

不同花生品种秸秆与籽仁营养成分综合分析

张忠信¹, 王庆东², 赵婧伊², 董文召¹, 韩锁义¹, 高伟¹, 刘华¹, 徐静¹, 杜培¹

(¹河南省农业科学院经济作物研究所, 郑州 450002; ²郑州大学生命科学学院, 郑州 450001)

摘要:花生是一种经济效益高的大田作物,为综合利用花生秸秆和籽仁的营养价值提高经济效益等,本研究以26个花生品种为材料,通过分析秸秆中的粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分、钙、磷、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维等指标,利用SPSS软件通过主成分分析法进行营养价值评价;同时,用近红外分析仪测定了其籽仁的脂肪、蛋白质、油酸、亚油酸等营养指标,采用Topsis法对其进行综合分析排序。结果表明:不同花生品种秸秆营养成分存在显著差异,商花26号、冀545、冀5059、远杂9102、豫花90号综合营养价值较高;多数品种间籽仁的蛋白质含量和脂肪含量差异不显著,而油酸含量和亚油酸含量则存在显著差异,其中豫花102号蛋白质含量最高,冀5059脂肪含量最高,冀农G99油酸含量最高、亚油酸含量最低;若兼顾秸秆和籽仁的营养成分含量,综合价值由高及低的10个品种依次为冀农G99、开农310、商花26号、豫花93号、远杂9102、冀545、濮花56、濮花52号、豫花89号、郑农花19号,它们可作为仁秆两用型花生品种的首选。

关键词:花生; 秸秆; 籽仁; 营养

Nutritional Components Comprehensive Analysis of Stalk and Kernels in Different Peanut Varieties

ZHANG Zhong-xin¹, WANG Qing-dong², ZHAO Jing-yi², DONG Wen-zhao¹, HAN Suo-yi¹,
GAO Wei¹, LIU Hua¹, XU Jing¹, DU Pei¹

(¹Industrial Crops Research Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002;

²School of Life Sciences, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001)

Abstract: Peanut is a field crop with high economic benefits. In order to comprehensively utilize the nutritive value of peanut stalk and kernels to improve economic benefits, we carried out a study using 26 peanut varieties. We analyzed crude protein, crude fat, crude fiber, crude ash, calcium, phosphorus, neutral detergent fiber, and acid detergent fiber in the stalk. SPSS software was used to evaluate the nutritional value by principal component analysis. On the other hand, the nutritional indexes of fat, protein, oleic acid and linoleic acid were determined by near infrared analyzer while Topsis method was used to comprehensively analyze and rank the analysis results. The results showed that there were significant differences in the nutrient components of stalk among different peanut varieties. Shanghua 26, Ji 545, Ji 5059, Yuanza 9102 and Yuhua 90 have a higher comprehensive nutritional value. There were no significant differences in protein and fat contents among the most of peanut varieties, while there were significant differences in oleic acid and linoleic acid contents. Yuhua 102 has the highest protein content, Ji5059 has the highest fat content, Jinong G99 has the highest oleic acid content and lowest linoleic acid content. If the nutrient content of stalk and kernels are taken into account, the comprehensive value of 10 varieties from the highest to the lowest is as the following order: Jinong G99, Kainong 310, Shanghua 26, Yuhua 93, Yuanza 9102, Ji545, Puhua 56, Puhua 52, Yuhua 89 and Zhengnonghua 19. These peanuts can be used as the first choice for the dual-purpose.

Key words: peanut; stalk; kernel; nutrition

收稿日期: 2019-10-29 修回日期: 2019-11-08 网络出版日期: 2019-12-27

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20191029004>

第一作者研究方向为花生遗传育种, E-mail: zzz99510@aliyun.com

通信作者: 董文召, 研究方向为花生遗传育种, E-mail: dongwzh@126.com

基金项目: 河南省农业科学院自主创新专项基金(2019ZC12); 河南省现代农业产业技术体系项目(S2012-5)

Foundation project: Special Fund for Independent Innovation of Henan Academy of Agricultural Sciences(2019ZC12), Modern Agricultural Industry Technology System Project in Henan Province(S2012-5)

花生是一种经济效益高的大田作物。在相同生产条件下,种植花生与种植其他作物相比,投资少,效益高。据花生主产区的生产调查,花生单产为 250 kg/667 m²,扣除种子、化肥、农药、用工等各项生产费用,可获纯利润 600 元左右^[1]。Topsis 法是系统工程中有限方案多目标决策分析的一种常用方法。该法是基于归一化后的原始数据矩阵,找出有限方案中的最优方案和最劣方案(分别用最优向量和最劣向量表示),再分别计算出评价对象与最优方案和最劣方案的距离,获得各评价对象与最优方案的相对接近程度,以此作为评价优劣的依据^[2]。近年来,Topsis 法在蓝莓^[3]、树莓^[4]、白芨^[5]、大麦^[6]、玉米^[7]等新品种综合评价上得到广泛应用,而在花生秸秆和籽仁营养成分综合分析方面尚鲜有报道。为选育仁秆两用型品种、综合利用花生的营养价值、提高生产效益和农民收入,同时充分发挥花生种质资源在调整种植业结构、发展生态农业和循环经济中的重要作用,本研究分析了 26 个花生品种的秸秆和籽仁营养成分,并采用 Topsis 法对其综合价值进行了分析排序。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取由河南、山东、河北等地选育且具有不同脂肪及油酸含量的 26 个花生品种豫花 93 号、豫花 94 号、豫花 95 号、商花 26 号、郑农花 19 号、濮花 52 号、漯花 15 号、开农 310、豫花 102 号、豫花 109 号、豫花 89 号、豫花 90 号、开农 82、开农 89、冀 5059、冀 545、冀农 G99、开农 90、农大 402、濮花 56、豫花 105 号、豫花 103 号、豫花 9326、豫花 15 号、周花 6 号、远杂 9102 作为试验材料,花生秸秆样品于 2017 年 9 月在花生收获时采集,留茬高度为 3~4 cm,试验材料均采集于河南现代农业研究开发基地(新乡)。

