

粗山羊草醇溶蛋白的遗传多样性研究

王亚娟,王长有,刘新伦,陈晓杰,吉万全

(西北农林科技大学 农学院,陕西 杨凌 712100)

【摘要】【目的】研究 79 份不同产地粗山羊草(*Aegilops tauschii*)醇溶蛋白的遗传多样性,为粗山羊草在小麦育种中的进一步开发和利用提供理论基础。【方法】利用酸性聚丙烯酰胺凝胶电泳(Acid polyacrylamide gelelectrophoresis, A-PAGE)技术,分析了 79 份不同产地粗山羊草醇溶蛋白的谱带类型,并进行聚类分析。【结果】从 79 份粗山羊草中共检测出 70 条相对迁移率不同的醇溶蛋白谱带,各谱带出现的频率为 1.27%~77.22%,每份材料谱带数为 7~19 条,平均为 12.58 条,遗传多样性指数为 0.055 3~0.367 6。根据迁移率大小,在 ω 、 γ 、 β 和 α 4 个区分别存在 20、13、21 和 16 种谱带类型。UPGMA 聚类分析表明,79 份粗山羊草在遗传相似系数(GS)为 0.78 时,聚为 7 个主要类群,大部分相同产地的粗山羊草聚为一类,但也有少部分产地相同的材料不全聚为一类。部分来源地不同的材料醇溶谱带完全相同。【结论】79 份粗山羊草醇溶蛋白遗传多样性丰富,其醇溶蛋白的谱带类型与材料产地具有一定的相关性,也有少部分表现出一定的差异性,其中醇溶谱带完全相同的材料可能含有相同醇溶蛋白编码基因,其亲缘关系可能较近。

【关键词】 粗山羊草;醇溶蛋白;A-PAGE;UPGMA 法;遗传多样性

【中图分类号】 S512.9;S326

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)07-0059-09

Genetic diversity of gliadin in *Aegliops tauschii*

WANG Ya-juan, WANG Chang-you, LIU Xin-lun, Chen Xiao-jie, JI Wan-quan

(College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】Gliadin genetic diversity of 79 different places *Aegilops tauschii* was studied to provide theoretical basis for further study and utilization of *A. tauschii*. 【Method】The standard gliadin fingerprints and database of 79 *A. tauschii* accessions were analyzed by A-PAGE, and cluster analysis was performed. 【Result】70 bands of different relative mobility in 79 *A. tauschii* were detected, and each band frequency range of variation was 1.27%—77.22%, the number of bands for each material 7 to 19, with an average of 12.58, genetic diversity index range of 0.055 3—0.367 6. According to the size of mobility, 20, 13, 21 and 16 types of bands were found in the ω , γ , β , and α 4 zones. UPGMA cluster analysis showed that 79 copies of *A. tauschii* genetic similarity coefficient (GS) was 0.78, and clustered into seven major taxa, most of the same origin of *A. tauschii* clustered into one class, but a small part of the same origin didn't while some materials of different origins shared identical bands. 【Conclusion】The alcohol-soluble protein bands and material origin had a certain relevance, but some small differences also showed, materials of identical gliadin bands may contain the same genencoding gliadin, their phylogenetic relationship may be close.

Key words: *Aegliops tauschii*; gliadin; A-PAGE; UPGMA method; genetic diversity

* [收稿日期] 2009-12-28

[基金项目] 陕西省作物种质资源收集与创新利用平台建设(农业部 948 项目);西北农林科技大学唐仲英育种基金项目

[作者简介] 王亚娟(1976—),女,陕西扶风人,助理研究员,在读博士,主要从事小麦种质资源研究。E-mail: wangyj7604@163.com

[通信作者] 吉万全(1963—),男,陕西合阳人,教授,博士生导师,主要从事小麦染色体工程育种研究。

E-mail: jiwquan2003@126.com

粗山羊草(*Aegliops tauschii*)主要分布于伊朗、外高加索、土耳其、阿富汗、巴基斯坦和伊拉克等国家和地区,在里海的南岸和西南岸遗传多样性更丰富;在中国主要分布于新疆伊犁河两岸和黄河中部地区。丰富的资源为粗山羊草种质的收集、评价和育种利用提供了极为便利的条件。粗山羊草是普通小麦 D 基因组的原始供体,其中广泛存在着可用于小麦改良的优异基因^[1-3],是改良小麦对生物性和非生物性环境耐性及品质性状的宝贵遗传基因库。近年来,从粗山羊草中已经发现并筛选出高产、抗虫、抗病、耐寒、优质等优异基因^[4-6],并开展了粗山羊草优异基因的转移工作。李文才等^[7]研究发现,粗山羊草 D 染色体对小麦的穗长、千粒质量、单株穗数和单株产量具有显著影响。张玲丽等^[8]研究表明,粗山羊草的细胞质能增加小麦的株高,提高小穗数、穗粒数、结实率和发芽势。因此,研究粗山羊草的遗传多样性,对挖掘其优异基因资源和拓宽小麦育种的遗传基础具有重要意义。

醇溶蛋白是小麦种子胚乳中的主要贮藏蛋白之一,在成熟种子中约占总蛋白含量的 40%^[9]。醇溶蛋白决定着面团的黏着性和延展性^[10-11],与小麦面粉的品质密切相关。醇溶蛋白在结构上为单亚基,其合成受第 1 部分同源群染色体 1A、1B 和 1D 短臂上的基因和第 6 部分同源群染色体 6A、6B、6D 短臂上的基因控制。醇溶蛋白经酸性聚丙烯酰胺凝胶电

