

高维生素 C 含量大豆芽用品种筛选

雷俊¹, 郭娜¹, 孙聚涛¹, 赵晋铭¹, 许娜¹, 邱丽娟², 邢邯¹

(1. 南京农业大学 大豆研究所/国家大豆改良中心/农业部大豆生物学与遗传育种重点实验室/作物遗传与种质创新国家重点实验室, 江苏南京 210095; 2. 中国农业科学院 作物科学研究所, 北京 100081)

摘要:以 177 份大豆微核心种质为材料, 利用豆芽机进行豆芽生产实验, 采用 SAS 9.2 对大豆百粒重、大豆芽鲜产量、大豆芽干产量、大豆芽芽长、大豆芽根长、成芽率和维生素 C 含量 7 个性状进行分析。结果表明:供试材料以上 7 个性状变异广泛, 各性状在品种间差异显著; 相关分析结果表明, 大豆芽维生素 C 含量与干产量和成芽率呈极显著正相关, 大豆芽鲜产量与百粒重呈显著负相关; 以大豆芽 VC 含量为主要指标, 筛选出 7 份高 VC 含量的大豆芽用品种, 为选育高 VC 含量的优良芽用品种提供育种材料。

关键词:大豆; 大豆芽; 维生素 C

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2012)05-0771-04

Screening of Soybean Germplasms for Growing Sprout Based on Vitamin C Content

LEI Jun¹, GUO Na¹, SUN Jü-tao¹, ZHAO Jin-ming¹, XU Na¹, QIU Li-juan², XING Han¹

(1. Soybean Research Institute of Nanjing Agricultural University/National Center for Soybean Improvement/Key Laboratory of Biology and Genetics and Breeding for Soybean, Ministry of Agriculture/National Key Laboratory for Crop Genetics and Germplasm Enhancement, Nanjing 210095, Jiangsu; 2. Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: To select soybean sprout-related traits suitable for sprouts production, 177 soybean germplasms were used from mini core collections of cultivated soybean in China. Seven traits, including 100-seed weight (SW), fresh yield (FY), dry yield (DY), length of hypocotyl (LH), length of root (LR), percentage of normal sprout (PNS) and vitamin C content (VC) of soybean sprouts were analyzed by SAS 9.2. The results showed that great variation exist in FY, DY, LH, LR, PNS, SW and VC in the population. The correlation analysis indicated PNS was significant positively correlated with VC and DY, and FY was negatively correlated with SW. Based on the vitamin C content, we screened out seven high VC germplasms from the population as breeding intermediate materials.

Key words: Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]; Soybean sprout; Vitamin C

大豆芽是我国的传统优质蔬菜, 有着悠久的生产和食用历史。大豆发芽后, 一些抗营养物质和难于消化的物质被分解^[1-3], 并合成了原大豆籽粒中没有的物质如维生素 C 等^[4-5], 维生素 C 是人类和其他生物的必不可缺的营养物质, 在生物体内维生素 C 通常作为抗氧化剂来保护机体免受氧化损伤^[6], 同时也作为包括胶原合成在内的多种酶的辅因子, 这些酶的异常将引发坏血病^[7]。

目前, 有关大豆芽中 VC 含量的研究主要集中在发芽过程中 VC 含量的变化和在发芽过程中采取不同的处理措施提高 VC 含量^[8-11]。本研究以 177 份大豆微核心种质为材料, 在发芽第 5 天测量其 VC 含量及其大豆芽相关性状, 筛选高 VC 含量的品种, 为选育优良的大豆芽用品种提供育种材料。

