

大豆品种与豆芽营养品质及产量的关系研究

王 慧,马春梅,龚振平

(东北农业大学 农学院,黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要:以 17 个大豆品种为材料,采用人工发芽的方式,系统研究了不同大豆品种对大豆芽生物产量及常规成分等芽用特性的影响。结果表明:大豆发芽后蛋白质、游离氨基酸含量显著增加,脂肪、可溶性糖含量逐渐下降。大豆籽粒游离氨基酸含量、豆芽可溶性糖含量与百粒重呈极显著正相关,豆芽产出率与百粒重、豆芽可溶性糖呈极显著负相关,与籽粒游离氨基酸呈显著负相关;豆芽游离氨基酸含量与百粒重呈显著负相关,与豆芽脂肪含量呈显著正相关;豆芽蛋白质含量与豆芽脂肪含量呈极显著负相关,与豆芽游离氨基酸含量呈显著正相关。其他营养元素之间均未达到显著相关水平。同时得出,小粒豆的豆芽产量及经济性更佳。

关键词:大豆;豆芽;营养成分;豆芽产量

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

DOI:10.11861/j.issn.1000-9841.2014.03.0374

Study of Relationship between Soybean Varieties and Bean Sprouts Nutritional Quality and Yield

WANG Hui, MA Chun-mei, GONG Zhen-ping

(Agronomy College of Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: Seventeen soybean varieties were taken as materials, the comparatively study of different soybean varieties on biological production of bean sprouts and conventional components characteristics of sprouts were conducted with artificial germination. The protein, free amino acid content increased significantly, and the content of soluble sugar and oil decreased after germination. Free amino acid content of soybean seed, soluble sugar content of bean sprouts were very significantly positive correlated with 100-seed weight. Bean sprouts productivity had very significantly negative correlation with 100-seed weight and soluble sugar content of bean sprouts, while had significantly negative correlation with seed free amino acid; Bean sprouts free amino acid content and 100-seed weight had significantly negative correlation, and had significantly positive correlation with bean sprouts oil content; Bean sprouts protein content was very significantly negative related with oil content of bean sprouts, while had significantly positive correlation with free amino acid content. Other nutrient elements were not significantly correlated. At the same time, the little pea was better in both sprouts production and economy.

Key words: Soybean; Bean sprouts; Nutrient; Bean sprouts yield

豆类的营养价值非常高,我国传统饮食讲究,“五谷宜为养,失豆则不良”。意思是说五谷是有营养的,但没有豆子就会失去平衡。现代营养学也证明这一点。研究学者发现豆种经过发芽处理后,能降低抗营养因子,改变种子内功能成分的含量^[1],脂肪氧化酶的活性逐渐降低,脂肪含量降低,维生素 C 含量增高^[2],具有良好的风味口感以及较高的营养价值^[3]。豆芽菜生长周期短,生长过程中不必施肥,保证适宜的温度和充足的水分即可依靠种子自身贮藏的养分生长,无农药危害^[4]。现代工厂化豆芽产业的发展需要专用芽用大豆品种及相关工艺技术作支撑。国内外学者曾对大豆发芽后的营养成分变化^[5-6]、豆芽生产工艺及不同生产条件对豆芽营养价值的影响均有研究,但对于大豆品种芽用特性的评价尚鲜有报道。本试验选用 17 个大豆

品种,采用恒温培养发芽方法,系统研究了大豆品种与豆芽营养品质及产量关系,旨在为优质芽豆专用品种选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

选取 17 个大豆品种,将所选豆种按百粒重分成小粒豆(5.00~9.90 g)、中小粒豆(10.00~14.90 g)、中大粒豆(15.00~19.90 g)、大粒豆(20.00~24.90 g),详见表 1。将 50.0 g 大豆加入 500 mL 蒸馏水中浸泡 12 h 后,在培养箱中 25℃ 条件下用托盘培养,每间隔 6 h 人工淋一次水,连续培养 72 h。培养结束取出备用。