1.2 测定指标与方法

秸秆样品每次经 (65 ± 5) °C 烘 5~6 h,直到样品干燥容易磨碎为止,粉碎后过 0.45 mm 筛制成样品备测。秸秆营养指标是粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分、钙、磷、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维,每个指标的测定均采用国标法,即粗蛋白质采用凯氏定氮法;粗脂肪采用索氏抽提法;粗纤维采用酸碱洗涤法;中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维采用范式洗涤法;粗灰分采用高温灼烧法;钙含量测定采用络合滴定法;磷测定采用钼蓝法^[8]。籽仁营养指标是脂肪、蛋白质、油酸、亚油酸,分析仪器为瑞士波通 DA7200 型近红外分析仪。以上试验均为 2 次重复。

1.3 数据转化与统计分析

秸秆营养指标数据均以“平均值 ± 标准差”的形式表示,并进行方差分析,因各个秸秆营养指标之间不能直接进行比较,在主成分分析之前需对秸秆营养指标进行数据转化^[9]。使用隶属函数法统一量纲转化数据,秸秆营养指标分为正相关和负相关。正相关的营养指标分别是粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、钙、磷,使用公式(1)进行转化。负相关的指标分别为粗纤维、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维,使用公式(2)进行转化。所得数据经 Excel 2007 统计,转化后用软件 SPSS 21.0 对秸秆营养指标进行主成分分析及聚类分析,其中综合得分 D_n 的计算以相应主成分贡献率为权重,通过公式(3)得到。

$$\text{隶属函数值 } U_{in} = \frac{(X_{in} - X_{imin})}{(X_{imax} - X_{imin})} \quad (1),$$

负相关,则用反隶属函数进行转换:

$$U'_{in} = 1 - \frac{(X_{in} - X_{imin})}{(X_{imax} - X_{imin})} \quad (2),$$

综合得分 D_n 的计算公式:

$$D_n = \sum_{j=i}^{ix} F_{jn} \times E_j \quad (3),$$

式中, U_{in} 和 U'_{in} 分别指第 n 个样品第 i 个指标的原始数据经转化后的隶属函数值; X_{in} 指第 n 个样品第 i 个指标的原始测定结果; X_{imax} 和 X_{imin} 分别指样品组中第 i 个指标的最大值和最小值; D_n 为主成分分析法得到的各样品营养品质的综合分值; F_{jn} 为第 n 个样品第 j 个特征值 ≥ 85% 的主成分的分值; i_n 为特征值 ≥ 85% 的主成分的个数; E_j 为第 j 个主成分的贡献率^[2]。

籽仁的营养指标数据均以“平均值 ± 标准差”的形式表示,并进行方差分析。通过 DPS 16.05 高级版软件采用 Topsis 法对秸秆营养成分和籽仁营养成分进行综合分析,其中秸秆粗蛋白含量、粗脂肪含量、钙含量、磷含量和籽仁蛋白质含量、脂肪含量、油酸含量为高优指标,秸秆中性洗涤纤维含量、酸性洗涤纤维含量、粗纤维含量、粗灰分含量和籽仁的亚油酸含量为低优指标,旨在选择出籽仁品质好(高蛋白质或高脂肪或高油酸),秸秆营养价值高的花生品种。

2 结果与分析

2.1 不同花生品种秸秆营养成分分析

分别对 26 个花生品种秸秆样品进行粗灰分、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维

表 1 不同花生品种秸秆主要营养成分
Table 1 Main nutritional components of stalk from different peanut varieties

