

我国绿豆种质资源的芽用特性评价与筛选

袁兴森, 张 涛, 程须珍, 王丽侠, 王素华

(中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要:对 470 份绿豆种质资源进行了芽用特性的评价, 以期为培育豆芽专用品种提供信息。结果表明, 不同绿豆品种生产的豆芽在芽体粗细、长短、外观色泽、口感以及豆芽产量等方面均存在差异。不同品种间的芽豆比变化范围为 1.34~9.08, 平均为 6.17, 芽豆比与芽长成显著正相关($R=0.614$), 即芽长是豆芽产量的重要影响因子。研究还表明, 芽长、芽豆比与百粒重均呈一定负相关, 但与子粒蛋白质、脂肪、淀粉等品质性状相关不明显, 即小粒绿豆资源更适于豆芽生产。其中绿豆豆芽因子叶花青甙含量高而导致芽体颜色不鲜亮、商品性差的绿豆资源占分析总数的 84.47%。不同绿豆资源的硬实率、豆芽畸形率及烂豆率的变异范围分别为 0~87.78%、0~85.56% 和 0~11.11%, 且三者之间无显著相关性。根据芽用特性的综合评价, 共筛选出 12 份低硬实、无烂芽、产量高、商品性好的绿豆种质资源, 为豆芽专用品种的筛选与培育奠定了基础。

关键词: 绿豆; 芽用特性; 评价

Evaluation and Characterization of Mungbean Germplasm for Sprout Production

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

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

Abstract: Four hundred and seventy accessions of mungbean germplasm were accessed by sprout indicators to provide information for breeding sprout mungbean varieties. The results showed that the thickness, length, color, taste, and production of sprouts varied among different accessions. Both sprout length and production had a negative relationship with seed sizes. While there is no obvious relationships between sprout length, production and content of protein, fat, starch of seed. A high percentage (84.47%) of mungbeans produced sprouts with low commercial quality because of high contents of anthocyanin within cotyledons. The ratio of hardness, rotten seed, and malformed sprout varied at 0-87.78%, 0-85.56%, and 0-11.11%, respectively. According to the evaluation of sprout indicators, a total of 12 accessions were selected for further used in breeding sprout mungbean varieties. These accessions showed no hardness and rotten seed, which have high production and good commercial quality for sprout.

Key words: Mungbean; Sprout; Evaluation

豆类如大豆、绿豆、豌豆、蚕豆等种子萌发后长出的幼芽, 可作蔬菜食用, 称之为豆芽菜。豆芽菜的食用部分主要是下胚轴和子叶, 清脆爽口, 营养丰富, 易消化, 是我国传统食品。目前市场上较常见且消费量较大的是大豆芽和绿豆芽。近年来, 随着人们生活水平的提高和对绿豆清热解毒功效的认可, 绿豆芽的需求量进一步增加, 市场前景广阔。由于

绿豆芽生长周期短, 所需设备简单, 资金周转快, 经济效益高, 绿豆芽的加工作坊也逐渐增多, 加上缺乏市场监管, 豆芽生产的绿豆原料参差不齐, 导致豆芽产量和品质也不均衡。此外, 一些不法加工企业和小商贩为了降低生产成本, 缩短生产周期, 提高豆芽产量, 外观品质及保质期等, 在生产过程中频繁使用农药、化肥、激素、化工原料等一些不符合规定的添

收稿日期: 2011-11-21 修回日期: 2011-12-28

基金项目: 国家现代农业产业技术体系 (CARS-09); 农业行业科研专项 (nykzx07-017); 农作物种质资源保护 (NB04-07)

作者简介: 袁兴森, 副研究员。E-mail: yuanxmcaas@sina.com

通讯作者: 程须珍, 研究员, 主要从事食用豆品种资源研究。E-mail: Chengxz@caas.net.cn

加剂,不仅降低了豆芽的营养品质,危及消费者的身心健康,豆芽生产中的污水随意排放,也对周围的生态环境造成了严重影响。

相关研究表明,绿豆品种在豆芽产量、适口性、外观及保质期等方面均存在差异^[1-3],有些绿豆品种可能无需使用化学药剂也能产出芽粗、根短、鲜嫩、营养、商品性好的豆芽,这样的绿豆品种即为豆芽专用品种。豆芽专用品种的筛选不仅可大大降低生产成本,对改善绿豆芽生产市场、保证食品安全也有重要促进作用。