泳(Acid polyacrylamide gel electrophoresis, A-PAGE)后,其电泳谱带按分子质量的大小和相对迁移率的不同分为 α 、 β 、 γ 和 ω 4 个区,其中 γ 和 ω 区由 1A、1B 和 1D 短臂上的基因控制, α 和 β 区由 6A、6B、6D 短臂上的基因控制^[12]。醇溶蛋白的多态性很高,现已成为探讨小麦遗传多样性的简便而有效的方法之一^[13-14]。本研究利用 A-PAGE 分析了 79 份不同产地粗山羊草醇溶蛋白的谱带类型,探讨了粗山羊草种质及其各地理类群间在醇溶蛋白水平上的遗传多样性,以期为粗山羊草的研究和利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

79 份粗山羊草(表 1),由中国农业科学院作物所李立会研究员和李秀全老师提供,醇溶蛋白谱带的对照品种为普通小麦“中国春”。

1.2 醇溶蛋白的提取与电泳检测

醇溶蛋白的提取和 A-PAGE 技术采用国际种子检验协会(ISTA)1986 年颁布的 A-PAGE(PH 3.2)标准程序进行^[15-16]。以“中国春”的醇溶蛋白谱带为对照,79 份粗山羊草的谱带以其相对迁移率来命名,并按分子质量由小到大、迁移速率由快到慢,将电泳谱带分为 α 、 β 、 γ 和 ω 4 个区^[17]。

表 1 79 份粗山羊草的名称及来源

Table 1 Name and source of 79 accessions *Aegliops tauschi*

编号 Number	地方保存号 Number of local preserve	品种名称 Accession name	原产地 Origin
1	Ae34	<i>Ae. tauschii</i> coss.	加拿大 Canada
2	Ae35	<i>Ae. tauschii</i> coss.	加拿大 Canada
3	Ae36	<i>Ae. tauschii</i> coss.	/
4	Ae37	<i>Ae. tauschii</i> coss.	前苏联 Soviet
5	Ae38	<i>Ae. tauschii</i> coss.	伊朗 Iran
6	Ae39	<i>Ae. tauschii</i> coss.	前苏联 Soviet
7	Ae40	<i>Ae. tauschii</i> coss.	中国陕西 Shaanxi, China
8	Ae41	<i>Ae. tauschii</i> coss.	中国陕西 Shaanxi, China
9	Ae42	<i>Ae. tauschii</i> coss.	中国陕西 Shaanxi, China
10	Ae43	<i>Ae. tauschii</i> coss.	美国 America
11	Ae44	<i>Ae. tauschii</i> coss.	美国 America
12	Ae45	<i>Ae. tauschii</i> coss.	美国 America
13	Ae46	<i>Ae. tauschii</i> coss.	中国河南 Henan, China
14	Ae69	<i>Ae. tauschii</i> coss.	中国山西 Shanxi, China
16	Y92	<i>Ae. tauschii</i> coss.	中国新疆 Xinjiang, China
17	Y93	<i>Ae. tauschii</i> coss.	中国新疆 Xinjiang, China
18	Y95	<i>Ae. tauschii</i> coss.	中国新疆 Xinjiang, China
19	Y96	<i>Ae. tauschii</i> coss.	中国新疆 Xinjiang, China
20	Y97	<i>Ae. tauschii</i> coss.	中国新疆 Xinjiang, China
21	Y98	<i>Ae. tauschii</i> coss.	中国新疆 Xinjiang, China
22	Y99	<i>Ae. tauschii</i> coss.	中国新疆 Xinjiang, China

续表 1 Continued table 1			
编号 Number	地方保存号 Number of local preserve	品种名称 Accession name	原产地 Origin
23	Y121	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	前苏联 Soviet
24	Y122	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	阿富汗 Afghanistan
25	Y124	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	阿富汗 Afghanistan
26	Y125	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	前苏联 Soviet
27	Y126	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	伊朗 Iran
28	Y127	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	阿富汗 Afghanistan
29	Y128	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	前苏联 Soviet
30	Y168	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	巴基斯坦 Pakistan
31	Y169	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	伊朗 Iran
32	Y170	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	伊朗 Iran
33	Y172	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	巴基斯坦 Pakistan
34	Y173	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	伊朗 Iran
35	Y175	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	前苏联 Soviet
36	Y176	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	阿富汗 Afghanistan
37	Y177	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	前苏联 Soviet
38	Y178	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	罗马尼亚 Romania
39	Y185	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	荷兰 Holland
40	Y188	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
41	Y189	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
42	Y190	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
43	Y191	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
44	Y192	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
45	Y193	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
46	Y194	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
47	Y195	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
48	Y198	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss	/
49	Y199	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	墨西哥 Mexico
50	Y200	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
51	Y201	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
52	Y204	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
53	Y205	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
54	Y206	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
55	Y207	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
56	Y208	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
57	Y210	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss	美国 America
58	Y212	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
59	Y213	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
60	Y214	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	美国 America
61	Y218	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	前苏联 Soviet
62	Y219	<i>Ae. tauschii</i> <i>ssp. strangulata</i> <i>EIG.</i>	伊朗 Iran
63	Y220	<i>Ae. tauschii</i> <i>ssp. meyeri</i> <i>GRISEB.</i>	伊朗 Iran
64	Y221	<i>Ae. tauschii</i> <i>ssp. strangulata</i> <i>EIG.</i>	伊朗 Iran
65	Y222	<i>Ae. tauschii</i> <i>ssp. strangulata</i> <i>EIG.</i>	伊朗 Iran
66	Y223	<i>Ae. tauschii</i> <i>typical</i> <i>L.</i>	伊朗 Iran
67	Y224	<i>Ae. tauschii</i> <i>typical</i> <i>L.</i>	伊朗 Iran
68	Y225	<i>Ae. tauschii</i> <i>typical</i> <i>L.</i>	伊朗 Iran
69	Y226	<i>Ae. tauschii</i> <i>typical</i> <i>L.</i>	伊朗 Iran
70	Y287	<i>Ae. tauschii</i> <i>ssp. meyeri</i> <i>GRISEB.</i>	前苏联 Soviet
71	Y290	<i>Ae. tauschii</i> <i>ssp. strangulata</i> <i>EIG.</i>	前苏联 Soviet
72	Y293	<i>Ae. tauschii</i> <i>ssp. meyeri</i> <i>GRISEB.</i>	前苏联 Soviet
73	Y294	<i>Ae. tauschii</i> <i>ssp. meyeri</i> <i>GRISEB.</i>	前苏联 Soviet
74	Y295	<i>Ae. tauschii</i> <i>ssp. strangulata</i> <i>EIG.</i>	伊朗 Iran
75	Y296	<i>Ae. tauschii</i> <i>ssp. strangulata</i> <i>EIG.</i>	前苏联 Soviet
76	Y306	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	中国河南 Henan,China
77	Y307	<i>Ae. tauschii</i> <i>co</i> ss.	中国河南 Henan,China

