



# 江西省大豆种质资源 7S 和 11S 球蛋白及其亚基相对含量分析

赵现伟<sup>1</sup>, 赵朝森<sup>1</sup>, 王瑞珍<sup>1</sup>, 郭兵福<sup>1</sup>, 王蓉蓉<sup>2</sup>, 曹小新<sup>3</sup>, 周金苟<sup>4</sup>

(1. 江西省农业科学院 作物研究所/国家油料改良中心南昌分中心/江西省油料作物生物学重点实验室, 江西 南昌 330200; 2. 江西省瑞昌市种子管理局, 江西 瑞昌 332200; 3. 江西省九江市湖口县流芳乡农技站, 江西 九江 332517; 4. 江西省吉安市吉水县水南镇农技站, 江西 吉安 343000)

**摘要:**为明确江西省大豆球蛋白各亚基相对含量及其比例,促进营养或加工品质优良大豆资源的挖掘与应用。本研究采用 SDS-PAGE 方法结合 Gel-Pro Analyzer 4.5 软件对供试的 131 份江西省大豆种质资源球蛋白及其亚基相对含量进行分析。结果表明:江西省大豆资源的 7S、11S 球蛋白及其亚基相对含量具有丰富的遗传变异,供试材料 7S 和 11S 球蛋白相对含量的变幅、平均值及变异系数分别为 18.01% ~ 52.21%、32.64%、19.46% 和 47.79% ~ 81.99%、67.35%、9.43%, 11S/7S 比值范围为 0.92 ~ 4.55, 平均值为 2.19, 变异系数为 30.64%, 且筛选鉴定出 3 个 11S/7S 比值大于 4.0 和 4 个  $\alpha'$  亚基、 $\alpha$  亚基或  $\beta$  亚基含量较低的优异大豆种质资源,这些资源的挖掘为大豆品质的改良提供了材料和参考。

**关键词:**大豆;种质资源;7S 球蛋白;11S 球蛋白;亚基

## Analysis of 7S and 11S Globulin and Their Subunits Relative Content of Soybean Germplasm in Jiangxi Province

ZHAO Xian-wei<sup>1</sup>, ZHAO Chao-sen<sup>1</sup>, WANG Rui-zhen<sup>1</sup>, GUO Bing-fu<sup>1</sup>, WANG Rong-rong<sup>2</sup>, CAO Xiao-xin<sup>3</sup>, ZHOU Jin-gou<sup>4</sup>

(1. Crops Research Institute of Jiangxi Academy of Agricultural Sciences/Nanchang Branch of National Center of Oilcrops Improvement/Jiangxi Province Key Laboratory of Oilcrops Biology, Nanchang 330200, China; 2. Administration of seeds of Ruichang City, Ruichang 332200, China; 3. Agricultural Technology Extension Station of Liufang Town, Jiujiang 332517, China; 4. Agricultural Technology Extension Station of Shuinan Town, Ji'an 343000, China)

**Abstract:** In order to clarify the relative content variation of globulin and their subunits, and then screening excellent germplasm to improve the nutritional and processing quality of soybean. This study analyzed 7S and 11S globulin and subunits content of 131 soybean accessions originated from Jiangxi province by SDS-PAGE (sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis). The study showed that the variation range, average and variable coefficient of relative content of 7S and 11S globulins were 18.01% – 52.21%, 32.64%, 19.46% and 47.79% – 81.99%, 67.35% and 9.43%, respectively. The variation of 11S/7S ration ranged from 0.92 to 4.55, and the average and variable coefficient of 11S/7S were 2.19 and 30.64%, respectively. The gathered data implied that soybean germplasm of Jiangxi province contains abundant genetic diversity of relative contents of 7S, 11S globulin and their subunits, among which 11S/7S ratios of 3 germplasm were higher than 4.0, and 4 accessions showed relative lower contents of  $\alpha'$ ,  $\alpha$  and  $\beta$  subunits than others. This study provides a useful reference to improve high-quality breeding of soybean.

**Keywords:** Soybean; Germplasm; 7S globulin; 11S globulin; Subunit

大豆 (*Glycine max*) 起源于中国,是重要的粮油作物和食用植物蛋白质的主要来源。大豆籽粒中蕴含约 40% 的贮藏蛋白,是一种天然的优质植物蛋白,富含人体必需的 8 种氨基酸,其氨基酸组成与牛奶蛋白质相近,可与动物蛋白等同,具有“植物肉”

及“绿色乳牛”之美誉,是最具营养的植物蛋白之一<sup>[1]</sup>。大豆种子贮藏蛋白根据溶解性差异可分为清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白和谷蛋白 4 类;根据沉降系数,又可将大豆贮藏蛋白划分为 2S、7S、11S 和 15S 共 4 个主要的组分,其中 7S 和 11S 球蛋白约占

收稿日期:2019-12-04

基金项目:转基因生物新品种培育重大专项(2016ZX08004-005-009);公益性行业(农业)科研专项(201503122-14);国家现代农业产业技术体系专项(CARS-04-CES27)。

第一作者简介:赵现伟(1981-),男,硕士,助理研究员,主要从事大豆遗传育种、栽培技术与推广研究。E-mail: zhaoxianwei-2620@126.com。

