

不同豌豆品种(系)的叶菜品质比较

杨梅, 杨秀燕, 鲜东锋, 项超* (四川省农业科学院作物研究所, 四川成都 610066)

摘要 [目的]比较 16 个不同类型的豌豆品种(系)的叶菜品质, 并对其进行分类分析, 以期对叶菜品种选育和指导叶菜生产提供参考。[方法]以四川省农业科学院作物研究所选育的 16 个豌豆品种(系)为试材, 相同条件下播种、管理后 59 d 采摘叶菜, 分析维生素 C、游离氨基酸、可溶性糖、纤维素、叶绿素、硝酸盐和有机酸含量, 同时采用欧式最长距离法对品质性状进行分类分析。[结果]品种(系)之间叶菜品质差异达极显著水平, 16 个品种(系)被聚为四大类, I 类品种的纤维素、有机酸、硝酸盐、叶绿素含量最低; 营养品质维生素 C、游离氨基酸和可溶性糖含量分别在 1 554.6~2 319.7 mg/kg, 6 798.0~11 036.3 mg/kg 和 0.97%~1.94%, 高于常规叶菜。16 个品种(系)的纤维素干基、湿基含量分别在 18.7%~22.8%、2.51%~4.14%; 柠檬酸、苹果酸、酒石酸 3 种有机酸含量均小于 0.031%; 硝酸盐含量在 644.6~908.3 mg/kg, 远低于国家标准; 叶绿素 a 含量均高于叶绿素 b 含量。[结论]I 类品种是最合适的叶菜豌豆品种, 其营养品质佳, 食用更安全, 颜色更亮丽, 商品性更好。

关键词 豌豆; 叶菜; 品质性状; 类型

中图分类号 S643.3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)10-0036-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.10.010



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Comparison of Leaf Vegetable Quality of Different Pea Varieties (lines)

YANG Mei, YANG Xiu-yan, XIAN Dong-feng et al (Crop Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 610066)

Abstract [Objective] The leaf vegetable quality of 16 pea varieties (lines) was compared in detail, and the cluster analysis was carried out, in order to provide reference for leaf vegetable variety breeding and guiding leaf vegetable production. [Method] 16 different types of pea varieties (lines) bred by Crop Research Institute of Sichuan Academy of Agricultural Sciences were used as test materials. Leafy vegetables were harvested 59 days after sowing and management under the same conditions. The contents of vitamin C, free amino acids, soluble sugar, cellulose, chlorophyll, nitrate and organic acids were analyzed. At the same time, the quality traits were clustered by European longest distance method. [Result] The effects of varieties (lines) on the quality of leaf vegetables were extremely significant, and 16 varieties (lines) were clustered into four categories. The cellulose, organic acid, nitrate and chlorophyll contents of type I varieties were the lowest. The contents of vitamin C, free amino acid and soluble sugar in nutritional quality were 1 554.6~2 319.7 mg/kg, 6 798.0~11 036.3 mg/kg and 0.97%~1.94%, respectively, which were higher than those in conventional leaf vegetables. The dry and wet base contents of cellulose in 16 varieties (lines) were 18.7%~22.8% and 2.51%~4.14%, respectively. The contents of citric acid, malic acid and tartaric acid were all less than 0.031%. The nitrate content was 644.6~908.3 mg/kg, far below the national standard. Chlorophyll a content was higher than chlorophyll b. [Conclusion] Type I is the most suitable leafy pea variety with good nutritional quality, safe eating, brighter color and better commodity.

Key words Pea; Leaf vegetable; Quality traits; Type

豌豆(*Pisum sativum* L.), 又名麦豌豆、麦豆、寒豆、荷兰豆, 是世界上第三大豆类作物, 在全世界有 90 多个国家种植^[1-2]。我国是世界上蔬菜豌豆生产第一大国^[3], 根据不同食用部位分为叶菜型、食荚型和食嫩粒型。豌豆叶菜又称豌豆尖、豌豆苗或龙须菜, 是豌豆植株顶端的幼嫩茎叶部分, 被认为是亚洲、非洲地区的特色蔬菜, 在美国和欧洲越来越受欢迎^[4]。叶菜豌豆作为冬季主要绿色叶菜之一, 生产过程中无须大量施用化肥农药, 是一种优质、食用安全、速生无污染的高档绿色蔬菜^[5], 具有较高的营养价值和经济价值。不同豌豆种质之间, 叶菜品质性状差异较大, 其中纤维素含量变异最大^[6]。因此, 研究不同豌豆品种之间的叶菜品质, 为实际生产中选择合适的叶菜豌豆品种提供参考, 具有重要的指导意义。叶菜豌豆富含胡萝卜素和叶黄素, 可保护视神经、改善视力^[7]。叶菜豌豆含水量高(91.5%), 脂肪含量低(0.3%), 碳水化合物含量高(1.9%), 是膳食纤维的良好来源(2.1%)。与其他绿叶蔬菜相比, 叶菜豌豆富含维生素 C、E、

