

# 云南大麦地方品种子粒的功能成分含量差异分析

唐俊杰<sup>1</sup>, 普晓英<sup>2</sup>, 曾亚文<sup>2,3</sup>, 杨涛<sup>2</sup>, 杨树明<sup>2</sup>, 杜娟<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 云南农业大学农学与生物技术学院, 昆明 650201; <sup>2</sup> 云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所, 昆明 650205;

<sup>3</sup> 云南省农业生物技术重点实验室, 昆明 650223)

**摘要:** 研究云南地方大麦功能成分含量的遗传变异有助于大麦保健功能开发及功能型品种的改良。分析了 236 份云南大麦地方品种子粒中抗性淀粉、总黄酮、生物碱及  $\gamma$ -氨基丁酸含量的差异。结果表明, 不同大麦品种及稃型、子粒颜色、皮裸类型之间 4 种功能成分的变幅和变异系数均较大, 表现出明显的基因型差异, 抗性淀粉和总黄酮含量在多稃与二稃、紫粒与黄粒类型之间的差异均达到极显著 ( $P < 0.01$ ) 水平; 生物碱含量在多稃与二稃类型之间达极显著差异;  $\gamma$ -氨基丁酸含量为皮与裸类型之间差异极显著。236 份地方大麦品种按快速聚类法可聚为 10 大类群, 以第 4 和第 8 类群较好; 第 1 与第 7 类群间距最大, 而第 1 与第 10 类群的间距最小; 从中筛选出 15 份性状优良的材料。

**关键词:** 地方大麦; 抗性淀粉; 总黄酮; 生物碱;  $\gamma$ -氨基丁酸

## The Variance Analysis of Functional Compositions in Grains of Barley Landraces from Yunnan Province of China

TANG Jun-jie<sup>1</sup>, PU Xiao-ying<sup>2</sup>, ZENG Ya-wen<sup>2,3</sup>, YANG Tao<sup>2</sup>,

YANG Shu-ming<sup>2</sup>, DU Juan<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201;

<sup>2</sup> Biotechnology and Genetic Resources Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205;

<sup>3</sup> Agricultural Biotechnology Key Laboratory of Yunnan Province, Kunming 650223)

**Abstract:** Understanding the genetic variation of functional components in Yunnan barley landrace will benefit the genetic improvement and developing health food. In total, 236 Yunnan barley landraces were used to compare the difference of resistant starch (RS), total flavonoid, alkaloids, and  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) of barley grains. The results showed that significant difference of RS, total flavonoid, alkaloids, and GABA contents existed among different barley accessions, row types, grain colour, and hull and hulless types. Comparisons of RS and total flavonoid contents of different barley types showed that the difference between multi-row and two row, purple grain and yellow grain barley was significant at 0.01 level, respectively. Meanwhile, significant difference of alkaloids and GABA contents also existed between multi-row and two row, hull and hulless barley, respectively. 236 Yunnan barley landraces could be classified into 10 clusters. The fourth cluster and eighth cluster were outstanding. Distances of final cluster centers was furthest between first cluster and seventh cluster, and that was nearest between first cluster and tenth cluster. It would be advantageous to the choice of breeding material. Sixteen accessions with good functional components were selected for possible parents to improve productivity of barley in Yunnan.

**Key words:** barley (*Hordeum*) landrace; resistant starch; total flavonoid; alkaloid;  $\gamma$ -aminobutyric acid

近年来, 大麦播种面积不断上升, 不仅因为其具有生育期短、产量高、适应性强、耐盐碱、耐干旱、耐

贫瘠等特点<sup>[1]</sup>, 更重要的是大麦子粒富含蛋白质、矿物质、维生素及膳食纤维等营养物质, 以及抗性淀

收稿日期: 2012-10-30 修回日期: 2012-12-01 网络出版日期: 2013-06-07

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20130607.1740.021.html>

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-05); 国家自然科学基金 (31260326); 云南省技术创新人才培养项目 (2011CI059)