通讯作者:王瑞珍(1958-),女,学士,研究员,主要从事大豆遗传育种、栽培技术与推广研究。E-mail: dadouzu@163.com。

大豆球蛋白的70%<sup>[2]</sup>。 $\beta$ -伴大豆球蛋白由 $\alpha'$ (76 kDa)、 $\alpha$ (72 kDa)和 $\beta$ (52~54 kDa) 3个亚基构成,是7S球蛋白的主要存在形式,11S球蛋白分子量约为350~370 kDa,是一类不均质蛋白,由酸性亚基(A1a、A1b、A2、A3、A4和A5)和碱性亚基(B1a、B1b、B2、B3、B4)共11个多态链组成<sup>[3]</sup>。

大豆蛋白的功能特性主要包括凝胶性、乳化性、溶解性和表面疏水性等,11S与7S球蛋白亚基含量及其比值影响大豆蛋白的营养价值和功能特性<sup>[4-5]</sup>。7S球蛋白具有疏水性氨基酸多、凝胶硬度和弹性不足的特点,7S球蛋白中 $\beta$ -大豆球蛋白含量与大豆蛋白的加工品质密切相关<sup>[6]</sup>;与7S球蛋白相比,11S球蛋白具有丰富的二硫键和巯基,含量氨基酸的增多增强了凝胶的硬度和弹性,同时增加贮藏蛋白中11S球蛋白含量,可有效促进人体吸收更多自身无法合成的含硫氨基酸,具有更高的营养价值<sup>[7-8]</sup>。 $\alpha$ 、 $\alpha'$ 亚基是引起人体对大豆蛋白及其制品过敏的主要因子之一,7S球蛋白亚基的缺失可降低大豆致敏性,同时 $\alpha$ 亚基的含量与必需氨基酸亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸和除胱氨酸外的16种氨基酸含量均呈负相关关系。可见,降低大豆贮藏蛋白的 $\alpha'$ 和 $\alpha$ 亚基含量既能有效减少豆制品过敏源,又能提高人体必需氨基酸的含量,具有重要的研究意义和应用价值<sup>[1,7,9]</sup>。因此,筛选不同大豆蛋白亚基变异种质、明确不同大豆资源中7S与11S球蛋白含量及其比例对改良大豆蛋白的营养品质和加工品质具有重要意义。

在前人研究中常利用资源筛选、诱变筛选和人工杂交及分子标记辅助选育等方法,以筛选创制出一批营养品质优良或加工品质优良的大豆新材料,如张明俊等<sup>[10]</sup>从298份EMS诱变株系610份自然资源中筛选出亚基明显变异材料6份,11S/7S比值大于3的材料10份;刘珊珊等<sup>[11-15]</sup>选育出一系列 $\alpha$ 、 $\alpha'$ 、A3单缺失以及( $\alpha'$ +A4)和( $\alpha'$ + $\alpha$ )双缺失等优异种质。宋波<sup>[16]</sup>和Patil等<sup>[17]</sup>利用回交或分子标记辅助选育的手段,分别创制了 $\alpha$ 亚基缺失型近等基因系和CGY-2基因突变的CGY-2-NIL近等基因系。这些材料的筛选和鉴定对于大豆品质基因发掘和遗传改良具有重要意义。

江西省大豆生产区是我国传统的高蛋白大豆产区,栽培大豆蛋白质平均含量更是高达47.1%<sup>[18]</sup>,具有丰富的大豆种质资源,然而,这些资源的蛋白亚基含量及其变异情况仍不清楚。本研究利用SDS-PAGE技术结合Gel-Pro Analyzer 4.5分析软件,研究江西省内131份栽培大豆资源的11S和7S球蛋白相对含量及11S/7S比值,旨在明确这

些资源中11S和7S球蛋白含量及其组分的变异规律,为营养品质或加工品质优良的大豆新材料创制和新品种选育提供优异资源和参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为131份江西省大豆种质资源,其中春大豆材料26份,夏秋大豆105份。供试材料均为江西省农业科学院作物研究所大豆研究室收集和保存的江西省栽培大豆种质资源。

1.2 试验设计

本研究分别提取各供试大豆种质的球蛋白成分,进行SDS-PAGE凝胶电泳,利用Gel-Pro Analyzer 4.5软件分析各大豆资源的7S、11S球蛋白相对含量及11S/7S比值,并分析不同区域大豆种质资源球蛋白相对含量和不同生态类型大豆种质资源球蛋白相对含量差异。

1.3 方法

1.3.1 大豆球蛋白制备 将待测样本种子去皮后研磨成粉,加乙醚脱脂过夜制备脱脂豆粉。称取10 mg脱脂豆粉置于1.5 mL离心管中,加入1 mL成分为0.05 mol·L<sup>-1</sup> Tris-HCl(pH8.0)和0.01 mol·L<sup>-1</sup>  $\beta$ 巯基乙醇的蛋白提取液,混匀。室温下静置1 h,10 000 r·min<sup>-1</sup>离心20 min;吸取上清液转移至1.5 mL离心管中,用1 mol·L<sup>-1</sup> HCl调节至pH4.5,10 000 r·min<sup>-1</sup>离心10 min,弃上清,沉淀的球蛋白低温干燥备用。将待测球蛋白样品溶解于样品缓冲液中至终浓度为3 mg·mL<sup>-1</sup>,样品缓冲液成分为1% SDS、0.01 mol·L<sup>-1</sup>  $\beta$ -巯基乙醇、0.01 mol·L<sup>-1</sup> Tris-HCl(pH6.8)、5%甘油和0.01%溴酚蓝,完全溶解后100℃加热5 min,冷却。