我国作为绿豆原产国,绿豆种质资源类型丰富^[4-6],这是豆芽专用品种选育的重要物质基础。然而,目前我国豆芽专用绿豆品种的筛选相对落后,尚未开展相关专用品种的研究工作。因此,充分利用我国绿豆种质资源优势,筛选和培育适于豆芽生产的绿豆新品种,为工厂化豆芽生产提供专用原料具有重要意义。本研究采用豆芽标准生产技术,从色泽、发芽率、畸型率、硬实率、烂芽率、芽体感官、豆芽长度等方面对我国绿豆种质资源进行了芽用特性的评价,以期为豆芽专用品种的筛选与培育提供基础材料,进而提升我国豆芽产量和品质,保障豆芽生产行业的稳定健康发展。

1 材料与方法

1.1 材料

我国绿豆主栽品种、传统名优品种以及国家种质库中保存的绿豆地方品种等共 470 份,分别来源于北京、河北、山西、内蒙、辽宁、吉林、山东、河南、湖北、安徽、湖南、贵州、陕西等 13 个省(市、区)。

1.2 方法

因绿豆种子发芽率随着保存时间的推移可能降低^[7],故本研究中每份绿豆材料取当年或近 2 年繁殖的种子各 90 粒,设置 3 个重复,每重复 30 粒种子。发芽试验的工艺步骤主要包括:挑选→数粒→称重→加水→催芽→分豆→发芽→统计→计量→拍照,各操作步骤详细描述如下:

①挑选:挑选饱满、色泽好的绿豆;②数粒:每份种质选取 90 粒;③称重:用天平称取 90 粒绿豆的重量;④加水:加入蒸馏水 50ml;⑤催芽:在培养箱中培养 24h,温度控制在 21~22℃;⑥分豆:把 90 粒绿豆平均分配在 3 个容器内,每个容器 30 粒;⑦发芽:在豆芽生长箱内培养 4d,温度控制在 21~22℃,每 12h 进行 1 次臭氧杀菌,每次 25min;⑧统计、计量、拍照:对色泽、发芽率、畸型率、硬实率、烂芽率、芽体

感官、豆芽长度进行统计记录,并对豆芽进行拍照。

为降低不同批次发芽试验的误差,每次进行 30 份种质资源的发芽试验,均以 C05223(榆林绿豆)作对照。豆芽相关特性的评价方法包括目测和测量两部分,具体描述见表 1。

表 1 豆芽相关特性的评价指标及方法

Table 1 The evaluation characters and measurement for bean sprouts

类别 Types	性状 Characters	描述 Description and measurement
目测 Visual measurement	色泽	观察豆芽子叶、下胚轴的颜色
	烂芽率	绿豆在发芽过程中腐烂软化的比率
	畸形率	绿豆芽生长不正常,豆芽形状不规则的比率
	硬实率	绿豆在浸泡过后不吸水不膨胀(实豆)的比率
测量 Measure- ment	芽体感官	豆芽形状,包括粗细、长短等
	豆重	90 粒绿豆的重量
	芽重	豆芽的重量
	芽长	豆芽的平均长度
	芽重比	豆芽重量与绿豆重量的比值

2 结果与分析

分析结果显示,对照品种榆林绿豆在不同批次的发芽试验中,各芽用特性指标均无显著性差异,说明试验误差较小,即不同批次的发芽试验对绿豆种质资源芽用特性的评价具有可比性。

