

DOI: 10.1360/yc-007-0599

青藏高原栽培青稞淀粉粒蛋白多态性及其与淀粉含量的关系

潘志芬^{1,2}, 邹弈星^{1,2}, 赵桃^{1,2}, 邓光兵¹, 翟旭光^{1,2}, 吴芳^{1,2}, 余懋群¹

1. 中国科学院成都生物所, 成都 610041;
2. 中国科学院研究生院, 北京 100039

摘要: 淀粉粒蛋白(Starch granule proteins, SGPs)是一类与淀粉粒结合的微量蛋白, 其变异可能与淀粉特性相关。实验率先研究了我国青藏高原栽培青稞的 SGP 组成, 初步探索了所分离的 SGP 蛋白与淀粉合成的关系。青藏高原青稞的 SGP 组成存在多态性, 66 份青稞材料中分离了 10 种主要的 SGPs, 16 种组合带谱。西藏青稞和四川青稞的 SGP 组成有很大差异, SGP 组成具有地域差异性。不同组合带谱材料间淀粉含量差异显著性检验显示, 实验所分离的淀粉粒蛋白可能与淀粉的合成相关。

关键词: 栽培青稞; 淀粉粒蛋白; 多态性; 淀粉含量; 青藏高原

SGP polymorphism in cultivated naked barley from Qinghai-Tibet plateau in China and the relationship between SGPs and starch content

PAN Zhi-Fen^{1,2}, ZHOU Yi-Xing^{1,2}, ZHAO Tao^{1,2}, DENG Guang-Bing¹, ZHAI Xu-Guang^{1,2}, WU Fang^{1,2}, YU Mao-Qun¹

1. Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;
2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

Abstract: Starch granule proteins (SGPs) are minor components bound with starch granule, which mutation may be related to starch properties. This study investigated the variation of SGPs in cultivated naked barley from Qinghai-Tibet Plateau in China for the first time, and the relationship between SGPs and starch content was preliminarily done. Ten major SGPs and 16 types of patterns were present in 66 cultivated naked varieties, indicating SGPs in cultivated naked barley from Qinghai-Tibet Plateau in China are polymorphic. SGPs in Tibet and Sichuan naked barley were greatly different and SGPs were specific to origin of site. Significance test analysis demonstrates SGPs described in this study except for SGP1 may be related with the variation of starch content in different naked barley.

Keywords: cultivated naked barley; starch granule protein (SGP); polymorphism; starch content; Qinghai-Tibet Plateau

淀粉是人和动物的主要食粮, 也是一种广泛的工业原料。淀粉由直链淀粉和支链淀粉组成, 以高度组织化的淀粉粒形式存在于植物体中。不同物种或品种间淀粉的含量、淀粉粒大小和直链与支链淀

收稿日期: 2006-07-31; 修回日期: 2006-10-31

基金项目: 国家 863 计划项目(编号: 2003AA207100)、中国科学院西部之光人才培养项目和科技部基础性工作专项(编号: 2006FY110700)资助
[Supported by High-Tech Research and Development Program of China (No.2003AA207100), Western Light of Chinese Academy of Sciences and Project of the Department of Science and Technology of China (No. 2006 FY110700)]

作者简介: 潘志芬(1971—), 女, 博士, 助理研究员, 研究方向: 麦类作物品质遗传育种。E-mail: panzf@cib.ac.cn

通讯作者: 余懋群(1958—), 男, 博士, 研究员, 博士生导师, 研究方向: 麦类作物遗传育种。Tel/Fax:86028-85229053; E-mail: yumq@cib.ac.cn

粉含量的比率等特性不同。不同物化特性淀粉的功能特性,如粘度、膨胀性、胶凝和重结晶特性及成膜特性等存在差异,进而有着不同的质量、功能和应用领域。淀粉生化合成中的主要酶类与淀粉特性密切相关,其突变可能改变淀粉结构、淀粉粒形状或淀粉含量^[1~4]。在小麦、大麦及其他植物中发现了多种淀粉酶突变体,这些突变体的淀粉特性与野生型相比存在差异。就大麦淀粉酶突变体而言,AGPP突变体的淀粉含量减少^[5];SSI活性降低的突变体大淀粉粒减少,淀粉粒呈现一元模式^[6~8];SSIIa失活的突变体的支链淀粉含量减少 20%,而且链长变短,淀粉胶凝温度降低^[9];SDBE突变体无正常的A-、B-淀粉粒^[10];GBSSI突变体直链淀粉低至 2%~10%,支链淀粉高达 90%~98%^[11];在大麦中,还发现了直链淀粉高达 70%的高直链淀粉基因型^[12]。各种突变体的出现扩大了胚乳淀粉的差异,拓展了大麦的使用领域,提升了大麦的经济价值。

