

鹅观草属三个物种及其居群间的醇溶蛋白分析

魏秀华, 周永红*, 杨瑞武, 丁春邦, 张利, 张海琴

(四川农业大学小麦研究所, 四川都江堰 611830)

摘要: 利用酸性聚丙烯酰胺凝胶电泳技术(A-PAGE)对小麦族鹅观草属3个物种:毛叶鹅观草、纤毛鹅观草和竖立鹅观草进行了醇溶蛋白电泳分析,23份材料电泳分离出22条相对迁移率不同的谱带,其中3条(16.6%)共同带,19条(83.4%)具多态性,每个材料可分离出9~16条谱带。结果表明:(1)三个物种具有相似的醇溶蛋白带型,但存在明显的种间差异;(2)同种不同居群间也存在遗传差异;(3)种间差异大于种内差异。

关键词: 鹅观草属;毛叶鹅观草;纤毛鹅观草;竖立鹅观草;醇溶蛋白

中图分类号: Q946.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2005)05-0464-05

Study on gliadin variation of three *Roegneria* (Poaceae: Triticeae) species and their accessions

WEI Xiu-hua, ZHOU Yong-hong*, YANG Rui-wu,
DING Chun-bang, ZHANG Li, ZHANG Hai-qin

(Triticeae Research Institute, Sichuan Agricultural University, Dujiangyan 611830, China)

Abstract: In the present paper, the gliadin patterns of three *Roegneria* species, *R. amurensis*, *R. ciliaris*, *R. japonensis* and their accessions were analyzed by using acid polyacrylamide gel electrophoresis(A-PAGE). 22 gliadin bands with different relative mobility were found by electrophoresis. Of them, 19 bands had polymorphisms. Each material could separate 9 to 16 bands. The results were showed as follows: (1) *R. amurensis*, *R. ciliaris* and *R. japonensis* had similar gliadin patterns, but they were also different; (2) There were gliadin polymorphism in accessions of the same species; (3) The difference of gliadin patterns between different species was distinct from those between different accessions of a species.

Key words: *Roegneria*; *R. amurensis*; *R. ciliaris*; *R. japonensis*; gliadin

麦醇溶蛋白是麦类植物种子胚乳中的主要贮藏蛋白,其电泳图谱常被用作品种、种质及品质鉴定的标准(Draper, 1987; 张玉良等, 1994; 张学勇等, 1995; Zilman等, 1979)。与同工酶或其它蛋白质相比,醇溶蛋白的组成不受发育时期生理条件及外界环境因子的影响,其电泳带纹特征完全受基因控制,因此更能真实地反映出基因表达上的差异(Draper,

1987)。醇溶蛋白在结构上为单亚基,经过酸性聚丙烯酰胺凝胶电泳(Acid polyacrylamide gel electrophoresis,简称A-PAGE)后,其电泳谱带按其分子量的大小和迁移率的不同,分为 α 、 β 、 γ 、 ω 四个区。在遗传上,醇溶蛋白的编码基因主要位于第一部分同源群染色体短臂和第六部分同源群染色体短臂上(Payne等, 1984; Brown等, 1981)。近年来,国内外

收稿日期: 2004-05-08 修订日期: 2005-01-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(30270099; 30470135); 四川省教育厅(03ZD-12); 科技厅项目资助(02SW-029-06) (Supported by the National Natural Science Foundation of China, Grant No. 30270099 and 30470135; Department of Education, Grant No. 03ZD-12; Science and Technology of Sichuan Province, Grant No. 02SW-029-06)。

作者简介: 魏秀华(1977-), 女, 山东高密县人, 硕士, 研究方向: 小麦族分子细胞遗传学。

* 通讯作者(Author for Correspondence E-mail: Zhouyh@sicau.edu.cn)

已将醇溶蛋白电泳分析应用到遗传育种和种子生产上,如品种鉴定、种子纯度检验、亲缘关系分析、代换系、易位系和体细胞无性系变异鉴定、品质预测等方面(傅宾孝等,1993;王学路等,1994)。麦醇溶蛋白酸性聚丙烯酰胺凝胶电泳技术,作为资源鉴定的有效手段,可以用于解决收集资源材料的重复问题,提高麦类作物种质资源保存和利用的效率;同时,可以用于研究某些小麦近缘种属的起源和演化(张学勇等,1995)。关于鹅观草属植物的醇溶蛋白研究至今还未见报道。