续表 1 Continued table 1

编号 Number	地方保存号 Number of local preserve	品种名称 Accession name	原产地 Origin
78	Y308	<i>Ae. tauschii</i> coss.	中国河南 Henan, China
79	Y309	<i>Ae. tauschii</i> coss.	中国新疆 Xinjiang, China
80	Y314	<i>Ae. tauschii</i> coss.	叙利亚 Syria

注:编号 15 的材料因虫蛀而缺失。
Note: Absence of No. 15 is due to wormed seed.

1.3 数据处理

用“GEL2.0”软件对电泳结果进行指纹图谱的自动识别与分析比较,并建立指纹图谱数据库,获得相对迁移率,构建标准模式图库。将所有材料的醇溶蛋白谱带转换成(0,1)矩阵后,利用 NTSYS-pc 2.0 软件进行聚类分析^[18]。遗传多样性指数(Shannon weaver index of genetic diversity, H')的计算公式如下:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i。$$

式中: P_i 为某一性状第 i 级别内材料份数占总份数的百分比, s 为某一性状中所有性状的总数。

2 结果与分析

2.1 粗山羊草醇溶蛋白的分析

由 A-PAGE 电泳结果(图 1)可知,从 79 份粗山羊草中共检测出 70 条相对迁移率不同的醇溶蛋白

谱带,按相对迁移率由小到大编号为 1~70(表 2)。由表 2 可知,各谱带出现频率的变异范围为 1.27%~77.22%,其中谱带 3 和谱带 48 出现的频率均高于 70%,分别为 73.42% 和 77.22%;谱带 11,12,16,17,18,46,68 和 69 等 8 条谱带仅出现在 1 份材料中;谱带出现次数在 16 次以上的频率大于 20%。上述结果表明,粗山羊草间具有丰富的遗传多样性。

79 份粗山羊草中,每份材料的醇溶蛋白谱带在 7~19 条,平均为 12.58 条,遗传多样性指数的变异范围为 0.055 3~0.367 6,平均为 0.225 5,其中来自叙利亚的 Y314 谱带最多,有 19 条;来自中国新疆、前苏联和伊朗的 Y99、Y121 和 Y126 谱带最少,仅有 7 条;大部分材料的谱带为 12~16 条,表现出丰富的遗传多样性。

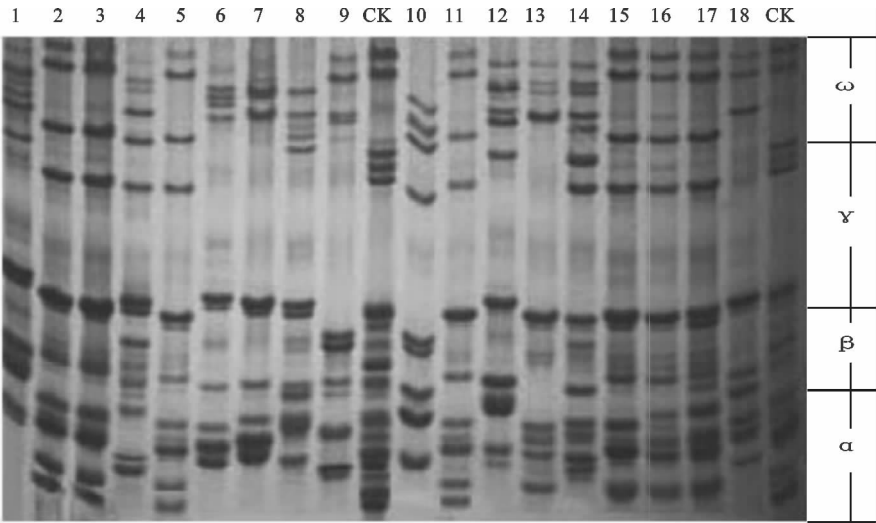


图 1 部分粗山羊草醇溶蛋白的 A-PAGE 检测
1. Y200;2. Y201;3. Y204;4. Y205;5. Y206;6. Y207;7. Y208;8. Y210;9. Y212;10. Y213;
11. Y214;12. Y218;13. Y219;14. Y220;15. Y221;16. Y222;17. Y223;18. Y224