淀粉粒中含有多种蛋白,被称作淀粉粒蛋白(Starch granule proteins, SGPs),许多淀粉粒蛋白与淀粉合成相关的酶蛋白相对应。研究物种或品种间胚乳淀粉粒蛋白(starch granule protein, SGP)差异,可为寻找新的淀粉酶基因或新的淀粉资源提供参考。小麦品种间淀粉粒差异的研究已有一些报道^[13,14],但大麦淀粉粒蛋白差异的研究很少,关于我国大麦SGP差异的报道还处于空白。本实验通过分析青藏高原栽培青稞主要淀粉粒结合蛋白差异,

筛选不同SGP组合的材料,为进一步研究淀粉特性、挖掘新的淀粉基因及通过染色体或基因工程创造或培育特色淀粉种质奠定基础。

1 材料和方法

1.1 材料

供试 66 份六棱青稞,包括 46 份西藏青稞及 20 份四川青稞。西藏青稞由西藏农牧科学院农科所强小林研究员提供,四川青稞材料来自四川阿坝藏族羌族自治州和甘孜藏族自治州,由阿坝藏族羌族自治州和甘孜藏族自治州青稞研究所提供。按生长习性,66 份材料中包含了 56 份春青稞,10 份冬青稞,冬青稞全部来自西藏,材料收集地的海拔高度为 1,600~4,200 m(表 1)。中国春为对照。

1.2 方法

青稞淀粉颗粒结合蛋白的提取、电泳分离及染色参照文献^[15]。

蛋白条带分析,采用软件 Quantity one 4.5.0 进行,条带命名用数字命名法,随电泳迁移距离递增而递增。

粗淀粉和直链淀粉含量测定分别参照 GB5006-85 和 GB/T 15683。数据分析:利用软件 POPGENE1.01 计算遗传多样性指数,聚类分析采用软件 NTSYSpc2.01 进行,显著性检验用软件包 SPSS10.01 进行。

表 1 66 份青藏高原栽培青稞

Table 1 List of 66 cultivated hulless cultivars from Qinghai-Tibet Plateau used in this study

收集地 Collecting regions	材料名称 Accession name	材料编号 Number of accession	生长习性 Growth Habit	海拔(米) Altitude (m)
西藏	藏青 1 号 Zangqing 1	TZ01	春性 Spring	3700
Tibet	藏青 3 号 Zangqing 2	TZ02	春性 Spring	3700
	藏青 21 Zangqing2 1	TZ03	春性 Spring	3700
	藏青 80 Zangqing 80	TZ04	春性 Spring	3700
	藏青 85 Zangqing 85	TZ05	春性 Spring	3700
	藏青 3179 Zangqing 3179	TZ06	春性 Spring	3700
	藏青 311 Zangqing 311	TZ08	春性 Spring	3700
	藏青 148 Zangqing 148	TZ09	春性 Spring	3700
	藏青 320 Zangqing 320	TZ10	春性 Spring	3700
	春 815078 Spring 815078	TZ11	春性 Spring	3700
	春 940690 Spring 940690	TZ12	春性 Spring	3700
	QB01	TZ13	春性 Spring	3850
	QB02	TZ14	春性 Spring	3850
	QB09	TZ15	春性 Spring	3850
	QB24	TZ16	春性 Spring	3850
	QB16	TZ17	春性 Spring	3850

表 1(续)