1 材料与方法

1.1 材料

177 份试验材料是栽培大豆微核心种质, 由中国农业科学院邱丽娟研究员提供。

1.2 方法

将 2010 年收获的大豆分别于 2011 年的 3~4 月进行发芽实验。将 50 粒大豆(要求大豆籽粒饱满、无碎、无霉、无杂)称重后放入杯底打有孔眼的一次性塑料杯中, 2 次重复, 放入豆芽机(山东青州庆华豆芽机厂生产的 YJ100A 型豆芽机)进行发芽试验。豆芽机机箱内温度为 25℃, 水箱温度为 25℃, 3 h 间隔淋水, 每次淋水 10 s, 发芽第 5 天取出, 吸干豆芽表面的水分进行测量。去根后在 105℃ 下杀青 30 min, 80℃ 下烘干 8 h 测量豆芽干重。

收稿日期: 2012-07-03

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(CARS-004-PS10); 江苏省科学技术厅项目(BE2011305)。

第一作者简介: 雷俊(1985-), 男, 在读硕士, 研究方向为大豆遗传育种。E-mail: Leijundy@qq.com。

通讯作者: 邢邯(1963-), 男, 教授, 从事大豆遗传育种研究。E-mail: hanx@njau.edu.cn。

百粒重(g) = $2 m_1$

芽长(cm)为第一个须根到子叶顶端的距离(7次重复)

根长(cm)为第一个须根到根尖的距离(7次重复)

成芽率(%) = $A/50 \times 100$

大豆芽鲜产量 = M/m_1

大豆芽干产量 = m_2/m_1

m_1 (g)为50粒种子重量,A为芽长大于2 cm的大豆芽根数,M(g)为去根后大豆芽的鲜重, m_2 (g)为去根后大豆芽的干重。

VC含量利用瑞士TECAN公司M200核酸蛋白检测仪测量,参考Turesúny等^[12]和Takahama^[13]等提供的方法并稍有改动,待测液由50 μ L改为150 μ L,试剂用量等比例增加。

1.3 数据分析

所有表型数据均采用SAS 9.2进行分析。优异种质的筛选借鉴盖钧镒等^[14]提出的标准品种分级法,以10份高维生素C含量、10份低维生素C含量材料为标准品种,将供试材料分为5级(表1),把第5级(高产)作为入选优异种质的指标。

表1 大豆芽产量的分级法

Table 1 Grade system of soybean sprout

等级 Grade	组中值 Midpoint	组限 Limits
低 Low	b	< b + d
中低 Mid-low	b + 2d	b + d - b + 3d
中 Middle	b + 4d	b + 3d - b + 5d
中高 Mid-high	b + 6d	b + 5d - b + 7d
高 High	b + 8d	> b + 7d

a为10份高维生素C含量标准品种平均值;b为10份低维生素C含量标准品种平均值;d = (a - b)/8。

a and b stand for the mean weight of highly and lowly soybean sprout VC content of the standard germplasms, respectively; d = (a - b)/8.

2 结果与分析

2.1 大豆芽维生素C含量及其相关性状的变异

表2为供试材料的VC含量、百粒重、鲜产量、干产量、成芽率、根长和芽长在实验中的表现。整套材料每100 g豆芽鲜重的VC含量变幅为0.50 ~ 22.29 $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$,平均值为6.38 $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$;鲜产量变幅为1.21 ~ 8.53 g,平均值为4.27 g。方差分析(表3)显示品种间差异达到极显著水平,表明整套材料各性状变异范围广泛,在这套材料中筛选高VC含量的芽用大豆品种具有可行性。大豆芽VC

含量次数分布图如图1。大豆芽VC含量呈偏态分布,主要集中在3.5 ~ 10.5 $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 这个区域,VC含量超过14 $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 的材料只有5份。

表2 大豆芽维生素C含量及其相关性状统计表

Table 2 Descriptive statistics of the soybean sprouts-related traits

性状 Trait	均值 Mean	标准差 Std. Dev.	变幅 Range
VC含量 VC/ $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$	6.38	3.65	0.50-22.29
百粒重 SW/g	12.72	4.09	4.85-24.43
鲜产量 FY/ $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	4.27	1.63	1.21-8.53
干产量 DY/ $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	0.52	0.15	0.11-0.76
成芽率 PNS/%	70.55	20.72	17.33-100.00
芽长 LH/cm	14.88	3.45	6.65-22.01
根长 LR/cm	9.44	2.16	3.81-15.34

VC = Vitamin C content; SW = 100-seed weight; FY = Fresh yield; DY = Dry yield; PNS = Percentage of normal sprout; HL = length of hypocotyl; RL = Length of root.