Fig. 1 A-PAGE gliadin bands of *A. tauschii*

对 79 份粗山羊草醇溶蛋白 α 、 β 、 γ 、 ω 区的多样性分析见表 3。由表 3 可知, α 区存在 16 条谱带, β 区存在 21 条谱带, γ 区存在 13 条谱带, ω 区存在 20 条谱带,谱带数的大小顺序为 β 区> ω 区> α 区> γ

区。 ω 、 γ 、 β 、 α 4 个分区的遗传多样性指数分别为 0.218 0,0.311 0,0.195 7,0.204 6,大小顺序为 γ 区> ω 区> α 区> β 区,结果进一步显示,尽管 γ 区仅有 13 种变异类型,低于 ω 、 β 和 α 区,但 γ 区的遗

传多样性指数最高,表明 γ 区的遗传多样性丰富,均匀度较好。

表 2 粗山羊草醇溶蛋白谱带的编号、相对迁移率、频率分布及遗传多样性指数

Table 2 No. of gliadin bands,relative mobilities,frequencies,and diversity indexes of *A. tauschii* accessions

谱带编号 Band code	相对迁 移率 Rf	谱带出现 次数 Number of bands	出现频率/% Frequency of bands	遗传多样性 指数 H'	谱带编号 Band code	相对 迁移率 Rf	谱带出现 次数 Number of bands	出现频率/% Frequency of bands	遗传多样性 指数 H'
1	15.0	4	5.06	0.151 0	36	61.2	4	5.06	0.151 0
2*	16.5	44	55.70	0.326 0	37	61.9	11	13.92	0.2745
3*	19.1	58	73.42	0.226 9	38	62.3	2	2.53	0.093 1
4	20.6	19	24.05	0.342 7	39	62.9	5	6.33	0.174 7
5	21.0	22	27.85	0.356 0	40*	64.1	23	29.11	0.359 3
6	21.9	16	20.25	0.323 4	41	65.6	4	5.06	0.151 0
7*	23.4	36	45.57	0.358 1	42	66.0	3	3.80	0.124 2
8	24.7	6	7.59	0.195 8	43	66.4	7	8.86	0.214 7
9	25.8	7	8.86	0.214 7	44	66.7	2	2.53	0.093 1
10	26.2	41	51.90	0.340 4	45	67.2	6	7.59	0.195 8
11	27.8	1	1.27	0.055 3	46	68.1	1	1.27	0.055 3
12	28.5	1	1.27	0.055 3	47	68.6	6	7.59	0.195 8
13*	29.8	42	53.16	0.335 9	48*	69.4	61	77.22	0.199 7
14	39.4	9	11.39	0.247 5	49	70.2	6	7.59	0.195 8
15	41.9	3	3.80	0.124 2	50	70.8	4	5.06	0.151 0
16	42.7	1	1.27	0.055 3	51	71.7	6	7.59	0.195 8
17	43.4	1	1.27	0.055 3	52	73.7	3	3.80	0.124 2
18	44.2	1	1.27	0.055 3	53	74.2	2	2.53	0.093 1
19*	45.1	27	34.18	0.366 9	54*	75.1	21	26.58	0.352 2
20	46.2	5	6.33	0.174 7	55	75.9	5	6.33	0.174 7
21	48.2	10	12.66	0.261 6	56	76.0	5	6.33	0.174 7
22*	49.8	33	41.77	0.364 6	57	76.7	15	18.99	0.315 5
23*	50.3	28	35.44	0.367 6	58	77.1	5	6.33	0.174 7
24	51.2	19	24.05	0.342 7	59	77.9	12	15.19	0.286 3
25	51.9	14	17.72	0.306 7	60	78.4	17	21.52	0.330 6
26	52.1	7	8.86	0.214 7	61	78.8	3	3.80	0.124 2
27*	52.4	35	44.30	0.360 7	62	79.3	4	5.06	0.151 0
28	53.2	12	15.19	0.286 3	63*	79.8	15	18.99	0.315 5
29*	54.4	37	46.84	0.355 3	64	80.4	7	8.86	0.214 7
30	54.9	16	20.25	0.323 4	65	81.0	12	15.19	0.286 3
31	55.6	9	11.39	0.247 5	66*	82.3	14	17.72	0.306 7
32*	56.4	44	55.70	0.326 0	67*	83.0	7	8.86	0.214 7
33	57.5	12	15.19	0.286 3	68*	84.0	1	1.27	0.055 3
34*	59.2	34	43.04	0.362 8	69	93.5	1	1.27	0.055 3
35*	60.3	38	48.10	0.352 0	70*	100	2	2.53	0.093 1

注:*. 为与对照“中国春”醇溶蛋白相对迁移率相同的谱带。

Note: *. The same gliadin band between CK and *A. tauschii*.