收集地 Collecting Regions	材料名称 Accession name	材料编号 Number of accession	生长习性 Growth Habit	海拔(米) Altitude (m)
	QB25	TZ18	春性 Spring	3850
	QB28	TZ19	春性 Spring	3850
	喜马拉雅 2号 Ximala 2	TZ20	春性 Spring	3600
	喜马拉雅 4号 Ximala 4	TZ21	春性 Spring	3600
	喜马拉雅 6号 Ximala 6	TZ22	春性 Spring	3600
	喜马拉雅 8号 Ximala 8	TZ23	春性 Spring	3600
	喜马拉雅 9号 Ximala 9	TZ24	春性 Spring	3600
	喜马拉雅 10号 Ximala 10	TZ25	春性 Spring	3600
	喜马拉雅 11号 Ximala 11	TZ26	春性 Spring	3600
	喜马拉雅 15号 Ximala 15	TZ27	春性 Spring	3600
	喜马拉雅 16号 Ximala 16	TZ28	春性 Spring	3600
	喜马拉雅 19号 Ximala 19	TZ29	春性 Spring	3600
	喜马拉雅 42号 Ximala 42	TZ30	春性 Spring	3600
	山青 7号 Shanqing 7	TZ31	春性 Spring	3600
	拉萨勾芒 Lashagoumang	TZ32	春性 Spring	3700
	拉萨紫青稞 Lashaziqingke	TZ33	春性 Spring	3700
	冬青 1号 Dongqing 1	TZ34	冬性 Winter	3700
	冬青 8号 Dongqing 8	TZ35	冬性 Winter	3700
	冬青 11号 Dongqing 11	TZ36	冬性 Winter	3700
	冬青 15号 Dongqing 15	TZ37	冬性 Winter	3700
	冬青 16号 Dongqing 16	TZ38	冬性 Winter	3700
	96-971800	TZ39	冬性 Winter	3700
	94-95-955	TZ40		
	WB21	TZ43	冬性 Winter	3850
	WB19-97	TZ45	冬性 Winter	3850
	WB07-97	TZ46	冬性 Winter	3850
	藏 434 Zang 434	TZ78	春性 Spring	3700
	藏 447 Zang 447	TZ79	春性 Spring	3700
	藏青 25 Zangqing 25	TZ87	春性 Spring	3700
	品比 14 Pinbi14	TZ54	冬性 Winter	3700
	北青 3号 Beiqing 3	TZ55	春性 Spring	3700
四川 Sichuan	旱地紫青稞 Handiziqingke	SZ48	春性 Spring	3300
	理塘白三社 Litangbaisanshe	SZ50	春性 Spring	3600
	春青稞 Chunqingke	SZ51	春性 Spring	3300
	长堤春青稞 Changtichunqingke	SZ53	春性 Spring	2300
	阿坝四清白六棱 Abasiqingbailiuling	SZ56	春性 Spring	3300
	阿坝山丹 Abashandan	SZ58	春性 Spring	3300
	红原 86 Hongyuan 86	SZ59	春性 Spring	3400
	漳腊白青稞 Zhanglabaiqingke	SZ60	春性 Spring	3100
	壤塘黄青稞 Rangtanghuangqingke	SZ62	春性 Spring	3000
	小金日隆紫青稞 Xiaojinrilongziqingke	SZ64	春性 Spring	2000
	萝卜寨六棱 Luobozailiuling	SZ65	春性 Spring	1900
	金川六棱青稞 Jinchuanliulingqingke	SZ66	春性 Spring	2000
	足木脚六棱青稞 Zumujiaoliulingqingke	SZ68		2300
	巴西灰青稞 Baxihuiqingke	SZ69	春性 Spring	3100
	阿青 5号 Aqing 5	SZ71	春性 Spring	3000
	97039-2	SZ74	春性 Spring	3450
	丹巴黑青稞 Danbaheiqingke	SZ75	春性 Spring	2400
	乾宁青稞 Qianningqingke	SZ77	春性 Spring	
	康青 3号 Kangqing 3	SZ81	春性 Spring	3450
	97-9	SZ84	春性 Spring	3450

2 结果与分析

2.1 淀粉粒蛋白多态性

淀粉粒结合蛋白电泳分离结果见图 1。从图中可看出, 淀粉粒结合蛋白能够很好地分离。材料中共有 10 种不同的主要条带, SGP1 没有多态性, 其余九条蛋白带都具有多态性。具有多态性的蛋白条带的频率为 16.67%~48.48%, 其中条带 SGP5 和 SGP9 出现的次数少, 频率较低, 其余条带的频率差异很小(表 2)。在 66 份材料中, 发现 16 种不同的条带组合(图 2), 其中 9 种为单一材料所独有, 7 种则分别包含多份材料, 少的包含 2 份, 多的则达 19 份材料, 组合 2、3 和 8 含有较多的材料, 分别为 10、13 和 19(图 2 和表 3)。每份材料中淀粉粒结合蛋白条带数为 2~5 条, 含 4 条和 5 条的材料较多, 其频率分别为 33.33% 和 43.94%(图 2 和表 4)。