A、钾、磷、 β -胡萝卜素和叶黄素, 富含由糖基化槲皮素和山奈酚衍生物组成的类黄酮^[8]。马杰等^[9]分析豌豆尖叶片、卷须和茎不同食用部位主要营养成分、生物活性物质含量及抗氧化能力, 结果发现, 可溶性蛋白、可溶性固形物、叶绿素、类胡萝卜素、V_c、原花青素、类黄酮、总酚 8 种生物活性物质含量及抗氧化能力均表现为叶片 > 卷须 > 茎的变化趋势, 而可溶性糖和还原糖则在卷须中含量最高。目前, 对叶菜型豌豆的研究主要集中在栽培技术^[10]和复叶叶型的形态发育^[11-12]方面, 对营养品质的研究较少, 而对于不同品种之间的叶菜品质比较研究更少, 武秀英等^[5]研究发现维生素 C、糖分含量在不同品种间存在极显著和显著差异。四川是我国豌豆种植大省之一, 常年种植面积约 12 万 hm², 四川省农业科学院作物研究所选育的豌豆品种一直是川渝地区生产用种的主要来源。因此, 笔者以四川省农业科学院作物研究所近年来选育的 16 个不同类型豌豆品种(系)为对象, 研究品种对叶菜品质的影响。以叶菜品种无须豆尖 1 号、食荚品种食荚大菜豌 1 号、粮菜兼用品种成豌 8 号、观赏品种川彩豌 1 号等 16 个品种(系)为材料, 相同条件下播种后 59 d 分小区采摘叶菜, 分析维生素 C、游离氨基酸、可溶性糖、纤维素、叶绿素、硝酸盐和有机酸含量, 比较品种(系)之间 7 种品质性状的差异, 筛选出叶菜品质较好的品种, 为叶菜品种选育和指

基金项目 四川省现代农业学科建设推进工程项目(2021XKJS006); 国家食用豆产业技术体系(CARS-08-Z16)。

作者简介 杨梅(1984—), 女, 四川泸州人, 助理研究员, 硕士, 从事豆类遗传育种改良与配套栽培技术研究。* 通信作者, 副研究员, 博士, 从事豆类种质资源与遗传育种研究。

收稿日期 2021-08-09

导叶菜生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料 选用四川省农业科学院作物研究所选育的 16 个豌豆品种(系)为供试材料。

1.2 方法 于 2018—2019 年在四川省农业科学院现代农业科技创新示范园(104°6'23"E,30°36'46"N,海拔 491.8 m)种植。田间采用随机区组设计,3 次重复,每个重复 16 个品种,每小区 4 行,行长 2.5 m,行距 0.5 m,每行 30 株。2019 年 11 月 6 日播种,2020 年 1 月 4 日采摘后立即进行室内品质检测。

1.3 测定项目与方法 采用 2,6-二氯酚靛滴定法测定维生素 C(V_c)含量,采用茚三酮显色分光光度法测定游离氨基酸含量,采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量。叶绿素 a、b 含量采用乙醇萃取分光光度法测定,硝酸盐含量测定采用 GB 5009.33—2010《食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》方法,总酸含量采用酸碱滴定法测定,并用系数换算法得到柠檬酸、苹果酸含量。

1.4 数据分析 采用 DPS 18.10 软件对试验数据进行方差分析和多重比较,采用欧式最长距离法进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同豌豆品种叶菜品质比较 方差分析结果显示(表 1),16 个豌豆品种的叶菜 V_c 、游离氨基酸、可溶性糖、粗纤维(干基、湿基)、有机酸、硝酸盐含量的差异均达极显著水平,说明不同豌豆品种间的这些品质存在较大差异。

叶绿素 a 的 $F=218\ 699.6^{**}$,叶绿素 b 的 $F=43.0^{**}$,16 个豌豆品种的叶绿素 a、叶绿素 b 含量差异均达极显著水平,说明品种之间色泽差异较大。

2.2 不同豌豆品种品质比较

2.2.1 营养品质。蔬菜中维生素 C(V_c)是人体所需维生素

的主要来源之一。由表 2 可知,16 个豌豆品种(系)的 V_c 含量在 1 544.60~2 319.70 mg/kg,含量较高的有成豌 8 号、2017162、2017160、成豌 7 号和无须豆尖 1 号。

表 1 不同豌豆品种(系)的品质性状方差分析

Table 1 Variance analysis of quality traits of different pea varieties (lines)

性状 Traits	平方和 SS	自由度 DF	F 值 F value
维生素 C V_c	2 412 108.6	15	217.3 ^{**}
游离氨基酸 Free AA	45 228 337.4	15	15.862 ^{**}
可溶性糖 SS	5.2	15	569.3 ^{**}
粗纤维干基 CLL Dry basis	63.3	15	9.2 ^{**}
粗纤维湿基 CLL Wet basis	9.9	15	56.5 ^{**}
硝酸盐 Nitrate	277 520.9	15	10.3 ^{**}
有机酸 Orgnic acid	0.05	15	40.5 ^{**}
叶绿素 a Chlorophyll a	0.4	15	218 699.6 ^{**}
叶绿素 b Chlorophyll b	0.032 8	15	43.0 ^{**}