品种 Varieties	(%)									
	粗灰分 Crude ash	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗纤维 Crude fiber	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber	钙 Calcium	磷 Phosphorus		
豫花 93 号	11.72 ± 0.10 hi	7.32 ± 0.10 m	1.03 ± 0.05 n	19.27 ± 0.07 p	37.24 ± 0.23 c	43.89 ± 0.11 b	1.57 ± 0.06 l	0.10 ± 0.01 efg		
豫花 94 号	12.39 ± 0.25 ef	6.38 ± 0.10 q	1.60 ± 0.13 ijkl	16.33 ± 0.27 u	38.26 ± 0.14 b	45.63 ± 0.09 a	1.63 ± 0.01 l	0.11 ± 0.01 defg		
豫花 95 号	13.19 ± 0.25 d	6.86 ± 0.08 o	1.34 ± 0.07 lm	18.48 ± 0.04 r	37.18 ± 0.07 c	43.63 ± 0.06 b	1.72 ± 0.02 jk	0.11 ± 0.01 defg		
商花 26 号	15.12 ± 0.17 a	9.53 ± 0.17 d	1.83 ± 0.12 hij	16.54 ± 0.10 t	29.30 ± 0.34 k	36.22 ± 0.14 lm	2.47 ± 0.01 a	0.14 ± 0.02 cd		
周花 6 号	14.67 ± 0.18 b	7.88 ± 0.06 k	1.64 ± 0.07 ijkl	12.83 ± 0.07 w	36.61 ± 0.09 cd	40.11 ± 0.08 f	2.06 ± 0.08 ef	0.11 ± 0.01 cdefg		
郑农花 19 号	13.38 ± 0.19 d	9.07 ± 0.08 f	2.21 ± 0.14 g	15.10 ± 0.03 v	35.92 ± 0.28 de	40.91 ± 0.07 de	1.89 ± 0.03 hi	0.14 ± 0.01 c		
濮花 52 号	14.37 ± 0.28 bc	9.49 ± 0.06 d	1.83 ± 0.12 hij	11.89 ± 0.03 x	35.57 ± 0.07 e	40.82 ± 0.55 e	1.90 ± 0.05 ghi	0.10 ± 0.01 fg		
漂花 15 号	13.61 ± 0.08 d	8.55 ± 0.14 j	1.67 ± 0.11 ijkl	30.10 ± 0.07 g	35.90 ± 0.28 de	41.56 ± 0.07 cd	1.91 ± 0.06 ghi	0.14 ± 0.01 c		
开农 310	12.42 ± 0.11 ef	9.81 ± 0.07 c	1.50 ± 0.03 ijklm	31.86 ± 0.18 c	31.83 ± 0.42 hi	36.80 ± 0.16 jkl	1.83 ± 0.01 i	0.14 ± 0.01 c		
豫花 102 号	14.22 ± 0.26 c	8.87 ± 0.08 gh	1.43 ± 0.07 klm	31.59 ± 0.05 d	38.13 ± 0.16 b	45.33 ± 0.07 a	1.90 ± 0.04 ghi	0.13 ± 0.02 cdef		
豫花 109 号	13.39 ± 0.11 d	7.98 ± 0.04 k	1.50 ± 0.09 jklm	36.49 ± 0.04 a	38.87 ± 0.17 b	44.31 ± 0.06 b	1.87 ± 0.03 hi	0.13 ± 0.01 cdef		
豫花 89 号	13.22 ± 0.13 d	7.09 ± 0.06 n	2.07 ± 0.08 gh	23.18 ± 0.07 l	34.20 ± 0.21 fg	38.77 ± 0.86 g	2.20 ± 0.01 cd	0.22 ± 0.02 a		
豫花 90 号	14.68 ± 0.19 b	7.81 ± 0.07 k	2.04 ± 0.08 gh	30.71 ± 0.09 e	30.51 ± 0.66 j	37.69 ± 0.11 h	1.95 ± 0.01 gh	0.19 ± 0.02 b		
开农 82	12.77 ± 0.08 e	7.91 ± 0.01 k	2.99 ± 0.13 de	22.01 ± 0.04 n	40.22 ± 0.17 a	39.94 ± 0.08 f	1.57 ± 0.06 l	0.11 ± 0.01 cdefg		
开农 89	13.56 ± 0.07 d	7.11 ± 0.06 n	1.18 ± 0.07 mn	30.53 ± 0.12 l	36.67 ± 0.06 cd	41.62 ± 0.10 cd	1.65 ± 0.04 kl	0.10 ± 0.01 efg		
冀 5059	14.42 ± 0.11 bc	10.44 ± 0.02 b	1.53 ± 0.04 ijkl	18.94 ± 0.10 q	28.19 ± 1.29 l	34.72 ± 0.33 n	1.74 ± 0.05 j	0.12 ± 0.01 cdef		
冀 545	14.18 ± 0.07 c	10.48 ± 0.04 b	1.64 ± 0.06 ijkl	17.04 ± 0.08 s	29.36 ± 0.49 k	36.68 ± 0.19 kl	2.49 ± 0.03 a	0.13 ± 0.01 cdef		
冀农 G99	11.70 ± 0.11 hij	11.01 ± 0.04 a	1.84 ± 0.03 hi	22.14 ± 0.07 n	32.50 ± 0.11 h	37.49 ± 0.59 hij	1.89 ± 0.03 hi	0.13 ± 0.01 cdef		
开农 90	11.88 ± 0.05 ghi	9.32 ± 0.06 e	2.59 ± 0.25 f	21.80 ± 0.02 o	31.45 ± 0.16 i	45.51 ± 0.14 a	2.38 ± 0.06 b	0.12 ± 0.01 cdef		
农大 402	11.59 ± 0.04 ij	8.67 ± 0.06 ij	2.78 ± 0.31 ef	26.02 ± 0.04 j	31.81 ± 0.14 hi	37.19 ± 0.14 hijk	2.49 ± 0.03 a	0.11 ± 0.01 defg		
濮花 56	12.27 ± 0.11 ij	8.98 ± 0.06 fg	3.20 ± 0.14 cd	24.46 ± 0.07 k	34.68 ± 0.09 f	37.62 ± 1.03 hi	2.38 ± 0.06 b	0.12 ± 0.01 cdef		
豫花 105 号	11.78 ± 0.07 hi	7.63 ± 0.08 l	3.53 ± 0.44 b	26.49 ± 0.04 i	34.16 ± 0.12 fg	44.06 ± 0.09 b	1.99 ± 0.04 fg	0.12 ± 0.01 cdef		
豫花 103 号	11.60 ± 0.21 ij	9.09 ± 0.05 f	0.99 ± 0.06 n	26.61 ± 0.03 i	34.58 ± 0.14 fg	41.84 ± 0.18 c	1.94 ± 0.07 gh	0.13 ± 0.00 cde		
豫花 9326	12.04 ± 0.59 fgh	6.63 ± 0.01 p	1.69 ± 0.07 ijk	29.80 ± 0.02 h	37.37 ± 0.16 c	44.09 ± 0.08 b	2.28 ± 0.01 c	0.12 ± 0.03 cdef		
豫花 15 号	11.29 ± 0.01 j	8.74 ± 0.14 j	3.48 ± 0.04 bc	33.83 ± 0.05 b	33.81 ± 0.02 g	35.60 ± 0.06 m	2.14 ± 0.01 de	0.08 ± 0.01 g		
远杂 9102	12.73 ± 0.04 e	7.37 ± 0.06 m	4.07 ± 0.08 a	22.89 ± 0.01 m	27.92 ± 0.09 l	36.93 ± 0.08 ijkl	2.29 ± 0.01 c	0.17 ± 0.01 b		

不同小写字母表示差异显著性 ($P < 0.05$)。下同

Means with different letters along a column are significantly different ($P < 0.05$). The same as below

