中,是一类结构复杂的大分子,属于富含羟脯氨酸的糖蛋白(Hyp-rich glycoproteins, HRGPs)家族。它们主要分布在细胞质膜、质膜-细胞壁间隙、细胞壁和胞外基质中。在离体培养中,细胞和组织内的 AGPs 可以分泌到培养基中。AGPs 的功能涉及细胞间的信息交流和相互识别、细胞与细胞之间或细胞与基质之间的粘附,以及细胞与环境的相互作用。AGPs 富含阿拉伯半乳糖侧链,而且能与人工合成的苯基偶氮染色剂,即 β -葡萄糖基-Yariv[1,3,5-三(4- β -D 葡吡喃糖基-氧化苯基-偶氮基)-2,4,6-三羟基苯]试剂(β -D-glucosyl-Yariv reagent, β GlcY)反应形成

收稿日期:2006-04-12,修回日期:2006-06-16。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30370089);教育部博士点专项基金(20050486015)资助。

作者简介:赵振东(1985-),男,本科生,研究方向为植物发育生物学。

* 通讯作者(E-mail: jzhao@whu.edu.cn)。

红色沉淀^[3]。βGlcY 的这些特性能广泛用于 AGPs 的定位、分离纯化、AGPs 功能的研究等方面^[4,5]。采用 AGPs 诱导形成的多克隆或单克隆抗体是研究 AGPs 特性的一个重要手段。AGPs 的抗体,尤其是单克隆抗体识别特异性较高,绝大多数识别的是 AGPs 的糖基部位。本实验就是利用 AGPs 的这些特性进行 AGPs 的定位和功能研究。

花粉管壁含有 AGPs 已在多种植物中得到证实,如: 蔓菁 (*Brassica napus*)^[6]、烟草 (*Nicotiana tabacum* L.)、花烟草 (*N. alata*) 和百合 (*Lilium longiflorum* L.)^[7]等,而花粉管亚尖端细胞壁中 AGPs 常以与花粉管脉冲生长相关的环状形式出现。有报道显示,烟草花粉管壁上 MAC207 和 JIM8 表位沿花粉管长轴呈周期性的环状分布^[8]。JIM8 和 JIM13 抗体免疫实验显示,油菜花粉粒、花粉管和分离的精细胞都含有 AGPs;分离的百合精细胞表面 AGPs 呈镶嵌分布^[9]。另外,βGlcY 干扰实验显示 AGPs 参与了百合和毛叶番荔枝 (*Annona cherimola*) 花粉管的生长^[10,11]。作者采用免疫荧光技术,并结合花粉离体培养等技术,较为全面地检测了 AGPs 在烟草和蓝猪耳花粉萌发和花粉管生长中的时空分布特点,并重点探讨 AGPs 在烟草和蓝猪耳花粉萌发和花粉管生长中的作用,为阐明植物有性生殖中 AGPs 的作用提供了有价值的信息和研究资料。

1 材料和方法

1.1 材料

烟草 (*Nicotiana tabacum* L.) 品种“SR1”和蓝猪耳 (*Torenia fournieri*) 种植于武汉大学温室内,光照周期为 16 h 光照和 8 h 黑暗,温度为 25℃ 左右。一般在早上 10 点左右采集花粉并进行实验。

1.2 方法

1.2.1 花粉管的离体生长及 βGlcY 的处理

将烟草花粉分别均匀散布在 3 只加有 200 μL 烟草花粉培养基(见表 1)的 EP 管中,2 只中分别加

表 1 烟草花粉萌发基本培养基
(Tris 碱配制,用盐酸调 pH 5.9)
Table 1 The basic medium of the pollens of *Nicotiana tabacum* L. for germination

成分 Component	含量 Content	成分 Component	含量 Content
CaCl ₂	1 mmol/L	CuSO ₄	1.25 μmol/L
KCl	1 mmol/L	MES	15 mmol/L
MgSO ₄	0.8 mmol/L	Sucrose	5%
H ₃ BO ₃	1.6 mmol/L	PEG6000	12.5%
NH ₄ Cl	1 mmol/L		