1.3.2 SDS-PAGE电泳 采用双垂直电泳槽(北京六一仪器厂,型号:DYCZ-24DN)进行SDS-PAGE聚丙烯酰胺凝胶电泳,分离胶浓度13%,浓缩胶浓度5%,取10  $\mu$ L蛋白亚基提取物点样,12 mA稳流电泳,待溴酚蓝指示剂移动至胶底端约1 cm处时,关闭电源停止电泳。切去浓缩胶,将分离胶在室温下用染色液(考马斯亮蓝R-250 2.2 g;无水甲醇400 mL;冰醋酸80 mL;蒸馏水400 mL)振荡染色30 min,再用脱色液(冰醋酸:无水甲醇:蒸馏水=1:3:6)将已染色的分离胶脱色至背景颜色完全褪去备用。将完全脱色的分离胶放在紫外凝胶成像分析仪上照相记录(北京六一仪器厂,型号:WD-9413C)。

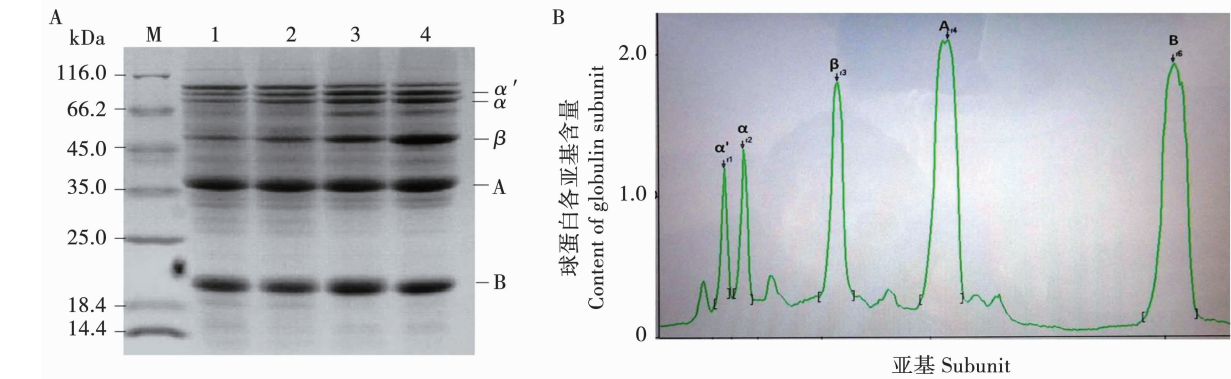
1.3.3 数据分析 利用Gel-Pro Analyzer 4.5软件分析蛋白各亚基含量,计算11S/7S比值,用Excel 2007和SPSS 18.0软件分析获得的数据。

2 结果与分析

2.1 大豆球蛋白亚基组成分析

利用 SDS-PAGE 电泳技术分析供试 131 份大豆材料球蛋白亚基的组成,电泳结果显示大豆 7S 球蛋白可分离成  $\alpha'$ 、 $\alpha$  和  $\beta$  3 个亚基,大豆 11S 球蛋白又

可分离为 A 区(酸性蛋白亚基)和 B 区(碱性蛋白亚基)2 个部分(图 1),且大豆种子球蛋白的亚基组成在不同品种间没有明显差异。以水花豆品种为例的球蛋白电泳扫描图谱显示 A 亚基含量最高, $\alpha'$  亚基含量最低(图 1B)



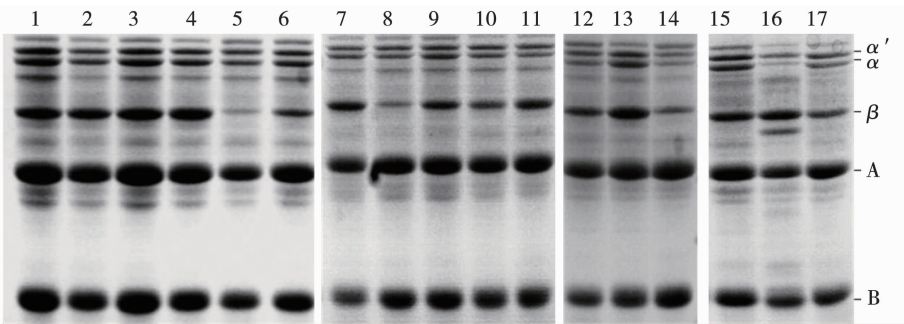
A:部分品种球蛋白 SDS-PAGE 图;B:水花豆品种球蛋白电泳扫描图谱;M:蛋白质标准分子量;1:九江六月爆(ZDD14214);2:湖口六月爆(ZDD14213);3:上饶黄豆(ZDD06466);4:八月黄(ZDD14275)。  
A: SDS-PAGE partten of globulin of partial accession; B:Scanning profile of globulin of shuihuadou accession; BM:Protein marker; 1: Jiujiangliuyuebao (ZDD14214); 2: Hukouliuyuebao (ZDD14213); 3: Shangraohuangdou (ZDD06466); 4: Bayuehuang (ZDD14275).