第一作者主要从事大麦遗传育种研究。E-mail: tjazhl@163.com; 普晓英为并列第一作者

通信作者: 曾亚文, 研究员, 主要从事大麦遗传育种研究。E-mail: zengyw1967@126.com

粉(RS, resistant starch)、黄酮(flavonoid)、生物碱(alkaloid)和  $\gamma$ -氨基丁酸(GABA,  $\gamma$ -aminobutyric acid)等生理活性物质<sup>[2-5]</sup>,具有众多医疗保健功能<sup>[6-9]</sup>,大麦已被中国卫生部列为“药食同源”的作物<sup>[10]</sup>,其相关研究已成为各国功能型大麦育种和开发大麦食品或保健品的重要课题。Y. W. Zeng 等<sup>[11]</sup>研究了亚洲、美洲、欧洲和大洋洲的大麦改良品系子粒功能成分的遗传变异;杨涛等<sup>[12]</sup>比较了400份美国和中国大麦品种子粒的生物碱含量差异;赵大伟等<sup>[13]</sup>指出,大麦子粒GABA含量在皮裸、棱型等变异类型间存在明显差异;赵春艳等<sup>[14]</sup>认为多棱大麦的  $\gamma$ -氨基丁酸和总黄酮含量高于二棱大麦,而抗性淀粉含量则二棱大麦高于多棱大麦。云南是中国栽培大麦的次生起源地和遗传多样性中心<sup>[15]</sup>,经过数千年的遗传进化和人工选择,云南地方大麦蕴育了丰富的变异类型,其包括1个种、2个亚种和320个变种<sup>[16]</sup>。孙立军等<sup>[17]</sup>认为,云南大麦地方资源以深色型品种、抗黄矮病和高蛋白种质资源居多,是大麦育种及其他研究的物质基础。但是,针对大麦功能成分的研究主要集中于国内外改良品种,而对云南地方大麦品种功能成分的研究较少。为此,本研究以我国云南236份地方大麦品种为材料,比较大麦品种不同类型间(棱型、子粒颜色、皮裸)抗性淀粉、总黄酮、生物碱和  $\gamma$ -氨基丁酸的差异,从中筛选功能成分含量较高的优异大麦种质资源,不仅对实施饮食预防疾病新战略和解决全球亚健康问题具有重大意义和较高实用价值,还可为我国功能型大麦种质的改良、扩增提供依据。

# 1 材料与方法

## 1.1 试验材料

236份云南地方大麦品种为已编入《中国大麦品种资源目录》的来自云南省16个地州的种质资源,由云南省农业科学院生物技术与种质资源研究

所提供。其中,多棱大麦190份、二棱大麦46份;紫粒大麦69份、黄粒大麦167份;皮大麦174份、裸大麦62份。所有供试材料于2011-2012年种植于云南省玉溪市农业职业技术学院玉溪试验基地,采用随机区组设计,每小区3行,行长1 m,行距25 cm,重复2次,常规管理。

## 1.2 4种功能成分含量测定

在云南省农业生物技术重点实验室,测定大麦子粒抗性淀粉、总黄酮、生物碱和  $\gamma$ -氨基丁酸4种功能成分含量,3次重复,取平均数。采用I. Goñi 等方法<sup>[18]</sup>测定抗性淀粉含量;参照赵春艳等<sup>[19]</sup>方法测定总黄酮含量;按文献[20]测定生物碱含量;按K. Inatomi 等<sup>[21]</sup>方法测定  $\gamma$ -氨基丁酸含量。

## 1.3 数据处理

236份云南地方大麦子粒中4种功能成分的含量分布按(最大值-最小值)/组数N为分布间距,作直方图,并计算各分布间距中品种数占总样本数的百分率;大麦品种不同类型间的4种功能成分含量差异显著性分析采用平均数的*t*测验;以236份云南地方大麦子粒的4种功能成分含量为变量,采用SPSS 17.0软件进行快速聚类。

# 2 结果与分析

## 2.1 不同类型的云南地方大麦子粒的功能成分含量分析

236份云南地方大麦品种按棱形、子粒颜色、皮裸分类,不同类型的云南大麦地方品种子粒抗性淀粉、总黄酮、生物碱和  $\gamma$ -氨基丁酸含量的变幅和变异系数均较大(表1),4种功能成分含量存在明显的基因型差异。由云南地方大麦品种4种功能成分含量分布图(图1-4)可知,236份大麦品种的抗性淀粉含量呈双峰分布,在0.34%~2.58%和3.70%~5.38%之间各出现1个峰,包含的品种数分别占总品种数的

表1 不同类型的云南大麦地方品种子粒功能成分含量的变幅和变异系数

Table 1 The ranges and CV of functional component contents of Yunnan barley landraces

