



江西省菜用大豆蛋白营养评价及地区差异比较

张莉,袁丽娟,向建军,廖且根,张大文,尹德凤,董秋洪

(江西省农业科学院农产品质量安全与标准研究所/农业农村部畜禽产品质量安全风险实验室(南昌)/江西省农产品质量安全重点实验室,江西南昌330200)

摘要:为了给江西省菜用大豆的产业发展和生产消费提供具体的数据支撑,以来自江西省17个县市共111份菜用大豆为研究对象,采用国标方法测定各材料水分、粗蛋白和氨基酸组分含量,以FAO/WHO氨基酸模式为评价标准,采用氨基酸比值系数法评价江西各地菜用大豆蛋白质营养水平,利用统计学方法对江西省各地区的菜用大豆进行系统聚类分析。结果表明:江西省区域内的菜用大豆粗蛋白鲜重含量平均为11.0%,水分含量平均为72.4%,必需氨基酸占总氨基酸比例平均为33.7%;江西省各地菜用大豆第一限制性氨基酸为蛋氨酸+半胱氨酸,必需氨基酸指数(EAAI)平均值为92.7;不同地区的菜用大豆聚类为3类,蛋白质品质评价最好的是来自芦溪、高安和万载地区的菜用大豆,而萍乡安源、新余渝水和宜春地区采集的菜用大豆蛋白营养价值评价较差。研究结果表明江西省菜用大豆蛋白质营养价值存在地区差异,可能与江西省各地区品种、气候环境、土壤环境、田间管理习惯等因素相关。

关键词:菜用大豆;江西省;氨基酸组成;蛋白;营养评价

Nutritional Evaluation and Regional Difference of Vegetable Soybean Protein in Jiangxi Province

ZHANG Li, YUAN Li-juan, XIANG Jian-jun, LIAO Qie-gen, ZHANG Da-wen, YIN De-feng, DONG Qiu-hong
(Institute for Quality & Safety and Standards of Agricultural Products Research/Animal and Poultry Product Quality Risk Assessment Laboratory (Nanchang), Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Key Laboratory of Agro-product Quality and Safety of Jiangxi Province, Jiangxi Academy of Agricultural Science, Nanchang 330200, China)

Abstract: In order to provide specific data support for the industrial development, production and consumption of vegetable soybean in Jiangxi province, we collected 111 samples of vegetable soybeans from 17 counties and cities in Jiangxi province, investigated the contents of water, crude protein and amino acid component in these samples with corresponding national standard methods. This study used the FAO/WHO amino acid model as the evaluation standard, evaluated the protein nutritional level of vegetable soybeans and the amino acid ratio with coefficient method, and carried out cluster analysis of vegetable soybean from different regions of Jiangxi province by statistical theory. The results showed that the nutrient content of vegetable soybean varies in different regions of Jiangxi province. The average water content was 72.4%, and the average crude protein content of wet weight was 11.0%. The proportion of essential amino acids of total amino acids was 33.7%. The first limiting amino acid of fresh soybean in Jiangxi province is methionine + cysteine. The average essential amino acid index (EAAI) was 92.7. The vegetable soybean from different regions could be divided into three categories by cluster analysis. The vegetable soybean from Luxi, Gaoan and Wanzai had the best protein quality evaluation, while the vegetable soybean protein from Anyuan Pingxiang, Yushui Xinyu and Yichun had worse nutritional value evaluation. There are regional differences in the nutritional value evaluation of vegetable soybean protein in Jiangxi province, which may be related to varieties, climate environment, soil environment, field management habits and other factors in different regions of Jiangxi province.