注:“*”和“**”分别表示 0.05 水平显著和 0.01 水平极显著

Note:“*”indicated significant difference at 0.05 level;“**”indicated extremely significant difference at 0.01 level

游离氨基酸又称为非蛋白质氨基酸,可为人体直接吸收。由表 2 可知,16 个豌豆品种(系)游离氨基酸含量在 6 798.00~11 036.30 mg/kg,含量在 9 000 mg/kg 以上的品种有成豌 9 号、食荚大菜豌 6 号、成豌 7 号和川彩豌 1 号。

16 个品种(系)的可溶性糖含量在 0.97%~1.94%,含量较高的品种有 2017162、川彩豌 1 号、成豌 7 号和食荚甜脆豌 3 号。

2.2.2 粗纤维含量。16 个豌豆品种(系)的粗纤维(干基)含量在 18.70%~22.80%,含量较高的品种(系)有成都朱砂豌、川 268-1、成豌 11 号、川彩豌 1 号、成豌 10 号、成豌 8 号,含量较低的品种有无须豆尖 1 号、食荚大菜豌 2 号、成豌 7 号、无须豆尖 2 号、食荚大菜豌 6 号。粗纤维(湿基)含量在 2.51%~

表 2 不同豌豆品种(系)的 V_c 、游离氨基酸、可溶性糖和纤维素含量

Table 2 V_c , free amino acid, soluble sugar and cellulose contents in different pea varieties (lines)

类群 Class groups	品种名 Varieties	维生素 C V_c //mg/kg	游离氨基酸 Free AA//mg/kg	可溶性糖 SS//%	粗纤维含量 CLL//%	
					干基 Dry basis	湿基 Wet basis
I 类 Group I	无须豆尖 1 号	2 111.30±36.85 bB	8 832.10±235.22 cdCDE	1.10±0.01 hH	18.70±0.25 hG	2.51±0.03 fF
	无须豆尖 2 号	1 554.60±5.53 iG	8 888.10±238.10 cdCDE	1.07±0.02 hiHI	19.40±0.24 fghDEFG	2.78±0.03 deE
	成都朱砂豌	1 674.70±2.17 gF	8 772.40±50.89 cdCDE	1.35±0.02 fF	22.80±0.01 aA	3.31±0.00 cC
	食荚大菜豌 1 号	2 061.50±0.92 cdBC	8 497.60±227.30 cdDE	1.38±0.02 fF	20.00±0.38 defgCDEFG	2.72±0.05 eEF
	食荚大菜豌 2 号	2 077.10±2.69 bcBC	8 641.40±174.77 cdCDE	1.16±0.04 gG	18.90±0.49 ghFG	2.93±0.08 dDE
	食荚大菜豌 6 号	1 858.80±5.87 fE	9 935.00±211.74 bB	1.57±0.03 dCD	19.50±0.41 efghDEFG	3.16±0.07 cCD
II 类 Group II	食荚甜脆豌 3 号	1 946.40±6.06 eD	8 456.90±193.05 cdDE	1.77±0.00 bB	20.40±0.24 cdefCDEF	3.16±0.04 cCD
	平均	1 897.80	8 860.50	1.34	19.96	2.94
	成豌 9 号	1 601.40±5.64 hG	11 036.30±38.55 aA	1.04±0.00 iI	20.20±1.20 defCDEFG	3.68±0.22 bB
	成豌 10 号	1 905.40±4.67 eDE	8 620.90±191.30 cdCDE	0.97±0.02 jJ	21.10±0.11 bcdABCD	3.32±0.02 cC
	成豌 11 号	1 698.00±8.60 gF	8 729.00±219.05 cdCDE	0.83±0.02 kK	21.60±0.16 abcABC	3.35±0.02 cC
	川彩豌 1 号	1 915.00±0.88 bB	9 231.40±180.95 bcBCD	1.80±0.00 bB	21.60±0.05 abcABC	3.96±0.01 aA
III 类 Group III	平均	1 779.95	9 404.40	1.16	21.13	3.58
	成豌 7 号	2 123.70±7.75 bB	9 739.30±113.18 bBC	1.78±0.02 bB	19.20±0.53 fghEFG	3.22±0.09 cC
	成豌 8 号	2 296.70±72.90 aA	8 671.70±48.20 cdCDE	1.54±0.01 dD	21.00±0.07 bcdBCD	3.63±0.01 bB
	川 268-1	2 020.70±13.36 dC	6 798.00±236.31 eF	1.46±0.01 eE	22.20±1.44 abAB	3.20±0.21 cC
	平均	2 147.03	8 403.00	1.59	20.80	3.35
	2017160	2 120.40±16.89 eDE	7 088.00±38.30 eF	1.62±0.02 cC	20.40±0.01 cdefCDEF	3.99±0.00 aA
IV 类 Group IV	2017162	2 319.70±13.79 aA	8 078.70±227.63 dE	1.94±0.03 aA	20.80±0.17 cdeBCDE	4.14±0.03 aA
	平均	2 220.05	7 583.35	1.78	20.6	4.065
变幅 Range		1 544.60~2 319.70	6 798.00~11 036.30	0.97~1.94	18.70~22.80	2.51~4.14