类型 Type	抗性淀粉 RS		总黄酮 Total flavonoid		生物碱 Alkaloid		$\gamma$ -氨基丁酸 GABA	
	变幅	变异系数	变幅	变异系数	变幅	变异系数	变幅	变异系数
	(%) Range	(%) CV	(mg/100 g) Range	(%) CV	(mg/100 g) Range	(%) CV	(mg/100 g) Range	(%) CV
多棱 Multi-row	0.06 ~ 6.09	91.56	100.61 ~ 717.34	50.63	2.23 ~ 32.45	55.95	1.29 ~ 25.98	44.42
二棱 Two-row	0.46 ~ 5.67	45.13	142.05 ~ 955.00	52.59	7.31 ~ 42.63	46.67	2.62 ~ 19.51	43.52
紫粒 Purple grain	0.36 ~ 6.09	69.06	117.30 ~ 955.00	65.76	2.62 ~ 42.63	59.36	2.38 ~ 21.69	43.39
黄粒 Yellow grain	0.06 ~ 5.90	87.93	100.61 ~ 786.57	62.51	2.23 ~ 32.45	55.42	1.29 ~ 25.98	44.60
皮 Hull	0.06 ~ 6.09	80.93	113.13 ~ 955.00	68.31	2.23 ~ 32.10	56.70	1.29 ~ 21.69	43.80
裸 Hulless	0.44 ~ 5.90	86.42	100.61 ~ 751.28	63.93	2.55 ~ 42.63	56.55	3.97 ~ 25.98	42.66
大麦总体 Barley total	0.06 ~ 6.78	82.73	100.61 ~ 955.00	67.57	2.23 ~ 42.63	56.63	1.29 ~ 25.98	44.14

65.68%和22.88%;其中绝大多数地方大麦的抗性淀粉含量分布在0.90%~1.46%。总黄酮含量则呈现类似偏态的单峰分布,在136~279 mg/100 g之间的品种数占总品种数的80.5%。生物碱含量同总黄酮一样呈现偏态的单峰分布,在3.92~20.77 mg/100 g之间的品种数占总品种数的92.4%。 $\gamma$ -氨基丁酸含量则呈现近似正态分布,集中在4.38~12.62 mg/100 g之间的品种数较多,占总品种数的73.7%。

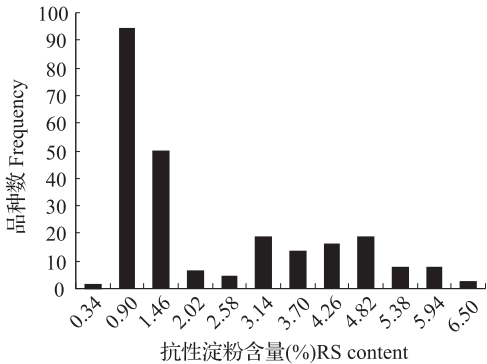


图1 云南地方大麦抗性淀粉含量的品种分布  
Fig.1 Distribution of RS content of Yunnan barley landrace

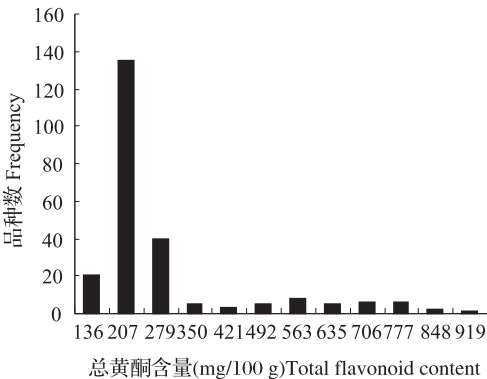


图2 云南地方大麦总黄酮含量的品种分布  
Fig.2 Distribution of total flavonoid content of Yunnan barley landrace

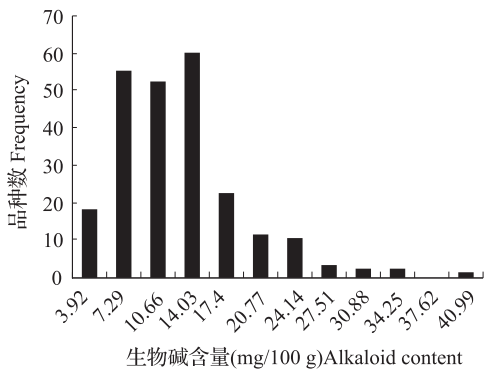


图3 云南地方大麦生物碱含量的品种分布  
Fig.3 Distribution of alkaloid content of Yunnan barley landrace