表 3 79 份粗山羊草醇溶蛋白谱带在 ω 、 γ 、 β 和 α 区上的遗传多样性指数分析

Table 3 Gliadins polymorphism of 79 *A. tauschii* accessions in ω 、 γ 、 β and α region

分区 Region	相对迁移率 Relative mobility		谱带数目 Mobility number	多样性指数 H'
	中国春 Spring Chinese	79 份材料 79 materials		
总体 Total	16.5~100.0	15.0~100.0	70	/
ω 区 ω region	16.5~45.1	15.0~46.2	20	0.218 0
γ 区 γ region	49.8~56.4	48.2~57.5	13	0.311 0
β 区 β region	59.2~75.1	59.2~76.0	21	0.195 7
α 区 α region	79.8~100.0	76.7~100.0	16	0.204 6

2.2 粗山羊草的聚类分析

79 份粗山羊草的聚类结果见图 2。由图 2 可知,79 份粗山羊草的遗传相似系数(GS)为 0.7~1.0,在遗传相似系数为 0.78 时,聚为 7 个主要类群。第Ⅰ主要类群有 19 份材料,分别来自加拿大、美国、中国新疆、前苏联和伊朗等国家;该类在遗传

相似系数为 0.8 时可分为 2 个亚类,第 1 亚类包括来自加拿大、美国和中国新疆的 9 份材料,第 2 亚类包括来自前苏联、美国、伊朗及中国陕西、河南、山西的 10 份材料。第Ⅱ主要类群共有 10 份材料,分别来自伊朗、前苏联和中国河南;该类在遗传相似系数为 0.8 时可分为 2 个亚类,第 1 亚类包括来自伊朗、

前苏联和中国河南的 9 份材料,第 2 亚类只有来自前苏联的 1 份材料。第Ⅲ主要类群材料最多,共 37 份,来源于 8 个国家;该类在遗传相似系数为 0.8 时可分为 2 个亚类,第 1 亚类包括来自中国新疆、美国、墨西哥、伊朗和前苏联的 16 份材料,第 2 亚类包括来自前苏联、伊朗、巴基斯坦、阿富汗、罗马尼亚、

美国和荷兰的 21 份材料。第Ⅳ主要类群只有 3 份材料,分别来自美国和伊朗。第Ⅴ主要类群包括 3 份材料,均来自美国。第Ⅵ主要类群有 4 份材料,分别来自前苏联、伊朗、中国陕西和阿富汗。第Ⅶ主要类群有 3 份材料,分别来自美国、中国新疆和叙利亚。

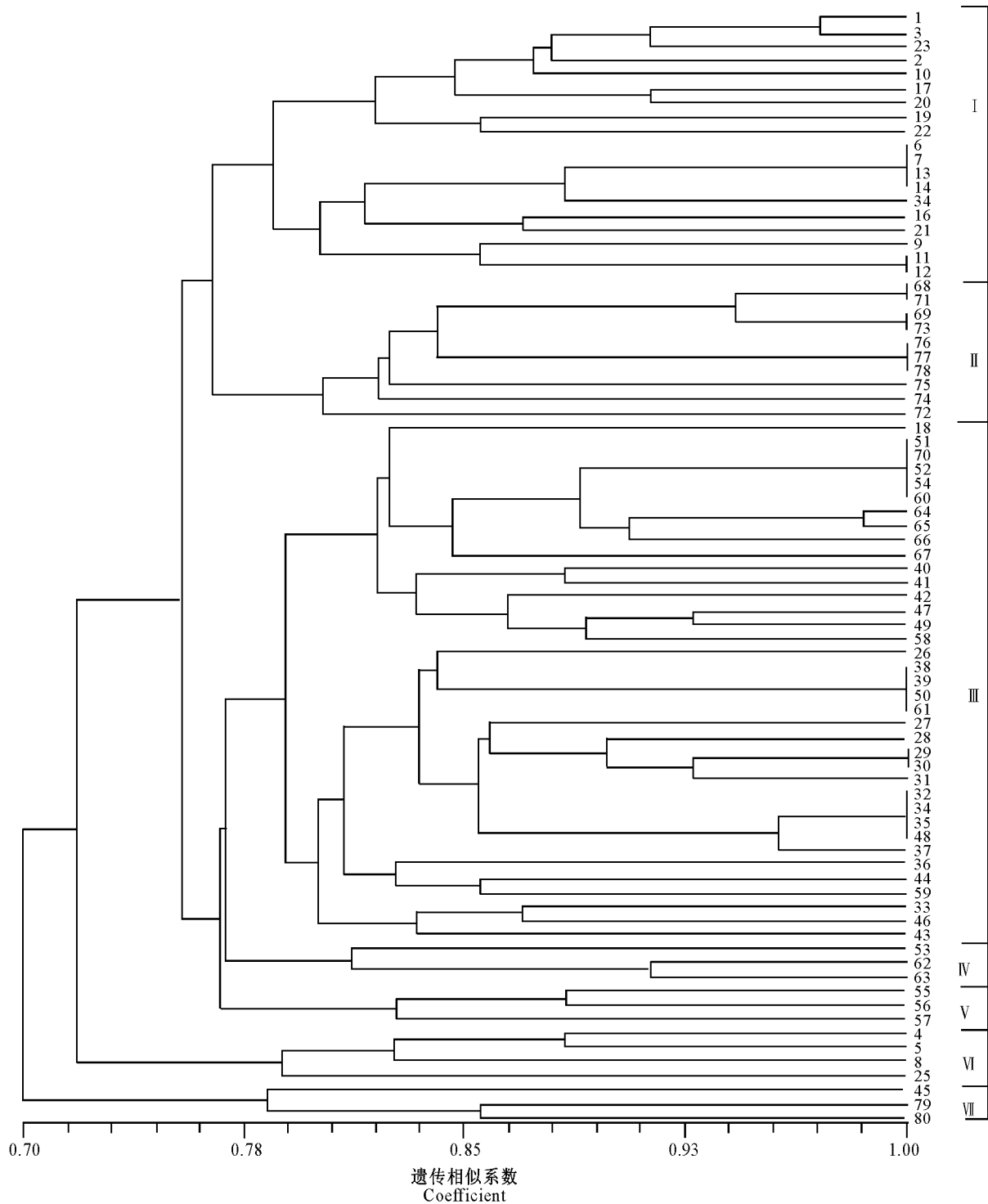


图 2 79 份粗山羊草醇溶蛋白的聚类分析结果

Fig. 2 A dendrogram of 79 accessions *A. tauschii* on gliadin banding patterns(NTSYS-pc 2.0)