图 1 大豆球蛋白亚基的 SDS-PAGE 电泳图谱和扫描图谱

Fig. 1 SDS-PAGE pattern and scanning profile of soybean protein subunits

在这 131 份资源的不同品种间球蛋白亚基相对含量差异明显,有 4 份材料的 7S 球蛋白亚基含量相对较低,分别是余干九月宝、吉水绿皮晚大豆、红花豆和赣豆 5 号。其中吉水绿皮晚大豆和余干九月宝的  $\beta$  亚基含量相对较低(图 2-5 和 2-8);红花豆的

$\alpha'$ 、 $\alpha$  和  $\beta$  3 个 7S 球蛋白亚基相对含量均较低,且 11S/7S 比值高达 4.43(图 2-14);赣豆 5 号的  $\alpha'$  亚基含量较低, $\alpha$  亚基含量只有 1.72%(图 2-16)。这些资源均可作为优良亲本用于大豆育种。



1:下水黄(ZDD14369);2:青皮豆(ZDD14370);3:上饶大乌豆(ZDD14374);4:九月青(ZDD14362);5:吉水绿皮晚大豆(ZDD21880);6:水花豆(ZDD14417);7:玉山八月宝(ZDD06471);8:余干九月宝(ZDD06473);9:严田青皮豆(ZDD06475);10:上饶矮子窝(ZDD06477);11:上饶黑山豆(ZDD06483);12:臭蚁窝(ZDD14297);13:乐平田滕豆(ZDD14278);14:红花豆(ZDD14280);15:都昌黄豆(ZDD14217);16:赣豆5号(ZDD24189);17:赣豆4号(ZDD24188)。

1:Xiashuihuang(ZDD14369);2:Qingpidou(ZDD14370);3:Shangraodawudou(ZDD14374);4: Jiuyueqing(ZDD14362);5: Jishuiliupiwandadou(ZDD21880);6: Shuihuadou(ZDD14417);7:Yushanbayuebao(ZDD06471);8: Yuganjiuyuebao(ZDD06473);9: Yantianqingpidou(ZDD06475);10: Shangraoaiwou(ZDD06477);11: Shangraoheishandou(ZDD06483);12: Chouyiwo(ZDD14297);13: Lepingtiantengdou(ZDD14278);14: Honghuadou(ZDD14280);15: Duchanghuangdou(ZDD14217);16: Gandou 5(ZDD24189);17: Gandou 4(ZDD24188).

图 2 部分大豆种质资源 SDS-PAGE 电泳图谱

Fig. 2 SDS-PAGE pattern of partial soybean accessions

2.2 7S 和 11S 球蛋白相对含量及 11S/7S 比值分析

对 131 份供试材料的 11S 球蛋白和 7S 球蛋白亚基的相对含量及其 11S/7S 比值进行分析,结果显示:在供试的 131 份材料中 7S 球蛋白含量的变幅、平均值及变异系数分别为 18.01% ~ 52.21%、32.64% 和 19.46%,11S 球蛋白含量的变幅、平均值及变异系数分别为 47.79% ~ 81.99%,67.35% 和

9.43%。与 11S 球蛋白相比,7S 球蛋白的变异系数升高了约 10 个百分点,对供试材料球蛋白各组分的亚基含量进一步分析发现,7S 球蛋白  $\alpha'$ 、 $\alpha$  和  $\beta$  亚基含量的变异系数分别为 17.73%、22.39% 和 30.22%,且 11S/7S 球蛋白比值的变异系数高达 30.64%(表 1)。结果表明,在供试的 131 份材料中,7S 球蛋白比 11S 球蛋白具有更丰富的变异类型。

表 1 131 份大豆球蛋白亚基相对含量及 11S/7S 比值的变异分析

Table 1 Variation analysis of the content of soybean globulin subunits and 11S/7S ratio

项目 Item	最小值 Minimum	最大值 Maximum	极差 Range	平均值 Mean	CV/%
$\alpha'$	4.38%	12.10%	7.72%	7.99%	17.73
$\alpha$	1.72%	14.37%	12.65%	8.88%	22.39
$\beta$	5.60%	31.93%	26.33%	15.77%	30.22
7S	18.01%	52.21%	34.20%	32.64%	19.46
A	28.86%	49.75%	20.89%	36.99%	10.81
B	18.93%	40.05%	21.12%	30.36%	13.81
11S	47.79%	81.99%	34.20%	67.35%	9.43
11S/7S	0.92	4.55	3.64	2.19	30.64

供试的 131 份种质资源的 11S/7S 球蛋白比值为 0.92 ~ 4.55,极差为 3.64,平均值为 2.19(图 3)。通过筛选,11S/7S 比值大于 3.0 的资源有 16 份(表

2),占比 12.21%,其中 11S/7S 比值大于 4.0 的资源有 3 份,分别是余干八月宝、红花豆和余干九月宝,11S/7S 比值为 3.0 ~ 4.0 的资源有 13 份。

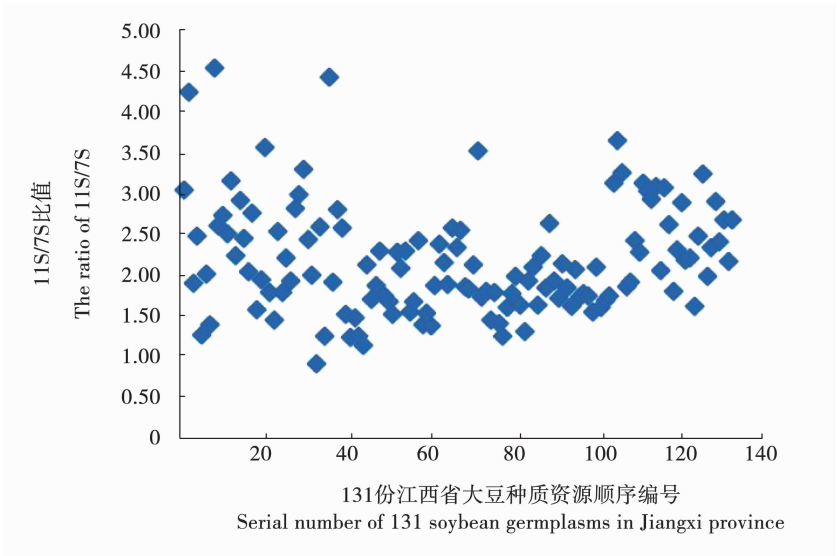


图 3 131 份大豆种质资源的 11S/7S 比值分布图  
Fig. 3 11S/7S ratio pattern of 131 soybean accessions