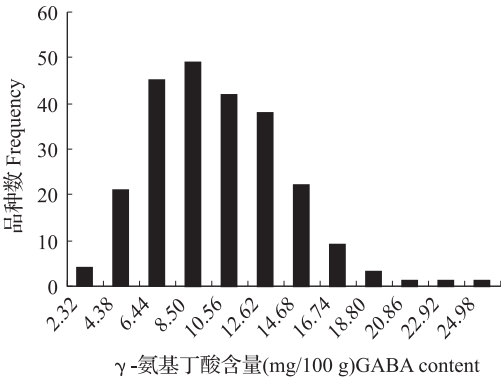


图4 云南地方大麦  $\gamma$ -氨基丁酸含量的品种分布  
Fig.4 Distribution of GABA content of Yunnan barley landrace

2.2 云南大麦地方品种不同类型间子粒的功能成分含量差异比较

由表1可知,与236个云南大麦地方品种总体的情况一样,不同类型大麦4种功能成分含量的变幅和变异系数均较大。抗性淀粉含量以多棱、黄粒和裸大麦变异最大;总黄酮含量以二棱、紫粒和皮大麦变异最大;生物碱含量以多棱、紫粒和皮大麦变异最大; $\gamma$ -氨基丁酸含量以多棱、黄粒和皮大麦变异最大。进一步比较不同类型之间的抗性淀粉、总黄酮、生物碱和 $\gamma$ -氨基丁酸含量的差异(表2),结果表明不同类型之间的差异不尽相同。抗性淀粉含量均值二棱类型高于多棱,紫粒类型大于黄粒,差异均达到极显著( $P < 0.01$ )水平;皮大麦高于裸大麦。在总黄酮方面,二棱类型高于多棱,紫粒类型大于黄粒,二者差异均达到极显著( $P < 0.01$ )水平;皮大麦高于裸大麦。在生物碱含量方面,二棱类型极显著高于多棱( $P < 0.01$ ),而紫粒类型略高于黄粒、裸大麦高于皮大麦。在 $\gamma$ -氨基丁酸含量方面,二棱类型略高于多棱,紫粒类型略高于黄粒,而裸大麦则高于皮大麦,二者差异达到极显著( $P < 0.01$ )水平。综合棱型、子粒颜色看,总体趋势是二棱、紫粒大麦的抗性淀粉、总黄酮、生物碱和 $\gamma$ -氨基丁酸含量较高;而皮大麦的抗性淀粉和总黄酮含量较高,生物碱和 $\gamma$ -氨基丁酸含量则相反。

2.3 功能成分优异的地方大麦资源的筛选

综合不同来源地、不同类型大麦资源的4种功能成分含量,从中筛选出功能成分优异的云南地方种质资源15份(表3)。

表 2 不同类型间云南大麦地方品种功能成分含量的差异比较

Table 2 Difference comparison of functional component contents on different types of Yunnan barley landraces

类型 Type	抗性淀粉(%)		总黄酮(mg/100 g)		生物碱(mg/100 g)		γ-氨基丁酸(mg/100 g)	
	RS		Total flavonoid		Alkaloid		GABA	
	均值	t 值	均值	t 值	均值	t 值	均值	t 值
	Mean	t-value	Mean	t-value	Mean	t-value	Mean	t-value
多棱/二棱 Multi-row/Two-row	1.70/3.16	5.718 **	198.06/436.62	6.876 **	9.96/15.03	5.249 **	8.70/9.25	0.824
紫粒/黄粒 Purple grain/Yellow grain	2.45/1.79	3.129 **	313.45/216.01	3.799 **	11.38/10.77	0.955	9.16/8.66	0.631
皮/裸 Hull/Hulless	2.06/1.77	1.230	250.37/228.25	0.907	10.75/11.50	0.815	8.38/10.01	2.868 **