收稿日期:2013-10-18

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划(2013BAD20B04)。

第一作者简介:王慧(1987-),女,在读硕士,主要从事作物生理研究。E-mail:wanghui19871002@163.com。

通讯作者:马春梅(1974-),女,教授,博士生导师,主要从事作物生理与保护性耕作研究。E-mail:chunmm1974@163.com。

表 1 供试品种百粒重及品种来源
Table 1 100-seed weight of tested varieties and seeds origin

品种 Varieties	百粒重 100-seed weight/g	品种来源 Origin	品种 Varieties	百粒重 100-seed weight/g	品种来源 Origin
东农 690 Dongnong 690	8.43	东北农业大学大豆研究所	绥农 14 Suinong 14	16.48	黑龙江省农业科学院绥化分院
吉小粒豆 1 号 Jixiaolidou 1	8.71	吉林省农业科学院大豆研究中心	黑河 36 Heihe 36	16.88	黑龙江省农业科学院黑河分院
绥小粒豆 2 号 Suixiaolidou 2	10.49	黑龙江省农业科学院绥化分院	吉育 86 Jiyu 86	18.72	吉林省农业科学院大豆研究中心
垦农 32 Kenong 32	13.32	黑龙江八一农垦大学	冀豆 12 Jidou 12	20.56	河北省农业科学院粮油作物所
合丰 51 Hefeng 51	14.42	黑龙江省农业科学院佳木斯分院	东农 4400 Dongnong 4400	21.01	东北农业大学大豆研究所
垦农 23 Kennong 23	14.66	黑龙江八一农垦大学科研所	合丰 45 Hefeng 45	21.04	黑龙江省农业科学院佳木斯分院
垦丰 16 Kenfeng 16	14.88	黑龙江省农垦科学院作物研究所	垦豆 18 Kendou 18	24.03	黑龙江省农垦科学院作物研究所
黑农 68 Heinong 68	15.40	黑龙江省农业科学院大豆研究所	冀豆 20 Jidou 20	24.91	河北省农业科学院粮油作物所
垦农 25 Kennong 25	15.83	黑龙江八一农垦大学			

1.2 测定项目与方法

培养结束后,取出豆芽,称鲜豆芽重,计算豆芽产出率:豆芽产出率(%) = 豆芽鲜重/种子重量。于 105℃下杀青 30 min,65℃烘干后粉碎,待分析用。

蛋白质含量采用凯氏定氮法测定^[7];脂肪含量采用索氏提取法提取并测定^[7];游离氨基酸含量采用水合茚三酮比色法测定^[7];可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定^[7]。

2 结果与分析

2.1 大豆品种对豆芽蛋白质和脂肪含量的影响

从表 2 中可以看出,供试的 17 个大豆发芽后的

蛋白质含量为 27.13%~51.61%,较发芽前变化因品种而异,有 6 个品种发芽后蛋白质含量增加,11 个品种发芽后蛋白质含量减少,但平均蛋白质含量变化不大。其中东农 690、吉小粒豆 1 号、绥小粒豆 2 号 3 个小粒豆发芽后蛋白质含量显著增加;其他粒型大豆发芽后蛋白质含量变化表现没有规律性。

供试的 17 个大豆在发芽后脂肪的含量为 16.08%~23.38%,发芽后有 10 个品种的脂肪含量降低,7 个品种脂肪含量有所增加,平均脂肪含量变化不大。其中,东农 690 和绥小粒豆 2 号 2 个小粒豆脂肪含量显著降低。

表 2 大豆品种对豆芽蛋白质及脂肪含量的影响
Table 2 Effects of soybean varieties on protein and oil content of bean sprouts(%)