有 50 μmol/L βGlcY (β-Glucosyl Yariv reagent, 一种能与 AGPs 特异结合的试剂) 和 50 μmol/L βManY (β-D-Mannosyl Yariv reagent, 一类不与 AGPs 结合的 Yariv 试剂, 作为对照组), 25℃ 暗培养。在培养 1、2、3、4 h 后分别取 30 μL 含有花粉的培养基, 加入少量考马斯亮蓝溶液染色固定。蓝猪耳花粉用上述方法培养于蓝猪耳花粉培养基(见表 2)中, 培养和处理方法同上。在培养 1 h 和 2 h 后分别取 60 μL 含有花粉的培养基, 加入考马斯亮蓝溶液染色并固定。用体式显微镜 (Olympus SZX13) 观察并拍照, 用“celiang”软件测量花粉管长度。每组实验重复 3 次, 计算平均值和标准差。

表 2 蓝猪耳花粉萌发基本培养基 (pH 5.8~6.0)
Table 2 The basic medium of the pollens of *Torenia fournieri* for germination

成分 Component	含量 Content
NH ₄ NO ₃	1 mmol/L
KNO ₃	1.24 mmol/L
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.51 mmol /L
KH ₂ PO ₄	0.92 mmol /L
MnSO ₄ · 4H ₂ O	0.011 mmol/L
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	1.7 μmol /L
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.10 μmol/L
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.103 μmol/L
Ca(NO ₃) ₂	21 mmol/L
H ₃ BO ₃	16 mmol/L
Casein	500 mg/L
Sucrose	5%

1.2.2 AGPs 的免疫荧光定位

将烟草和蓝猪耳花粉分别均匀散布在 3 只加有 200 μL 的烟草和蓝猪耳花粉培养基的 EP 管中, 2 只中分别加有 50 μmol/L βGlcY 和 50 μmol/L βManY, 25℃ 暗培养。分别在不同时间内取出部分样品, 加入等量 2.5% 多聚甲醛固定液, 固定 1 h。之后, 用 10 mmol/L PBS 磷酸缓冲液 (pH 7.4) 清洗 3 次; 加入 JIM13 (1:10) 一抗, 25℃ 暗处理, 保温 2 h。用 PBS (pH 7.4) 清洗 3 次。加入 anti-rat-IgG-FITC conjugate (Sigma) (1:100) 二抗, 25℃ 暗处理, 保温 1 h。用 PBS (pH 7.4) 清洗 3 次后于倒置荧光显微镜 (LEICA, DM IRB, Germany) 蓝光激发后观察并用 CCD (OPTRONICS, USA) 拍照。

1.2.3 花粉生活力的鉴定

将蓝猪耳花粉均匀散布在含有 50 μmol/L βGlcY 的 200 μL 蓝猪耳花粉培养基的 EP 管中, 25℃ 暗培养 2 h。加入 50 μmol/L FDA (鉴定细胞生活力的荧光染料) 染色 10 min, 用蓝猪耳花粉培养基清洗后, 在倒置荧光显微镜下蓝光激发后观察并用 CCD 拍照。

2 结果

2.1 AGPs 在烟草花粉管生长中的作用

在培养基中加入 β GlcY, 烟草花粉萌发率没有受到明显的影响(数据未显示), 但花粉管生长受到了明显的抑制, 而加入 β ManY 的对照组中, 花粉管的生长则表现出与未加任何处理的对照组结果相似。以 4 h 为例, 加入 β GlcY 试剂处理的花粉管平均长度为 $(72.98 \pm 9.61) \mu\text{m}$, 而未加任何处理的对照组花粉管生长的长度为 $(83.29 \pm 6.46) \mu\text{m}$, 加入 β ManY 的对照组的花粉管长度为 $(84.97 \pm 0.53) \mu\text{m}$ (图 1)。这说明 β GlcY 对烟草花粉的生长有明显的抑制作用, 由此推测, AGPs 在烟草花粉管生长过程中发挥了重要的作用。

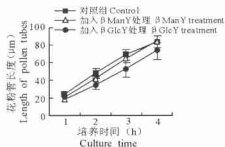
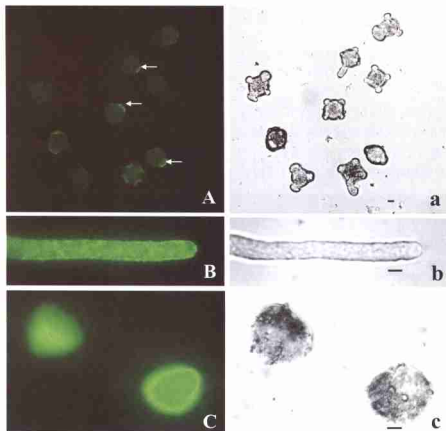


图 1 β GlcY 对烟草花粉管离体生长的影响
Fig. 1 The effects of β GlcY on the *in vitro* growth of pollen tubes in *Nicotiana tabacum* L.