维、钙、磷 8 种营养指标进行分析,并对所得数据进行标准化处理(表 1),粗灰分的含量为 11.29%~15.12%,商花 26 号同其他品种间差异均显著;粗蛋白的含量为 6.38%~11.01%,冀农 G99 同其他品种差异均显著;粗脂肪的变化范围为 0.99%~4.07%,远杂 9102 同其他品种间差异均显著;粗纤维的变化范围为 11.89%~36.49%,豫花 109 号同其他品种间差异均显著;酸性洗涤纤维的变化范围为 27.92%~40.22%,开农 82 同其他品种间差异均显著;中性洗涤纤维的含量变化范围为 34.72%~45.63%,豫花 94 号与开农 90、豫花 102 号差异不显著,同其他品种差异均显著;钙、磷的含量在 26 个品种间的变化范围分别为 1.57%~2.49%、0.08%~0.22%。

2.2 不同花生品种籽仁营养成分分析

用瑞士波通 DA7200 型近红外分析仪分别对

26 个花生品种籽仁的蛋白质含量、脂肪含量、油酸含量和亚油酸含量等指标进行测定。结果表明,蛋白质含量居于 19.95%~23.50% 之间,豫花 102 号同豫花 94 号、豫花 90 号、开农 310 之间差异显著,同其他品种差异不显著;脂肪含量在 53.34%~56.82% 之间,高于 55% 的材料有 15 份,濮花 56 同冀 5059、商花 26 号、豫花 90 号和开农 310 之间差异显著,同其他品种差异均不显著;油酸的变化范围在 34.80%~75.42% 之间,高于 75% 的材料有 1 份,冀农 G99 同豫花 93 号、开农 310 之间差异不显著,与其他品种间差异均显著;亚油酸的变化范围在 9.01%~41.52% 之间,冀农 G99 同开农 310 和豫花 93 号之间差异不显著,同其他品种间差异均显著(表 2)。

表 2 不同花生品种籽仁主要营养成分

Table 2 Main nutritional components of seed kernels from different peanut varieties

(%)

品种 Varieties	蛋白质 Protein	脂肪 Fat	油酸 Olic acid	亚油酸 Linoleic acid
豫花 93 号	22.36 ± 1.03 abc	54.37 ± 0.29 abc	72.15 ± 1.27 ab	11.18 ± 1.15 gh
豫花 94 号	20.43 ± 1.10 bc	56.33 ± 1.36 abc	39.51 ± 1.82 efgh	37.05 ± 3.15 abcde
豫花 95 号	20.64 ± 1.87 abc	55.44 ± 1.90 abc	37.53 ± 3.85 fgh	39.35 ± 2.42 abc
商花 26 号	20.69 ± 1.51 abc	56.69 ± 1.39 a	67.23 ± 10.16 bc	15.26 ± 8.82 fg
周花 6 号	21.20 ± 0.08 abc	55.75 ± 0.25 abc	39.11 ± 3.17 efgh	37.62 ± 1.99 abcde
郑农花 19 号	22.33 ± 2.05 abc	54.49 ± 1.56 abc	43.73 ± 1.13def	33.91 ± 2.03 cde
濮花 52 号	21.51 ± 0.42 abc	55.23 ± 0.39 abc	37.22 ± 1.46 fgh	38.92 ± 1.77 abcd
濮花 15 号	22.14 ± 0.31 abc	54.36 ± 0.11 abc	39.06 ± 3.44 efgh	38.23 ± 3.68 abcd
开农 310	19.95 ± 0.28 c	56.69 ± 0.04 a	72.22 ± 1.73 ab	10.25 ± 1.63 gh
豫花 102 号	23.50 ± 0.98 a	53.40 ± 1.18 bc	47.53 ± 1.16 d	32.15 ± 0.01 e
豫花 109 号	21.93 ± 0.21 abc	54.66 ± 0.79 abc	36.75 ± 0.17 gh	39.40 ± 0.64 abc
豫花 89 号	20.82 ± 1.39 abc	56.07 ± 1.20 abc	36.69 ± 0.19 gh	40.25 ± 0.04 ab
豫花 90 号	20.31 ± 1.70 bc	56.62 ± 1.33 ab	34.91 ± 3.34 h	41.51 ± 2.06 a
开农 82	22.08 ± 1.25 abc	54.08 ± 2.15 abc	38.87 ± 1.28 fgh	39.45 ± 1.26 abc
开农 89	21.46 ± 0.69 abc	55.25 ± 1.08 abc	45.76 ± 0.78 de	33.21 ± 0.83 de
冀 5059	20.88 ± 0.48 abc	56.82 ± 1.50 a	37.39 ± 1.65 fgh	38.76 ± 0.52abcd
冀 545	21.45 ± 1.57 abc	54.60 ± 1.82 abc	64.30 ± 4.26 c	19.37 ± 2.12 f
冀农 G99	23.19 ± 0.08 ab	55.07 ± 0.08 abc	75.42 ± 1.70 a	9.01 ± 1.48 h
开农 90	22.59 ± 2.38 abc	54.44 ± 2.98 abc	41.36 ± 2.65 defgh	36.36 ± 1.82 abcde
农大 402	22.72 ± 0.42 abc	53.58 ± 0.80abc	46.99 ± 1.80 d	31.78 ± 0.80 e
濮花 56	22.52 ± 2.28 abc	53.34 ± 2.47 c	41.46 ± 0.59 defgh	36.42 ± 0.86 abcde
豫花 105 号	22.27 ± 0.49 abc	54.86 ± 0.93 abc	36.63 ± 0.42 gh	40.70 ± 0.76 a
豫花 103 号	21.27 ± 1.53 abc	55.53 ± 1.32 abc	43.33 ± 1.69 defg	34.58 ± 2.40 bcde
豫花 9326	21.00 ± 0.40 abc	55.08 ± 0.22 abc	38.12 ± 0.62 fgh	37.62 ± 0.78 abcde
豫花 15 号	21.06 ± 0.08 abc	55.66 ± 0.08 abc	40.97 ± 1.85 defgh	36.41 ± 1.81 abcde
远杂 9102	22.73 ± 0.39 abc	55.63 ± 0.66 abc	34.80 ± 1.22 h	41.52 ± 1.83 a