注:同列不同小写字母表示差异达显著水平($P<0.05$);不同大写字母表示差异达极显著水平($P<0.01$)

Note: Different small letters in the same column indicated significant difference at 0.05 level; different capital letters indicated significant difference at 0.01 level

4.14%,含量较高的有2017162、2017160、川彩豌1号、成豌9号、成豌8号,含量较低的有无须豆尖1号、食茭大菜豌1号、无须豆尖2号、食茭大菜豌2号(表2)。

2.2.3 有机酸含量。由表3可知,16个豌豆品种(系)的柠檬酸、苹果酸和酒石酸含量分别为0.019%~0.027%、0.020%~0.028%、0.026%~0.031%,含量较低的品种(系)有成都朱砂豌、食茭大菜豌1号、食茭大菜豌6号和食茭甜脆豌3号。

2.2.4 硝酸盐含量。16个豌豆品种(系)的硝酸盐含量为644.60~908.30 mg/kg,含量较高的品种(系)有2017162、川彩

豌1号、2017160、成豌7号,含量较低的品种有成都朱砂豌、食茭大菜豌6号、食茭甜脆豌3号、成豌10号(表3)。

2.2.5 叶绿素含量。叶绿素a含量为0.81~1.19 mg/g,含量较高的品种有2017162、成豌11号、2017160,含量较低的品种有食茭大菜豌6号、食茭大菜豌1号、食茭甜脆豌3号。叶绿素b含量为0.19~0.29 mg/g,含量较高的品种有2017162、2017160、成豌10号,含量较低的品种有食茭大菜豌6号、成豌7号、食茭甜脆豌3号、无须豆尖1号、无须豆尖2号、成都朱砂豌(表3)。

表3 不同豌豆品种(系)的有机酸、硝酸盐和叶绿素含量

Table 3 Organic acid, nitrate and chlorophyll contents in different pea varieties (lines)

类群 Class groups	品种名 Varieties	柠檬酸 Citric acid//%	苹果酸 Malic acid//%	酒石酸 Tartaric acid//%	硝酸盐 Nitrate//mg/kg	叶绿素 a Chlorophyll a//mg/g	叶绿素 b Chlorophyll b//mg/g	
I类 Group I	无须豆尖1号	0.026± 0.001 bA	0.027± 0.001 bA	0.030± 0.001 bA	778.00± 5.21 cdeBCDE	0.89± 0.00 kK	0.21± 0.01 fE	
	无须豆尖2号	0.023± 0.000 cdeBC	0.025± 0.000 cdeBC	0.028± 0.000 cdeBC	773.20± 14.70 cdef	0.89± 0.00 lL	0.21± 0.01 eFDE	
	成都朱砂豌	0.023± 0.000 eFC	0.024± 0.000 eFC	0.027± 0.000 eFC	644.60± 27.82 hBCDE	0.88± 0.00 mM	0.21± 0.01 defDE	
	食茭大菜豌1号	0.023± 0.000 fC	0.024± 0.000 fC	0.026± 0.000 fC	789.60± 72.99 cdF	0.84± 0.00 oO	0.22± 0.01 defDE	
	食茭大菜豌2号	0.023± 0.000 defBC	0.024± 0.000 defBC	0.027± 0.000 defBC	739.50± 15.88 defgBCD	0.93± 0.00 iI	0.22± 0.01 eFDE	
	食茭大菜豌6号	0.019± 0.000 iE	0.020± 0.000 iE	0.023± 0.000 iE	675.20± 11.04 ghCDEF	0.81± 0.00 pP	0.19± 0.01 gF	
	食茭甜脆豌3号	0.020± 0.000 hDE	0.021± 0.000 hDE	0.024± 0.000 hDE	692.50± 6.42 ghEF	0.88± 0.00 nN	0.20± 0.00 gF	
	平均	0.022	0.024	0.026	727.51	0.87	0.21	
	II类 Group II	成豌9号	0.026± 0.001 bA	0.027± 0.001 bA	0.030± 0.001 bA	772.40± 27.72 cdeBCDE	0.96± 0.00 hH	0.23± 0.00 cdCD
		成豌10号	0.021± 0.000 gD	0.022± 0.000 gD	0.025± 0.000 gD	695.50± 29.77 fghDEF	0.98± 0.00 gG	0.24± 0.00 cC
成豌11号		0.024± 0.001 cdBC	0.025± 0.001 cdBC	0.028± 0.001 cdBC	785.30± 22.14 cdBCD	1.05± 0.00 bB	0.23± 0.00 deCDE	
川彩豌1号		0.027± 0.000 aA	0.028± 0.000 aA	0.031± 0.000 aA	903.70± 74.33 aA	0.99± 0.00 fF	0.23± 0.00 deCDE	
平均		0.025	0.026	0.029	789.23	1.00	0.23	
III类 Group III	成豌7号	0.023± 0.000 fC	0.024± 0.000 fC	0.026± 0.000 fC	820.90± 29.71 bcEF	0.90±0.00 jJ	0.19± 0.00 gF	
	成豌8号	0.026± 0.000 bA	0.027± 0.000 bA	0.030± 0.000 bA	792.10± 29.91 cdABC	1.00± 0.00 eE	0.22± 0.00 defDE	
	川268-1	0.023± 0.000 defC	0.024± 0.000 defC	0.027± 0.000 defC	701.00± 36.32 efgHDEF	1.01± 0.00 dD	0.23± 0.00 deCDE	
	平均	0.024	0.025	0.028	771.33	0.97	0.21	
IV类 Group IV	2017160	0.026± 0.000 bA	0.027± 0.000 bA	0.030± 0.000 bA	869.10± 1.13 abAB	1.04± 0.00 cC	0.27± 0.00 bB	
	2017162	0.024± 0.000 cB	0.025± 0.000 cB	0.028± 0.000 cB	908.30± 28.17 aA	1.19± 0.00 aA	0.29± 0.00 aA	
	平均	0.025	0.026	0.029	888.70	1.12	0.28	
变幅 Range		0.019~0.027	0.020~0.028	0.026~0.031	644.60~908.30	0.81~1.19	0.19~0.29	