Keywords: vegetable soybean; Jiangxi province; amino acid composition; protein; nutritional evaluation

菜用大豆,又叫鲜食大豆,俗称“毛豆”,指豆荚鼓粒饱满,豆荚和籽粒颜色翠绿,在鼓粒末期(R6~R7期)进行采摘,兼作蔬菜供人类食用的大豆,可炒食,可凉拌,亦可用作休闲食品。菜用大豆由于营养丰富,口感香甜柔糯,对于肥胖病、高血压、糖尿病等都有预防和辅助治疗的作用。菜用大豆中的蛋白是营养均衡的优质全价植物蛋白,富含9种人体必需氨基酸,特别是其中富含的赖氨酸,正好

可以补充我国主粮大米、小麦等禾谷类所缺少的赖氨酸^[1]。因此,随着人们生活质量的日益提高,饮食结构更趋健康化,菜用大豆的品质也越来越被人们所重视。

国际市场上将菜用大豆品质性状分为4种类型:外观品质、食用品质、营养品质和卫生品质。其中外观和卫生品质最为重要,是商品规格的一部分,同时食用品质和营养品质也是必需的,同样对

收稿日期:2022-09-14

基金项目:江西省豆类产业技术体系(JXARS-24)。

第一作者:张莉(1983—),女,硕士,副研究员,主要从事农产品质量安全研究。E-mail:zhangli9061@163.com。

通讯作者:董秋洪(1965—),男,副研究员,主要从事农产品质量安全研究。E-mail:460623649@qq.com。

产品的价格产生重要影响^[2]。菜用大豆营养成分丰富,其中的蛋白质含量和氨基酸组成在很大程度上决定着该品种营养品质的高低^[3]。日本、韩国等亚洲国家对菜用大豆品质研究进行得比较早^[4],我国台湾省也已于 20 世纪 70 年代开始进行针对菜用大豆品质相关育种研究^[5],但大陆对菜用大豆的系统性研究却起步比较晚。目前我国菜用大豆的主要生产区域集中在福建、江浙一带,虽然近年来生产规模有所扩大,但却仍然存在种质资源缺乏,生产规模小,市场混乱等问题^[6]。由于菜用大豆生长环境,如温度、降雨量及光照条件等气候条件对其本身的品质有着很大影响^[7-9],因此菜用大豆品种适应范围窄,跨区域引种难度大^[10-11]。而地方品种具有较强的适应性、抗病性、抗逆性和稳产性,蕴含着丰富的优良基因源,是优良种质资源选育不可缺少的物质基础^[12-13]。

江西省大豆栽培历史悠久,但生产水平却一直处于低水平状态,产业化程度低下,大多是普通大豆,种植规模低,管理粗放,自产自留种现象普遍存在,品种比较混杂分散且退化较为严重^[14],另外江西省地貌呈南北狭长,北宽南窄,境内区域气候差异较大,气温的时空分布也较为复杂,限制了江西省菜用大豆产业的发展。因此本研究收集了江西省多地自产自用的菜用大豆,并对其中的蛋白质营养价值进行研究和评价,全面了解江西省各地区菜用大豆蛋白质营养品质现状,为江西省菜用大豆的产业发展和生产消费提供具体的数据支撑。

1 材料与方 法

1.1 材 料

从江西省 17 个地区采集当地产的菜用大豆(R6~R7 期)111 份,其中永丰 13 份,宁都 11 份,上栗、新余和吉水各 8 份,芦溪、于都、龙南、萍乡和大余各 7 份,万载和瑞金各 5 份,泰和、吉安和宜春各 4 份,湖口和高安地区各 3 份。分析所有菜用大豆的水分含量,粗蛋白含量以及氨基酸含量。

1.2 试 验 设 计

将菜用大豆蛋白质中 7 种必需氨基酸含量与 FAO/WHO^[15] 标准模式中必需氨基酸含量进行比较。利用氨基酸比值系数法结合必需氨基酸指数对江西省 17 个地区菜用大豆中蛋白质含量进行评价。为明确来自江西省各地区菜用大豆蛋白营养价值的差异性,综合各地菜用大豆 SRC、EAAI 营养评价指标,对 17 个来源地区的菜用大豆进行系统聚类分析处理,并对聚类分析结果进行了显著性分析,判断分类结果的可靠性和合理性。

1.3 方 法

1.3.1 水分含量测定 根据 GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》,采用恒质量法测定。

1.3.2 籽粒蛋白质含量测定 根据 GB 5009.5-2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》,采用微量凯氏定氮法测定籽粒蛋白质含量,蛋白质含量 $[g \cdot (100 g)^{-1}] = \text{含氮量} \times 6.25$ 。