2.2 不同地区材料间遗传差异比较

西藏群体和四川群体材料中都含有 10 条主要的蛋白带, 没有地区特异性蛋白带。各蛋白带在不同群体的频率有差异, SGP2、6 和 8 三条蛋白带在四川群体以较高的频率存在, 其频率分别为 55%、60%、60%, SGP5 和 SGP9 在西藏群体中出现的频率非常低, 仅分别存在 1 和 2 份材料中(表 2)。西藏群体内共发现 12 种不同的组合带型, 其中有 9 种组合带谱是该地区材料特有的, 即 1、4、5、6、9、11-14; 四川群体内共发现 7 种蛋白组合带型, 其中有 4 种特有带谱, 即 5、7、15 和 16; 两群体中仅有 3 种共同的蛋白组合带谱, 即 2、3、8(图 2 和表 3)。3 种共同的蛋白组合带谱, 包含了 42 份青稞材料, 其中西藏青稞 27 份, 四川青稞 15 份。就 Shannon 指数() 来看, 西藏和四川群体分别为 0.43 和 0.42, 表明两群体的遗传多样性水平差异不明显。

表 2 研究群体中淀粉粒结合蛋白带的频率

Table 2 Frequency of the different SGP bands identified within the population studied

淀粉粒结合蛋白带 SGP	西藏(%) Tibet	四川(%) Sichuan	总群体(%) Total
SGP1	100.00	100.00	100.00
SGP2	34.78	55.00	40.91
SGP3	39.13	35.00	37.88
SGP4	28.26	30.00	28.79
SGP5	26.09	5.00	19.70
SGP6	30.43	60.00	39.39
SGP7	41.30	35.00	39.39
SGP8	43.49	60.00	48.48
SGP9	19.57	10.00	16.67
SGP10	41.30	35.00	39.39

2.3 聚类分析

从图 3 和表 5 可看出, 根据 SGP 蛋白特性将 66 份青稞分为 3 组, 即 α 、 β 、 γ 。组包含了 27 份材料, 20 份来自西藏, 7 份来自四川; 组包含了 25 份材料, 14 份来自西藏, 11 份来自四川; 组包含了 14 份材料, 12 份来自西藏, 2 份来自四川。西藏群体材料在 β 组中分配较多, 而四川材料在 α 组中分布最多, 显示基于 SGP 蛋白差异的聚类与材料来源地区有一定的相关性。

不同生长习性的材料在聚类时没有明显的区别界限, 显示生长习性与 SGP 蛋白没有必然的联系, 是两个互为独立的性状。

2.4 SGP 组合带型材料间淀粉差异显著性检验

由于其他组合带谱所含的材料很少(1~2 份), 不适合进行材料间淀粉含量差异显著性检验, 因此我们对 2、3、7、8、11 和 13 等 6 种含材料较多的 SGP 组合带谱所包含的材料间各类淀粉含量差异进行了显著性检验, 结果见表 6。组合带谱 3 和 7 中材料平均粗淀粉含量较低, 分别为 50.68 和 50.59, 其余 4