注:同列不同小写字母表示差异达显著水平($P<0.05$);不同大写字母表示差异达极显著水平($P<0.01$)

Note: Different small letters in the same column indicated significant difference at 0.05 level; different capital letters indicated extremely significant difference at 0.01 level

2.3 品种间品质聚类分析 用欧式最长距离法对品质性状进行系统聚类分析发现(图1),16个豌豆品种(系)被聚为四类,第I类包括无须豆尖1号、成都朱砂豌、食茭大菜豌1号、无须豆尖2号、食茭大菜豌2号、食茭大菜豌6号、食茭甜脆豌3号,这类品种 V_c 、游离氨基酸、可溶性糖平均含量分别为1 897.8 mg/kg、8 860.5 mg/kg、1.34%;纤维素干基、纤维素湿基平均含量分别为19.96%、2.94%;柠檬酸、苹果酸、酒石酸、

硝酸盐平均含量分别为0.022%、0.024%、0.026%、727.51 mg/kg;叶绿素a、b平均含量分别为0.87、0.21 mg/g。第II类包括成豌9号、成豌10号、成豌11号、川彩豌1号,这类品种 V_c 、游离氨基酸和可溶性糖平均含量分别为1 779.95 mg/kg、9 404.40 mg/kg、1.16%;纤维素干基、纤维素湿基平均含量分别为21.13%、3.58%;柠檬酸、苹果酸、酒石酸、硝酸盐平均含量分别为0.025%、0.026%、0.029%、

789.23 mg/kg; 叶绿素 a、b 平均含量分别为 1.00 mg/g、0.23 mg/g。第Ⅲ类包括成豌 7 号、成豌 8 号、川 268-1, 这类品种(系) V_c 、游离氨基酸和可溶性糖平均含量分别为 2 147.03 mg/kg、8 403.00 mg/kg、1.59%; 纤维素干基、纤维素湿基平均含量分别为 20.80%、3.35%; 柠檬酸、苹果酸、酒石酸、硝酸盐平均含量分别为 0.024%、0.025%、0.028%、771.33 mg/kg; 叶绿素 a、b 平均含量分别为 0.97、0.21 mg/g。第Ⅳ类包括新品系 2017160、2017162, 这类新品系的 V_c 、游离氨基酸和可溶性糖平均含量分别为 2 220.05 mg/kg、7 583.35 mg/kg、1.78%; 纤维素干基、纤维素湿基平均含量分别为 20.60%、4.07%; 柠檬酸、苹果酸、酒石酸、硝酸盐平均含量分别为 0.025%、0.026%、0.029%、888.70 mg/kg; 叶绿素 a、b 平均含量分别为 1.12、0.28 mg/g。