表 2 供试大豆资源球蛋白 11S/7S 比值高于 3.0 的材料信息

Table 2 Information of elite soybean accessions whose 11S/7S ratios was higher than 3.0

统一编号 Uniform code	品系 Accession	原产地 Origin location	种植区域 Cultivation location	类型 Type	11S/7S 比值 The radio of 11S/7S
ZDD14385	八月爆 Bayuebao	江西九江 Jiujiang, Jiangxi	赣北 Northern Jiangxi	夏 Summer	3.13
ZDD14216	雅雀眼 Yaqueyan	江西九江 Jiujiang, Jiangxi	赣北 Northern Jiangxi	春 Spring	3.56
ZDD14280	红花豆 Honghuadou	江西德兴 Dexin, Jiangxi	赣北 Northern Jiangxi	夏 Summer	4.43
ZDD14432	乌咀豆 Wujudou	江西会昌 Huichang, Jiangxi	赣南 Southern Jiangxi	秋 Autumn	3.04
ZDD14427	石城大黄豆 Shichengdahuangdou	江西石城 Shicheng, Jiangxi	赣南 Southern Jiangxi	秋 Autumn	3.13
ZDD14390	田滕豆 Tianchengdou	江西赣县 Ganxian, Jiangxi	赣南 Southern Jiangxi	夏 Summer	3.26
ZDD06454	横峰乌豆 Hengfengwudou	江西横峰 Hengfeng, Jiangxi	赣中 Central Jiangxi	春 Spring	3.05
ZDD14457	清江青皮 Qingjiangqingpi	江西清江 Qingjiang, Jiangxi	赣中 Central Jiangxi	秋 Autumn	3.08
ZDD14453	青皮豆 Qingpidou	江西临川 Linchuan, Jiangxi	赣中 Central Jiangxi	秋 Autumn	3.10
ZDD06484	玉山大乌豆 Yushandawudou	江西玉山 Yushan, Jiangxi	赣中 Central Jiangxi	夏 Summer	3.17
ZDD21837	六月爆 Liuyuebao	江西进贤 Jinxian, Jiangxi	赣中 Central Jiangxi	春 Spring	3.24
ZDD14252	丰城早乌豆 Fengchengzaowudou	江西丰城 Fengcheng, Jiangxi	赣中 Central Jiangxi	春 Spring	3.30
ZDD14325	萍乡七月黄 Pingxiangqiyuehuang	江西萍乡 Pingxiang, Jiangxi	赣中 Central Jiangxi	夏 Summer	3.53
ZDD14389	红皮大豆 Hongpidadou	江西萍乡 Pingxiang, Jiangxi	赣中 Central Jiangxi	夏 Summer	3.66
ZDD06460	余干八月宝 Yuganbayuebao	江西余干 Yugan, Jiangxi	赣中 Central Jiangxi	夏 Summer	4.25
ZDD06473	余干九月宝 Yuganjiuyuebao	江西余干 Yugan, Jiangxi	赣中 Central Jiangxi	夏 Summer	4.55

2.3 不同区域大豆种质资源球蛋白相对含量分析

以供试材料来源地的地理位置为依据,将供试材料分为赣北、赣中和赣南 3 个部分,其中赣北地区资源有 26 份,赣中地区资源有 94 份,赣南地区资源有 11 份。从赣北向赣南,供试材料的 11S、7S 球蛋

白相对含量及其比值的极差和变异系数均呈逐渐下降趋势;7S 球蛋白相对含量的平均值呈下降趋势,11S 球蛋白相对含量的平均值则呈现上升趋势,11S/7S 比值的平均值呈现赣南赣北偏高而赣中偏低的现象(表 3)。在 11S/7S 比值大于 3.0 的 16 个

材料中,赣北材料有 3 个,占供试赣北材料总数的 11.84%,赣中材料有 10 个,占供试赣中材料总数的 10.64%,赣南材料有 3 个,占供试赣南材料总数的 27.27%。另外,供试材料的球蛋白各亚基( $\alpha'$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、A、B)的变异系数,除  $\alpha$  亚基外,其余 4 个亚基的

变异系数从赣北向赣南均呈下降的趋势(图 4)。这说明江西省北部的大豆种质资源球蛋白具有更丰富的变异,赣南地区的大豆种质资源球蛋白变异范围稍窄。

表 3 江西省不同区域大豆种质资源 7S、11S 球蛋白相对含量及 11S/7S 比值分析  
Table 3 Analysis of 7S, 11S subunit content and its ratios of tested soybean germplasm in different geographical regions of Jiangxi province