2.1 豆芽产量及相关性状的分析

对 470 份绿豆资源发芽试验的研究结果表明,种质资源间平均发芽率的变化范围从 13.2%~100.0%不等,平均为 89.6%。其中发芽率为 100%的有 7 份种质,分别为 C00016(夏 69)、C00726(小绿豆)、C03936(绿豆)、C05179(豫绿 5 号)、C06323(BL98-256)、C06374(BL98-391)、C06404(郑绿 8 号);发芽率超过 95%的有 104 份种质,占分析种质总数的 47.3%;发芽率超过 90.0%的种质共 402 份,占 64.2%;发芽率低于 50%的种质共 21 份,占 3.4%,发芽率最低(13.2%)的 C02191 为来自山东的褐种皮胡绿豆。

每 30 粒绿豆的豆芽平均产量变异范围为 0.95(C02191)~15.82g(C06318),平均为 9.62g,其中豆芽产量超过 12.0g 的有 79 个品种,占 16.8%。不

同种质间的芽豆比变化范围为 1.34 (C02191) ~ 9.08 (C00028), 平均值为 6.17。其中芽豆比超过 7.0 的有 106 个品种, 占 22.55%。相关分析显示豆芽长与芽豆比之间呈显著正相关 ($R=0.614$)。

豆重和芽重的相关分析显示, 二者呈显著正相关 ($R=0.725$)。其中, 豆芽长势明显粗壮的 24 份绿豆平均百粒重为 6.2g (5.0 ~ 8.2g), 而豆芽均匀但明显细长的 7 份绿豆材料, 其平均百粒重仅为 3.8g (3.2 ~ 5.3g)。

不同绿豆种质资源芽长的变异范围从 4.7 ~ 7.1cm, 平均为 5.5cm。芽豆比与芽长也呈显著正相关 ($R=0.614$), 说明芽长也是影响豆芽产量的重要因子。

2.2 豆芽外观品质、口感和商品性的评价

不同绿豆种质生产的豆芽在外观和商品性等方面存在较大差异。比如在形态方面, 有的豆芽芽体均匀细长、整齐一致, 如 C01701、C05702 等, 有的豆芽芽体粗壮、长势旺盛, 如 C04986、C05635 等; 在风味方面, 有的豆芽因纤维素含量比较高、涩感强、口感差, 如 BLS98051, 有的则清脆爽口、微甜, 如 C00269。外观色泽也是豆芽商品性的重要影响因素, 本研究中共有 27 份豆芽外观白嫩、清爽, 占分析种质数的 5.74%, 有 46 份豆芽颜色相对鲜亮, 占 9.79%; 芽体颜色较暗、稍褐黄, 尤其子叶紫红发乌的豆芽共 397 份, 占 84.47%。总的来看, 绿子叶的豆芽多清爽鲜亮, 如 C01478, 而子叶和幼茎花青素含量高的绿豆种质, 其豆芽外观色泽紫红发暗, 商品性较差, 如 C01445、C01036 等(图 1)。

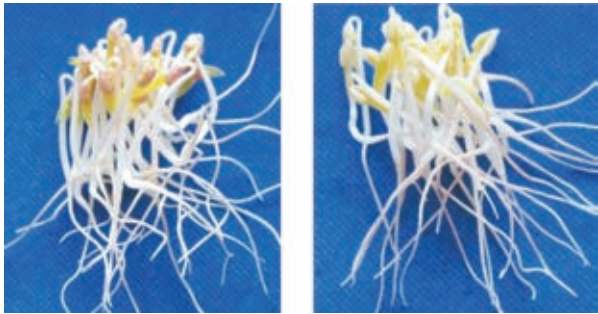


图 1 绿豆豆芽子叶花青甙显色 (C01234) 和不显色 (C01799)
Fig. 1 Sprout of mungbean with (left) and without (right) anthocyanin

2.3 豆芽产量与子粒大小、蛋白质含量、淀粉含量之间的关系

百粒重是绿豆商品性的重要指标, 而蛋白质、脂肪及淀粉含量则是绿豆品质性状的重要成分。在百

粒重、蛋白质、脂肪及淀粉含量与平均芽长、芽豆比的简单相关分析中表明, 豆芽长度 ($R=-0.158$)、芽豆比 ($R=-0.246$) 与百粒重均具有一定的负相关, 芽长、芽豆比均与子粒蛋白质含量、脂肪含量不相关, 芽长与淀粉含量的负相关性不明显 ($R=-0.130$)。