\*\* 表示差异达 1% 显著水平

\*\* indicates significant difference at 1% probability level

表 3 云南地方大麦 4 种功能成分含量优异的品种

Table 3 List of elite functional component contents of Yunnan barley landrace

功能成分 Functional component	品种名称 Name	含量 Content	棱型 Row type	粒色 Grain color	皮裸 Husk	功能成分 Functional component	品种名称 Name	含量 Content	棱型 Row type	粒色 Grain color	皮裸 Husk
抗性淀粉 (%)	钩芒黑大麦	6.09	二棱	紫色	皮	生物碱 (mg/100 g)	紫光芒裸二棱	42.63	二棱	紫色	裸
RS	玖格	5.90	多棱	紫色	裸	Alkaloid	米大麦	32.45	多棱	黄色	裸
	野大麦-2	5.72	多棱	黄色	皮		红芒大麦	32.10	二棱	黄色	皮
	短钩灰大麦	5.49	二棱	紫色	皮		鲜大麦	30.84	二棱	紫色	皮
	黑大麦	4.98	多棱	紫色	皮		二棱大麦 8-1	26.97	二棱	紫色	裸
总黄酮 (mg/100 g)	短钩灰大麦	955.00	二棱	紫色	皮	γ-氨基丁酸 (mg/100 g)	紫光芒裸二棱	25.98	二棱	紫色	裸
Total	钩芒黑大麦	829.91	二棱	紫色	皮		钩芒黑大麦	21.69	二棱	紫色	皮
flavonoid	光芒鲜大麦	751.28	二棱	紫色	裸	GABA	曲曲麦	18.27	多棱	黄色	裸
	二棱大麦	737.64	二棱	黄色	皮		钩芒裸大麦	18.12	二棱	黄色	裸
	长黑青稞	702.21	多棱	紫色	裸		保山皮大麦	18.12	多棱	紫色	皮

2.4 云南地方大麦品种 4 种功能成分含量的聚类分析

根据 236 份云南地方大麦品种的 4 种功能成分含量,采用快速聚类法可将其聚为 10 大类群,各大类群分别包括 75、7、7、4、4、23、1、7、6 和 102 个品种。其中,以第 1 和第 10 类群的品种数量最多,分别占总品种数的 31.8% 和 43.2%。第 4、5 和 7 类群的品种数量最少。由表 4 可知,第 1 类群品种的抗性淀粉、总黄酮和生物碱含量较低,γ-氨基丁酸含量中等;第 2 类群品种的抗性淀粉和总黄酮含量较高,生物碱和 γ-氨基丁酸含量中等;第 3 类群品种的抗性淀粉和生物碱含量较高,总黄酮含量中等,而 γ-氨基丁酸含量较低;第 4 类群品种的抗性淀粉、总黄酮、生物碱和 γ-氨基丁酸含量均较高;第 5 类群品种的抗性淀粉、生物碱和 γ-氨基丁酸含量均较高,总黄酮含量中等;第 6 类群品种的抗性淀粉和

γ-氨基丁酸含量中等,而总黄酮较低,生物碱含量较高;第 7 类群品种的抗性淀粉含量中等,总黄酮和生物碱含量较高,而 γ-氨基丁酸含量最低;第 8 类群品种的抗性淀粉和 γ-氨基丁酸含量较高,而总黄酮和生物碱含量中等;第 9 类群品种的抗性淀粉和生物碱含量较高,而总黄酮和 γ-氨基丁酸含量中等;第 10 类群品种的抗性淀粉和总黄酮含量较低,而生物碱和 γ-氨基丁酸含量中等。综合比较而言,10 大类群中以第 4 和第 8 类群较好。表 3 中的紫光芒裸二棱、钩芒黑大麦品种聚在第 4 类群中,钩芒裸大麦聚在第 8 类群中。

由表 5 可知,第 1 类与第 7 类间距最大,第 7 类与第 10 类次之,第 2 类与第 4 类、第 2 类与第 8 类、第 3 类与第 5 类、第 3 类与第 8 类、第 5 类与第 9 类和第 6 类与第 10 类的间距较小,第 1 类与第 10 类为最小,其他各类群之间的遗传距离中等。