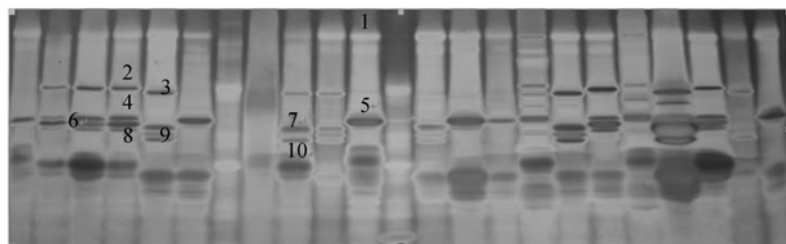


图 1 青稞淀粉颗粒结合蛋白(SGPs)SDS-PAGE

Fig. 1 SDS-PAGE for SGPs in naked barley

表 3 SGP 组合类型

Table 3 Types of patterns of SGPs in the hulless barley

组合类型 Patterns	SGPs 条带 Band of SGPs	材料编号 Number of accession	材料数目 No. of accession	条带数 No. of bands
1	SGP 1+3+ 8+ 10	TZ45	1	4
2	SGP1+3+7+9+ 10	TZ46 SZ81 SZ51 TZ2 TZ8 TZ30 TZ1 TZ3 TZ29 TZ33	10	5
3	SGP1+ 3+ 7+ 10	TZ55 TZ43 SZ60 SZ69 SZ77 TZ79 SZ84 SZ68 TZ9 TZ26 TZ17 TZ19 TZ23	13	4
4	SGP1+ 3+ 7	TZ38	1	3
5	SGP1+ 7+ 9+ 10	TZ14	1	4
6	SGP1+7 +10	TZ32	1	3
7	SGP1+2+6+ 8	SZ50 SZ58 SZ65 SZ59	4	4
8	SGP1+2+ 4+ 6+ 8	SZ64 TZ54 SZ74 SZ56 SZ75 TZ20 TZ31 SZ62 SZ66 TZ5 TZ6 TZ27 TZ28 TZ39 TZ13 TZ35 TZ36 TZ37 TZ40	19	5
9	SGP1+ 6	TZ78	1	2
10	SGP1+ 6+8	SZ71	1	3
11	SGP1+ 5+ 8	TZ4 TZ12 TZ22 TZ21	4	3
12	SGP1+ 2+ 5+ 8	TZ16 TZ25	2	4
13	SGP1+ 5	TZ24 TZ18 TZ15 TZ10 TZ34	5	2
14	SGP1+ 2+ 5	TZ11	1	3
15	SGP1+ 2+ 5+ 6	SZ48	1	4
16	SGP1+ 8	SZ53	1	2

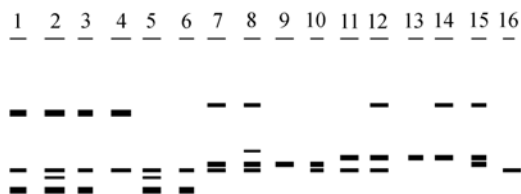


图 2 SGP 组合带谱

Fig. 2 Types of patterns for SGPs

表 4 各材料中所含的淀粉粒蛋白条带数及其频率

Table 4 Number of bands for SGPs per accessions in hulless barley studied

条带数 No. of bands	样品数 No. of samples	频率(%) Frequency of the population(%)
2	7	10.61
3	8	12.12
4	22	33.33
5	29	43.94

表 5 基于淀粉颗粒蛋白多态性的聚类结果

Table 5 Result of cluster analysis based on SGPs polymorphism

分组 Group	西藏 Tibet	四川 Sichuan	春性 Spring	冬性 Winter	总数 Total
	20	7	23	4	27
	14	11	20	5	25
	12	2	13	1	14
合计 Total	46	20	56	10	66

组材料的平均粗淀粉含量为 54.31~56.54, 带谱 2 的最高。显著性检验显示, 带谱 2 的显著大于带谱 3 的, 带谱 8 的也显著大于带谱 3 的, 其余各带谱间有差异, 但均不显著。各带谱材料的直链淀粉含量有差异, 为 22.12~28.23, 带谱 7 的最低, 带谱 11 的最高, 平均值为 25.12。显著性检验显示, 带谱 7 和 11 间的差异显著, 其余各带谱间的差异均不显著。各带谱材料的支链淀粉含量有差异, 含量范围为 26.09~30.37, 带谱 3 的最低, 带谱 13 的最高, 平均值为 28.58。显著性检验显示, 带谱 2 和 3 间的差异显著, 带谱 3 与 8 间的差异显著, 其余各带谱间有差异, 但均不显著。

3 讨论

淀粉是大麦籽粒的主要贮藏成份, 是影响大麦加工和应用的重要因素。筛选和培育特色淀粉大麦能丰富人类生活, 利于拓展大麦的应用领域, 从而提高大麦的经济价值。我国青藏高原大麦资源, 特别是裸大麦资源非常丰富, 筛选特色淀粉大麦资源利于特色大麦品种的选育。本实验率先从淀粉粒蛋白的差异开启了我国大麦淀粉特性相关的研究。供试的 66 份青稞材料中分离了 10 种主要的 SGP, 16 种组合带谱; 各 SGP 蛋白和组合带谱出现的频