I、II、III、IV 这 4 类品种(系)各性状平均含量见表 2、3,

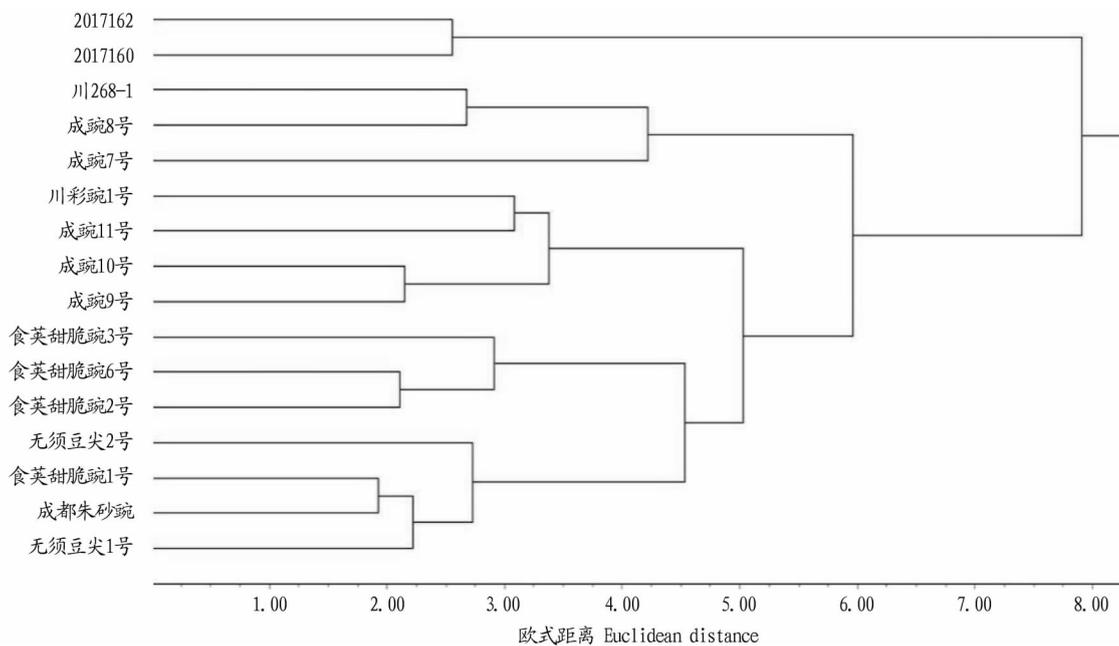


图 1 16 个豌豆品种(系)品质聚类分析结果

Fig.1 Results of cluster analysis on quality of 16 pea varieties (lines)

3 讨论

豌豆在我国已有 2 000 多年的栽培历史, 广泛分布于全国^[13]。菜用豌豆因具有生育期短、市场需求量大等特点, 生产面积呈逐年增加趋势^[14], 在我国主产区位于东部沿海地区, 以及云南、四川等高海拔区域^[15]。叶菜豌豆作为菜用豌豆不可或缺的一部分, 因富含多种维生素、碳水化合物和膳食纤维, 质地脆嫩、味甜清香等特点备受人们青睐^[16-17]。

维生素 C、游离氨基酸、可溶性糖是衡量蔬菜品质的重要指标。维生素 C 广泛存在于新鲜蔬菜和水果中, 作为一种高活性物质, 它参与许多新陈代谢过程, 帮助植物抵抗干旱、臭氧和紫外线等侵害, 其含量可作为品种抗衰、抗逆的重要生理指标, 对评价果蔬品质、选育良种都具有重要意义^[18]。该研究的 4 个类群品种(系)中, I 类品种的维生素 C、可溶性糖含量高于 II 类, 低于 III、IV 类品种, 游离氨基酸含量高于 III、IV 类, 低于 II 类品种。I 类品种维生素 C 含量在 1 554.6~

V_c 、可溶性糖含量表现为 IV 类>III 类>I 类>II 类, 游离氨基酸含量表现为 II 类>I 类>III 类>IV 类; 纤维素干基、湿基含量表现为 II 类>III 类>IV 类>I 类; 有机酸含量表现为 II 类=IV 类>III 类>I 类、硝酸盐含量表现为 IV 类>II 类>III 类>I 类; 叶绿素 a、b 含量表现为 IV 类>II 类>III 类>I 类。综合评价 4 类品种(系)的叶菜品质, 发现 I 类品种纤维素含量最低, 口感较好, 有机酸、硝酸盐含量最低, 食用最安全, V_c 、游离氨基酸、可溶性糖含量适中, 叶绿素含量低、颜色亮丽, 商品性较好, 是最佳叶菜类群; 食荚型品种食荚大菜豌 1 号、2 号、6 号和食荚甜脆豌 3 号和叶菜型品种无须豆尖 1 号、无须豆尖 2 号、成都朱砂豌聚为一类, 说明这几个品种是叶菜兼用型品种。其余 3 类品种虽 V_c 、游离氨基酸、可溶性糖含量高, 但纤维素含量高、口感欠佳, 同时有机酸、硝酸盐、叶绿素含量也高, 食用安全性较 I 类差, 颜色较深、商品性不佳, 不适用于叶菜。

2 111.3 mg/kg, 高于小白菜、菠菜、空心菜、马齿苋等常规叶菜^[19-22], 低于陈胜文等^[17]、崔翠等^[6]的研究结果。氨基酸作为构成蛋白质的前体, 是评价食品质量及营养价值的重要指标, 游离氨基酸又称非蛋白质氨基酸, 可被人体直接吸收, 其含量是评价食物营养的关键指标^[23]。I 类品种的游离氨基酸含量在 8 456.9~9 935.0 mg/kg, 高于马齿苋、韭菜、菜心、奶白菜等^[22, 24-25]。可溶性糖含量对蔬菜口感起关键性作用, I 类豌豆品种的可溶性糖含量在 1.07%~1.77%, 高于绝大多数品种^[6], 高于生菜、菜薹、菜心中的可溶性糖含量^[26-28]。