项目 Item	种植区域 Region	最小值 Minimun	最大值 Maximun	极差 Range	平均值 Mean	CV/%
7S	赣北 Northern Jiangxi	18.41%	52.21%	33.80%	33.17%	24.09
	赣中 Central Jiangxi	18.01%	46.83%	28.82%	32.91%	18.01
	赣南 Southern Jiangxi	23.49%	36.49%	13.00%	29.12%	16.55
11S	赣北 Northern Jiangxi	47.79%	81.59%	33.80%	66.83%	11.96
	赣中 Central Jiangxi	53.12%	81.99%	28.87%	67.08%	08.84
	赣南 Southern Jiangxi	63.51%	76.51%	13.00%	70.88%	06.80
11S/7S	赣北 Northern Jiangxi	0.92	4.43	3.52	2.19	37.04
	赣中 Central Jiangxi	1.14	4.55	3.42	2.15	29.55
	赣南 Southern Jiangxi	1.74	3.26	1.52	2.52	22.26

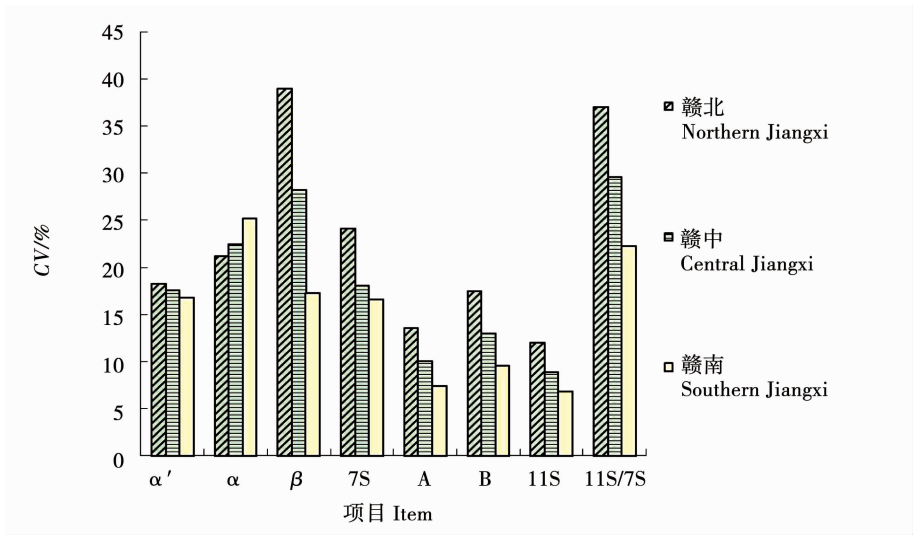


图 4 江西省不同区域大豆种子球蛋白各亚基相对含量及 11S、7S 含量和比值的变异系数分析  
Fig. 4 Variable coefficient comparative analysis of globulin subunits content and 7S,11S content and ratio of soybean germplasm in different geographical regions of Jiangxi province

2.4 不同生态类型大豆种质资源的球蛋白相对含量差异分析

依据生态类型可将 131 份供试材料分为春大豆和夏秋大豆 2 个类型,其中春大豆 26 份,夏秋大豆 105 份。春大豆材料球蛋白 11S/7S 比值的平均值为 2.39,夏秋大豆材料球蛋白 11S/7S 比值的平均值为 2.13;供试的春、夏秋大豆材料各亚基(除  $\beta$  亚基外)相对含量变异系数的变化趋势一致,夏秋大

豆球蛋白各亚基变异系数高于春大豆的变异系数;夏秋大豆 11S/7S 比值的变异系数为 32.04%,春大豆 11S/7S 比值的变异系数为 24.01%(图 5)。这表明江西省夏秋大豆种质资源的球蛋白与春大豆相比具有更丰富的变异类型,有利于蛋白质品质优异大豆种质资源的挖掘,这与筛选获得的 4 份优异种质资源吉水绿皮晚大豆、余干九月宝、红花豆和赣豆 5 号均为夏秋大豆类型的结果相吻合。



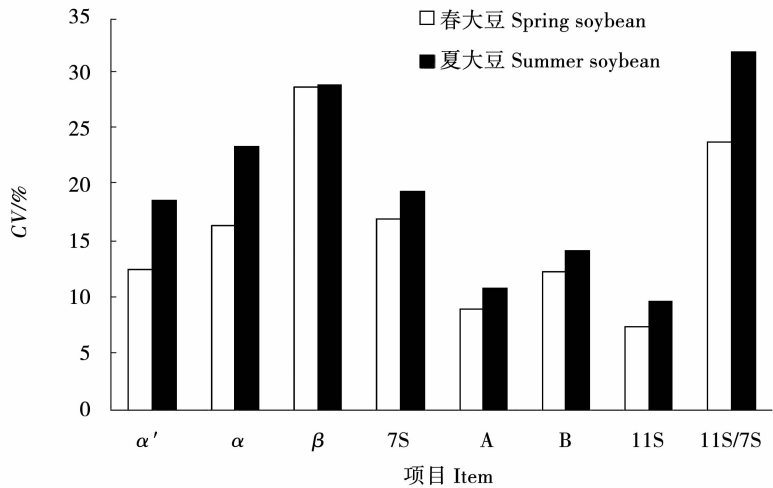


图5 不同类型大豆资源的球蛋白各亚基相对含量及 11S、7S 含量和比值变异系数分析

Fig. 5 Variable coefficient comparative analysis of protein subunits content and 11S, 7S content and ratio of different ecotypes soybean