1.3.3 籽粒氨基酸含量测定 根据 GB5009.124-2016《食品安全国家标准食品中氨基酸的测定》,采用酸水解法对氨基酸组成成分进行测定。

1.3.4 籽粒蛋白质营养价值评价 利用 FAO/WHO^[15] 建议的氨基酸标准模式对菜用大豆中蛋白质营养价值进行评价。利用氨基酸比值系数法,结合必需氨基酸指数对江西省 17 个地区菜用大豆中的蛋白质质量进行评价。计算氨基酸比值(Ratio of Amino Acid, RAA), $RAA\% = \frac{aa}{AA} \times 100$, 式中, *aa* 为

样品蛋白质中某一种必需氨基酸的含量, *AA* 为标准蛋白模式中相应必需氨基酸的含量。计算氨基酸比值系数(ratio coefficient of amino acid, RC), $RC = \frac{\text{氨基酸比值}}{\text{氨基酸比值之平均数}}$ 。

计算氨基酸比值系数分(Score of RC, SRC), $SRC = 100 \times (1 - CV)$, 式中, *CV* 为 *RC* 的变异系数,即标准差/平均值。计算必需氨基酸指数(Essential Amino Acid Index, EAAI),

$EAAI = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \frac{aa_i}{AA_i}} \times 100$, 式中, *aa_i* 为样品蛋白质中某种必需氨基酸占必需氨基酸总量的相对含量, *AA_i* 为参考蛋白模式中某种必需氨基酸占必需氨基酸总量的相对含量。

1.3.5 聚类分析 对江西省 17 个地区的菜用大豆的水分和粗蛋白进行 Pearson 相关性分析,综合各地菜用大豆 SRC、EAAI 营养评价指标,对 17 个地区的菜用大豆进行系统聚类分析。为检验聚类分析结果的可靠性和合理性,检验各类别之间的差异及显著性,对聚类分析的 SRC 和 EAAI 指标进行单因素方差分析。设置显著性水平为 0.05,选用 Turkey 和 R-E-G-WQ 方法对分类指标进行方差齐性检验。

1.4 数 据 处 理

运用 IBM SPSS Statistics 26 软件进行 Pearson 相关性分析、聚类分析及单因素分析。

2 结 果 与 分 析

2.1 水 分 和 粗 蛋 白 含 量

由表 1 可知,江西地区消费市场上的菜用大豆水分含量平均值为 72.7% (62%~82%),粗蛋白含量平均值为 11.0% (7.3%~17.3%)。

表1 江西省各地菜用大豆水分和粗蛋白含量

Table 1 Moisture and crude protein contents of vegetable soybeans in Jiangxi province 单位: $\text{g} \cdot (100 \text{ g})^{-1}$