3 讨论

3.1 粗山羊草醇溶蛋白的遗传多样性

Branlard^[19]对70个面包小麦品种进行A-PAGE分析,结果发现了55条迁移率不同的醇溶蛋白谱带,其分布情况是 α 区12条、 β 区8条、 γ 区11条、 ω 区24条。兰秀锦等^[20]利用A-PAGE技术对粗山羊草属中6个物种30份材料的醇溶蛋白进行分析,共检测到14种谱带类型和67条相对迁移率不同的谱带。本研究通过对79份不同产地粗山羊草醇溶蛋白的A-PAGE分析,共检测出70条相对迁移率不同的醇溶蛋白谱带,其中 α 区16条、 β 区21条、 γ 区13条、 ω 区20条,其各区谱带数明显多于上述研究。由此可见,供试的79份粗山羊草种质材料携带的醇溶蛋白等位点变异丰富,具有很高的遗传多样性,可以对这些种质加以利用,以丰富普通小麦的遗传背景。关于醇溶蛋白在 α 、 β 、 γ 和 ω 4个谱带区的遗传多样性差异问题,郎明林等^[21]研究发现,我国北方冬麦区主栽品种仅在 ω 区有较大变异;而兰海燕^[22]发现,在3612份中国小麦地方品种中, α 和 ω 区电泳谱带表现出的多样性指数相对较低,而 β 和 γ 区电泳谱带的多样性指数则相对较高。本研究发现,4个区的多样性指数均较高,因此可以利用粗山羊草丰富的醇溶蛋白遗传多样性,对普通小麦进行遗传改良,以丰富普通小麦的遗传背景。

3.2 粗山羊草地域环境对醇溶蛋白遗传多样性的影响

小麦醇溶蛋白是麦类植物种子胚乳中的主要贮藏蛋白,在小麦品种间及麦类近缘植物种间、种内不同居群间存在明显差异,其A-PAGE电泳图谱近年来已广泛应用于品种或种质资源鉴定、遗传多样性及植物亲缘关系分析等领域。孔令让等^[23]用随机扩增多态性DNA(RAPD)技术,对原产地不同、分属于2个亚种的29份粗山羊草进行了基因组DNA多态性分析,结果表明,来自同一地区的不同亚种并未聚为一类,而是同一亚种的材料首先相聚。本研究结果表明,大部分相同产地的粗山羊草聚为一类,说明其来源、分布与品种血缘关系具有一定的相关性,但来源相同的材料不全聚为一类,表现出一定的差异性,说明它们之间存在丰富的遗传多样性。这种聚类不完全符合地域性分布规律的原因可能有3个方面:①基因突变。物种在进化过程中,有个别的基因发生了变异,且该突变体能较好地适应当地的环境,该变异基因就能得到保存。②样本数量有限。

来自墨西哥、阿富汗、荷兰和叙利亚的材料分别只有1份,导致其特异带在总条带中的比例很小,可能对各群体遗传多样性指数的比较产生了影响。③受美国复杂的地形地貌和特殊的气候条件及不同气流的影响,在同一地域内形成了不同的地理生态环境,各地的气候差异很大,因此来自美国的种质被聚在不同类中。对生态地理类群的聚类分析也表明,相似生态环境或地理来源的材料优先聚为一类^[24],这就要求研究人员在收集、保护粗山羊草种质资源时,应尽量保证其生态和地理环境的多样性。

3.3 粗山羊草醇溶蛋白对构建核心种质的影响

张学勇等^[16]通过对原产地不同的粗山羊草醇溶蛋白的分析发现,中东国家材料的多态性明显高于前苏联材料,而后者多态性又明显高于中国新疆及黄河中部地区的材料,笔者推测粗山羊草可能是沿着中东-前苏联-中国新疆-黄河中部地区的途径传入我国的。兰秀锦等^[25]用A-PAGE对36份不同来源的粗山羊草进行醇溶蛋白分析,共发现19种带型,其中中国粗山羊草仅有2种类型,河南及陕西为A类,新疆为B类;而中东具有包括A、B在内的全部19种类型,这进一步支持了中东为粗山羊草起源中心的学说。本研究中来源于中国的粗山羊草聚在第I、II、III、VI和VII类群,其中新疆的8份材料分布在3个类群中,陕西的3份材料分布在2个类群中,河南的4份材料分布在2个类群中,来自中东伊朗的14份材料分布在4个类群中,来自前苏联的12份材料分布在4个类群中,这与前人的研究结论基本一致。同时本研究还发现,来自美国和前苏联的一些材料聚在同一类群中,即编号51(美国)、52(美国)、54(美国)、60(美国)、70(前苏联)的材料表现出相同的谱带;编号6(前苏联)、7(中国陕西)、13(中国河南)、14(中国山西)的材料也表现出相同的谱带,说明它们之间的相似性较高,亲缘关系较近。从这些材料的来源可以看出,这几份材料大部分来自同一国家或同一纬度,比如中国陕西和河南都处在黄淮地区,气候和地理环境相似,所以变异类型相同,可能为同一种材料。大部分相同来源的粗山羊草聚为一类,说明粗山羊草醇溶蛋白的谱带类型与材料来源地具有一定的相关性;但来源相同的材料不全聚为一类,表明其间存在差异性。部分材料的醇溶谱带完全相同,说明其含有相同的编码醇溶蛋白的基因,亲缘关系可能最近。将醇溶蛋白应用于构建核心种质资源库时,可将谱带相同的种质归为一类醇溶蛋白基因源加以利用,从而提高种质资源