鹅观草属(*Roegneria* C. Koch)是 Koch 于 1848 年以高加索鹅观草(*R. caucasica* C. Koch)为模式种建立的,是小麦族(*Triticeae* Dumortier)中最大的属。现知全世界约 130 余种,广泛分布于北半球的温寒地带(Baum 等,1991)。我国约 70 余种,主要分布于西北、西南和华北地区(耿以礼等,1963;郭本兆,1987;蔡联炳,1997)。该属植物多为草原和草甸的组成成分,多数是优良牧草;有的还有抗病、抗旱、抗寒等优良特性,是小麦和牧草育种的重要资源。然而,鹅观草属形态变异复杂,在属的系统地位、属的范围、属内等级划分、物种概念和起源问题上,不同系统学家分歧较大(Nevski,1933;耿以礼,1959;Tzvelev,1976;郭本兆,1987;蔡联炳,1997;Dewey,1984;Löve,1984)。纤毛鹅观草(*R. ciliaris*(Trin.) Nevski)、竖立鹅观草(*R. japonensis*(Honda) Keng)和毛叶鹅观草(*R. amurensis*(Drob.) Nevski)是鹅观草属纤毛系(*Ser. Ciliare*)中的三个物种(耿以礼等,1963;郭本兆,1987)。Tzvelev(1976)将鹅观草属归并于披碱草属(*Elymus*)中,把 *E. amurensis*(Syn:*R. amurensis*)处理为 *E. ciliaris*(Syn:*R. ciliaris*)的亚种 *E. ciliaris*(Trin.) Tzvelev ssp. *amurensis*(Drob.) Tzvelev;卢宝荣等(1988a)根据 *R. ciliaris* 和 *R. japonensis* 的核型、形态变异、组型和同工酶资料,把 *R. japonensis* 处理为 *R. ciliaris*(Trin.) Nevski var. *japonensis*(Honda) Yen, Yang et B. R. Lu;Löve(1984)也将鹅观草属归并于 *Elymus* 中,把 *E. amurensis* 和 *E. japonensis*(Syn:*R. japonensis*)分别处理为 *E. ciliaris* 的亚种,即:*E. ciliaris*(Trin.) Tzvelev ssp. *amurensis*(Drob.) Tzvelev 和 *E. ciliaris*(Trin.) Tzvelev ssp. *japonicus*(Drob.) A. Löve。为了进一步研究这三个物种的系统关系,作者对这三个物种及其居群进行了醇溶蛋白分析,以期为他们正确的归类划分提供生化方面

的证据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试材料见表 1:共 23 份材料,包括 2 份 *R. amurensis*,11 份 *R. ciliaris* 和 10 份 *R. japonensis*。除 2 份 *R. amurensis* 和编号为 PI531576 的 *R. ciliaris* 种子由美国国家种质资源库(National Germplasm Repositories, USA)提供外,其余材料均来自于四川农业大学小麦研究所种质库。

1.2 研究方法

采用 ISTA(1986)颁布的酸性聚丙烯酰胺凝胶电泳(Acid polyacrylamide gel electrophoresis,简称 A-PAGE)(pH3.1)标准程序(稍加改进)电泳分析醇溶蛋白(Draper,1987;张玉良等,1994;王学路等,1994)。电泳仪器为北京六一仪器厂的 DYY-III 2 型电泳槽。具体方法:(1)样品提取:每份材料取 5 粒种子称重,用钳子夹碎后放入 1.5 mL 离心管中,按 1 mg 加 5 μ L 的比例加入样品提取液(25%2-氯乙醇+0.05%甲基绿),振荡器上振荡混匀,室温浸提过夜。使用前 10 000 r/min 离心 10 min。取上清液点样。(2)溶液配制:凝胶缓冲液(1 L)—冰醋酸 20 mL、甘氨酸 1 g;凝胶溶液(1 L)—丙烯酰胺 100 g、N-N 甲叉双丙烯酰胺 5 g、尿素 60 g、抗坏血酸 1 g、硫酸亚铁 0.04 g,溶于凝胶缓冲液中;10 \times 电极缓冲液(1 L)—冰醋酸 40 mL、甘氨酸 4 g,使用前稀释 10 倍。(3)制备凝胶:凝胶溶液 35 mL、10%过硫酸胺 35 μ L、TEMED 35 μ L,迅速摇匀,灌胶,插好样品梳,让其在 5~10 min 内完全聚合。(4)加样:小心拔出样品梳,用电极缓冲液冲洗加样孔。每个样品上样量为 10 μ L。(5)电泳:恒压 500 V、恒温 10~15 $^{\circ}$ C,电泳时间为甲基绿前沿指示剂迁移至板底所需时间的 3 倍。(6)染色:每块凝胶吸取 5 mL 1%考马斯亮蓝 R250,再加 10%三氯乙酸 200 mL 染色过夜。