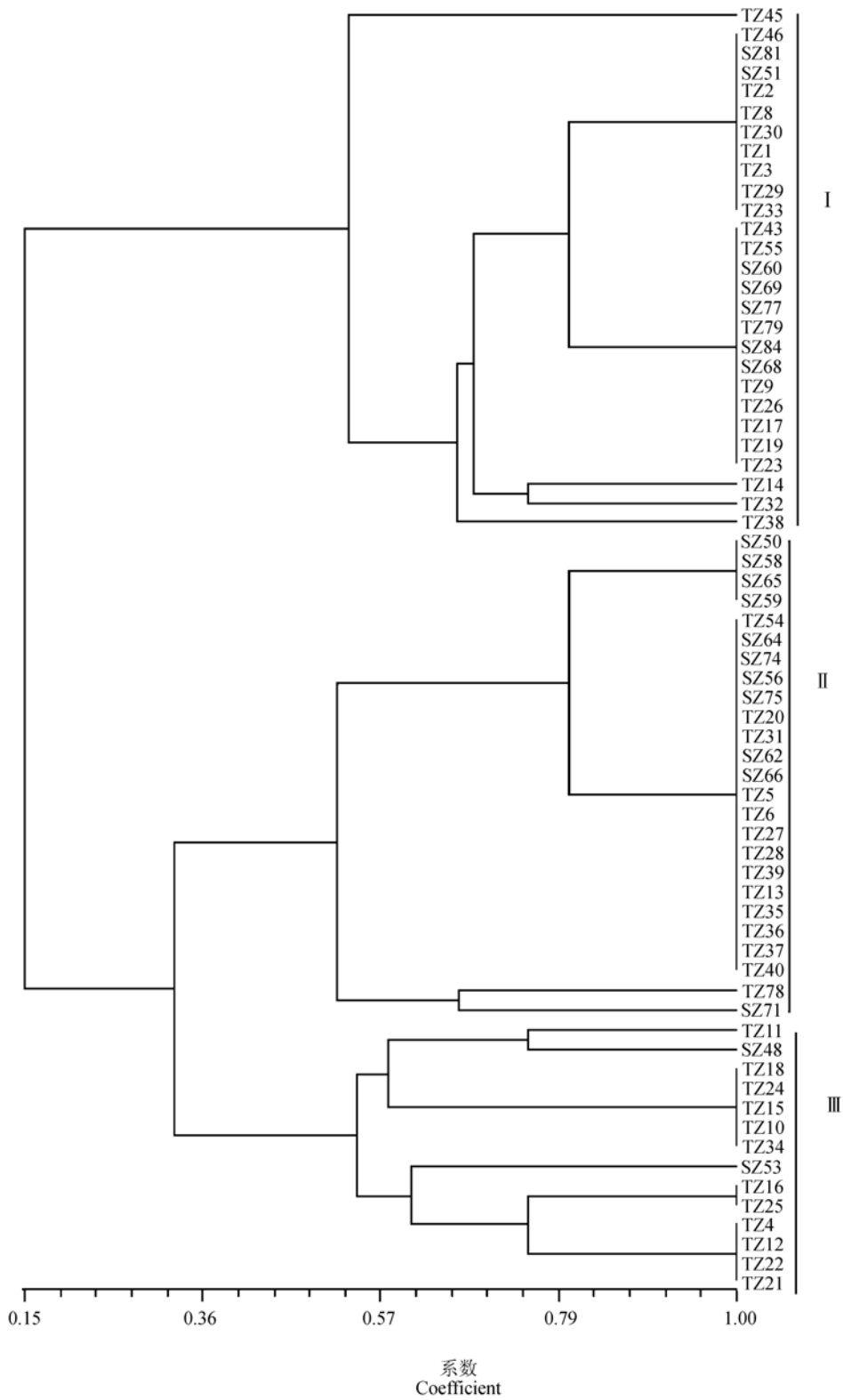


图 3 基于 SGP 多态性的聚类

Fig. 3 Dendrogram based on SGP polymorphisms

存在差异,表明青藏高原青稞的SGP组成存在多态性。西藏青稞含有12种蛋白组合带谱,其中有9种特异带谱;四川群体中共发现7种蛋白组合带型,其中有4种特有带谱;两群体中仅有3种共同的蛋白组合带谱。材料聚类时,西藏群体材料在I组中分配较多,而四川材料在II组中分布最多。这些表明西藏青稞和四川青稞的SGP组成有很大差异,SGP组成具有地域差异性,材料聚类与材料来源具有一定的相关性,可能与地理生态环境和人为选择有关。