品种 Variety	蛋白质 Protein			脂肪 Oil		
	豆芽	籽粒	差值	豆芽	籽粒	差值
	Bean sprouts	Seed	Difference	Bean sprouts	Seed	Difference
东农 690 Dongnong 690	51.61 ± 0.38 a	38.51 ± 1.35 b	13.10 ± 1.69	16.08 ± 0.13 b	21.39 ± 0.77 a	-5.31 ± 0.65
吉小粒豆 1 号 Jixiaolidou 1	50.20 ± 0.84 a	34.29 ± 0.47 b	15.90 ± 1.02	19.35 ± 0.86 a	17.40 ± 0.63 a	1.95 ± 0.58
绥小粒豆 2 号 Suixiaolidou 2	43.47 ± 0.25 a	32.65 ± 2.09 b	10.82 ± 1.90	17.10 ± 0.21 b	21.13 ± 0.56 a	-4.03 ± 0.52
垦农 32 Kenong 32	29.80 ± 1.16 b	36.82 ± 1.86 a	-7.02 ± 2.98	19.15 ± 1.09 a	21.35 ± 0.87 a	-2.20 ± 1.75
合丰 51 Hefeng 51	39.98 ± 1.99 a	40.52 ± 1.96 a	-0.54 ± 0.34	20.83 ± 0.50 a	21.49 ± 0.55 a	-0.66 ± 0.90
垦农 23 Kennong 23	27.13 ± 1.90 a	37.38 ± 3.65 a	-10.26 ± 5.29	20.57 ± 1.88 a	21.71 ± 1.39 a	-1.15 ± 0.51
垦丰 16 Kenfeng 16	29.53 ± 0.92 b	43.34 ± 0.66 a	-13.81 ± 1.57	23.38 ± 0.56 a	22.94 ± 1.50 a	0.44 ± 1.76
黑农 68 Heinong 68	27.82 ± 2.27 b	36.61 ± 0.83 a	-8.80 ± 1.96	21.50 ± 1.01 a	21.67 ± 0.90 a	-0.16 ± 1.58
垦农 25 Kennong 25	31.44 ± 3.13 a	38.13 ± 2.77 a	-6.68 ± 3.02	19.22 ± 0.20 b	21.14 ± 0.65 a	-1.92 ± 0.75
绥农 14 Suinong 14	29.99 ± 2.20 b	37.08 ± 0.67 a	-7.08 ± 2.46	22.06 ± 0.39 a	22.24 ± 0.58 a	-0.18 ± 0.98
黑河 36 Heihe 36	29.37 ± 1.64 a	33.64 ± 0.84 a	-4.27 ± 0.85	17.10 ± 0.67 a	19.35 ± 0.24 a	-2.25 ± 0.91
吉育 86 Jiyu 86	49.01 ± 0.88 a	39.27 ± 1.15 b	9.74 ± 1.41	21.56 ± 0.99 a	20.55 ± 0.14 a	1.01 ± 0.86
冀豆 12 Jidou 12	36.98 ± 2.24 a	43.38 ± 1.84 a	-6.41 ± 3.10	18.79 ± 0.47 a	17.90 ± 1.42 a	0.88 ± 1.42
东农 4400 Dongnong 4400	48.02 ± 0.56 a	42.32 ± 1.59 b	5.70 ± 1.53	19.33 ± 0.67 a	16.93 ± 0.72 a	2.40 ± 1.39
合丰 45 Hefeng 45	42.98 ± 0.99 a	38.63 ± 0.49 b	4.35 ± 0.52	21.30 ± 0.44 a	21.46 ± 1.27 a	-0.16 ± 1.09
垦豆 18 Kendou 18	31.87 ± 1.35 b	41.28 ± 1.09 a	-9.42 ± 0.27	19.31 ± 0.59 a	21.34 ± 1.29 a	-2.03 ± 1.79
冀豆 20 Jidou 20	40.11 ± 0.94 a	41.29 ± 0.54 a	-1.18 ± 1.40	17.17 ± 0.50 a	16.38 ± 1.7 a	0.79 ± 1.50

差值 = 豆芽 - 籽粒,横向比较。下同。
Difference = Bean sprouts - Seed. Transverse comparison. The same below.

2.2 大豆品种对豆芽游离氨基酸及可溶性糖含量的影响

从表 3 中可以看出,供试的 17 个大豆品种发芽后游离氨基酸含量为 $303.67 \sim 445.33 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$

较发芽前增加显著。豆芽可溶性糖的含量为 $833.33 \sim 3\,248.29 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$,较发芽前含量降低。除绥农 14 外,其他品种降低达到显著水平。

表 3 大豆品种对豆芽游离氨基酸及可溶性糖含量的影响

Table 3 Effects of soybean varieties on free amino acids and soluble sugar content of bean sprouts ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)