2.4 豆芽生产的影响因素分析

硬实率、畸形率及烂豆率是影响豆芽生产的重要因子。结果显示, 这 3 个指标在不同绿豆种质间存在较大差异(表 2、图 2)。其中硬实率的变化从 0 ~ 87.78% 不等, 平均为 3.12%, 本研究中检测到硬实率为 0 的绿豆种质有 192 份占 40.85%, 硬实率超过 20% 的种质有 9 份占 1.91%; 畸形率的变化范围从 0 ~ 85.56%, 平均为 12.50%, 其中畸形率为 0 的有 25 份占 5.32%, 畸形率超过 20% 的有 102 份占 21.70%; 烂芽率的变化从 0 ~ 11.11%, 平均为 0.20%, 其中无烂芽的有 410 份占 87.23%, 烂芽率超过 2% 的有 22 份占 4.68%。简单相关分析表明, 种质的硬实率、畸形率及烂芽率三者之间均无显著相关关系。

表 2 470 份绿豆种质资源在发芽试验中硬实率、畸形率、烂豆率及豆芽相关因子的分布范围

	芽长 (cm)	芽重(g)/ 绿豆(g)	硬实率 (%)	畸形率 (%)	烂芽率 (%)
	Length of sprout	Ratio of sprout/seed	Rate of hardness	Rate of malformation	Rate of seed rot
最小值	2.1	1.34	0	0	0
Min.					
最大值	9.4	9.08	87.78	85.56	11.11
Max.					
平均值	5.5	6.17	3.12	12.50	0.20
Average					

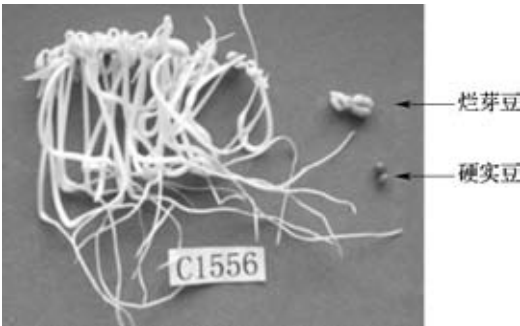


图 2 绿豆发芽过程中的烂芽豆和硬实豆 (C01556)
Fig. 2 The hard seed and rot seed in the production of mungbean sprout

根据上述芽用相关因子的综合评价,筛选出低硬实(硬实率低于10%)、低畸形芽(畸形率低于10%)、无烂芽(烂芽率为0)、产量高(芽豆比大于

6.0)、商品性好(豆芽颜色清翠鲜亮,无花青甙显色)的绿豆种质资源12份(表3)。

表 3 低硬实率无烂芽绿豆种质资源的其他芽用指标

Table 3 Description of characters for different mungbean germplasm in sprout production

统一编号 Code	品种名称 Accession name	百粒重(g) 100-seed weight	芽长(cm) Sprout length	芽重(g)/绿豆(g) Ratio of weight for sprout and seed	硬实率(%) Ratio of hard seed	畸形率(%) Ratio of malformation
C06305	BL98-202	3.7	4.7	6.48	3.33	0.00
C06302	BL98-292	4.16	5.5	6.67	1.11	1.11
C00098	C00098	3.58	4.9	7.11	0.00	5.56
C00119	C00119	3.4	6.2	7.70	0.00	7.78
C00229	C00229	3.23	7.1	7.80	8.89	0.00
C01478	C01478	3.98	4.8	6.72	1.11	2.22
C01506	C01506	5.11	5.5	6.30	2.22	3.33
C04010	C04010	6.18	5.3	6.28	8.89	1.11
C04896	C04896	6.09	4.7	6.17	5.56	1.11
C05798	C05798	6.03	4.7	6.61	2.22	7.78
C06387	晋绿豆2号	4.27	4.7	6.67	0.00	0.00
—	秦豆6号	6.24	5.9	6.80	0.00	2.22