烟草花粉萌发前后 AGPs 免疫荧光定位结果表明, 花粉未萌发或萌发初期 AGPs 在花粉萌发孔周围有明显富集(图 2:A, 箭头所示), 而花粉萌发后, 检测到 AGPs 免疫荧光在整个花粉管中呈均匀分布(图 2:B)。



A~C 为荧光照片, a~c 为相应的明视野照片。A. 在花粉未萌发和萌发初期, AGPs 在烟草花粉萌发孔处有明显富集(白色箭头所示); B. 花粉管萌发后, AGPs 免疫荧光在烟草整个花粉管中呈均匀分布; C. β GlcY 处理后不能正常萌发的蓝猪耳花粉呈现强烈的 FDA 绿色荧光, 表明 β GlcY 处理虽然导致蓝猪耳花粉不能正常萌发, 但不影响其生活力。图中标尺 = $10 \mu\text{m}$

A~C are immunofluorescent images, a~c are the corresponding bright-field micrographs. A. Before and after pollen germination, AGPs are distributed in the pollen apertures of *Nicotiana tabacum* L.; B. When pollens germinate, the fluorescence labeling shows that AGPs are distributed uniformly in the pollen tube of *N. tabacum* L.; C. FDA green fluorescence is detected in the pollens of *Torenia fourieri* treated by β GlcY. The result shows that the germination of pollens is inhibited by the treatment of β GlcY, but the vitality of treated pollens is not affected. Bar = $10 \mu\text{m}$

图 2 AGPs 在烟草花粉管中的免疫荧光定位及 FDA 荧光染色

Fig. 2 Immunocytochemistry localization of AGPs in pollen tubes of *N. tabacum* L. and FDA labeling

2.2 AGPs在蓝猪耳花粉萌发和花粉管生长中的作用

在培养基中加入 β GlcY后,蓝猪耳花粉的萌发率显著降低,培养1 h和2 h的花粉萌发率分别为 $19.84\% \pm 1.69\%$ 和 $22.13\% \pm 1.43\%$;而未加任何处理的对照组中花粉萌发率分别为 $42.07\% \pm 0.67\%$ 和 $49.63\% \pm 1.28\%$ (图3)。结果表明 β GlcY处理对蓝猪耳花粉的萌发有明显的抑制效应,表明AGPs在蓝猪耳花粉萌发过程中可能起着重要的作用。

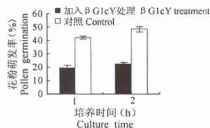


图3 β GlcY对蓝猪耳花粉离体萌发的影响

Fig. 3 The effects of β GlcY on the *in vitro* germination of pollens in *Torenia fourieri*

与烟草花粉管相似,在添加了 β GlcY的培养基中,蓝猪耳花粉管的生长受到明显的抑制,而加入 β ManY的对照实验中,花粉管的生长不受影响,与未加任何处理的对照组生长长度相近(图4)。以花

粉管生长2 h为例,加入 β GlcY试剂处理的花粉管平均长度为 $(14.96 \pm 3.66) \mu\text{m}$,而未加任何处理的对照组花粉管平均长度为 $(37.93 \pm 6.47) \mu\text{m}$;加入 β ManY的对照组花粉管平均长度为 $(35.90 \pm 13.33) \mu\text{m}$ 。结果表明 β GlcY明显抑制了蓝猪耳花粉管的生长,暗示AGPs在蓝猪耳花粉管生长过程中发挥着重要的作用。

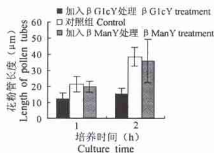
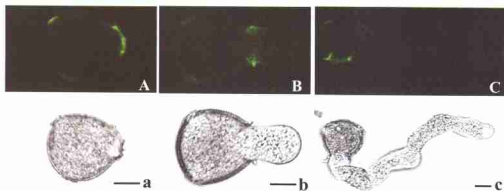