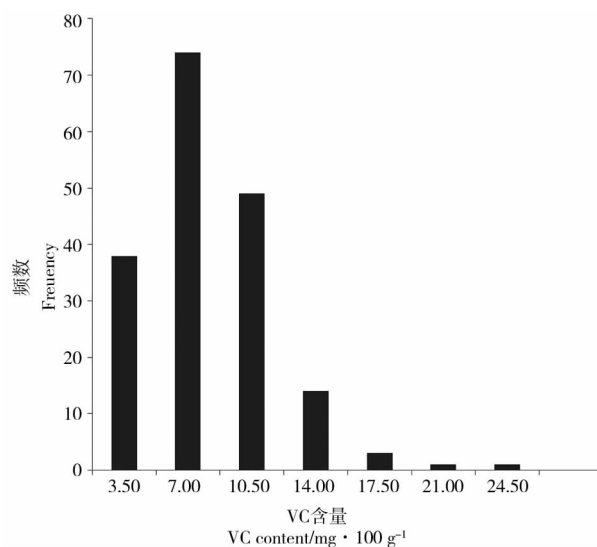


图1 大豆芽VC含量次数分布图

Fig 1 Frequency distribution of VC content of soybean sprout

2.2 大豆芽性状间的相关性分析

各性状的相关性分析结果如表4。大豆芽VC含量与干产量和成芽率呈极显著正相关;百粒重与鲜产量呈极显著负相关,与芽长呈显著正相关;鲜产量除与VC含量相关不显著,与其他性状均达极显著正相关;干产量与成芽率和鲜产量之间呈极显著正相关,相关系数分别高达0.91和0.80;根长与芽长之间呈极显著正相关,相关系数为0.57。这表明,可以通过百粒重和成芽率这两个较易测定的性状估计大豆品种的芽用鲜产量,而干产量和成芽率可以用来初步估计大豆芽VC含量的高低。

表 3 大豆芽菜性状方差分析表
Table 3 ANOVA of the sprout-related traits in the experiment

性状 Trait	变异来源 Source	自由度 df	均方 MS	F 值 F value	Pr(F)
VC 含量	重复 Replication	1	0.20	0.07	0.80
	品种 Variety	176	23.80	7.96	<0.0001
	误差 Error	353	2.99		
百粒重	重复 Replication	1	0.31	3.12	0.079
	品种 Variety	176	33.20	336.30	<0.0001
	误差 Error	353	0.10		
芽长	重复 Replication	1	0.11	3.32	0.072
	品种 Variety	176	23.64	734.34	<0.0001
	误差 Error	353	0.03		
根长	重复 Replication	1	0.23	0.43	0.51
	品种 Variety	176	8.85	16.18	<0.0001
	误差 Error	353	0.55		
成芽率	重复 Replication	1	42.05	0.77	0.39
	品种 Variety	176	805.05	14.76	<0.0001
	误差 Error	353	54.58		
鲜产量	重复 Replication	1	0.0006	0.03	0.87
	品种 Variety	176	5.31	248.73	<0.0001
	误差 Error	353	0.02		
干产量	重复 Replication	1	0.00008	0.08	0.78
	品种 Variety	176	45.96	45.95	<0.0001
	误差 Error	353	0.001		

表 4 大豆芽 VC 含量及其相关性状的相关系数
Table 4 Correlation coefficients of VC content of soybean sprout and sprout-related traits