2.3 不同花生品种秸秆营养价值综合评价

2.3.1 主成分分析 将表1数据经隶属函数法转化后进行主成分分析(表3),根据累积贡献率 $\geq 85\%$ 的原则提取了5个主成分,它们对

于总方差的贡献率依次为34.349%、20.022%、14.855%、11.344%和7.218%,累积贡献率达到87.778%,即前5个主成分所含信息占总体信息的87.778%。

表3 主成分特征向量、特征值、贡献率及累积贡献率

Table 3 Principal component eigenvector, eigenvalue contribution rate and cumulative contribution rate

指标 Index	主成分 Principal component				
	1	2	3	4	5
粗灰分 Crude ash	0.125	0.623	0.295	0.113	-0.011
粗蛋白 Crude protein	0.371	0.224	-0.453	-0.428	-0.142
粗脂肪 Crude fat	0.246	-0.559	-0.037	0.390	0.383
粗纤维 Crude fiber	0.084	0.426	-0.316	0.742	0.099
酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber	0.546	0.017	0.014	-0.057	-0.016
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber	0.502	0.044	-0.071	-0.178	0.512
钙 Calcium	0.417	-0.248	0.033	0.257	-0.746
磷 Phosphorus	0.234	0.055	0.775	0.002	0.059
特征值 Special value	2.748	1.602	1.188	0.907	0.577
贡献率(%) Contribution rate	34.349	20.022	14.855	11.344	7.218
累积贡献率(%) Cumulative contribution rate	34.349	54.371	69.226	80.560	87.778

以主成分贡献率为权重,利用各样品前5个主成分的分值与权重值,计算出花生秸秆营养的综合评价价值Dn(表4)。通常,综合分值Dn越高,综合品质表现越好^[10]。26个花生品种秸秆的营养品质前6位由高及低依次为:商花26号、冀545、冀5059、远杂9102、豫花90号、豫花89号,主要表现

在商花26号、冀545秸秆的钙、蛋白质含量较高,冀5059秸秆的蛋白质含量较高,远杂9102秸秆的粗脂肪、钙和磷的含量较高,豫花90号、豫花89号秸秆的磷含量较高,并且这些品种的中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量较低,这些品种的秸秆可以作为饲料用。

表4 综合主成分值

Table 4 Comprehensive principal component value

品种 Varieties	主成分的单项得分 Individual value of principal component					综合分值 Comprehensive value	排名 Rank
	F1	F2	F3	F4	F5		
豫花93号	0.402	0.429	-0.159	0.408	0.131	25.603	26
豫花94号	0.313	0.417	-0.020	0.724	0.117	27.832	25
豫花95号	0.529	0.566	0.016	0.593	0.080	37.032	17
商花26号	1.938	0.801	0.029	0.579	-0.203	88.137	1
周花6号	1.055	0.823	-0.028	0.787	-0.008	61.179	7
郑农花19号	1.113	0.584	-0.053	0.605	0.133	56.948	9
濮花52号	1.106	0.871	-0.307	0.643	0.064	58.602	8
漯花15号	0.963	0.427	0.220	0.155	-0.022	46.467	14
开农310	1.370	0.341	0.000	-0.191	0.198	53.159	11
豫花102号	0.681	0.537	0.195	0.138	-0.241	36.864	19
豫花109号	0.575	0.273	0.272	0.035	-0.155	28.514	24
豫花89号	1.353	0.305	0.654	0.567	0.023	68.890	6
豫花90号	1.479	0.517	0.613	0.207	0.202	74.043	5

表 4(续)

品种 Varieties	主成分的单项得分 Individual value of principal component					综合分值 Comprehensive value	排名 Rank
	F1	F2	F3	F4	F5		
开农 82	0.698	0.240	-0.098	0.500	0.537	36.859	20
开农 89	0.583	0.484	0.134	0.143	0.152	34.417	22
冀 5059	1.714	0.946	-0.198	0.127	0.385	79.092	3
冀 545	1.934	0.710	-0.180	0.437	-0.295	80.787	2
冀农 G99	1.445	0.362	-0.379	0.046	0.155	52.885	12
开农 90	1.257	0.012	-0.198	0.576	-0.480	43.545	15
农大 402	1.598	-0.176	-0.212	0.421	-0.155	51.868	13
濮花 56	1.504	-0.071	-0.163	0.503	-0.030	53.293	10
豫花 105 号	0.948	-0.230	-0.019	0.586	0.063	34.762	21
豫花 103 号	0.942	0.298	-0.075	0.073	-0.150	36.966	18
豫花 9326	0.714	-0.039	0.205	0.449	-0.379	29.156	23
豫花 15 号	1.401	-0.395	-0.333	0.142	0.250	38.689	16
远杂 9102	1.854	-0.144	0.324	0.754	0.255	75.991	4

2.3.2 聚类分析 将秸秆营养品质综合得分进行聚类分析,采用系统聚类—组间连接法,在欧氏距离为 10 处,可将 26 个花生品种分为 3 个类群,类群 I 包含 13 个品种,该类群品种的秸秆含中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维较高,不适宜做饲用;类群 II 包含 7 个品种,该类群品种的秸秆粗蛋白、

粗脂肪、钙、磷其中一项含量较高,整体饲用营养品质居中;类群 III 包含 6 个品种,该类群品种的秸秆粗蛋白、粗脂肪、钙、磷中有多项含量较高,且中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维较低,做饲用营养品质较好(图 1)。综合分析 2 个分析结果,结果基本相同。

