

我国小豆种质资源的豆沙特性评价与筛选

王丽侠, 袁兴森, 张涛, 王素华, 程须珍

(中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要: 对 450 份小豆种质资源进行了豆沙特性的评价, 以期为培育豆沙专用品种提供信息。结果表明, 不同小豆种质在出沙倍数、皮含量、湿沙颜色及淀粉细胞直径、壁厚等方面均存在一定差异。其中出沙倍数的变异范围为 1.97 ~ 3.51, 平均为 2.51 倍; 皮含量的变异在 7% ~ 21% 之间, 平均为 9%; 湿沙的亮度值的变异在 9.48 ~ 34.38 之间, 平均为 29.6; 红色度和黄色度的变异范围分别为 16.56 ~ 34.27、-1.71 ~ 17.86, 平均分别为 21.5、11.8。不同种质间淀粉细胞大小也存在较大差异, 其中直径、周长的差异均在 2 倍以上, 而壁厚的差异达 20 余倍。上述沙用指标在种质间的变异说明, 豆沙专用品种的选育是必要且可行的。根据研究结果, 筛选出豆沙特性指标均较好的小豆种质 20 份, 有望为豆沙专用品种的培育奠定基础, 保障豆沙生产的经济效益和食品安全等问题。

关键词: 小豆; 豆沙特性; 评价; 筛选

Evaluation and Characterization of Adzuki Bean Germplasm for Paste Production

WANG Li-xia, YUAN Xing-miao, ZHANG Tao, WANG Su-hua, CHENG Xu-zhen

(Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: 450 accessions of adzuki bean germplasm were accessed by bean paste indicators, to provide information for breeding new varieties specially used for bean paste production. The results showed that the rates of paste production and seed coat, wet paste color, and cell characters of starch varied greatly among different germplasm. The rate of paste production varied from 1.97 - 3.51 with an average of 2.51. The rate of seed coat varied from 7% - 21% with a mean value of 9%. The light intensity varied from 9.48 - 34.38 with an average of 29.6. Red and yellow densities varied from 16.56 - 34.27 and -1.71 - 17.86, with average values of 21.5 and 11.8, respectively. There are also diverse values on the sizes of starch cell, especially the thickness of cell wall. These results indicated the difference among varieties on bean paste production. Based on those indicators, 20 adzuki bean germplasm that suitable for bean paste production were determined and they will play important role in breeding new varieties for paste production.

Key words: adzuki bean; paste; evaluation; screening

食用豆类如绿豆、小豆、豇豆、普通菜豆等种子中淀粉含量较高, 可制成豆沙, 作为各类甜点的馅, 如豆沙包、豆沙糕、豆沙月饼及豆沙元宵等, 而豆沙类饮料因其生产工艺的不断改善, 消费量也逐渐增大^[1-2]。市场上常见的豆沙即红豆沙, 主要来自小豆淀粉。红豆沙不仅富含碳水化合物, 可适时补充

机体能量, 还富含人体健康不可缺少的微量元素铜, 对提高免疫力、安神除烦等具有一定功效。

随着人们生活水平的改善, 对豆沙的品质要求也逐渐提高, 因此, 如何保障豆沙品质的同时提高豆沙产量是豆沙生产企业面临的重要问题。豆沙产量是提高红豆沙生产效益的主要因素, 豆沙颜色是其