3 讨论

作为我国传统食品,豆芽因其口感清香、营养丰富、加工简便等诸多优点,成为我国老少皆宜的四季蔬菜,消费量日趋增多。豆芽生产简便,经济效益可观,因此不法商贩瞄准市场监管空缺,过量使用违规化学药品,包括使用2,4-D等促进下胚轴膨大,及使用4-氯苯氧乙酸钠以及6-苄基腺嘌呤等生长调节剂生产的无根或少根豆芽等^[8],严重危害消费者的身心健康。选用豆芽专用品种,在不加任何化学添加剂的情况下即可生产出高营养、高产量、商品性好的优质豆芽,可有效解决大众消费豆芽的安全性问题。

研究表明,豆芽的产出量与许多因素有关,包括生产温度、湿度、密度、品种等,尤其是适宜的温度和乙烯浓度能够明显增进下胚轴长、根长及生长速率^[9]。程须珍^[1]对31个生产推广利用的优良品种的豆芽试验表明,绿豆子粒大小与豆芽呈显著负相关,幼茎紫色的豆芽存放时间长容易长锈斑,豆芽风味在品种之间也有差异。肖伶俐等^[10]对不同大豆品种的分析也表明,品种间的豆芽产量(包括下胚轴的长、粗)、可溶性糖、维生素等均存在显著差异。

而李振华等^[3]对不同地区的55个代表性绿豆芽用特性分析发现,豆芽产出量及豆芽形态均无显著差异,可能是由选材所致。本研究发现绿豆豆芽产量在品种间的差异较大(0.95~15.82g/30粒),虽然大部分的差异是由硬实率、烂芽率等引起,但是芽长、芽粗在品种间也有一定差异。相比较而言,小粒绿豆的豆芽产量高于大粒绿豆。Lee等^[11]的研究结果表明,大豆豆芽产出量的遗传力为72%,豆芽产量QTL与粒重基因连锁或者粒重对豆芽产量有多效性,并指出小粒品种一般具有高的发芽率、吸水性和豆芽产出量,这均反映了选育小粒豆芽专用品种的可行性。

豆芽营养成分的含量影响其口感性。研究表明,豆芽在萌发过程中营养成分如脂肪、总糖量等逐步下降,而蛋白质、还原糖、Vc、异黄酮等成分均较发芽前大幅度提高^[12]。本研究未对豆芽各营养成分作定量分析,仅通过品尝作粗略评价。结果发现,有的豆芽微甜、清脆爽口,如C00269,有的则味苦、难咀嚼、适口性差,如BLS98051,这说明不同品种在萌发过程中含糖量、纤维素等成分的变化存在较大差异,这也是选育豆芽专用品种的重要指标。

绿豆子叶及下胚轴在花青甙的影响下,可显出

紫色或紫红色,导致豆芽外观发暗不鲜亮,严重影响其商品性。由于子叶或下胚轴(幼茎)花青甙显色属于显性遗传性状,故在绿豆品种资源中绝大部分具花青甙显色特征,而这一特征也已成功用于标记辅助育种等实践中,如 F_1 真伪鉴定、品种纯度鉴定等。本研究中有 84.47% 的参试品种具花青甙显色特征,基于豆芽的外观商品性,这些品种不适于直接用于豆芽生产,但对于硬实率低、基本无烂芽且豆芽产量高的绿豆如 C00028、C00085 等,可通过与无花青甙显色绿豆的杂交等手段,用于豆芽专用品种的选育研究。