3 讨论

江西省具有丰富的大豆种质资源,但在营养品质优良或加工品质优异资源挖掘领域研究的较少。本研究分析 131 份供试江西大豆种质资源,发现江西省大豆资源球蛋白各亚基相对含量及其 11S/7S 比值具有丰富的遗传变异。供试材料中 7S 球蛋白比 11S 球蛋白的变异系数高约 10 个百分点,11S/7S 比值大于 3.0 的资源数占比 12.21%,变异系数达 30.64%,且筛选出 2 份  $\beta$  亚基含量较低、1 份  $\alpha'$  和  $\alpha$  亚基含量较低、1 份  $\alpha$  亚基极低的优异材料,利用资源筛选出的优异材料应用于高 11S/7S 比值和 7S 球蛋白各亚基缺失材料的创制等大豆营养品质或加工品质改良相关领域具有巨大的潜力。

本试验中 131 份江西大豆种质资源球蛋白的 11S/7S 比值为 0.92 ~ 4.55,平均值为 2.19,变异系数高达 30.64%。该结果与姜莹等<sup>[19]</sup>研究的浙江省大豆种质资源 11S/7S 平均值为 2.289 结果相接近,和王林林等<sup>[20]</sup>研究的南方大豆核心资源 11S/7S 比值为 0.87 ~ 4.95 结果相吻合。夏秋大豆 11S/7S 比值的变异系数比春大豆高 8.03%,且夏秋大豆球蛋白各亚基变异系数均高于春大豆。这表明江西省夏秋大豆种质资源的球蛋白各亚基具有更丰富的变异类型,从中挖掘的优异资源有助于加速大豆蛋白品质遗传改良以及优质高蛋白大豆品种培育的进程。

同时卢为国等<sup>[21]</sup>研究表明,大豆球蛋白的 11S/7S 比值受生态因子影响很大,在大豆鼓粒成熟期,长日照和较小的昼夜温差有利于提高 11S/7S 比值,同时也可以提高大豆籽粒蛋白质含量。江西省地处我国东南偏中部,长江中下游南岸,北毗湖北、

安徽,北部有中国最大的淡水湖—鄱阳湖,中部丘陵起伏,南连广东。因赣北和赣中北部的鄱阳湖湿地环境造就了鄱阳湖流域日照时数较长和昼夜温差较小的独特的生态气候,赣北的气温较赣中偏高,而赣南接近广东,气温和环境与中北部有较大的差别,昼夜温差更小。江西这种独特的生态气候与赣北大豆种质资源 11S/7S 比值的平均值高于赣中低于赣南的现象相吻合,且赣北大豆材料的 11S/7S 比值的变异系数和球蛋白各亚基含量的变异系数较赣中赣南偏高,表明赣北大豆球蛋白具有更丰富的变异类型,这与筛选出的 4 份优异种质资源中有 3 份出现在赣北鄱阳湖流域的研究结果相吻合。同时由赣北向赣南,供试材料的 11S、7S 球蛋白相对含量和 11S/7S 比值的变异系数呈逐渐下降的趋势,7S 球蛋白相对含量的平均值呈下降趋势,11S 球蛋白相对含量的平均值则呈现上升趋势,表明江西北部的大豆资源蕴含丰富的大豆球蛋白亚基特异材料,在赣南大豆资源 11S/7S 比值相对较高,这为筛选挖掘蛋白品质或加工品质优异材料用于育种或相关研究提供参考。

4 结论

江西省大豆资源的 7S 和 11S 球蛋白相对含量及其比值具有丰富的遗传变异,通过筛选鉴定的 3 个 11S/7S 比值大于 4.0 和 4 个  $\alpha'$  亚基、 $\alpha$  亚基或  $\beta$  亚基含量较低的优异大豆种质资源具有重要的理论和应用价值,能够为大豆品质调控相关基因挖掘和大豆品种改良育种提供参考。