	VC 含量 VC	百粒重 SW	鲜产量 FY	干产量 DY	成芽率 PNS	芽长 LH	根长 LR
VC 含量 VC	1						
百粒重 SW	0.05	1					
鲜产量 FY	0.10	-0.31 **	1				
干产量 DY	0.19 **	0.01	0.80 **	1			
成芽率 PNS	0.19 **	0.01	0.80 **	0.91 **	1		
芽长 LH	0.05	0.15 *	0.57 **	0.52 **	0.51 **	1	
根长 LR	0.13	0.08	0.54 **	0.55 **	0.53 **	0.57 **	1

** $P \leq 0.01$ 水平显著, * $P \leq 0.05$ 水平显著。
** Significant at $P < 0.01$, * Significant at $P < 0.05$.

2.3 高 VC 含量大豆芽用品种筛选

筛选出 7 份高 VC 含量的大豆芽用品种(表 5)。入选材料的 VC 含量、干产量和成芽率分别高于整套材料总体平均值的 149.22%、19.23% 和 19.48%,即入选种质的干产量和成芽率较高,符合

VC 含量与干产量和成芽率呈正相关的趋势。入选材料鲜产量的平均值为 $5.20 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$,可以作为选育高 VC 含量大豆芽用品种的中间材料或直接用于豆芽生产。

表 5 入选高维生素 C 含量种质

Table 5 Elite varieties were screened out from 177 germplasms

编号 No.	VC 含量 VC/mg·100 g ⁻¹	百粒重 SW/g	鲜产量 FY/g·g ⁻¹	干产量 DY/g·g ⁻¹	成芽率 PNS/%	芽长 LH/cm	根长 LR/cm
MC068	22.29	17.24	3.94	0.67	83.00	16.15	10.74
MC079	18.57	18.26	4.83	0.58	81.00	16.26	10.54
MC150	13.22	11.07	4.22	0.59	75.00	15.14	6.57
MC158	14.85	8.88	5.55	0.66	90.00	15.10	7.74
MC192	13.24	11.87	4.86	0.61	79.00	16.42	8.10
MC202	15.02	8.27	7.98	0.70	98.00	16.91	10.11
MC224	14.09	13.52	4.99	0.54	84.00	17.41	10.71
a	15.90	12.73	5.20	0.62	84.29	16.20	9.22
A	6.38	12.70	4.27	0.52	70.55	14.88	9.44

a: 入选种质平均值; A: 所有材料的平均值

a: Mean of 7 screened germplasms; A: Mean of 177 germplasms

3 结论与讨论

本研究中大豆微核心种质的大豆芽菜 VC 含量 ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) 变幅为 0.50 ~ 22.29, 平均值为 6.38, 这表明我国大豆种质资源大豆芽菜 VC 含量变异范围十分广泛, 大豆芽用品种 VC 含量的遗传改良潜力较大。相关分析结果表明, 大豆芽菜 VC 含量与成芽率和干产量呈极显著正相关, 而鲜产量与干产量和成芽率也达极显著正相关, 这表明提高大豆芽菜 VC 含量, 不会降低大豆芽菜产量, 这对于提高大豆芽菜 VC 含量有十分重要的意义。

以 VC 含量为筛选指标, 在 177 份大豆品种中筛选出 7 份高 VC 含量的大豆芽用品种。其中 MC068 和 MC079 的 VC 含量大于 $18 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, 而其他 5 份 VC 含量在 13 ~ 15 $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 之间, MC068 和 MC079 较其他 5 份入选材料在 VC 含量上优势明显。而综合大豆芽用品种在鲜产量、百粒重和成芽率上的要求^[15], MC202 鲜产量和成芽率最高, 百粒重也符合芽用要求, 可以直接用于高 VC 豆芽生产。而其他 6 份材料, 在一些性状上存在不足, 可以作为高 VC 豆芽芽用品种选育的中间材料。