保存和利用的效率。

对 79 份来自不同地区的粗山羊草进行研究, 结果发现, 其具有丰富的醇溶蛋白遗传多样性, 说明粗山羊草潜藏有大量可选择利用的优异性状。在对粗山羊草资源进行收集保护和深入研究时, 既要保证其生态型或地理来源的多样性, 又要充分重视样本数量的丰富度, 并结合分子标记及形态学性状对其进行多层次、全方位的系统研究。

[参考文献]

- [1] Wang L M, Zhang Y, Liu H J, et al. Identification, gene postulation and molecular tagging of a stripe rust resistance gene in synthetic wheat C142 [J]. Cereal Research Communications, 2009, 37(2): 209-215.
- [2] Kang H Y, Wang Y, Yuan H J, et al. Production of intergeneric hybrid between dwarfing polish wheat (*Triticum polonicum* L.) and *Aegilops tauschii* cosson, with reference to wheat origin [J]. Genetika, 2009, 45(6): 766-772.
- [3] Brooks S A, Huang L, Herbel M N, et al. Structural variation and evolution of a defense-gene cluster in natural populations of *Aegilops tauschii* [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2006, 112(4): 618-626.
- [4] An X L, Li X H, Xiong X J, et al. Identification and isolation of a new x-type HMW glutenin subunit 1Dx1. 6t gene from *Aegilops tauschii* [J]. Plant Breeding, 2009, 128(1): 41-45.
- [5] Miranda L M, Murphy J P, Marshall D, et al. *Pm34*: a new powdery mildew resistance gene transferred from *Aegilops tauschii* *coss.* to common wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. Theor Appl Genet, 2006, 113(8): 1497-1504.
- [6] Miranda L M, Murphy J P, Marshall D, et al. Chromosomal location of *Pm35*, a novel *Aegilops tauschii* derived powdery mildew resistance gene introgressed into common wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. Theor Appl Genet, 2007, 114(8): 1451-1456.
- [7] 李文才, 李 涛, 陈于和, 等. 粗山羊草 D 组染色体对小麦若干产量性状的影响 [J]. 麦类作物学报, 2005, 25(1): 26-29.
Li W C, Li T, Chen Y H, et al. Effects of chromosomes in D genome from *Aegilops tauschii* on wheat yield traits [J]. Acta Tritical Crops, 2005, 25(1): 26-29. (in Chinese)
- [8] 张玲丽, 卢碧霞, 马守才, 等. 粗山羊草细胞质对普通小麦细胞核的遗传效应 [J]. 湖北农学院学报, 2001, 21(2): 108-111.
Zhang L L, Lu B X, Ma S C, et al. Genetic effects of the cytoplasm from *Aegilops squarrosa* L. on the wheat cell nucleus [J]. Journal of Hubei Agricultural College, 2001, 21(2): 108-111. (in Chinese)
- [9] 阎 俊, 何中虎. 基因型、环境及其互作对黄淮麦区小麦淀粉品质性状的影响 [J]. 麦类作物学报, 2001, 21(2): 14-20.
Yan J, He Z H. Effects of genotype, environment and G×E interaction on starch quality traits of wheat grown in yellow and huai river valley [J]. Acta Tritical Crops, 2001, 21(2): 14-20.

(in Chinese)