参考文献

[1] 王磊,王慧中,藕冉,等. 大豆主要贮藏蛋白组分遗传改良研

- 究进展[J]. 中国油料作物学报, 2018, 40(4): 608-612. (Wang L, Wang H Z, Ou R, et al. Recent advances in genetic improvement of soybean seed main storage proteins[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2018, 40(4): 608-612.)
- [2] Krishnan H B, Jiang G, Krishnan A H, et al. Seed storage protein composition of non-nodulating soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] and its influence on protein quality[J]. Plant Science, 2000, 157: 191-199.
- [3] 郭顺堂, 孟岩, 张雪梅, 等. 中国大豆蛋白亚基构成分析与缺失部分亚基的特异大豆品种的筛选[J]. 作物学报, 2006, 32(8): 1130-1134. (Guo S T, Meng Y, Zhang X M, et al. Analysis of protein subunit composition of Chineses soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] cultivars and screening of soybean cultivars lacking some subunits[J]. Acta Agronomica Sinica, 2006, 32(8): 1130-1134.)
- [4] Koshiyama I. Chemical and physical properties of a 7S protein in soybean globulins[J]. Cereal Chemistry, 1968, 45: 394-404.
- [5] Staswick P E, Hermodson M A, Nielsen N C. Identification of the acidic and basic subunit complexes of glycinin[J]. Journal of Biological Chemistry, 1981, 256(16): 8752-8755.
- [6] 王绍东, 李远明, 刘伟, 等. 聚丙烯酰胺凝胶电泳快速检测大豆过敏原蛋白 Gly m Bd 30K 缺失方法[J]. 大豆科学, 2011, 30(4): 638-642. (Wang S D, Li Y M, Liu W, et al. A fast detection method for screening of Gly m Bd 30K allergen protein using sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis in soybean seeds[J]. Soybean Sciences, 2011, 30(4): 638-642.)
- [7] Ogawa T, Bando N, Tsuji H, et al. Investigation of the IgE-binding proteins in soybeans by immunoblotting with the sera of the soybean-sensitive patients with the atopic dermatitis[J]. Journal of Nutritional Sciences and Vitaminology, 1991, 37(6): 555-565.
- [8] Ogawa T, Samoto M, Takahashi K. Soybean allergens and hypoallergenic soybean products[J]. Journal of Nutritional Sciences and Vitaminology, 2000, 46(6): 271-279.
- [9] Samoto M, Fukuda Y, Takahashi K, et al. Substantially complete removal of three major allergenic soybean proteins (Gly m Bd 30K, Gly m Bd 28K, and the  $\alpha$ -subunit of  $\beta$ -conglycinin) from soy protein by using a mutant soybean, Tohoku 124[J]. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 1997, 61(12): 2148-2150.
- [10] 张明俊, 李忠峰, 于莉莉, 等. 大豆籽粒蛋白亚基变异种质的鉴定与筛选[J]. 作物杂志, 2018(3): 44-50. (Zhang M J, Li Z F, Yu L L, et al. Identification and screening of protein subunit variation germplasm from both mutants and natural population in soybean[J]. Crops, 2018(3): 44-50.)
- [11] 刘珊珊, 滕卫丽, 姜自芹, 等. 大豆 7S 球蛋白  $\alpha$ -亚基缺失型种质创新[J]. 作物学报, 2010, 36(8): 1409-1413. (Liu S S, Teng W L, Jiang Z Q, et al. Development of soybean germplasm lacking of 7S globulin  $\alpha$ -subunit[J]. Acta Agronomica Sinica, 2010, 36(8): 1409-1413.)
- [12] 宋波, 蓝岚, 田福东, 等. 大豆 7S 球蛋白  $\alpha'$ -亚基缺失及( $\alpha' + \alpha$ )亚基双缺失品系的回交转育[J]. 作物学报, 2012, 38(12): 2297-2305. (Song B, Lan L, Tian F D, et al. Development of soybean lines with  $\alpha'$ -subunit or ( $\alpha' + \alpha$ ) subunits deficiency in 7S globulin by backcrossing[J]. Acta Agronomica Sinica, 2012, 38(12): 2297.)
- [13] 拓云, 霍彩琴, 田福东, 等. SSR 标记辅助回交转育大豆 7S 球蛋白  $\alpha$ -亚基致敏蛋白缺失新品系[J]. 中国油料作物学报, 2014, 36(1): 1-9. (Tuo Y, Huo C Q, Tian F D, et al. Soybean 7S  $\alpha$ -subunit deficiency lines developed by backcrossing assisted by SSR marker background selection[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2014, 36(1): 1-9.)
- [14] 张国敏, 张亚琴, 舒英杰, 等. 三种大豆种子贮藏蛋白亚基缺失种质的筛选与鉴定[J]. 大豆科学, 2015, 34(1): 21-31. (Zhang G M, Zhang Y Q, Shu Y J, et al. Screening and identification of three types of soybean lines lacking different seed storage protein subunits[J]. Soybean Sciences, 2015, 34(1): 21-31.)
- [15] 国博闻, 赵雪, 魏小双, 等. 具有中国大豆遗传背景的 7S 与 11S 多亚基缺失型大豆新品系的创制[J]. 作物杂志, 2016(2): 43-49. (Guo B W, Zhao X, Wei X S, et al. Development of set of 7S and 11S multi-subunit-deficient mutants with Chinese soybean genetic background[J]. Crops, 2016(2): 43-49.)
- [16] 宋波. 大豆 7S 致敏蛋白  $\alpha$ -亚基缺失型近等基因系的近等性评价与应用[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2017: 10-25. (Song B. Evaluation and application of near-isogenic lines for allergenic  $\alpha$ -subunit deficiency of 7S globulin in soybean (*Glycine max* L. Merrill) [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2017: 10-25.)
- [17] Patil G, Mian R, Vuong T, et al. Molecular mapping and genomics of soybean seed protein: A review and perspective for the future[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2017, 130: 1975-1991.
- [18] 王文真, 刘兴媛, 曹永生, 等. 中国大豆种质资源的蛋白质含量研究[J]. 作物品种资源, 1988(1): 35-36. (Wang W Z, Liu X Y, Cao Y S, et al. Protein content analysis of Chinese soybean germplasm resources[J]. Crop Varieties Resources, 1988(1): 35-36.)
- [19] 姜莹, 吴娴静, 董德坤, 等. 浙江省大豆种质资源蛋白亚基构成分析[J]. 浙江农业学报, 2010, 22(4): 403-407. (Jiang Y, Wu X J, Dong D K, et al. Analysis on protein subunit contents of soybean germplasm in Zhejiang province[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2010, 22(4): 403-407.)
- [20] 王林林, 关荣霞, 齐峥, 等. 大豆微核心种质与育成品种的种子蛋白 11S/7S 比值的分析[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(1): 68-72. (Wang L L, Guan R X, Qi Z, et al. Analysis of 11S/7S ratio core collection between soybean mini and cultivars[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2008, 9(1): 68-72.)
- [21] 卢为国, 王树峰, 李卫东, 等. 大豆籽粒贮藏蛋白 11S/7S 比值与生态因子相关关系的研究[J]. 中国农业科学, 2005, 38(5): 1059-1064. (Lu W G, Wang S F, Li W D, et al. Effects of eco-physiological factors on storage protein 11S/7S ratio in soybean seeds[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38(5): 1059-1064.)