参考文献

- [1] Peer D J, Leeson S. Nutrients trypsin inhibitor content of hydroponically sprouted soya beans[J]. Animal Feed Science and Technology, 1985, 13(34): 203-214.
- [2] Beleia A, Thu T, Ida E I. Lowering phytic phosphorus by hydration of soybean[J]. Food Science, 1993, 58(2): 375-377.
- [3] Maria G U. Changes in enzyme activities during germination of cowpea (*Vigna unguiculata*, cv. *california blackeye*) [J]. Food Chemistry, 2001, 73(1): 7-10.
- [4] Bau H M, Villaume C, Nicolas J P, et al. Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soya bean (*Glycine max*) seeds[J]. Journal of the Science of Food Agriculture, 1997, 73(1): 1-9.
- [5] Plaza L, Ancos B, Cano M P. Nutritional and health-related compounds in sprouts and seeds of soybean (*Glycine max*), wheat (*Triticum aestivum*, L) and alfalfa (*Medicago sativa*) treated by a

new drying method [J]. European Food Research Technology, 2003, 216(2): 134-144.

- [6] Padayatty S J, Katz A, Wang Y, et al. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention[J]. Journal of the American College Nutrition, 2003, 22(1): 18-35.
- [7] Peterkofsky B. Ascorbate requirement for hydroxylation and secretion of procollagen: relationship to inhibition of collagen synthesis in scurvy[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 1991, 54(6): 1135S-1140S.
- [8] Fordham J R, Well C E, Chen L H. Sprouting of seeds and nutrient composition of seed sand sprouts[J]. Food Science, 1975, 40(3): 552-556.
- [9] 苗颖. 大豆发芽降低植酸效果及其高钙豆乳的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2003. (Miao Y. Study on decrease of phytic acid in germination soybean and its calcium-fortified soymilk[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2003.)
- [10] 张永清, 顾振新, 张颖, 等. 豆芽生产中大豆浸泡条件与吸水率和发芽率的关系研究[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(11): 26-29. (Zhang Y Q, Gu Z X, Zhang Y, et al. study on sucked water rate and sprout rate associated with soaking condition in soybean sprouts production[J]. Food Research and Development, 2007, 28(11): 26-29.)
- [11] 张颖, 赵晋铭, 顾振新, 等. 不同浓度碘处理对绿瓣大豆芽菜生长及营养素的影响[J]. 江西农业学报, 2008, 20(7): 39-42. (Zhang Y, Zhao J M, Gu Z X, et al. effects of different iodine concentrations on growth and nutritive value of bean sprouts[J]. Acta Agriculture Jiangxi, 2008, 20(7): 39-42.)
- [12] Takahama U, Oniki T. Regulations of peroxidase-dependent oxidation of phenolics in the apoplast of spinach leaves by ascorbate[J]. Plant and Cell Physiology, 1992, 33(4): 379-387.
- [13] Turcsányi E, Lyons T, Plöchl M, et al. Does ascorbate in themesophyll cell walls form the first variety defence against ozone? Testing the concept using brosd bean (*Vicia faba* L.) [J]. Journal of Experimental Botany, 2000, 51(346): 901-910.
- [14] 盖钧镒, 夏基康, 崔章林, 等. 我国南方大豆资源对豆秆黑潜蝇抗性的研究[J]. 大豆科学, 1989, 8(2): 115-121. (Gai J Y, Xia J K, Cui Z L, et al. A study on resistance of soybeans from southern china to soybean agromyzid fly (*melamaqromyza sojae* zehntner) [J]. Soybean Science, 1989, 8(2): 115-121.)
- [15] 刘珊珊, 秦智伟, 刘宏宇. 大豆加工品质育种的发展状况[J]. 大豆科学, 2002, 21(2): 138-143. (Liu S S, Qin Z W, Liu H Y. Advance of soybean breeding for processing quality [J]. Soybean Science, 2002, 21(2): 138-143.)