图4 β GlcY对蓝猪耳花粉管生长的影响

Fig. 4 The effects of β GlcY on the *in vitro* growth of pollen tubes in *T. fourieri*

ACPs免疫荧光定位结果表明,蓝猪耳花粉未萌发和萌发初期(0.5 h),呈现出与烟草花粉类似的结果,即ACPs在花粉萌发孔处明显富集(图5:A、B),而花粉萌发1 h后,在整个花粉管中却未检测到ACPs免疫荧光的分布,仅仅检测到ACPs在花粉萌发孔周围有明显的分布(图5:C)。



A-C为荧光照片,a-c为相应的明视野照片。A.花粉未萌发时,AGPs在蓝猪耳花粉萌发孔处有明显富集;B.花粉萌发初期,AGPs在花粉萌发孔周围有明显富集;C.花粉萌发后,在蓝猪耳花粉管中观察到AGPs的分布,只在萌发孔周围有少量荧光。图中标尺=10 μm

A-C are immunofluorescent images, a-c are the corresponding bright-field micrographs. A. Before the pollen germination, AGPs are distributed in the pollen aperture of *Torenia fourieri*; B. When pollen germinates in the initial stage, AGPs are distributed in the pollen aperture of *T. fourieri* as well; C. When pollen germinates in the later stage, AGPs are not observed in the pollen tube of *T. fourieri*. AGPs are localized around the pollen aperture. Bar = 10 μm

图5 AGPs在蓝猪耳花粉管中的免疫荧光定位

Fig. 5 Immunocytochemistry localization of AGPs in pollen tubes of *T. fourieri*

2.3 蓝猪耳花粉生活力的鉴定

以上结果显示, β GlcY不仅仅对蓝猪耳花粉离体萌发产生影响,即 β GlcY处理组的萌发率比未处

理对照组的萌发率降低了一半以上(图3),而且 β GlcY对花粉管的生长速率也有明显的影响(图4)。为了检测 β GlcY是否影响蓝猪耳花粉的生活

力,我们对蓝猪耳花粉进行了 FDA 染色。结果显示经 β GlcY 处理后未能正常萌发的蓝猪耳花粉呈现强烈的绿色荧光(图 2:C),表明 β GlcY 处理虽然导致蓝猪耳花粉不能正常萌发,但不影响其生活力。

上述结果表明,AGPs 对这两种植物花粉管离体生长有一定的作用,并观察到 AGPs 在烟草和蓝猪耳花粉管中有着明显不同的分布规律。

3 讨论

AGPs 在植物雄性和雌性生殖器官中均广泛分布。有报道表明 β GlcY 能阻止百合花粉管的体外萌发,而且这种抑制作用是可逆的,如将花粉管转移到不含 β GlcY 的培养基上,原来被抑制的花粉管尖端的侧面会长出新的花粉管,表明 AGPs 参与了花粉管的生长^[11]。在本研究中我们发现, β GlcY 试剂处理后烟草和蓝猪耳花粉管的生长速率都有所减缓,表明 AGPs 参与了烟草和蓝猪耳花粉管的生长。在蓝猪耳花粉萌发率实验中,我们发现经 β GlcY 处理后,花粉萌发率也受到了很大的影响,表明 β GlcY 试剂干扰了 AGPs 正常生理功能的发挥,从而抑制蓝猪耳花粉的萌发。因此我们推测 AGPs 与花粉萌发中涉及的一系列生理活动有一定的关系。细胞生活力检测实验显示,虽然 β GlcY 处理影响了蓝猪耳花粉萌发和花粉管生长,但其活性却不受影响,说明导致降低花粉萌发率和减缓花粉管生长速率的主要原因是由于 β GlcY 结合 AGPs 而引起的,而并非是影响了花粉的生活力而导致的。