2 结果及分析

以中国春作对照,供试的 23 份材料共电泳分离出 22 条迁移率不同的醇溶蛋白带纹(图 1),其中 3 条(16.6%)为共同带(图 1 中箭头所示),19 条(83.4%)多态性带纹。共同带分布在 α 和 β 区内。每份材料分离出 10~16 条带纹(表 2)。

表 1 供试材料
Table 1 The materials used in this study

序号 No.	物种 Species	材料编号 Accessions	材料来源 Locality
0	<i>Triticum aestivum</i> cv. Chinese Spring	—	四川农业大学小麦研究所 Triticeae Research Institute, Sichuan Agricultural University
1	毛叶鹅观草 <i>Roegneria amurensis</i>	PI 547303	前苏联 Russian Federation
2	毛叶鹅观草 <i>R. amurensis</i>	W6 10267	前苏联 Russian Federation
3	纤毛鹅观草 <i>R. ciliaris</i>	PI 531576	爱沙尼亚 Estonia
4	纤毛鹅观草 <i>R. ciliaris</i>	88-89-225	日本京都 Kyoto, Japan
5	纤毛鹅观草 <i>R. ciliaris</i>	88-89-226	河南郑州 Zhengzhou, Henan
6	纤毛鹅观草 <i>R. ciliaris</i>	Pr 87-88-294	河南郑州 Zhengzhou, Henan
7	纤毛鹅观草 <i>R. ciliaris</i>	88-89-227	陕西武功 Wugong, Shanxi
8	纤毛鹅观草 <i>R. ciliaris</i>	88-89-228	陕西杨陵 Yangling, Shanxi
9	纤毛鹅观草 <i>R. ciliaris</i>	88-89-237	四川红原 Hongyuan, Sichuan
10	纤毛鹅观草 <i>R. ciliaris</i>	Pr 87-88-305	四川雅安 Yaan, Sichuan
11	纤毛鹅观草 <i>R. ciliaris</i>	88-89-236	四川雅安 Yaan, Sichuan
12	纤毛鹅观草 <i>R. ciliaris</i>	Pr 87-88-307	黑龙江哈尔滨 Haerbin, Heilongjiang
13	纤毛鹅观草 <i>R. ciliaris</i>	88-89-240	前苏联 Russian Federation
14	竖立鹅观草 <i>R. japonensis</i>	88-89-242	四川雅安 Yaan, Sichuan
15	竖立鹅观草 <i>R. japonensis</i>	88-89-245	四川宝兴 Baoxing, Sichuan
16	竖立鹅观草 <i>R. japonensis</i>	88-89-246	四川雅安 Yaan, Sichuan
17	竖立鹅观草 <i>R. japonensis</i>	88-89-252	四川兴文 Xingwen, Sichuan
18	竖立鹅观草 <i>R. japonensis</i>	88-89-253	四川宜宾 Yibin, Sichuan
19	竖立鹅观草 <i>R. japonensis</i>	88-89-261	四川宜宾 Yibin, Sichuan
20	竖立鹅观草 <i>R. japonensis</i>	Pr 87-88-332	四川宜宾 Yinbin, Sichuan
21	竖立鹅观草 <i>R. japonensis</i>	88-89-254	黑龙江哈尔滨 Haerbin, Heilongjiang
22	竖立鹅观草 <i>R. japonensis</i>	88-89-266	浙江杭州 Hangzhou, Zhejiang
23	竖立鹅观草 <i>R. japonensis</i>	88-89-267	浙江杭州 Hangzhou, Zhejiang