绿豆种子的硬实率与贮藏时间长短有较大关系,贮藏时间长的种子(即陈种子)不仅硬实率提高,即使发芽,芽体也比较瘦弱,影响豆芽产量,故用于豆芽生产的最好是当年收获的种子^[13]。本研究发现,绿豆硬实率在品种间变化非常大(0 ~ 87.78%),由于本研究中发芽试验采用的是传统的发芽工艺,凡在催芽的 5d 内不发芽即认为是硬实种子,故硬实率的计算是相对的,因为有的种子在延长催芽时间后也可萌发生长,但是这类种子在豆芽生产中将影响豆芽的整齐性,在生产中也会导致成熟不一致,影响收获,故种子的低硬实率和发芽一致性均是豆芽专用品种的必要条件。豆芽烂芽是由病原菌侵染引起^[14],严重影响豆芽的营养品质和贮存时间。本研究表明烂芽率在品种间也存在一定差异(0 ~ 11.11%),这一方面可能由种子生产的生态环境导致,如气候、土壤带菌率等,另一方面可能与品种间抵抗病原菌的侵染能力有关。本研究共筛选出硬实率及烂豆率均为 0 的绿豆种质 163 份,占分析总数的 34.68%,这将为安全豆芽的生产及豆芽专用品种的选育提供信息。

我国作为绿豆原产国,收集保存的绿豆种质资源 6000 余份,其中 5000 余份已经编目入库保存。此外,在遗传多样性评价的基础上,分别构建了我国绿豆核心样本^[15]和应用核心样本^[16],以深入研究

和评价利用。针对目前关于芽用绿豆种质资源的研究较少,如何充分利用我国的资源优势,筛选和发掘优质芽用绿豆品种,对于豆芽产业的健康良好快速发展,具有重要意义。此外,尤其是随着程序化、机械化和自动化豆芽产业的兴起,对绿豆原料的要求也逐步规范,生产中要求种子饱满、成熟度好、发芽率在 95% 以上,这对豆芽专用原料提出了严格的要求。

参考文献

- [1] 程须珍. 绿豆品种与豆芽产量质量关系的初步探讨[J]. 作物品种资源,1990(1):14-15
- [2] 程须珍,王素华. 不同绿豆品种豆芽产量与质量的差异分析[C]//中国绿豆科技运用论文集. 北京:中国农业出版,1995:144-148
- [3] 李振华,康玉凡,濮绍京,等. 不同地区绿豆品种芽用特性的研究[J]. 中国农学通报,2010,26(15):361-364
- [4] 郑卓杰. 中国食用豆类品种资源目录[M]. 北京:中国农业科技出版社,1987
- [5] 郑卓杰. 中国食用豆类品种资源目录[M]. 北京:农业出版社,1990
- [6] 胡家蓬,程须珍,王佩芝. 中国食用豆类品种资源目录[M]. 北京:中国农业出版社,1996
- [7] 陈碧云,曾长立,卢新雄,等. 国家作物种质库油菜种子发芽和出苗监测研究[J]. 中国农业科学,2011,44(7):1315-1322
- [8] 张德纯,刘中笑,林源,等. 豆芽菜三个标准的比较分析[J]. 中国蔬菜,2010(3):12-14
- [9] Cheng J J, Sheng C T. Study on production model and growth environment control factors of mungbean sprout (III) - discussion on the relationship between ethylene application and growth characteristics [J]. Agr Machinery, 2007, 16(4):21-33
- [10] 肖伶俐,康玉凡,陶礼明,等. 不同大豆品种芽用特性比较[J]. 大豆科学,2008,27(6):955-959
- [11] Lee S C, Choi G G, Chang Y N. Studies on the performance characteristics of collected native sprout soybean. I. Variation of characteristics in collected native sprout soybean [J]. Korean J Breed, 1992, 24:87-95
- [12] 于立梅,钟惠曾,于新,等. 大豆发芽过程中营养成分变化规律的研究[J]. 中国粮油学报,2010,25(8):19-22
- [13] 魏志洪. 豆芽菜生产技术(五)[J]. 长江蔬菜,1989(6):43
- [14] 叶自新. 烂豆芽的原因与防治措施[J]. 蔬菜世界,1998(8):17
- [15] 刘长友,王素华,王丽侠,等. 中国绿豆种质资源初选核心种质构建[J]. 作物学报,2008,34(4):700-705
- [16] 王丽侠,程须珍,王素华,等. 中国绿豆应用型核心样本农艺性状的分析[J]. 植物遗传资源学报,2009,10(4):589-593