品种 Variety	游离氨基酸 Free amino acids			可溶性糖 Soluble sugar		
	豆芽 Bean sprouts	籽粒 Seed	差值 Difference	豆芽 Bean sprouts	籽粒 Seed	差值 Difference
东农 690 Dongnong 690	$445.33 \pm 13.84 \text{ a}$	$140.67 \pm 4.26 \text{ b}$	304.52 ± 15.63	$833.33 \pm 192.19 \text{ b}$	$7133.35 \pm 152.75 \text{ a}$	-6300.02 ± 108.17
吉小粒豆 1 号 Jixiaolidou 1	$405.67 \pm 5.78 \text{ a}$	$122.33 \pm 9.49 \text{ b}$	283.18 ± 14.88	$1903.23 \pm 130.91 \text{ b}$	$8383.33 \pm 224.23 \text{ a}$	-6480.11 ± 123.17
绥小粒豆 2 号 Suixiaolidou 2	$348.00 \pm 5.77 \text{ a}$	$116.00 \pm 6.08 \text{ b}$	231.33 ± 11.87	$1609.46 \pm 159.09 \text{ b}$	$7033.35 \pm 28.87 \text{ a}$	-5423.89 ± 172.29
垦农 32 Kennong 32	$424.33 \pm 7.51 \text{ a}$	$185.00 \pm 9.61 \text{ b}$	239.26 ± 11.66	$1659.99 \pm 104.26 \text{ b}$	$9833.33 \pm 260.34 \text{ a}$	-8173.34 ± 309.25
合丰 51 Hefeng 51	$384.67 \pm 16.15 \text{ a}$	$162.33 \pm 8.57 \text{ b}$	222.08 ± 18.20	$2512.88 \pm 239.94 \text{ a}$	$3733.33 \pm 33.33 \text{ a}$	-1220.45 ± 245.45
垦农 23 Kennong 23	$374.67 \pm 2.40 \text{ a}$	$158.33 \pm 1.20 \text{ b}$	216.36 ± 2.92	$1883.44 \pm 100.45 \text{ b}$	$9850.00 \pm 721.11 \text{ a}$	-7966.56 ± 751.03
垦丰 16 Kenfeng 16	$368.00 \pm 4.16 \text{ a}$	$124.67 \pm 5.21 \text{ b}$	243.29 ± 3.40	$2540.29 \pm 81.82 \text{ b}$	$10666.67 \pm 289.16 \text{ a}$	-8126.38 ± 362.39
黑农 68 Heinong 68	$318.67 \pm 7.45 \text{ a}$	$119.33 \pm 4.33 \text{ b}$	199.76 ± 9.54	$1293.61 \pm 370.80 \text{ b}$	$6466.68 \pm 691.82 \text{ a}$	-5173.08 ± 563.01
垦农 25 Kennong 25	$303.67 \pm 13.09 \text{ a}$	$164.33 \pm 4.63 \text{ b}$	139.53 ± 8.68	$1832.86 \pm 22.50 \text{ b}$	$8616.67 \pm 409.61 \text{ a}$	-6783.80 ± 432.09
绥农 14 Suinong 14	$315.00 \pm 1.00 \text{ a}$	$127.33 \pm 5.04 \text{ b}$	187.66 ± 5.57	$1412.66 \pm 321.05 \text{ a}$	$5466.68 \pm 1570.92 \text{ a}$	-4054.02 ± 1711.61
黑河 36 Heihe 36	$379.67 \pm 0.88 \text{ a}$	$136.00 \pm 3.00 \text{ b}$	243.60 ± 2.22	$2376.82 \pm 272.87 \text{ b}$	$9450.00 \pm 125.83 \text{ a}$	-7073.18 ± 374.21
吉育 86 Jiyu 86	$308.67 \pm 10.73 \text{ a}$	$126.00 \pm 5.03 \text{ b}$	182.58 ± 9.80	$2590.57 \pm 45.70 \text{ b}$	$8666.67 \pm 391.93 \text{ a}$	-6076.09 ± 422.82
冀豆 12 Jidou 12	$354.00 \pm 3.21 \text{ a}$	$152.00 \pm 5.03 \text{ b}$	201.92 ± 8.18	$2702.33 \pm 170.85 \text{ b}$	$8933.33 \pm 551.01 \text{ a}$	-6231.00 ± 442.72
东农 4400 Dongnong 4400	$318.33 \pm 7.80 \text{ a}$	$189.67 \pm 1.45 \text{ b}$	128.41 ± 7.30	$1865.23 \pm 63.45 \text{ b}$	$6050.02 \pm 349.21 \text{ a}$	-4184.79 ± 355.57
合丰 45 Hefeng 45	$398.00 \pm 3.21 \text{ a}$	$176.33 \pm 3.18 \text{ b}$	221.55 ± 6.17	$2230.92 \pm 34.59 \text{ b}$	$7716.67 \pm 1099.37 \text{ a}$	-5485.75 ± 1126.07
垦豆 18 Kendou 18	$356.00 \pm 9.02 \text{ a}$	$170.67 \pm 15.59 \text{ b}$	185.47 ± 8.42	$2390.70 \pm 112.22 \text{ b}$	$8983.33 \pm 216.67 \text{ a}$	-6592.63 ± 253.86
冀豆 20 Jidou 20	$381.33 \pm 8.19 \text{ a}$	$174.67 \pm 4.18 \text{ b}$	206.74 ± 5.78	$3248.29 \pm 245.15 \text{ b}$	$8933.33 \pm 360.94 \text{ a}$	-5685.04 ± 483.03