收稿日期: 2014-09-30 修回日期: 2014-11-06 网络出版日期: 2015-06-10

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20150610.1600.003.html>

基金项目: 现代农业产业技术体系(CARS-09); 国家“十二五”科技支撑计划重大项目(2013BAD01B03-18); 中国农业科学院科技创新工程

第一作者主要从事食用豆类资源评价及创新利用研究。E-mail: wanglixia03@caas.cn

通信作者: 程须珍, 主要从事食用豆类资源收集保存与评价鉴定研究。E-mail: chengxuzhen@caas.cn

商品性的重要指标,而淀粉粒大小则反应豆沙的口感和风味。尽管有研究认为淀粉特性会因贮藏时间和条件发生改变^[3],且可通过添加糖含量、乳化剂或其他改性淀粉来改善豆沙商品性和食用品质^[4-5],不同小豆品种在豆沙产量、颜色、口感等方面的差异也不容忽视^[6-8]。比如,有的小豆品种出沙率高、颜色纯正、口感细腻,可用于制作不同的甜点馅料,我们称这类小豆为豆沙专用品种。豆沙专用品种不仅降低生产成本,提高产量和品质,对于促进市场消费、保证豆沙的食品安全也有重要作用。

我国作为小豆原产国家,种质资源丰富^[9-11],这是豆沙专用品种筛选/选育的重要物质基础。由于小豆整体遗传研究水平相对落后^[12],豆沙专用品种等相关研究更鲜有报道^[7]。如何充分利用我国小豆种质资源丰富的优势,筛选和培育适于豆沙生产的小豆品种,为豆沙加工提供专用原料是小豆资源和育种研究的重要内容。本研究基于这一现状,采用豆沙标准生产技术,从出沙倍数、湿沙颜色、皮含量、淀粉细胞大小等方面对我国 450 份小豆种质资源开展了豆沙特性的评价,以期对豆沙专用品种的筛选与培育提供信息,提升我国豆沙生产效益和品质,保障豆沙生产行业的健康稳定发展。

1 材料与方 法

1.1 材 料

我国小豆主栽品种、传统名优品种及国家种质库中保存的地方品种等小豆初选核心种质共计 450 份,分别来自我国北京、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、山东、河南、湖北、安徽、湖南、贵州、陕西等 13 个省(直辖市、自治区)。

1.2 方 法

每份小豆材料取当年或近两年繁殖的种子各 90 g,设置 3 个重复,每重复 30 g 种子。每一批豆沙试验处理 30 个品种,为了降低不同批次的实验误差,均以京农 5 号作对照。

豆沙试验的工艺主要包括:称样→清洗→加水→蒸煮→洗沙→(湿豆沙)离心、计量→色差测定→细胞检测→加糖→封口→灭菌等步骤。分析项目包括出沙倍数[豆沙重(g)/红豆(g)]、皮含量[皮干重(g)/红豆(g)]、湿沙颜色(De^*)以及沙细胞直径、周长、面积、壁厚等。豆沙重和皮重均以电子天平(± 0.01 g)称量。

湿沙颜色的评估依据 1976 年国际照明委员会(CIE)规定的 L^* 、 a^* 、 b^* 表色系。其中 L^* 为明度指

数,值越大表示颜色越明亮; a^* 、 b^* 为色度指数,分别指红色度和黄色度, a^* 越大则色泽越红, b^* 越大则色彩越鲜艳,用色彩色差计扩散照明垂直受光(D/O)方式测定。

淀粉细胞特征利用光学显微镜测量,包括直径、周长、面积和壁厚等。所有的数据统计均由 Excel 表格完成。

2 结果与分析

对照京农 5 号在各批次的豆沙试验中,各豆沙特性指标均无显著差异,说明本研究中豆沙特性评价的试验误差可忽略,即不同批次对小豆种质资源豆沙特性的评价具有可比性。

2.1 小豆种质的豆沙特性变异分析

450 份小豆品种的豆沙试验分析显示,不同小豆种质在豆沙各评价指标方面均有较大差异。在豆沙产量上,出沙倍数的变异范围在 1.97(B0000680)~3.51(保 200112-22)之间,平均为 2.51。出沙倍数大于 3.0 的有 8 份,其中河北 3 份、黑龙江 2 份、山西 2 份、北京 1 份。从出沙倍数的频率分布可知,大部分小豆出沙倍数集中在 2.5 左右(图 1)。皮含量的变异范围在 7%~21%之间,平均为 9%。20 份小豆的皮含量均为 7%,其中河北 12 份、北京 3 份、山西 2 份、河南、山东和天津各 1 份,皮含量最高的是佳尔红(21%),由辽宁地方品种系选而成。从皮含量的分布来看,大部分小豆品种的皮含量集中在 8%左右(图 2)。