不同组合带谱材料间淀粉含量差异显著性检验发现,组合带谱2和8的支链淀粉含量显著大于带谱3的,组合带谱7的直链淀粉含量显著低于组合带谱11的。这些组合带谱的蛋白构成的不同可能是造成淀粉含量差异显著的原因之一。组合带谱2、3、

8的蛋白带构成分别为SGP1+3+7+9+10、SGP1+3+7+10、SGP1+2+4+6+8,它们的SGP条带不同可能是造成支链淀粉含量差异显著的原因之一,即SGP2、3、4、6、7、8、9、10可能影响支链淀粉的合成,SGP9可能与支链淀粉的增加有关。组合带谱7和11的蛋白带构成分别为SGP1+2+6+8、SGP1+5+8,其蛋白条带不同可能造成材料间直链淀粉含量差异显著,即SGP2、5、8可能影响直链淀粉的含量。综合来看,所分离的SGP蛋白,除无多态性的SGP1外,其余条带中有的可能参与了淀粉的合成。增大研究群体、减少材料之间的背景差异,并结合蛋白结构特点和更广泛的淀粉特性的研究,将会更进一步证实这些淀粉粒结合蛋白与淀粉合成的关系,可能发现新的淀粉合成酶基因或新淀粉特性材料。

表6 组合带型间总淀粉含量差异显著性检验

Table 6 Significance test of starch content among types of patterns

组合带型 Types of patterns	样品数 Number	平均淀粉含量 Mean	极差 Range	显著性 Significance
2	8	56.54 ± 3.01	53.58~61.59	bc
3	12	50.68 ± 8.04	37.36~60.43	a
7	4	50.59 ± 4.22	46.87~56.66	abc
8	19	54.58 ± 3.95	47.37~61.35	b
11	4	54.31 ± 2.09	52.66~57.00	abc
13	5	55.11 ± 3.99	49.42~58.66	abc
Total	52	53.71 ± 5.29	37.36~61.59	
组合带型 Types of patterns	样品数 Accessions	平均直链淀粉含量 Mean	极差 Range	显著性 Significance
2	8	26.22 ± 1.92	22.42~27.89	ab
3	12	24.55 ± 4.80	16.66~31.82	ab
7	4	22.12 ± 3.42	18.29~26.22	a
8	19	25.11 ± 3.81	16.55~32.40	ab
11	4	28.23 ± 3.77	22.59~30.41	b
13	5	24.74 ± 2.22	21.95~27.69	ab
Total	52	25.12 ± 3.77	16.55~32.40	
组合带型 Types of patterns	样品数 Accessions	平均支链淀粉含量 Mean	极差 Range	显著性 Significance
2	8	30.33 ± 2.29	27.44~33.82	bc
3	12	26.13 ± 5.45	16.38~35.68	a
7	4	28.46 ± 1.83	26.01~30.44	abc
8	19	29.47 ± 4.16	20.94~36.04	b
11	4	26.09 ± 5.62	22.70~34.41	abc
13	5	30.37 ± 4.95	21.73~33.42	abc
Total	52	28.58 ± 4.49	16.38~36.04	

参考文献(References):