表 2 23 份材料的电泳酶带分布情况
Table 2 Distribution and number of gliadin bands of 23 accessions of three species in *Roegneria*

材料序号 No.	酶带分布 Distribution of the band																						酶带数 Number of bands
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1	—	—			—		—	—		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14
2						—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13
3		—	—			—				—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12
4		—	—			—	—			—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13
5		—	—		—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14
6		—	—		—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14
7			—	—		—	—			—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13
8		—	—			—	—			—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13
9			—	—		—	—			—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14
10		—	—					—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15
11		—	—					—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12
12		—	—			—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13
13			—	—		—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14
14							—			—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
15	—	—					—	—		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12
16				—		—	—			—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
17				—		—	—			—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11
18				—		—	—			—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12
19				—		—	—			—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13
20				—		—	—			—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12
21				—		—	—			—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12
22				—		—	—			—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13
23	—	—			—	—	—			—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16

注：“—”代表酶带存在位置

Note: “—”Indicates the position of the band

2.1 物种间的醇溶蛋白带型分析

三个物种在 α 和 β 区的带纹类似, 几乎无差别。在 γ 区, *R. amurensis* 仅有 2 条带; 而 *R. ciliaris* 和 *R. japonensis* 都分离出 3 条带。*R. amurensis* 在 ω 区带纹较多, 其中编号为 PI547303 的材料分离出一条迁移率最小并在其它两个物种中出现频率极少的带纹; *R. ciliaris* 在 ω 区的带纹较 *R. japonensis* 多。

2.2 物种内不同居群的醇溶蛋白带型分析

R. amurensis: 本种仅两份材料, 均来源于前苏联。在 α 、 β 和 γ 区带纹相同; 在 ω 区有 2 条共同带, 4 条多态性带。

R. ciliaris: 11 份材料, 电泳分离出 19 条迁移率不同的谱带, 7 条 (30%) 共同带。来源于河南郑州的两份材料, 其带纹完全相同; 来源于陕西的两份材料, 强带完全相同, 但存在 2 条弱带间的差异; 来源于四川的 3 份材料中, 其带纹的差异主要出现在 ω 区, 有 2 条共同带, 5 条多态性带。不同产地的材料间, 其带型都表现出差异; 同一产地的材料其带型有的完全相同, 有的同样存在差异。

R. japonensis: 10 份材料, 电泳分离出 20 条迁移率不同的谱带, 其中 6 条 (30%) 为共同带, 材料间具很大的相似性。来源于四川雅安地区的两份材料, 表现出 8 条共同带, 4 条多态性带; 来源于四川兴文的材料, 带型表现最为特殊, 在 α 区缺少三个物种共有的一条迁移率最大的带, 相应地出现了一条在其它材料中都未曾出现的带; 来自四川宜宾 3 份材料, 在 α 、 β 和 γ 区带型相同, ω 区有 3 条共同带, 1 条多态性带; 来自浙江杭州两份材料表现出了较大的差异, 有 10 条共同带, 9 条多态性带, ω 区仅 2 条共同带。

3 讨论

R. amurensis, *R. ciliaris* 和 *R. japonensis* 三个物种具有基本相似的醇溶蛋白带型, 但 23 份供试材料的醇溶蛋白指纹图谱具有丰富的遗传多样性, 每个材料可分离出 10~16 条带纹。三个物种间的图谱在 α 、 β 区的带纹差别不大, 多态性表现在 γ 和 ω 区; 同一物种不同居群材料的醇溶蛋白带型表现出较大的相似性, α 、 β 和 γ 区的带纹相似, 多态性只是表现在 ω 区。醇溶蛋白分析结果表明: 三个物种的醇溶蛋白带型存在种间差异和种内差异, 而种间差异大于种内差异。且 5 次电泳分析的结果都与本结