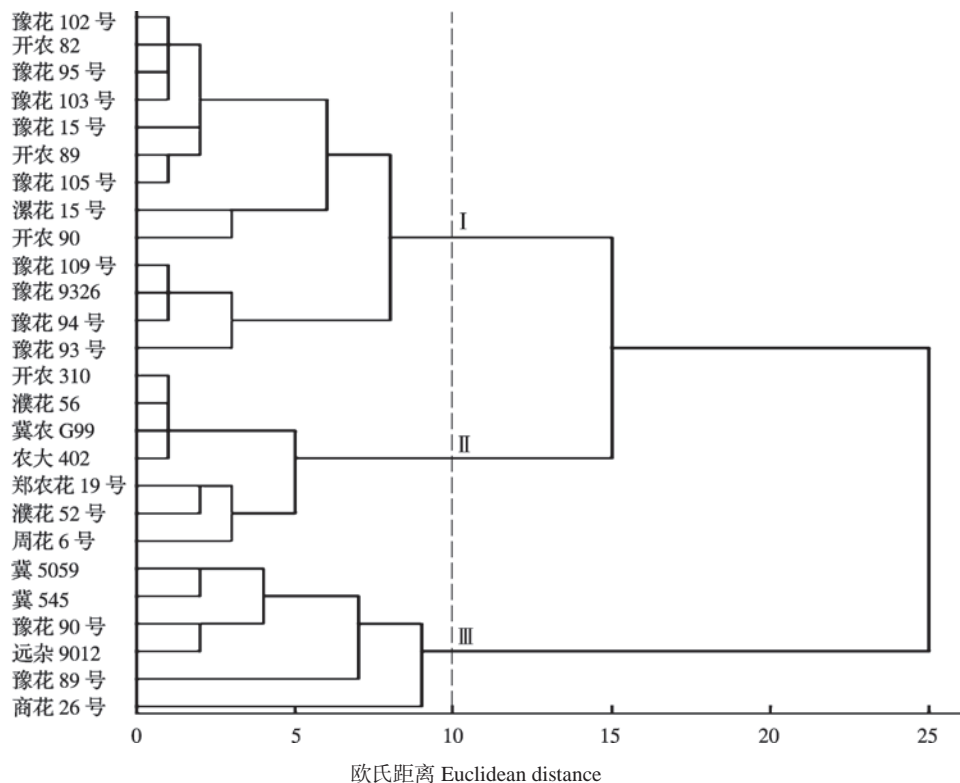


图 1 不同花生品种秸秆营养成分的聚类分析

Fig.1 Cluster analysis of nutritional components of stalk from different varieties

2.4 不同花生品种秸秆与籽仁营养价值综合评价

采用 Topsis 法对秸秆和籽仁营养成分等指标进行综合评价, 秸秆粗蛋白含量、粗脂肪含量、钙含量、磷含量和籽仁蛋白质含量、脂肪含量、油酸含量为高优指标, 秸秆中性洗涤纤维含量、酸性洗涤纤维含量、粗纤维含量、粗灰分含

量和籽仁的亚油酸含量为低优指标。由表 5 可知, 26 个花生品种秸秆与籽仁的营养品质综合评价, 综合价值由高及低的 10 个品种依次为冀农 G99、开农 310、商花 26 号、豫花 93 号、远杂 9102、冀 545、濮花 56、濮花 52 号、豫花 89 号、郑农花 19 号。

表 5 不同花生品种秸秆籽仁营养成分综合排序指标

Table 5 Comprehensive ranking index of nutritional components in stalk and kernel from different peanut varieties

品种 Varieties	与最优值距离 (D+) Distance to the optimal value	与最劣值距离 (D-) Distance to the worst value	统计量 CI Confidence interval	名次 Rank
豫花 93 号	0.3908	0.3466	0.4701	4
豫花 94 号	0.5176	0.1610	0.2373	19
豫花 95 号	0.5367	0.1271	0.1915	23
商花 26 号	0.3306	0.3186	0.4907	3
周花 6 号	0.4978	0.2288	0.3148	14
郑农花 19 号	0.4499	0.2304	0.3387	10
濮花 52 号	0.4970	0.2589	0.3425	8
濮花 15 号	0.5249	0.1328	0.2019	20
开农 310	0.3513	0.3870	0.5242	2
豫花 102 号	0.5185	0.1292	0.1995	22
豫花 109 号	0.5536	0.1039	0.1580	25
豫花 89 号	0.4904	0.2521	0.3396	9
豫花 90 号	0.5133	0.2073	0.2877	17
开农 82	0.4945	0.2063	0.2944	16
开农 89	0.5508	0.0766	0.1221	26
冀 5059	0.5119	0.1837	0.2641	18
冀 545	0.3850	0.2776	0.4189	6
冀农 G99	0.2956	0.4562	0.6068	1
开农 90	0.4720	0.2143	0.3122	15
农大 402	0.4625	0.2244	0.3267	13
濮花 56	0.4669	0.2451	0.3443	7
豫花 105 号	0.4918	0.2504	0.3373	11
豫花 103 号	0.5336	0.1336	0.2002	21
豫花 9326	0.5357	0.1237	0.1875	24
豫花 15 号	0.5057	0.2507	0.3314	12
远杂 9102	0.4603	0.3405	0.4252	5

3 讨论

近年来主成分分析常被用于饲料、水果和牧草等的营养价值评价及综合性状分析^[11-15]。本研究采用隶属函数法对26个花生品种秸秆的8个营养指标数据进行转化,通过主成分分析将上述多个指标进行综合、简化,主成分综合得分进行聚类分析。结果表明,26个花生品种秸秆的营养成分含量存在显著差异,同张峰等^[16]研究报道结果相似,其中,冀5059、冀545、豫花90号、远杂9102、豫花89号和商花26号的秸秆营养成分较高。