2.3 大豆品种对豆芽产量的影响

由表 4 可知,百粒重在 $5.00 \sim 9.90 \text{ g}$ 的豆芽产出率的范围为 $3.07\% \sim 3.11\%$;百粒重在 $10.00 \sim 14.90 \text{ g}$ 的豆芽产出率的范围为 $2.86\% \sim 3.06\%$;百粒重在 $15.00 \sim 19.90 \text{ g}$ 的豆芽产出率的范围为

$2.70\% \sim 2.87\%$ 。百粒重在 $20.00 \sim 24.90 \text{ g}$ 的豆芽产出率的范围为 $2.23\% \sim 2.65\%$ 。其中,东农 690 的豆芽产出率最大,冀豆 20 的产出率最少,与其他品种的豆芽产出率间呈显著差异。

表 4 大豆品种对豆芽产量的影响

Table 4 Effects of soybean varieties on bean sprouts production(%)

品种 Variety	豆芽产出率 Bean sprouts productivity	品种 Variety	豆芽产出率 Bean sprouts productivity
东农 690 Dongnong 690	$3.11 \pm 0.04 \text{ a}$	垦丰 16 Kenfeng 16	$2.80 \pm 0.02 \text{ d}$
吉小粒豆 1 号 Jixiaolidou 1	$3.07 \pm 0.03 \text{ a}$	黑河 36 Heihe 36	$2.74 \pm 0.01 \text{ e}$
绥小粒豆 2 号 Suixiaolidou 2	$3.06 \pm 0.02 \text{ a}$	吉育 86 Jiyu 86	$2.70 \pm 0.01 \text{ ef}$
垦农 32 Kennong 32	$2.95 \pm 0.03 \text{ b}$	东农 4400 Dongnong 4400	$2.65 \pm 0.01 \text{ fg}$
垦农 25 Kennong 25	$2.88 \pm 0.01 \text{ c}$	合丰 45 Hefeng 45	$2.62 \pm 0.01 \text{ g}$
黑农 68 Heinong 68	$2.87 \pm 0.04 \text{ c}$	冀豆 12 Jidou 12	$2.61 \pm 0.01 \text{ g}$
合丰 51 Hefeng 51	$2.86 \pm 0.01 \text{ cd}$	垦豆 18 Kendou 18	$2.40 \pm 0.01 \text{ h}$
垦农 23 Kennong 23	$2.85 \pm 0.02 \text{ cd}$	冀豆 20 Jidou 20	$2.23 \pm 0.01 \text{ i}$
绥农 14 Suinong 14	$2.83 \pm 0.01 \text{ cd}$		

2.4 大豆和豆芽营养成分相关性分析

从表 5 可以看出,大豆籽粒游离氨基酸含量和豆芽可溶性糖含量与百粒重均呈极显著正相关,相关系数分别为 0.778,0.829,豆芽游离氨基酸含量与百粒重呈显著负相关(−0.588),豆芽产出率与百粒重、籽粒游离氨基酸含量和豆芽可溶性糖含量

呈极显著负相关(−0.882);此外,豆芽蛋白质含量与豆芽游离氨基酸含量呈显著正相关,与豆芽脂肪含量呈极显著负相关(−0.709);豆芽游离氨基酸含量与豆芽脂肪含量呈显著正相关;其他营养元素之间均未达到显著相关水平。

表 5 大豆与豆芽营养成分相关性分析
Table 5 Nutrition correlation analysis of beans and bean sprouts