表 4 各类群的最终聚类中心

Table 4 Final cluster centers of all groups

类群 Cluster	抗性淀粉 RS		总黄酮 Total flavonoid		生物碱 Alkaloid		γ-氨基丁酸 GABA	
	变幅(%)	均值	变幅(mg/100 g)	均值	变幅(mg/100 g)	均值	变幅(mg/100 g)	均值
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
1	0.36 ~ 4.80	1.10	100.61 ~ 166.72	144.05	2.23 ~ 32.45	9.46	1.29 ~ 19.51	9.14
2	1.89 ~ 6.78	3.53	672.16 ~ 737.64	707.11	8.28 ~ 15.39	11.56	6.23 ~ 14.52	9.51
3	0.89 ~ 5.58	3.86	523.03 ~ 574.15	548.39	7.31 ~ 30.84	13.26	4.94 ~ 14.22	8.12
4	1.75 ~ 4.47	3.11	772.99 ~ 829.91	785.19	12.16 ~ 21.38	14.89	6.64 ~ 12.44	10.44
5	2.63 ~ 5.67	3.67	479.90 ~ 506.91	494.64	8.68 ~ 15.67	12.70	7.03 ~ 12.44	10.22
6	0.06 ~ 5.03	2.63	230.08 ~ 323.13	257.30	4.54 ~ 42.63	12.89	2.74 ~ 15.90	9.50
7	3.00	3.00	955.00	955.00	13.36	13.36	6.10	6.10
8	2.77 ~ 5.86	3.75	589.57 ~ 662.05	630.54	9.37 ~ 14.53	11.57	7.24 ~ 18.12	11.49
9	1.43 ~ 5.30	3.30	391.72 ~ 439.03	414.62	9.94 ~ 18.41	12.23	4.83 ~ 17.11	7.29
10	0.36 ~ 6.09	1.94	166.94 ~ 222.58	189.06	2.55 ~ 32.10	11.05	1.60 ~ 25.98	8.26

表 5 各类群中心间的距离

Table 5 Distances between final cluster centers of all groups

类群 Cluster	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	563.06								
3	404.37	158.73							
4	641.16	78.16	236.81						
5	350.61	212.47	53.80	290.55					
6	113.31	449.81	291.10	527.89	237.34				
7	810.96	247.92	406.61	169.88	460.38	697.71			
8	486.50	76.59	82.23	154.69	135.91	373.25	324.51		
9	270.60	292.50	133.78	370.59	80.08	157.34	540.38	215.96	
10	45.05	518.05	359.35	596.15	305.60	68.28	765.95	441.50	225.57

3 讨论

3.1 云南地方大麦子粒 4 种功能成分含量的品种类型间差异

本研究表明,云南地方大麦的 4 种功能成分含量呈现品种类型间差异明显,其中多棱与二棱、紫粒与黄粒类型间抗性淀粉和总黄酮含量的差异达到极显著,多棱与二棱类型间生物碱含量和皮与裸类型之间 γ-氨基丁酸含量的差异达到极显著,这与以往研究结果既有相同之处,又存在差异。曹斌等<sup>[22]</sup>发现青藏高原裸大麦育成品种子粒的 GABA 含量较高;赵大伟等<sup>[13]</sup>指出,大麦子粒 GABA 含量趋势为中国大麦高于美国大麦,裸大麦高于皮大麦,多棱大麦高于二棱大麦;赵春艳等<sup>[14]</sup>研究表明,多棱大麦的 γ-氨基丁酸和总黄酮含量高于二棱大麦,而抗性淀粉含量则二棱大麦高于多棱大麦。但在本研究

中,云南地方大麦的 4 种功能成分含量均呈现二棱大麦高于多棱,这与赵大伟等<sup>[13]</sup>和赵春艳等<sup>[14]</sup>研究结果有些相反,这可能与所用试验材料来源差异有关。

3.2 云南地方大麦在功能型大麦育种和改良中的应用

本研究发现 236 份地方大麦品种的抗性淀粉、总黄酮、生物碱和 γ-氨基丁酸含量分布呈现连续的单峰或双峰分布,表现出受微效多基因控制的数量性状遗传特征,这一结果已在分子水平得到证实<sup>[23-25]</sup>。本研究将 236 份地方大麦品种聚为 10 大类群,第 1 类与第 7 类间距最大,而第 1 类与第 10 类的间距最小,在育种实践中可根据此聚类结果,选择遗传距离较大或中等的品种进行单交和复交。但应注意的是,选择类群间遗传距离较大的品种组配,虽有利于扩大后代的变异范围,但两亲本遗传距离

较大时,易形成极端类型杂交,后代分离范围广,农艺性状表现差,稳定世代长。本研究筛选出功能成分含量优异的地方种质资源 15 份,其中钩芒黑大麦富含抗性淀粉、总黄酮和  $\gamma$ -氨基丁酸,而紫光芒裸二棱的生物碱和  $\gamma$ -氨基丁酸含量较高,这为功能大麦育种及功能成分的分子生物学研究提供宝贵材料。