对26个花生品种籽仁营养成分的分析表明,测试品种间蛋白质含量和脂肪含量多数品种差异不显著,其中,豫花102号蛋白质含量最高,冀5059脂肪含量最高;此外,商花26号、开农310、豫花90号、豫花94号、豫花89号、周花6号、豫花15号、远杂9102、豫花103号、豫花95号、开农89、濮花52号、豫花9326和冀农G99等品种的脂肪含量均在油用花生育种目标值55%以上^[17];不同品种间油酸含量和亚油酸含量差异均显著,其中,冀农G99油酸含量最高,其次为开农310、豫花93号,亚油酸含量最低的是冀农G99,此结果与前人研究获得的油酸含量与亚油酸含量呈高度负相关的结论相吻合^[1, 18-20]。高油和高油酸花生品种选育一直是优质花生育种的主要目标,本研究选取试验材料总体脂肪含量较高,个别品种油酸含量较高,可能是造成本次试验多数品种间蛋白质含量、脂肪含量差异不显著,而油酸含量差异显著的主要原因。

采用Topsis法对26个花生品种秸秆和籽仁营养成分分析发现,冀农G99、开农310、商花26号、豫花93号、远杂9102、冀545、濮花56、濮花52号、豫花89号和郑农花19号的综合价值较高,可以考虑作为仁秆两用型花生品种^[21],这些品种在生产上的规模推广将进一步提高经济效益、增加农民收入,同时对于发展生态农业和循环经济有重要的现实意义。

花生籽仁和秸秆营养成分受产地、环境、品种、播期和收获期等条件的影响^[22-24],本研究只选取了河南现代农业研究开发基地(新乡)一个试验点,各品种在不同产地、不同播期的营养分析有待进一步研究。

参考文献

[1] 禹山林. 中国花生品种及其系谱. 上海: 上海科学技术出版社, 2008: 12

- Yu S L. Chinese peanut varieties and their pedigrees. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2008: 12
- [2] 乔巧芝, 万海燕. TOPSIS法在市场品牌竞争力研究中的应用. 广东财经职业学院学报, 2006, 5(2): 71-74
Qiao Q Z, Wan H Y. Application of TOPSIS in competition capacity of market brand. Journal of Guangdong College of Finance and Economics, 2006, 5(2): 71-74
- [3] 杨燕林, 王朝文, 杨洪涛, 和加卫, 王宇萍. 不同蓝莓品种在云南省丽江市表现的综合评价. 安徽农业科学, 2015, 43(15): 37-40
Yang Y L, Wang C W, Yang H T, He J W, Wang Y P. Comprehensive evaluation on the performance of different blueberry species in Lijiang City of Yunnan Province. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2015, 43(15): 37-40
- [4] 苏泽春, 和秀云, 和加卫. 基于TOPSIS法和聚类分析法的树莓品种的综合评价. 江西农业学报, 2015, 27(4): 66-69
Su Z C, He X Y, He J W. Comprehensive evaluation of raspberry varieties based on TOPSIS and clustering analysis methods. Acta Agriculturae Jiangxi, 2015, 27(4): 66-69
- [5] 苏泽春, 陈翠, 徐中志, 谭敬菊, 杨少华, 李兆光. 2种综合评价法在白芨种质资源综合评估中的应用. 江西农业学报, 2015, 27(5): 10-15
Su Z C, Chen C, Xu Z Z, Tan J J, Yang S H, Li Z G. Application of two comprehensive evaluation methods in comprehensive evaluation of Bletilla germplasm resource. Acta Agriculturae Jiangxi, 2015, 27(5): 10-15
- [6] 雷涌涛, 于亚雄, 杨金华, 王志伟, 乔祥梅, 程耿, 胡银星, 黄锦, 程加省. 用TOPSIS综合评价云南大麦新品系推广价值. 西南农业学报, 2015, 28(3): 982-985
Lei Y T, Yu Y X, Yang J H, Wang Z W, Qiao X M, Cheng G, Hu Y X, Huang J, Cheng J S. Comprehensive evaluation of Yunnan barley new lines promotional value based on TOPSIS. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2015, 28(3): 982-985
- [7] 孙志超, 荆绍凌, 刘文国. TOPSIS分析法在玉米杂交种综合评价中的应用. 玉米科学, 2006, 14(5): 49-51
Sun Z C, Jing S L, Liu W G. The comprehensive evaluation of hybrid corn based on TOPSIS. Journal of Maize Sciences, 2006, 14(5): 49-51
- [8] 林真, 邓祖丽颖, 王庆东, 赵林萍, 唐保宏. 华北地区18个玉米品种秸秆饲用品质分析. 草业科学, 2017, 34(7): 1542-1549
Lin Z, Deng Z L Y, Wang Q D, Zhao L P, Tang B H. Analysis of the feeding quality of 18 maize cultivars in North China. Pratacultural Science, 2017, 34(7): 1542-1549
- [9] 林海明, 杜子芳. 主成分分析综合评价应该注意的问题. 统计研究, 2013, 30(8): 25-31
Lin H M, Du Z F. Some problems in comprehensive evaluation in the Principal Component Analysis. Statistical Research, 2013, 30(8): 25-31
- [10] 王庆东, 赵婧伊, 赵林萍, 张忠信, 董文召, 王瑞祥. 14个花生品种秸秆的营养品质分析. 中国饲料, 2019(7): 75-78
Wang Q D, Zhao J Y, Zhao L P, Zhang Z X, Dong W Z, Wang R X. Analysis of the feeding quality of peanut vine of 14 cultivars. China Feed, 2019(7): 75-78
- [11] Patel V, Patel A K, Parmar N R, Patel A B, Reddy B, Joshi C G. Characterization of the rumen microbiome of Indian Kankrej