- [1] Bernardo A, Luque A, Cuadrado A, Negro A, Jouve N, Soler C. The assessment of genetic variation in Spanish primitive cultivars of barley, *Hordeum vulgare* L., by a combination of isozyme and hordeins. *Genet Res Crop Evol*, 1997, 44(3): 217-226.
- [2] Mouille G, Maddelein ML, Libessart N, Talaga P, Decq A, Delrue B, Ball S. Preamylopectin processing: a mandatory step for starch biosynthesis in plants. *Plant Cell*, 1996, 8(8): 1353-1366.
- [3] Edwards A, Fulton DC, Hylton CM, Jobling SA, Gidley M, Roßner U, Martin C, Smith AM. A combined reduction in activity of starch synthases II and III of potato has novel effects on the starch of tubers. *Plant J*, 1999, 17(11): 251-261.
- [4] Yamamori M, Fujita S, Hayakawa K, Matsuki J, Yasui T. Genetic elimination of a starch granule protein, SGP-1, of wheat generates an altered starch with apparent high amylose. *Theor Appl Genet*, 2000, 101(1): 21-29.
- [5] Johnson PE, Patron NJ, Bottrill AR, Dinges JR, Fahy BF, Parker ML, Waite DN, Denyer K. A low-starch barley mutant, risø 16, lacking the cytosolic small subunit of adp-glucose pyrophosphorylase, reveals the importance of the cytosolic isoform and the identity of the plastidial small subunit. *Plant Physiology*, 2003, 131(2): 684-696.
- [6] Schulman AH, Ahokas H. A novel shrunken endosperm mutant of barley. *Physiol Plant*, 1990, 78(4): 583-589.
- [7] Tyynela J, Schulman AH. An analysis of soluble starch synthase isozymes from the developing grains of normal and shx cv. Bomi barley (*Hordeum vulgare*). *Physiol Plant*, 1993, 89(4): 835-841.
- [8] Tyynela J, Stitt M, Löonneborg A, Smeeckens S, Schulman AH. Metabolism of starch synthesis in developing grains of the shx shrunken mutant of barley (*Hordeum vulgare*). *Physiol Plant*, 1995, 93(1): 77-84.
- [9] Morell MK, Kosar-Hashemi B, Cmiel M, Samuel MS, Chandler P, Rahman S, Buleon A, Batey IL, Li Z. Barley sex6 mutants lack starch synthase Lia activity and contain a starch with novel properties. *Plant Journal*, 2003, 34(13): 173-185.
- [10] Burton RA, Jenner H, Carrangis L, Fahy B, Finche GB, Hylton C, Laurie DA, Parker M, Waite D, van Wegen S, Verhoeven T, Denyer K. Starch granule initiation and growth are altered in barley mutants that lack isoamylase activity. *Plant Journal*, 2002, 31(1): 97-112.
- [11] Ishikawa N, Ishihara J, Itoh M. Artificial induction and characterization of amylose-free mutants of barley. *Barley Genet Newsletter*, 1994, 24: 49-53.
- [12] Morrison WR, Laignelet B. An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. *Journal of Cereal Science*, 1983, 2: 257-271.
- [13] Rahman S, Hashemi BK, Samuel MS, Hill A, Abbott DC, Skerritt JH, Preiss J, Appels R, Morell MK. The major proteins of wheat endosperm starch granules. *Aust J Plant Physiol*, 1995, 22: 793-803.
- [14] Yamamori M, Endo TR. Variation of starch granule proteins and chromosome mapping of their coding genes in common wheat. *Theor Appl Genet*, 1996, 93(2): 275-281.
- [15] PAN Zhi-Fen, DENG Guang-Bin, WANG Tao, YU Mao-Qun. An improved 1D-SDS-PAGE method for identification of wheat waxy protein. *Chin J Appl Environ Biol*, 2000, 6(5): 487-489.
- 潘志芬, 邓光兵, 王涛, 余懋群. 小麦 waxy 蛋白亚基 1D-SDS-PAGE 分离方法改良. 应用与环境生物学报, 2000, 6(5): 487-489.

科学出版社生命科学编辑部新书推介 2007-03

现代生物工程 (应用生物技术大系)

焦炳华 孙树汉 主编

978-7-03-017544-1/Q-1756 定价: 78.00 2007年3月出版

本书是为落实国家生命科学与技术人才培养基地建设委员会关于加强生物类专业教学的要求而组织编写的。书中全面介绍了现代生物技术的概念、原理、研究方法发展方向及其应用领域。全书共分现代生物工程导论及基因工程、细胞工程、蛋白质工程、酶工程、抗体工程、组织工程和生物芯片 7 篇,共 33 章。本书可作为高等院校生物学专业学生专业教学的教材,也可供给综合性大学、师范、

农林、医药院校有关专业本科生、研究生及教师作为参考用书。

欢迎各界人士邮购科学出版社各类图书(免邮费)。邮购地址:100717 北京东黄城根北街 16 号科学出版社 科学分社,联系人:阮芯 联系电话:010-64034622(带传真)更多精彩图书请登陆网站<http://www.lifescience.com.cn>, 欢迎致电索要书目