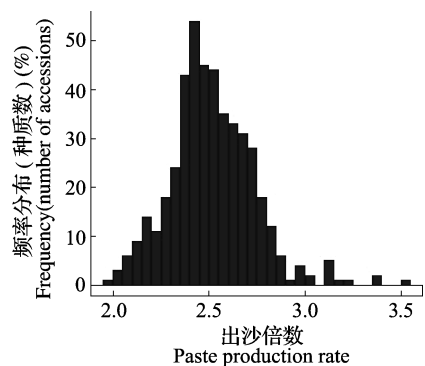


图 1 小豆核心种质出沙倍数分布直方图

Fig. 1 The distogram of distribution of paste production rate among the core collection of adzuki bean

简单相关分析显示,出沙倍数和皮含量呈不显著负相关($R = -0.33$)。进一步分析发现,出沙倍数和子粒总淀粉含量呈不显著负相关($R = -0.20$),和直链淀粉含量呈较显著负相关($R = -0.37$),和种质的

纬度来源 ($R = 0.13$) 及百粒重 ($R = 0.21$) 均相关不显著。皮含量除和直链淀粉含量呈较显著正相关 ($R = 0.32$) 外,和其他性状均相关不显著。

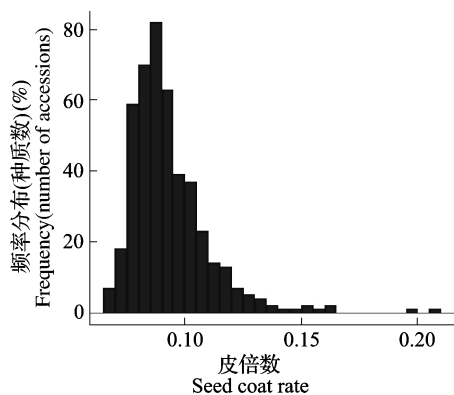


图2 小豆核心种质皮含量分布直方图

Fig. 2 The distribution of seed coat rate among the core collection of adzuki bean

湿沙颜色是红豆沙商品性的重要指标。结果表明,不同小豆湿沙的明亮度 L^* 、红色度 a^* 和黄色度 b^* 均有较大差异(表1),导致湿沙颜色不同(图3)。其中明亮度 L^* 最低的为保 200112-22(9.48),最高的为 B0001251(34.38),大部分种质的 L^* 值集中在 19~23 之间,占 47.8%,另有一部分种子的 L^* 值高峰集中在 28~31 之间,占 18.8%; a^* 最低的是吉林狸小豆(16.56),最高的是保200112-22(34.27),大部分种质的红色度介于20~24 之间,占 84.1%; b^* 最低的

是 B0003161(-1.71),最高的是 B000230(17.86),大部分种质的黄色度集中在 2~5 之间,占 52.4%,另有一部分种质集中在 10~14 之间,占 22.3%(图4A~C)。简单相关分析显示,除亮度值 L^* 与黄色度 b^* 呈显著正相关外 ($R = 0.90$), L^* 与 a^* ($R = -0.33$), a^* 与 b^* ($R = -0.01$) 均呈不显著负相关。

表1 450 份小豆湿沙颜色指标的变异分布

Table 1 The distribution of parameters of wet bean paste from 450 adzuki bean germplasm

项目 Item	亮度 L^* Light intensity	红色度 a^* Red degree	黄色度 b^* Yellow degree
最小值 Min.	9.48	16.56	-1.71
最大值 Max.	34.38	34.27	17.86
平均值 Average	23.31	21.49	5.48
变异系数(%) CV	5.36	15.27	1.44