果一致。

卢宝荣等 (1988b) 报道了 *R. ciliaris* 和 *R. japonensis* 的染色体核型, 核型公式分别为 $2n=4x=28=18m(4SAT)+6sm$ 和 $2n=4x=28=18m(4SAT)+6sm$, 各对应染色体无显著差异, 核型一致, 建议将 *R. ciliaris* 和 *R. japonensis* 合并为一种; *R. ciliaris* 和 *R. japonensis* 的正反交杂种 F_1 减数分裂染色体配对正常, 无生殖隔离, 也说明这两个物种应归属于一个种。前人对于这三个物种在分类学上的处理, 主要是从形态学和细胞学特征上进行分析的, 而本文从醇溶蛋白的分析结果上看, 这三个物种在生化方面还是存在一定差异的。因此, 这三个物种是否应归类为一个物种还有待更深入的研究。

小麦族植物的大部分生化标记在种属间存在着明显的多态性, 而在同一种内不同的品种或收集材料之间缺乏足以作为品种特征特性的多态性。麦醇溶蛋白在小麦族植物的属间、种间、种内不同居群间存在明显的差异。张学勇等 (1995) 利用酸性聚丙烯酰胺凝胶电泳对 38 份收集地不同的节节麦 (*Aegilops tauschii*) 进行了醇溶蛋白遗传分析, 认为麦醇溶蛋白 A-PAGE 技术作为资源鉴定的有效手段, 有可能用于解决收集资源材料的重复问题, 提高麦类作物种质资源保存和利用的效率; 同时, 可以用于研究某些小麦近缘物种的起源和演化。周荣华等 (1994) 研究了新麦草 (*Psathyrostachys juncea*) 不同粒数种子的醇溶蛋白 (Gli-1), 表明 1~4 粒种子的醇溶蛋白谱带较少, 分辨率较好, 5~14 粒种子的谱带具有很强的多态性。作为一种生化标记, 醇溶蛋白在小麦族植物的研究中已显示了非常广泛的应用前景, 将在利用小麦族遗传资源进行麦类作物育种和小麦族植物的生物系统学关系研究中发挥重要作用。

参考文献:

- 洪德元. 1990. 植物细胞分类学[M]. 北京: 科学出版社.
郭本兆. 1987. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 9(3): 51-104.
耿以礼. 1959. 中国主要植物图说——禾本科[M]. 北京: 科学出版社, 342-409.
Baum B R, Yen J, Yang J L. 1991. Roegneria: its generic limits and justification for its recognition[J]. *Can J Bot*, 69: 282-294.
Brown J W S, Flavell RB. et al. 1981. Fractionation of wheat gliadin and gluten subunits by two dimensional electrophoresis and the role of group 6 and group 2 chromosomes in gliadins synthesis[J]. *Theor Appl Genet*, 59: 349-359.