- [10] 高居荣, 王洪刚, 刘树兵. 小麦种子醇溶蛋白聚丙烯酰胺凝胶电泳技术的简化研究 [J]. 华北农学报, 2003, 18(2): 43-46.
Gao J R, Wang H G, Liu S B. An simplified procedure of polyacrylamide gel electrophoresis applicable to the study of the gliadin of wheat seed [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2003, 18(2): 43-46. (in Chinese)
- [11] 姜晓红, 师素云, 马兆祉. 南方小麦品种的谷蛋白及醇溶蛋白加工品质的关系 [J]. 江苏农业学报, 1991, 7(2): 32-38.
Jiang X H, Shi S Y, Ma Z Z. A primary study on relations between gliadin and glutenin constituents and flour qualities of winter wheat in south China [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 1991, 7(2): 32-38. (in Chinese)
- [12] Shewry P R, Halford N G, Tathan A S. High molecular weight subunits of wheat glutenin [J]. Cereal Sci, 1992, 15: 105-120.
- [13] Payne P I, Nightingale M A, Krattiger A F. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British grown wheat varieties [J]. Journal of Science of Food and Agriculture, 1987, 40(1): 51-65.
- [14] Zillman R R, Bushuk W. Wheat cultivar identification by gliadin electrophoresis II: Effects of environmental and experimental factors on the gliadin electrophoregrams [J]. Canadian Journal of Plant Science, 1979, 59: 281-286.
- [15] 高 梅, 张国权, 魏益民, 等. 小麦醇溶蛋白 A-PAGE 电泳鉴定技术的分析 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(9): 52-57.
Gao M, Zhang G Q, Wei Y M, et al. Analysis on the wheat gliadin A-PAGE electrophoresis method [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2007, 35(9): 52-57. (in Chinese)
- [16] 张学勇, 杨欣明, 董玉琛. 醇溶蛋白电泳在小麦种质资源遗传分析中的应用 [J]. 中国农业科学, 1995, 28(4): 25-32.
Zhang X Y, Yang X M, Dong Y C. Genetic analysis of wheat germplasm by acid polyacrylamide gel electrophoresis of gliadins [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1995, 28(4): 25-32. (in Chinese)
- [17] 赵继新, 武 军, 陈新宏, 等. 几种小麦族亲缘植物麦谷蛋白和醇溶蛋白研究 [J]. 河北农业大学学报, 2008, 31(6): 1-6.
Zhao J X, Wu J, Chen X H, et al. Study on glutenin and gliadin of some relative species of *Triticum* [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2008, 31(6): 1-6. (in Chinese)
- [18] 王亚娟. 粗山羊草遗传多样性的研究 [D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
Wang Y J. Research on the genetic diversity of *Aegilops tauschii* [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2008. (in Chinese)
- [19] Branlard G. Diversity of grain proteins and bread wheat quality. I. Correlation between gliadin bands and flour quality characteristics [J]. Cereal Sci, 1985, 3: 329-343.
- [20] 兰秀锦, 郑有良, 刘登才, 等. 山羊草属植物醇溶蛋白的遗传多样性分析 [J]. 草业学报, 2006, 15(6): 93-100.
Lan X J, Zheng Y L, Liu D C, et al. Gliadin polymorphism of

Aegilops species [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2006, 15(6): 93-100. (in Chinese)

[21] 郎明林, 卢少源, 张荣芝. 中国北方主要栽培小麦品种醇溶蛋白组成遗传多态性分析 [J]. *作物学报*, 2001, 27(6): 959-966. Lang M L, Lu S Y, Zhang R Z. Analysis of the genetic evolution of gliadin composition in the major wheat cultivars grown in North China [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2001, 27(6): 959-966. (in Chinese)

[22] 兰海燕. 中国小麦地方品种遗传多样性研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2002. Lan H Y. Genetic diversity of Chinese wheat landraces [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2002. (in Chinese)

[23] 孔令让, 董玉琛, 贾继增. 粗山羊草随机扩增多态性 DNA 研究 [J]. *植物学报*, 1998, 40(3): 223-227. Kong L R, Dong Y C, Jia J Z. Random amplified polymorphism of DNA an analysis in *Aeglops tauschii* [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1998, 40(3): 223-227. (in Chinese)

[24] 郡家俊, 白史且, 张新全, 等. 青藏高原野生老芒麦种质醇溶蛋白遗传多样性分析 [J]. *农业生物技术学报*, 2009, 17(5): 891-901. Jun J J, Bai S Q, Zhang X Q, et al. Genetic diversity of gliadin in native elymus sibiricus from Qinghai-Tibetan Plateau in China [J]. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 2009, 17(5): 891-901. (in Chinese)

[25] 兰秀锦, 魏育明, 工志容, 等. 中国节节麦与中东节节麦的醇溶蛋白遗传多样性比较研究 [J]. *四川农业大学学报*, 1999, 17(3): 245-248. Lan X J, Wei Y M, Gong Z R, et al. Gliadin comparison between *Aegilops tauschii* cosson. from China and middle east [J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 1999, 17(3): 245-248. (in Chinese)

(上接第 58 页)

[17] 王冬梅, 王春枝, 韩晓日, 等. 长期施肥对棕壤主要酶活性的影响 [J]. *土壤通报*, 2006, 37(2): 263-267. Wang D M, Wang C Z, Han X R, et al. Effects of long-term application of fertilizers on some enzymatic activities in brunisolic soil [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2006, 37(2): 263-267. (in Chinese)

[18] 李春霞, 陈 阜, 王俊忠, 等. 不同耕作措施对土壤酶活性的影响 [J]. *土壤通报*, 2007, 38(3): 601-603. Li C X, Chen F, Wang J Z, et al. Effect of different tillage practices on soil enzyme activity [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2007, 38(3): 601-603. (in Chinese)

[19] 宋 日, 吴春胜, 牟金明, 等. 玉米根茬留田对土壤微生物量碳和酶活性动态变化特征的影响 [J]. *应用生态学报*, 2002, 13(3): 303-306. Song R, Wu C S, Mou J M, et al. Effects of maize stubble re-

maining in field on dynamics of soil microbial biomass C and soil enzyme activities [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(3): 303-306. (in Chinese)

[20] 王 芸, 韩 宾, 史忠强, 等. 保护性耕作对土壤微生物特性及酶活性的影响 [J]. *水土保持学报*, 2006, 20(4): 120-122. Wang Y, Han B, Shi Z Q, et al. Effects of aonservati on tillageon soil microbial characters and soil enzyme activities [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(4): 120-122. (in Chinese)

[21] 张海林, 高旺盛, 陈 阜, 等. 保护性耕作研究现状、发展趋势及对策 [J]. *中国农业大学学报*, 2005, 10(1): 16-20. Zhang H L, Gao W S, Chen F, et al. Prospects and present situation of conservation tillage [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2005, 10(1): 16-20. (in Chinese)