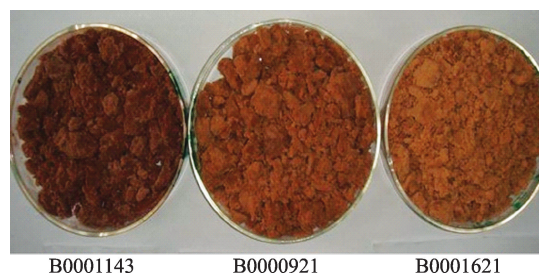


图3 不同小豆种质湿沙颜色差异

Fig. 3 The difference of color of wet paste between adzuki bean

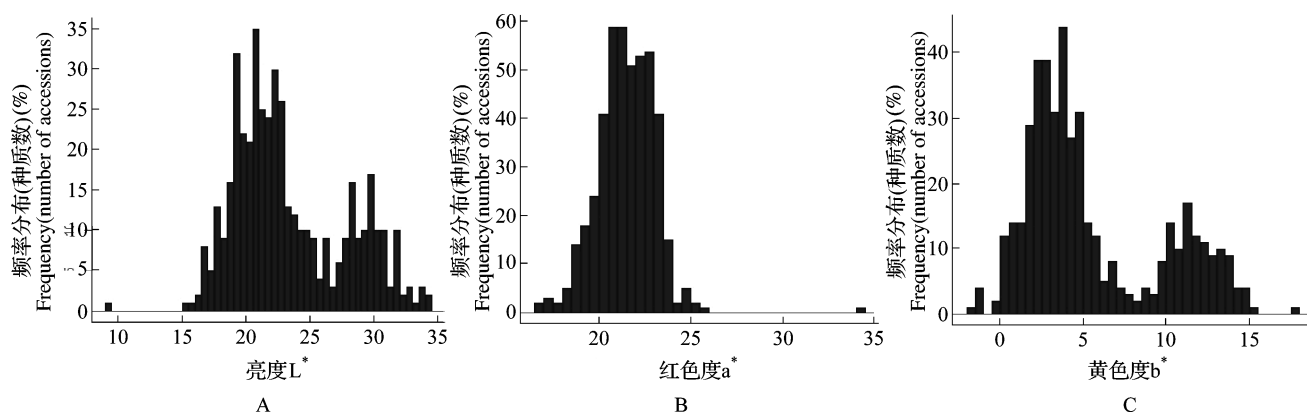


图4 小豆核心种质湿沙颜色指标分布直方图

Fig. 4 The distribution histogram of index of wet paste of the core collection of adzuki bean

淀粉细胞大小影响豆沙的口感和风味。450 份小豆种质的淀粉细胞直径、周长、面积及壁厚的变异范围见表2。其中直径最大的是冀红 352 (131.46 μm),直径最小的是 B0004665 (57.21 μm),大部分种质的淀粉细胞直径在 70~100 μm 之间,

占总数 77.2%,直径低于 60 μm 的有 3 份,分别来自北京、天津和河北。淀粉细胞周长最大的为 B0000141 (515.76 μm),最小的为 B0000651 (244.74 μm),大部分种质的淀粉细胞周长集中在 300~400 μm 之间,占总数的 76.5%,其中周长低

表2 450份小豆淀粉细胞的特性变异分布

Table 2 The variations of characters of starch cell from 450 adzuki bean germplasm

项目 Item	直径(μm) Diameter	周长(μm) Circumference	面积 (μm ²) Area	壁厚 (μm) Thickness of cell wall
最小值 Min.	57.21	244.74	2039.47	1.17
最大值 Max.	131.46	515.76	17682.34	29.2
平均值 Average	88.76	345.61	8800.20	4.62
变异系数(%) CV	7.15	8.33	4.22	2.43

于250 μm的除了B0000651外,还有B0001218(248.04 μm)。细胞面积最大的是B0000142(17682.34 μm²),最小的是B0000262(2039.47 μm²),