- Cai LB(蔡联炳). 1997. Taxonomic study of *Roegneria* from china(中国鹅观草属的分类研究)[J]. *Acta Phytotax Sin* (植物分类学报), 35(2):148-177.
- Dewey D R. 1984. The genome system of classification as a guide to intergeneric hybridization with the perennial Triticeae[A]. In: Gustafson J P (ed.), *Gene Manipulation in Plant Improvement*[C]. New York: Plenum, 209-280.
- Draper S R. 1987. ISTA variety committee report of the working group for biochemical tests for cultivar identification 1983~1986[J]. *Seed Sci & Technol*, 15:431-434.
- Fu BX(傅宾孝), Yu GH(于光华), Wang LK(王乐凯), et al. 1993. A new method of gliadin study in Triticeae(小麦醇溶蛋白电泳分析的新方法)[J]. *Acta Agronom Sin* (作物学报), 9(2):15-187.
- Geng YL(耿以礼), Chen SL(陈守良). 1963. Revision of *Roegneria* C. Koch from China(国产鹅观草属之订正)[J]. *J Nanjing Univ*(南京大学学报), 3(1):60-64.
- Lu BR(卢宝荣), Yan J(颜济), Yang JL(杨俊良). 1988a. The studies of morphological variations and karyotype analysis on the three *Roegneria* species(鹅观草属三个种的形态变异与核型的研究)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 10(2):139-146.
- Lu BR(卢宝荣), Yan J(颜济), Yang JL(杨俊良). 1988b. Analysis on the genomic and esterase isoenzyme of three *Roegneria* species(鹅观草属三个物种的染色体组分析与同工酶分析)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 10(3):261-270.
- Löve A. 1984. *Conspectus of the Triticeae*[M]. Feddes Report, 95:425-521.
- Nevski S A. 1933. *Über das system der Tribe Hordeae Benthm. Flora et systematica plantae vasculares*[J]. Ser 1 *Fasc 1 Leningrad*, 9-32.
- Payne P L, Jackson E A, Holt L M, et al. 1984. Genetic linkage between storage protein genes on each of the short arms of chromosome 1A and 1B of wheat[J]. *Theor Appl Genet*, 67:235-243.
- Tzvelev N N. 1976. Tribe 3. Triticeae Dum. Poaceae URSS [M]. Leningrad: Nauka.
- Wang XL(王学路), Qian MM(钱曼懋), Song CH(宋春华), et al. 1994. A improved ISTA gliadin method and its application(改良 ISTA 醇溶蛋白电泳方法及其应用)[J]. *Crop Breed Resources*(作物品种资源), 2:32-34.
- Zhang YL(张玉良), Zhang XF(张晓芳), Shu WG(舒卫国). 1994. Gliadin techniques and its applications in Triticeae(小麦醇溶蛋白电泳技术及应用)[J]. *Crop Breed Resources*(作物品种资源), 1:33-34.
- Zhang XY(张学勇), Yang XM(杨欣明), Dong YC(董玉琛). 1995. The gliadin application in germplasm resource genetic analysis of Triticeae(醇溶蛋白电泳在小麦种质资源遗传分析中的应用)[J]. *Sci Agric Sin*(中国农业科学), 28(4):25-32.
- Zhou RH(周荣华), Jia JZ(贾继增), Li LH(李立会), et al. 1994. Biochemical marker analysis of four species in *Pseudopyricularia*(新麦草属 4 个种的生化标记分析)[J]. *Crop Breed Resources*(作物品种资源), 2:1-5.
- Zilman R R, Bushuk W. 1979. Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. II. Effects of environmental and experimental factors on the gliadin electrophoregrams[J]. *Can J Plant Sci*, 59:281-286.
- Zilman R R, Bushuk W. 1979. Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. III. Catalogue of electrophoregrams formul as of Canadian wheat cultivars[J]. *Can J Plant Sci*, 59:287-288.

(上接第 439 页 Continue from page 439)

- some Indian bamboos[J]. *Ann Bot*, 60:477-483.
- Hu CH(胡成华), Hu ZH(胡朝辉). 1996. The type of fruit in bamboo(云南龙竹、黔竹的果实——一种植物学上新的果实类型)[J]. *J Bamboo Research*(竹子研究汇刊), 15(4):1-8.
- Hu CH(胡成华), Yu FG(喻富根), Chen L(陈玲). 1992. Comparative anatomy of bamboo embryo and their systematic classification(竹类果实胚体的比较解剖与系统分类)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 14(1):49-58.
- Hu CH(胡成华), Yu FG(喻富根), Chen L(陈玲). 1994. The embryonic types of the bamboo fruits and their systematic classification(竹果胚体类型及其系统分类)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 16(4):367-372.
- Li DZ(李德铎). 1994. On some problems of methodology of bamboo classification with special reference to the circumscription of *Dendrocalamus*(竹亚科分类的若干方法问题——兼论牡竹属的范畴)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 32(3):283-289.
- Reeder R J. 1957. The embryo in grass systematic[J]. *Amer J Bot*, 44(9):756-768.
- Reeder R J. 1962. The bambusoid embryo; a reappraisal[J]. *Amer J Bot*, 49(6):639-641.
- Stapf F. 1904. On the Fruit of *Melocanna bambusoides* Trin. an endospermless, viviparous genus of Bambuseae [J]. *Transaction of Linnean Society of London*, 6:401-425.
- Wang SJ(王世金), Kuo PZ(郭本兆), Li JH(李健华). 1986. The major types of caryopses of the Chinese Gramineae in relation to systematics(中国主要禾本科植物颖果形态的基本类型类型与系统分类)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 24(5):327-345.
- Wen TH(温太辉), He XL(何晓玲). 1989. The morphology of fruit and starches in bamboos and its relation to systematic position(竹类果实与淀粉形态及系统位置)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 27:365-377.
- Yu FG(喻富根), Hu CH(胡成华), Chen L(陈玲), et al. 1993. The morphological and anatomical characters of bamboo fruits with relation to systematic and evolution(竹果的形态解剖特征及系统演化)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), 35(10):779-792.