膳食纤维具有多种有益人体的功能, 对肥胖、糖尿病、高血压、冠心病、心血管疾病及结肠癌等多种慢性疾病具有预防作用, 近年来, 豆类、果蔬、谷类等来源的膳食纤维越来越受重视^[29]。但作为菜用型蔬菜纤维素含量过高, 影响食用口感^[6]。I 类豌豆的纤维素含量较低(粗纤维干基 18.7%~20.4%、粗纤维湿基 2.51%~3.16%), 平均含量低于其他 3 类

品种,但高于马齿苋、低于芹菜^[22,30]。

有机酸和硝酸盐是评价蔬菜安全性的2个重要指标。有机酸能够影响土壤中重金属的移动性和生物有效性,因此蔬菜中有机酸含量的高低能影响蔬菜对土壤中重金属富集的多少^[31]。庞雪敏等^[32]研究显示,通过添加乙酸、苹果酸和柠檬酸等均有效地促进芹菜根组织对Cd的吸收,刘桂华等^[33]研究表明,柠檬酸对土壤镉的活化能力远大于酒石酸和苹果酸。16个豌豆品种(系)的有机酸含量均在0.30%以下,说明豌豆品种(系)对重金属的富集能力较低,是比较安全的蔬菜。I类豌豆品种柠檬酸、苹果酸和酒石酸含量分别在0.019%~0.026%、0.020%~0.027%、0.023%~0.030%,含量非常低,而平均含量分别为0.022%、0.024%和0.026%,低于其他3类品种。WTO规定,新鲜蔬菜的硝酸盐含量在0~432 mg/g时,为一级污染,可以生食;当其含量在432~785 mg/g时,为二级污染,不宜生食;当其含量在785~1 234 mg/g时,达到三级污染,生食、盐渍皆不易;当其含量在1 234~3 100 mg/g时,已达到四级污染,不宜使用^[34]。蔬菜是一类易于富集硝酸盐的植物,人体中摄入的硝酸盐有81.2%来自蔬菜^[35]。16个豌豆品种(系)的硝酸盐含量在644.6~908.3 mg/kg(0.6~0.9 mg/g),属于可生食范围。根据GB 19338—2003国家蔬菜硝酸盐限量标准,叶菜类硝酸盐含量≤3 000 mg/kg,16个豌豆品种(系)的叶菜硝酸盐含量远小于国家最低标准。I类豌豆硝酸盐含量低于其余3类品种(系),食用更加安全。

叶绿素在植物光合作用的光吸收中起核心作用,高等植物中叶绿素主要是叶绿素a和叶绿素b,叶绿素a呈蓝绿色,叶绿素b呈黄绿色,因此,叶绿素a、b含量直接影响蔬菜的绿色程度。16个豌豆品种(系)的叶绿素a含量均高于叶绿素b,I类豌豆品种的叶绿素a含量低于其他3类品种(系),说明I类品种颜色较浅,外观上更嫩绿,商品性更佳。

4 结论

该研究比较了16个豌豆品种(系)的叶菜品质,同时对这些品种的叶菜品质进行了聚类分析,结果表明,不同豌豆品种之间叶菜品质存在极显著差异,I类品种维生素C、可溶性糖含量高于II类品种,游离氨基酸含量高于III、IV类品种,有机酸、硝酸盐含量最低,叶绿素a、b含量低于其他3类品种,综合评价I类品种是最合适的叶菜类豌豆品种,这类品种的营养品质佳、食用更安全,颜色更亮丽,商品性更好。

参考文献

- [1] 林汝法,柴岩,廖琴,等.中国小杂粮[M].北京:中国农业科学技术出版社,2002:317-319.
- [2] SM YKAL P, AUBERT G, BURSTIN J, et al. Pea (*Pisum sativum* L.) in the genomic era[J]. *Agronomy*, 2012, 2(2): 74-115.
- [3] WARKENTIN T D, SM YKAL P, COYNE C J, et al. Pea[M]//DE RON A M. Grain legumes. New York: Springer, 2015: 37-83.
- [4] MILES C A, SONDE M. Pea shoots[M]. New York: Pacific Northwest Ex-