#### 参考文献

- [1] 卢良恕. 中国大麦学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 413-416
- [2] 程京艳, 翟胜利. 药食同源—大麦、小麦和谷子[J]. 首都医药, 2005(5): 50-51
- [3] Makoto K, Yoshihiro O, Takashi I, et al. Accumulation and degradation of two functional constituents GABA and glucan and their varietal differences in germinated barley grains[J]. *Breeding Sci*, 2007, 57: 85-89
- [4] Arndt E A. Whole grain barley for today's health and wellness needs[J]. *Cereal Food World*, 2006, 5(1): 20-22
- [5] Zeng Y W, Du J, Pu X Y, et al. Strategies of functional food for hypertension prevention in China[J]. *J Med Plants Res*, 2011, 5(24): 5671-5676
- [6] 刘建高, 张军, 印遇龙, 等. 抗性淀粉的功能及影响其含量的因素[J]. 华北农学报, 2006, 21(S1): 1-5
- [7] 陈春刚, 韩芬霞. 生物类黄酮的研究与应用综述[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(13): 2949-2951
- [8] 金婷. 生物碱的药物作用与提取分离研究进展[J]. 新学术, 2008(2): 209-212
- [9] 江波. GABA: 一种新型的功能食品因子[J]. 中国食品学报, 2008, 8(4): 1-4
- [10] 郑建仙. 功能性食品学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2009: 98-100
- [11] Zeng Y W, Pu X Y, Zhang J, et al. Genetic variation of functional components in grains of barley improved lines from four continents[J]. *Agr Sci Tech-Iran*, 2012, 13(7): 1431-1436
- [12] 杨涛, 曾亚文, 普晓英, 等. 大麦籽粒生物碱的检测与评价[J]. 浙江农业科学, 2011(1): 142-144
- [13] 赵大伟, 普晓英, 曾亚文, 等. 大麦籽粒  $\gamma$ -氨基丁酸含量的测定分析[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(1): 69-72
- [14] 赵春艳, 曾亚文, 普晓英, 等. 不同大麦品种(系)营养功能成分差异比较[J]. 西南农业学报, 2010, 23(3): 613-618
- [15] 张京, 曹永生. 中国大麦基因库的群体结构和表型多样性研究[J]. 中国农业科学, 1999, 32(4): 20-26
- [16] 曾亚文, 王建军. 云南省栽培大麦的分类研究[J]. 作物品种资源, 1998(2): 7-8
- [17] 孙立军. 中国大麦遗传资源和优异种质[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2001: 1-169
- [18] Goñi I, García-Díaz L, Mañas E, et al. Analysis of resistant starch: a method for food products[J]. *Food Chem*, 1996, 56: 445-449
- [19] 赵春艳, 普晓英, 曾亚文, 等. 大麦麦芽总黄酮类化合物含量的测定分析[J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(4): 498-513
- [20] Gudej J, Tomczyk M. Determination of flavonoids tannins and ellagic acid in leaves from *rubus* L. species[J]. *Arch Pharm Res*, 2004, 27(11): 1114-1119
- [21] Inatomi K, Slaughter J C. The role of glutamate decarboxylase and  $\gamma$ -aminobutyric acid in germinating barley[J]. *J Exp Bot*, 1971, 22: 561-571
- [22] 曹斌, 潘志芬, 尼玛扎西, 等. 青藏高原和国外裸大麦  $\gamma$ -氨基丁酸的含量与分布[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(3): 555-559
- [23] Zeng Y W, Zhao C Y, Pu X Y, et al. Identification of quantitative trait locus (QTLs) for  $\gamma$ -aminobutyric acid content in grain of barley[J]. *Afr J Biotechnol*, 2012, 11(7): 1754-1760
- [24] 杨振武, 杨涛, 王荔, 等. 02428 × 合系 35 的 RIL 群体糙米总黄酮与总生物碱含量的遗传分析[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(3): 477-480
- [25] 庞欢, 李卫华, 张宏斌, 等. 小麦子粒抗性淀粉含量的分析[J]. 遗传, 2010, 32(2): 170-176

## 征 稿 启 事

《植物遗传资源—鉴定与利用》(Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization)是由剑桥大学出版社出版的植物遗传资源相关国际性杂志, 2012 年 SCI 点数为 0.728。目前该杂志准备在 2014 年出版一期中国专辑, 现特征集相关稿件, 评述和研究论文均可, 同行审稿通过后免费发表。请把英文论文先发黎裕研究员初审(liyu03@caas.cn)。期刊相关要求请访问 <http://journals.cambridge.org/action/displaySpecialPage?pageId=1900>