营养成分 Nutrition	百粒重 100-seed weight	籽粒蛋白 质含量 Protein content of seed	籽粒脂 肪含量 Oil content of seed	籽粒可溶 性糖含量 Soluble sugar content of seed	籽粒游离氨 基酸含量 Free amino acids content of seed	豆芽蛋白 质含量 Protein content of bean sprouts	豆芽脂 肪含量 Oil content of bean sprouts	豆芽可溶性 糖含量 Soluble sugar content of bean sprouts	豆芽游离 氨基酸含量 Free amino acids content of bean sprouts
籽粒蛋白质含量 Protein content of seed	0.223								
籽粒脂肪含量 Oil content of seed	−0.299	−0.128							
籽粒可溶性糖含量 Soluble sugar content of seed	0.176	0.359	−0.525						
籽粒游离氨基酸含量 Free amino acids content of seed	0.778 **	0.482	−0.246	0.477					
豆芽蛋白质含量 Protein content of bean sprouts	−0.399	0.413	−0.546	−0.297	−0.205				
豆芽脂肪含量 Oil content of bean sprouts	0.170	−0.482	0.321	0.156	−0.246	−0.709 **			
豆芽可溶性糖含量 Soluble sugar content of bean sprouts	0.829 **	0.040	−0.204	0.423	0.183	−0.064	−0.212		
豆芽游离氨基酸含量 Free amino acids content of bean sprouts	−0.588 *	0.446	−0.021	0.183	−0.426	0.675 *	0.631 *	0.127	
豆芽产出率 Bean sprouts productivity	−0.882 **	−0.259	0.428	−0.241	−0.750 *	0.186	0.026	−0.845 **	0.275

* 和 ** 表示显著或极显著相关。
* and ** mean significant or very significant correlation.

3 结论与讨论

目前针对豆芽营养价值及成分已有了一定的研究成果。邵玉娇^[8]等研究表明:黄豆芽营养价值较高。其中黄豆芽的铁、钙、镁含量分别比绿豆芽高 26.58%、42.86%、113.00%。王莘^[9]等人研究发现,大豆、绿豆蛋白质含量在萌发期达最大值,分别为 47.339% 和 26.889%;黑大豆蛋白质含量在萌发期达最小值为 36.080%。绿豆、大豆、黑大豆在萌发期氨基酸含量达最大值,分别为 15.222%、42.379%、30.238%。豆类在萌发期谷氨酸含量最

高,为 2.904%~8.757%。从这些研究可以看出大豆在发芽处理后蛋白质及氨基酸含量高于其他豆类。于立梅^[10]等证明大豆在发芽后总糖的含量减低,由于呼吸作用的增强,消耗糖的速率增加,导致总糖含量下降。本试验研究表明,大豆在发芽后可溶性糖含量降低。试验研究结果与于立梅等得出的结论相似。

聂智星^[11]等的研究表明大豆百粒重与油分含量呈极显著的正相关,与蛋白质含量无显著的相关关系,而李振华^[12]等的研究则表明大豆百粒重与籽粒粗蛋白、粗脂肪含量无显著的相关关系。本试验

得出,籽粒的百粒重越大可溶性糖含量越高,且产量越低;同时大豆蛋白质含量较高的脂肪含量低,对人体的健康越好。从中可以得出,蛋白质含量较高的小粒豆更加适合豆芽的生产,且对人体健康更有利。

Lee 等^[13]研究表明小粒豆品种一般具有较高的发芽率、吸水性和豆芽产出量。本试验得出,百粒重较低的品种豆芽产量高,以此计算出的豆芽产出率高;其中东农 690 的豆芽产量最大,冀豆 20 的产量最少。百粒重在 8.43~10.49 g 的东农 690、吉小粒豆 1 号、绥小粒豆 2 号的豆芽产出率高,经济性更佳。试验研究结果与 Lee 等研究结论相似。