- tenstion Publications, 2003: 1-10.
- [5] 武秀英,陆珏峰,马明,等.不同叶型豌豆苗产量与品质分析[J].上海交通大学学报(农业科学版),2006,24(3):260-263,276.
- [6] 崔翠,孙建蓉,赵愉风,等.豌豆嫩尖几个营养品质性状的遗传多样性分析及其综合评价[J].植物遗传资源学报,2019,20(4):932-948.
- [7] 于仁文.排毒养肝的豌豆尖[J].中国老年,2016(13):52.
- [8] SANTOS J, HERRERO M, MENDIOLA J A, et al. Assessment of nutritional and metabolic profiles of pea shoots: The new ready-to-eat baby-leaf vegetable[J]. *Food research international*, 2014, 58: 105-111.
- [9] 马杰,孙勃,薛生玲,等.豌豆尖主要营养成分、生物活性物质及抗氧化能力分析[J].食品与机械,2016,32(4):47-51.
- [10] UZUN A, BILGILI U, SINCIK M, et al. Yield and quality of forage type pea lines of contrasting leaf types[J]. *European journal of agronomy*, 2005, 22(1): 85-94.
- [11] KUMAR S, RAI S K, PANDEY-RAI S, et al. Regulation of unipinnate character in the distal tendrilled domain of compound leaf-blade by the gene *MULTIFOLIATE PINNA (MFP)* in pea *Pisum sativum*[J]. *Plant science*, 2004, 166(4): 929-940.
- [12] 付金锋,王凤宝,董立峰,等.卷须对半无叶豌豆生长发育的影响[J].作物杂志,2009(3):48-51.
- [13] 郑卓杰.中国食用豆类学[M].北京:中国农业出版社,1997:88-127.
- [14] FAOSTAT. Production of top 5 producers[EB/OL]. (2015-10-25)[2014-10-13]. <http://faostat3.fao.org/>.
- [15] 王志刚.菜用豌豆种质资源形态性状遗传多样性分析[D].北京:中国农业科学院,2009:1-5.
- [16] 曹晓华,沈旭斌,程先骄,等.HPLC双波长法测定豌豆尖中槲皮素和山奈酚的含量[J].食品科技,2017,42(4):270-276.
- [17] 陈胜文,谢伟平,黄亮华,等.豌豆苗的品质分析及播种密度对其生长特性的影响[J].广东农业科学,2010,37(5):55-56.
- [18] 谢文文.芸蓿属主要蔬菜作物富硒比较研究[D].重庆:西南大学,2016:17-21.
- [19] 唐蛟,王娇,孔鑫,等.不同肥料配施对小白菜生长发育及品质的影响[J].河南科技学院学报(自然科学版),2019,47(6):5-9.
- [20] 张廷浩,王浩然,黄皓婷,等.叶面喷施富硒菌肥对菠菜产量及品质的影响[J].北京农学院学报,2018,33(4):31-35.
- [21] 彭春霞.铁营养对蕹菜生长和品质影响研究[D].长沙:湖南农业大学,2012:28-33.
- [22] 赵学志,徐惠,张俊倩,等.栽培型和野生型马齿苋茎叶营养成分分析[J].农产品加工,2021(8):43-45.
- [23] 胡家禹,俞静芬,张吉祥,等.果蔬氨基酸成分测定方法的比较分析[J].安徽农业科学,2016,44(31):42-44.
- [24] 张伟,马培芳,李延龙,等.韭菜两新优品种叶片游离氨基酸总量测定与比较[J].陕西农业科学,2020,66(12):53-54.
- [25] 武琳苑,李雅曼,刘厚诚.植物工厂条件下5种十字花科蔬菜的生长和品质比较[J].长江蔬菜,2020(20):41-45.
- [26] 文凯歌,宋云鹏,张丽丽,等.紫叶生菜和绿叶生菜品质的综合比较[J].长江蔬菜,2021(6):51-53.
- [27] 郭巨先,王惠,张亮,等.2,4-表油菜素内酯对菜心生长和菜薹营养品质的影响[J].广东农业科学,2021,48(4):29-36.
- [28] 徐桂燕,殷登科,刘玉军,等.不同温度对菜心贮藏品质的影响[J].中国果菜,2021,41(2):1-5,27.
- [29] 张翰文,余秋文,张一凡,等.膳食纤维的生理功能及改性方法研究进展[J].农业科技与装备,2021(1):64-65,68.
- [30] 贾丽丽,刘惠吉,王华,等.3种不同芹菜营养品质的比较与评价[J].江苏农业科学,2021,49(2):146-149.
- [31] 谢伟芳,王文华,彭宇涛,等.不同有机酸对小白菜镉污染毒性和品质的影响[J].北方园艺,2021(6):42-47.
- [32] 庞雪敏,徐劼,陈锡生,等.低分子量有机酸对土壤外源镉形态及芹菜富集镉的影响[J].嘉兴学院学报,2018,30(6):96-102.
- [33] 刘桂华,敖明,柴冠群,等.低分子量有机酸对贵州黄壤中镉释放及形态的影响[J].土壤通报,2018,49(6):1473-1479.
- [34] 杨晓英,杨劲松.氮素供应水平对小白菜生长和硝酸盐积累的影响[J].植物营养与肥料学报,2007,13(1):160-163.
- [35] 李建勇,陆利民,张瑞明,等.小白菜硝酸盐含量及其主要影响因素研究[J].上海农业学报,2013,29(5):116-118.