表3 豆沙特性较好的小豆种质及其豆沙指标描述

Table 3 The bean paste parameters of 20 accessions of adzuki bean

统一编号 Code	品种 Accessions	来源 Origin	出沙倍数 Ratio of paste production	亮度值 Light intensity	淀粉细胞直径(μm) Diameter of starch cell
B0000052	红小豆	北京市密云县	2.65	25.27	72.33
B0000055	京小56	中国农业科学院作物科学研究所	2.55	29.34	76.63
B0000068	京小57	中国农业科学院作物科学研究所	2.58	27.17	78.98
B0000069	京小59	中国农业科学院作物科学研究所	2.65	28.22	77.82
B0000070	京小60	中国农业科学院作物科学研究所	2.71	29.57	67.87
B0000073	京小63	中国农业科学院作物科学研究所	2.65	29.05	75.09
B0000075	京小65	中国农业科学院作物科学研究所	2.62	33.81	76.87
B0000078	京小69	中国农业科学院作物科学研究所	2.70	32.74	78.56
B0000082	京小74	中国农业科学院作物科学研究所	2.69	28.2	77.56
B0000235	黄小豆	河北尚义县	2.83	29.8	73.21
B0000239	白小豆	河北张家口农科院	2.69	29.51	78.26
B0000255	白小豆	河北阜平县	3.14	28.38	78.18
B0000266	狸小豆	河北广平县	2.52	27.11	75.66
B0000292	麻小豆	河北滦平县	2.65	29.93	73.68
B0000305	白小豆	河北密云县	2.61	30.42	76.1
B0000308	小豆	河北良乡县	2.60	28.73	69.63
B0000310	绿小豆	河北延庆县	2.66	29.45	71.24
B0000331	黄小豆1号	黑龙江省	2.78	31.55	79.69
B0001218	白小豆	山东沂水县	2.59	33.16	72.92
B0002645	麻小豆	甘肃庆阳县	2.56	31.02	74.34

3 讨论

作为我国传统食品,以豆沙为馅料的甜点日趋多样化,部分已逐渐进入高端宾馆、餐馆,导致豆沙

其中低于5000 μm²的有6份,其中河北2份,北京、山东、湖北、内蒙古各1份。细胞壁最厚的是B0000068(29.2 μm),最薄的是B0000069(1.17 μm),壁厚低于2.5 μm的有6份,其中河北3份、北京2份、吉林1份。

2.2 豆沙专用小豆种质的筛选

根据上述沙用相关因子的评价,筛选出高出沙率(出沙倍数高于2.5)、商品性好(亮度值高于25)、口感细腻(淀粉细胞直径小于80 μm)的小豆种质资源20份(表3)。然而分析发现这20份小豆种质资源皆为地方品种(表4),以蔓生或半蔓生居多,综合单株产量和百粒重等产量相关因子,这些种质的综合农艺性状欠佳,不适宜直接用于豆沙专用品种的生产,还需利用杂交、回交等手段进一步改良。

类食品的消费量逐渐增多。然而小豆属低产作物,受大作物争地影响,种植面积近年来有下滑趋势,这对豆沙企业的生产原料供应产生一定影响。本研究结果表明,虽然大部分小豆品种的出沙倍数在2.5

表 4 20 份适宜豆沙生产的小豆种质农艺性状

Table 4 The agronomic traits of 20 accessions of adzuki bean with good bean paste parameters