AGPs 抗体,尤其是单克隆抗体探针绝大多数是针对糖基部分而诱导的,单克隆抗体 JIM13 识别 β -D-GlcA-(1 \rightarrow 3)- α -D-GalA-(1 \rightarrow 2)-L-Rha 表位^[12]。利用免疫细胞化学定位的方法,在烟草花粉中检测到花粉萌发时 AGPs 主要分布在花粉萌发孔附近,而花粉萌发后 AGPs 较均匀的分布于整个花粉管中(图 2:C)。有报道表明,AGPs 在烟草花粉的细胞器区、液泡区均有分布,而且发现 JIM13 表位在花粉管各区域的分布差别不大,只是 JIM13 表位在生殖细胞或精细胞表面强烈表达,说明 AGPs 在生殖细胞周围存在一定程度的特异性分布。这表明 AGPs 可能参与精卵识别作用^[13]。Roy 等^[10]研究发现百合花粉管生长受到 β GlcY 抑制,导致尖端不正常的膨大,可能是由于尖端不能继续生长,而新分泌的细胞壁物质仍然不断沉积于花粉管尖端而造成的。因此,AGPs 对花粉管生长有着极为重要的生理功能。AGPs 高含量的糖基被认为是这种细胞间识

别作用的物质基础^[14]。研究表明,柱头表皮细胞中有大量的 AGPs 分布,也暗示 AGPs 可能为柱头与花粉相互作用的第一个联系纽带的建立提供了物质基础^[15]。在蓝猪耳花粉管中没有观察到 AGPs 的分布,同时, β GlcY 确实影响了蓝猪耳花粉的生长速率,可能的解释是 AGPs 通过在蓝猪耳花粉萌发孔处的聚集来控制其萌发率,然后间接地影响了花粉管的生长速率;或者需要采用其它更多的抗体而非 JIM13 抗体进一步定位花粉管中 AGPs 的存在和功能。这其中的原因还有待于进一步的实验加以证实。

花粉萌发过程中花粉管尖端没有形成成熟的细胞壁物质,仅有一定的纤维素和果胶的积累,而且花粉管尖端纤维素物质含量较低。他人研究表明低酯化果胶主要分布在花粉管尖端,而高脂化果胶则在除尖端以外的花粉壁上均有分布;果胶在花粉细胞壁水合、细胞黏连,以及细胞生长过程中细胞壁的延展性和弹性的建立等方面均发挥重要的作用^[16]。AGPs 与果胶在花粉管中的分布模式和分布位置非常相似^[17],表明 AGPs 与果胶之间存在某种相互作用,对此进行深入探讨可能对 AGPs 在生物体内的作用途径以及生物学功能的研究有着重要的意义。

致谢:感谢 Dr J. P. Knox (Centre for Plant Sciences, University of Leeds, UK) 提供 JIM13 抗体。

参考文献:

- [1] Cheung A Y, Wu H M. Arabinogalactan proteins in plant sexual reproduction[J]. *Protoplasma*, 1999, 208: 87-98.
- [2] Qin Y (秦源), Zhao J (赵洁). The roles of arabinogalactan-proteins in sexual reproduction of argiosperms[J]. *J Plant Physiol Mol Biol* (植物生理与分子生物学学报), 2004, 30(4): 371-378.
- [3] Yariv J, Rapport M M, Graf L. The interaction of glycosides and saccharide with antibody to the corresponding phenylazo glycosides[J]. *Biochem J*, 1962, 85: 383-388.
- [4] Chapman A, Blervacq A S, Vasseur J, Hilbert J L. Arabinogalactan-proteins in *Cichorium* somatic embryogenesis: effect of -glucosyl Yariv reagent and epitope localization during embryo development[J]. *Planta*, 2000, 211: 305-314.
- [5] Bosch M, Knudsen J S, Derken J, Mariani C. Class III pistil-specific extensin-like proteins from tobacco have characteristics of arabinogalactan proteins[J]. *Plant Physiol*, 2001, 125: 2180-2188.
- [6] Gerster J, Allard S, Roberts L S. Molecular characterization of two *Brassica napus* pollen-expressed genes encoding putative arabinogalactan proteins[J]. *Plant Physiol*, 1996, 110: 1231-1237.
- [7] Ferguson C, Bacic A, Anderson M A, Read S M. Subcellular dis-