朱新荣^[14]等研究表明,大豆发芽期间,蛋白质、脂肪、碳水化合物等营养成分均有不同程度的改变。其中氨基酸总量和必需氨基酸总量明显增加;Fe、Cu、Mn、Zn、K、Na 等微量元素含量逐渐降低,而游离微量元素含量(除 Na 外)均有所增加,而维生素 C 含量增长幅度最大。关于大豆发芽后微量元素的变化情况有待进一步研究。从营养角度来看,黄豆芽营养丰富,尤其是矿物质和蛋白质含量较高,并且黄豆芽鲜嫩爽脆、口感佳,是比较理想的蔬菜开发对象。就目前芽菜市场而言,急需选育芽豆专用品种,以提高豆芽的经济性及食用性。综上研究认为小粒豆的芽用特性更佳,在营养、产量及经济等各方面都更适宜作为食用芽菜的品种。

参考文献

- [1] Komatsuzaki N, Tsukahara K, Toyoshima H, et al. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 78(2): 556-560.
- [2] 李新华, 刘星波. 大豆发芽过程中酶的含量变化及营养变化研究[J]. 食品工业科技, 2010(10): 149-151. (Li X H, Liu X B. Soybean germination process changes and nutritional content of the enzyme change research [J]. Food Science and Technology, 2010(10): 149-151.)
- [3] 范镇基. 芽类食品的开发前景[J]. 广州食品工业科技, 1995, 11(4): 18-20. (Fan Z J. Shoots foods development prospects [J]. Journal of Guangzhou Food Industry Science and Technology, 1995, 11(4): 18-20.)
- [4] 王德槟, 张德纯. 芽苗菜栽培技术百问[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999. (Wang D B, Zhang D C. Sprout cultivation technique [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1999.)
- [5] Bau H M, Villaume C, Nicolas J P, et al. Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and anti-nutritional factors of soya bean (*Glycine max*) seeds [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1997, 73: 1-9.
- [6] 苗颖, 马莺. 大豆发芽过程中营养成分变化[J]. 粮食与油脂, 2005(5): 29-30. (Miao Y, Ma Y. Soybean germination process [J]. Journal of Nutrition Composition Changes in Food and Oil, 2005(5): 29-30.)
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 285-286, 333-337, 316-317, 295-297. (Bao S D. The soil agrochemical analysis [M]. 3rd edition. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 285-286, 333-337, 316-317, 295-297.)
- [8] 邵玉娇, 徐倩. 黄豆芽和绿豆芽生化指标的检测与分析[J]. 湖北第二师范学院报, 2009(8): 64-66. (Shao Y J, Xu Q. Yellow bean sprouts and biochemical indicators of mungbean sprout detection and analysis [J]. Journal of Hubei Second Normal College, 2009(8): 64-66.)
- [9] 王莘, 胡可心, 汪树生, 等. 豆类萌发期蛋白质和氨基酸含量的比较分析[J]. 吉林农业大学学报, 2003, 25(1): 21-23. (Wang X, Hu K X, Wang S S, et al. Beans germination of protein and amino acid content in the comparative analysis [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2003, 25(1): 21-23.)
- [10] 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. (Yu L M, Zhong H Z, Yu X, et al. Soybean sprout nutrition change law in the process of study [J]. Chinese Journal of Grain and Oil, 2010, 25(8): 19-22.)
- [11] 聂智星, 吴小园, 张黎萍, 等. 大豆种质发芽特性和籽粒形态的遗传变异于相关分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(9): 3586-3588, 3598. (Nie Z X, Wu X Y, Zhang L P, et al. Soybean germplasm germination characteristics and genetic variation in the form of the grain in the correlation analysis [J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2008, 36(9): 3586-3588, 3598.)
- [12] 李振华, 段玉, 康玉凡. 豆类芽苗菜生产工艺的研究进展[J]. 中国农学通报, 2011, 27(10): 76-81. (Li Z H, Duan Y, Kang Y F. The research progress of bean sprout production technology [J]. China Agriculture Bulletin, 2011, 27(10): 76-81.)
- [13] Lee J D, Hwang Y H, Cho H Y, et al. Comparison of characteristics related with soy bean sprouts between *Glycine max* and *G. soja* [J]. Korean Journal of Science, 2002, 47(3): 189-195.
- [14] 朱新荣, 胡筱波, 潘思轶, 等. 大豆发芽期间多种营养成分变化的研究[J]. 中国酿造, 2008(12): 64-66. (Zhu X R, Hu X B, Pan S Y, et al. Soybean sprout a variety of nutrition composition changes during the period of study [J]. China Brewing, 2008(12): 64-66.)