资源编号 Code	生长习性 Growth habit	株高(cm) Height	单荚粒数 Seeds per pod	单株产量(g) Pods per plant	粒色 Seed color	百粒重(g) 100-Seeds weight	蛋白质(%) Protein content	脂肪(%) Fat content	总淀粉(%) Starch content
B0000052	半蔓生	73.5	7.8	15.5	红	11.3	22.78	0.60	53.6
B0000055	半蔓生	57.9	7.7	5.0	绿	8.1	24.01	0.60	51.0
B0000068	半蔓生	56.5	8.7	10.0	绿	7.1	23.08	0.65	51.3
B0000069	半蔓生	54.7	8.5	10.5	绿	7.4	23.70	0.37	50.5
B0000070	半蔓生	73.5	7.6	7.5	绿	8.5	25.45	0.70	50.2
B0000073	半蔓生	59.8	9.8	10.0	绿	7.8	23.93	0.48	51.5
B0000075	半蔓生	66.0	8.0	8.5	绿	8.4	22.77	0.49	52.3
B0000078	半蔓生	61.8	9.2	9.0	绿	7.3	24.44	0.46	55.1
B0000082	半蔓生	86.0	4.1	3.9	双色	8.7	25.41	0.5	51.2
B0000235	半蔓生	106.0	10.0	23.7	白	11.2	22.04	0.29	54.4
B0000239	蔓生	108.0	7.8	22.2	白	10.4	23.47	0.30	53.4
B0000255	半蔓生	138.0	10.3	34.3	黄	8.6	23.02	0.51	52.9
B0000266	蔓生	129.0	8.0	40.5	双色	14.1	23.66	0.25	53.4
B0000292	蔓生	117.0	7.6	32.0	双色	11.2	23.82	0.31	53.1
B0000305	蔓生	130.0	10.2	48.0	白	11.3	23.16	0.22	55.0
B0000308	蔓生	140.0	8.6	43.0	白	10.4	24.12	0.15	54.1
B0000310	蔓生	112.0	9.1	24.4	白	9.6	22.9	0.35	54.1
B0000331	直立	57.9	7.6	21.2	黄	9.4	22.16	0.24	55.5
B0001218	半蔓生	109.0	8.2	17.0	白	10.4	21.81	0.37	53.1
B0002645	蔓生	37.8	8.4	17.1	双色	5.9	-	-	-

左右,但是,最高(3.51)和最低(1.97)出沙倍数相差近一倍,与前人观点相一致,即豆沙专用品种的选育是可行的^[6-8]。而武晓娟等^[13]认为品种间出沙率没有显著差异,主要归囿于其研究材料过少。国家种质库中收集保存的小豆资源比较丰富,并没有出沙率等方面的数据录入,鉴于不同小豆品种出沙倍数和子粒直链淀粉的含量呈较显著负相关($R = -0.37$),在豆沙专用品种选育过程中,可以优先筛选国家种质库中直链淀粉含量低的种质,而这一指标也可以用于育种过程中的辅助选择。

豆沙色泽及风味至今尚未形成一套科学的评价标准,一方面是研究得不够深入,另一方面是对豆沙感官评价如颜色、口感等往往因人而异。武晓娟等^[14]以质构仪研究豆沙质地后,认为硬度、黏着性、剪切力等与感官指标相关,也有人认为可利用色差计代替感官评价预测豆沙色泽^[15]。本研究中对于淀粉细胞大小和湿沙颜色等各个指标测量中也发现,不同品种间差异显著。从各个指标的变异系数来看,种质间红度值(15.27)变异比较分散,而黄度

值(1.44)和亮度值(5.36)变异相对集中;虽然不同种质淀粉细胞大小有差异,但从资源整体看,淀粉细胞大小的分布也处于中等分散水平。根据本研究结果,建议将小豆的出沙率(大于2.5倍,提高生产效益)、亮度值(大于25,提高商品性)及淀粉细胞大小(低于80 μm ,确保口感细腻爽滑)作为小豆品种/资源豆沙特性的评价指标。

近年来,小豆在核心种质构建^[16]、遗传多样性分析^[17-21]及新品种选育^[22]等方面的研究水平不断提高,但豆沙研究还有待进一步深入。黄英等^[23]认为根据主成分因子分析,可筛选出适合豆沙生产的绿豆品种。因此,本研究根据豆沙特性指标,筛选出20份适于豆沙生产的小豆种质,这些种质均为地方品种,其潜在的育种价值也尚未开发利用。虽然这些种质的综合农艺性状欠佳,但根据相互间在产量相关因子方面存在的差异或互补,可以优先将这些种质进行内部组配杂交,以缩短小豆豆沙专用品种的育种进程,提高研究效率。

(下转 894 页)