- tribution of arabinogalactan proteins in pollen grains and tubes as revealed with a monoclonal antibody raised against stylar arabinogalactan proteins[J]. *Protoplasma*, 1999, **206**:105-117.
- [8] Li Y Q, Bruun L, Pierson E S, Cresti M. Periodic deposition of arabinogalactan epitopes in the cell wall of pollen tubes of *Nicotiana tabacum* L[J]. *Planta*, 1993, **188**:532-538.
- [9] Southworth D, Kwiatkowski S. Arabinogalactan proteins at the cell surface of *Brassica* sperm and *Lilium* sperm and generative cells[J]. *Sex Plant Reprod*, 1996, **9**:269-272.
- [10] Roy S, Jauh G Y, Hepler P K, Lord E M. Effects of Yariv phenylglycoside on cell wall assembly in the lily pollen tube[J]. *Planta*, 1998, **204**:450-458.
- [11] Mollet J C, Kim S, Jauh G Y, Lord E M. Arabinogalactan proteins, pollen tube growth, and the reversible effects of Yariv phenylglycoside[J]. *Protoplasma*, 2002, **219**:89-98.
- [12] Yates E A, Valdor J F, Haslam S M, Morris H R, Dell A, Mackie W. Characterization of carbohydrate structural features recognized by anti-arabinogalactan-protein monoclonal antibodies[J]. *Glycobiology*, 1996, **6**:131-139.
- [13] Qin Y, Zhao J. Localization of arabinogalactan-proteins in egg cells, zygotes and two-celled proembryos and effects of β -D-glucosyl Yariv reagent on egg cell fertilization and zygote division in *Nicotiana tabacum* L[J]. *J Exp Botany*, 2006, **57**:2061-2074.
- [14] Clarke A E, Anderson R L, Stone B A. Form and function of arabinogalactans and arabinogalactan-proteins[J]. *Phytochemistry*, 1979, **18**:521-540.
- [15] Qin Y (秦源), Chen D (陈丹), Zhao J (赵洁). The localization of arabinogalactan-proteins in stigma and style of *Nicotiana tabacum* L[J]. *J Plant Physiol Mol Biol* (植物生理与分子生物学学报), 2006, **32**:307-314.
- [16] McCann M C, Shi J, Roberts K, Carpita N C. Changes in pectin structure and localisation during the growth of unadapted and NaCl-adapted tobacco cells[J]. *Plant Journal*, 1994, **5**:773-785.
- [17] Li Y Q, Chen F, Linsken H F, Cresti M. Distribution of unesterified and esterified pectins in cell walls of pollen tubes of flowering plants[J]. *Sex Plant Reprod*, 1994, **7**:145-152.

《武汉植物学研究》2007 年征订启事

《武汉植物学研究》为科学出版社出版、国内外公开发行的植物学综合性学术期刊(学报级)。主要报道植物学及各分支学科的基础研究和应用研究方面具创新性、有重要意义的最新研究成果,植物学研究的新技术、新方法等。栏目设置有:研究论文、技术与方法、综合评述、研究简报、学术讨论、重要书刊评介、学术动态等。主要读者对象为从事植物学研究的科研人员、大专院校师生,以及相关学科,包括农、林、牧、医药、轻工、水产和环保等方面的科技工作者。

本刊为中国科技核心期刊、中国中文核心期刊,被中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)、中国科学引文数据库(CSCD)、中国生物学文献数据库、中国核心期刊(遴选)数据库、中国知识资源总库《中国科技期刊精品数据库》、中国生物学文摘(CBA)、美国《化学文摘》(CA)、美国《生物学文摘》(BA)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)、英国《国际农业与生物科学研究中心》(CABI)等二十多种国内外检索期刊、数据库作为核心期刊或统计源期刊收录。本刊曾相继获得全国优秀科技期刊奖、中国科学院优秀期刊奖、湖北省优秀期刊奖。

本刊为双月刊,大16开铜版纸印刷,双月末出版。国内定价15.00元,全年90.00元。邮发代号38-103,全国各地邮局均可订阅。或通过天津“联合征订服务部”订阅,地址:天津市大寺泉集北里别墅17号 联合征订服务部,邮编:300385,电话:022-23962479,022-23973378, E-mail: lhzd@public.tpt.tj.cn。如漏订,本刊编辑部随时可办理邮购。

本刊已开通了网站,现正在试运行阶段,欢迎广大读者登陆网站并可从网上在线投稿(网址: <http://whzwxxyj.cn>)。编辑部地址:武汉市武昌磨山中科院武汉植物园内(或武汉市74006信箱);邮编:430074;电话:027-87510755; E-mail: editor@rose.whiob.ac.cn

欢迎赐稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告