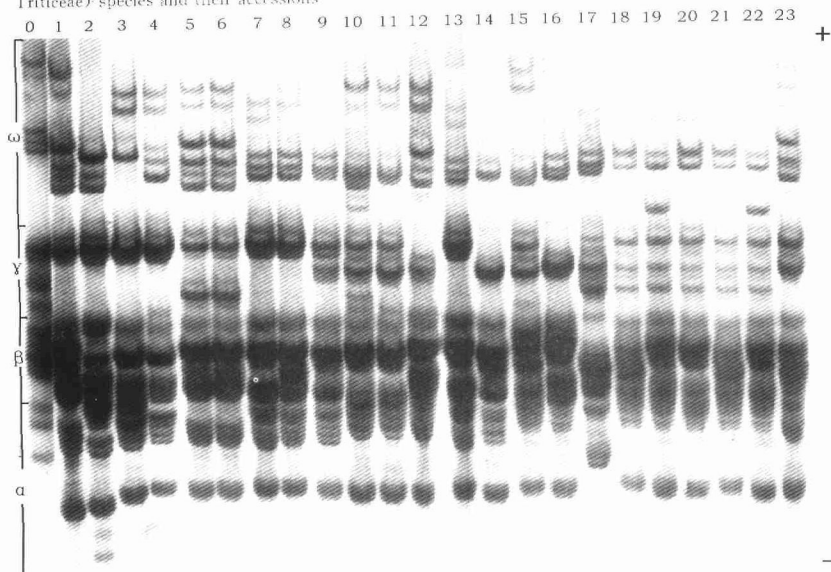
魏秀华, 等: 鹅观草属三个物种及其居群间的醇溶蛋白分析

图版 I

WEI Xiu-hua, et al.: Study on Gliadin variation of three *Roegneria* (Poaceae:

Plate I

Triticaceae) species and their accessions



鹅观草属三个物种 23 份材料的醇溶蛋白 A-PAGE 电泳图谱(材料编号见表 1)

Patterns of gliadins of 23 accessions of three species in *Roegneria* after A-PAGE

(The materials was in the same order listed in the Table 1)

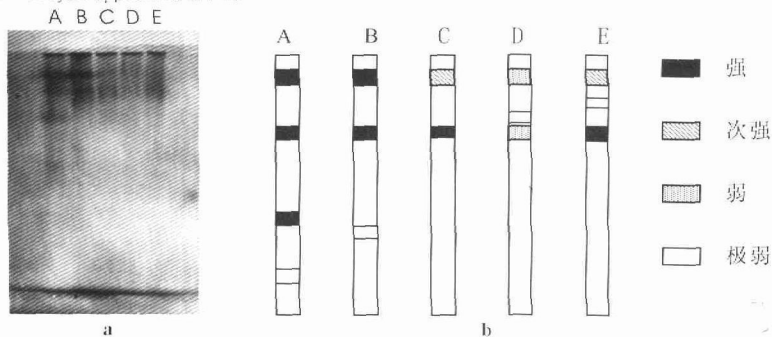
铁 军, 等: 芦荟属植物种间杂交及其 F₁ 代 POD 同工酶鉴定

图版 I

TIE Jun, et al.: The interspecific hybridization and identification of F₁ hybrids by

Plate I

POD isozyme application in *Aloe*



a: 5 种植物的 POD 同工酶谱照片; b: 五种芦荟的 POD 同工酶聚类的分析图

a: Photograph of POD isozyme zymogram in five species of *Aloe*; b: Dendrogram of POD isozymes in five species of *Aloe*

A: *A. vera*; B: *A. chinensis*; C: *A. yuanshengensis*; D: *A. saponaria*; E: F₁ seedling.