- cattle (*Bos indicus*) adapted to different forage diet. Applied Microbiology and Biotechnology, 2014, 98(23): 9749-9761
- [12] Akhatou I, Fernández R A. Influence of cultivar and culture system on nutritional and organoleptic quality of strawberry. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2014, 94(5): 866-875
- [13] 秦红艳. 软枣猕猴桃种质资源果实品质、表型性状多样性及主成分分析. 中国农学通报, 2015, 31(1): 160-165
Qin H Y. Diversity of fruit quality and phenotypic traits of *Actinidia arguta* Planch germplasm resources and their Principal Component Analysis. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2015, 31(1): 160-165
- [14] 杨玲, 张彩霞, 康国栋, 田义, 丛佩华. '华红' 苹果果肉的流变特性及其主成分分析. 中国农业科学, 2015, 48(12): 2417-2427
Yang L, Zhang C X, Kang G D, Tian Y, Cong P H. Rheologic properties of 'Huahong' apple pulp and their Principal Component Analysis. Scientia Agricultura Sinica, 2015, 48(12): 2417-2427
- [15] 王伟, 吕旭健, 张玉, 王强, 邵歆, 王君虹, 朱作艺, 李雪, 胡桂仙. 基于聚类分析和主成分分析法的杨梅营养品质评价研究. 食品工业科技, 2017, 38(1): 278-280
Wang W, Lv X J, Zhang Y, Wang Q, Shao X, Wang J H, Zhu Z Y, Li X, Hu G X. Evaluation of nutritional quality of red bayberry based on cluster analysis and principal component. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(1): 278-280
- [16] 张峰, 李魁英, 王学清, 王昆, 马书林, 张新同, 吴占军, 刘小虎. 不同品种花生秧营养价值分析. 河北农业科学, 2010, 14(7): 72-73
Zhang F, Li K Y, Wang X Q, Wang K, Ma S L, Zhang X T, Wu Z J, Liu X H. Analysis on nutritive values of peanut vine of different varieties. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2010, 14(7): 72-73
- [17] 王培云, 邓丽, 李阳, 苗建利. 从花生品质分析今后花生研究发展趋势. 农业科技通讯, 2015(11): 25-26
Wang P Y, Deng L, Li Y, Miao J L. Development trend of peanut research in the future based on quality analysis of peanut. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2015(11): 25-26
- [18] 房元瑾, 孙子淇, 苗利娟, 齐飞艳, 黄冰艳, 郑崢, 董文召, 汤丰收, 张新友. 花生籽仁外观和营养品质特征及食用型花生育种利用分析. 植物遗传资源学报, 2018, 19(5): 875-886
Fang Y J, Sun Z Q, Miao L J, Qi F Y, Huang B Y, Zheng Z, Dong W Z, Tang F S, Zhang X Y. Characterization of kernel appearance and nutritional quality in peanut accessions and its application for food-use peanut breeding. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19(5): 875-886
- [19] 苗利娟, 张新友, 黄冰艳, 董文召, 汤丰收, 刘娟, 张俊, 刘华, 齐飞艳. 河南省花生农家品种资源农艺和品质性状分析. 植物遗传资源学报, 2016, 17(5): 854-860
Miao L J, Zhang X Y, Huang B Y, Dong W Z, Tang F S, Liu J, Zhang J, Liu H, Qi F Y. Evaluation of agronomic and quality traits in peanut (*Arachis hypogaea* L.) landraces of Henan Province. Journal of Plant Genetic Resources, 2016, 17(5): 854-860
- [20] 黄冰艳, 张新友, 董文召, 臧秀旺, 苗利娟, 刘华, 高伟, 韩锁义, 汤丰收. 河南省花生地方资源蛋白质和脂肪含量分析及育种利用策略. 植物遗传资源学报, 2012, 13(3): 414-417
Huang B Y, Zhang X Y, Dong W Z, Zang X W, Miao L J, Liu H, Gao W, Han S Y, Tang F S. Profiling of quality characteristics for peanut germplasm from Henan Province and its breeding strategy. Journal of Plant Genetic Resources, 2012, 13(3): 414-417
- [21] 郑向丽, 叶花兰, 王正荣, 徐国忠, 翁伯琦. 仁秆两用型花生新品系农艺性状、产量与品质的比较分析. 福建农业学报, 2010, 25(5): 568-571
Zheng X L, Ye H L, Wang Z R, Xu G Z, Weng B Q. Agronomic, yield and quality characteristics of a new dual-purpose peanut variety. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2010, 25(5): 568-571
- [22] 王才斌, 刘云峰, 吴正锋, 郑亚萍, 万书波, 孙奎香, 孙学武, 冯昊. 山东省不同生态区花生品质差异及稳定性研究. 中国生态农业学报, 2008, 16(5): 1138-1142
Wang C B, Liu Y F, Wu Z F, Zheng Y P, Wan S B, Sun K X, Sun X W, Feng H. Diversity and stability of peanut kernel quality in different ecological regions of Shandong Province. Chinese Journal of Eco-agriculture, 2008, 16(5): 1138-1142
- [23] 郭峰, 阮建, 王莹莹, 万书波, 彭振英. 利用变异系数分析花生品质性状应对环境变化的遗传稳定性研究. 山东农业科学, 2017, 49(9): 25-31
Guo F, Ruan J, Wang Y Y, Wan S B, Peng Z Y. Study on genetic stability of peanut quality characters in response to environmental changes using coefficient of variation. Shandong Agricultural Sciences, 2017, 49(9): 25-31
- [24] 蔡阿敏, 薛宵, 赵佳浩, 廉红霞, 付彤, 高腾云. 春花生秧与夏花生秧的营养价值评价及瘤胃降解率比较. 动物营养学报, 2019, 31(4): 1823-1832
Cai A M, Xue X, Zhao J H, Lian H X, Fu T, Gao T Y. Evaluation of nutrient value and comparison of rumen degradation rate between spring-grown peanut vine and summer-grown peanut vine. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(4): 1823-1832