| 地区 Area | 指标 Indicator | 最大值 Maximum | 最小值 Minimum | 平均值 Average | 标准差 Standard deviation | 变异系数 Coefficient of variation/% |
|--------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|------------------------------------|
| 永丰 Yongfeng | 水分 Moisture | 81.5 | 69.6 | 73.7 | 3.1 | 4.2 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 12.7 | 7.3 | 10.3 | 1.3 | 12.6 |
| 湖口 Hukou | 水分 Moisture | 76.5 | 71.3 | 73.8 | 2.6 | 3.5 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 11.8 | 8.5 | 10.3 | 1.7 | 16.5 |
| 万载 Wanzai | 水分 Moisture | 77.2 | 68.1 | 72.1 | 3.5 | 4.9 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 13.2 | 9.5 | 11.4 | 1.5 | 13.2 |
| 萍乡 Pingxiang | 水分 Moisture | 76.4 | 72.1 | 74.7 | 1.5 | 2.0 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 11.1 | 9.2 | 9.9 | 0.7 | 6.9 |
| 芦溪 Luxi | 水分 Moisture | 79.2 | 71.1 | 74.2 | 2.8 | 3.8 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 11.5 | 8.7 | 10.1 | 1.0 | 9.6 |
| 上栗 Shangli | 水分 Moisture | 79.9 | 72.3 | 74.9 | 2.3 | 3.1 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 10.6 | 8.2 | 9.7 | 0.8 | 8.5 |
| 宁都 Ningdu | 水分 Moisture | 73.9 | 67.3 | 71.5 | 2.4 | 3.3 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 13.4 | 9.3 | 11.6 | 1.3 | 10.9 |
| 泰和 Taihe | 水分 Moisture | 74.8 | 69.4 | 72.5 | 2.3 | 3.2 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 12.5 | 10.0 | 11.1 | 1.2 | 11.0 |
| 新余 Xinyu | 水分 Moisture | 78.8 | 71.2 | 75.8 | 2.2 | 2.9 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 11.0 | 7.9 | 9.8 | 1.1 | 10.8 |
| 吉水 Jishui | 水分 Moisture | 79.0 | 71.8 | 74.6 | 2.6 | 3.5 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 12.1 | 8.4 | 10.3 | 1.2 | 11.5 |
| 瑞金 Ruijin | 水分 Moisture | 73.7 | 67.0 | 71.2 | 2.6 | 3.7 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 13.0 | 10.3 | 11.7 | 1.1 | 9.8 |
| 于都 Yudu | 水分 Moisture | 72.8 | 66.8 | 69.6 | 2.0 | 2.9 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 14.8 | 11.1 | 12.6 | 1.1 | 8.4 |
| 龙南 Longnan | 水分 Moisture | 72.2 | 68.9 | 70.7 | 1.4 | 2.0 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 12.8 | 10.0 | 11.6 | 9.1 | 7.9 |
| 大余 Dayu | 水分 Moisture | 71.1 | 62.2 | 68.3 | 3.3 | 4.9 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 17.3 | 11.5 | 13.7 | 2.2 | 15.7 |
| 吉安 Ji'an | 水分 Moisture | 75.1 | 71.5 | 73.1 | 1.9 | 2.6 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 11.5 | 10.0 | 11.0 | 0.6 | 5.8 |
| 宜春 Yichun | 水分 Moisture | 74.7 | 63.0 | 68.5 | 5.5 | 8.1 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 13.8 | 10.7 | 12.4 | 1.5 | 12.1 |
| 高安 Gaoan | 水分 Moisture | 76.4 | 69.2 | 73.1 | 3.6 | 5.0 |
| | 粗蛋白 Crude protein | 11.6 | 8.4 | 9.8 | 1.6 | 16.3 |

2.2 氨基酸组分分析

由表2可知,从江西省菜用大豆中共检测出17种氨基酸,氨基酸含量丰富,总氨基酸含量平均为 $9.8 \text{ g} \cdot (100 \text{ g})^{-1}$,必需氨基酸含量平均 $3.3 \text{ g} \cdot (100 \text{ g})^{-1}$,非必需氨基酸含量为 $6.5 \text{ g} \cdot (100 \text{ g})^{-1}$,谷氨酸和天冬

氨酸含量最高,均值分别为 1.8 和 $1.3 \text{ g} \cdot (100 \text{ g})^{-1}$,蛋氨酸和半胱氨酸含量最低,均值分别为 0.07 和 $0.1 \text{ g} \cdot (100 \text{ g})^{-1}$ 。必需氨基酸(EAA)与总氨基酸(TAA)比值为 33.7% 。

表 2 江西省各地菜用大豆氨基酸含量

| | | Table 2 Amino acid contents in vegetable soybeans in Jiangxi province | | | | | | | | | | | 单位: g · (100 g) ⁻¹ | | | | | |
|------------------|-----------------------|---|-------|--------|-----------|------|---------|--------|-------|-------|--------|--------|-------------------------------|---------|-------|-------|--------|-------|
| 氨基酸 | Amino acids | 永丰 | 湖口 | 万载 | 萍乡 | 芦溪 | 上栗 | 宁都 | 泰和 | 新余 | 吉水 | 瑞金 | 于都 | 龙南 | 大余 | 吉安 | 宜春 | 高安 |
| | | Yongfeng | Hukou | Wanzai | Pingxiang | Luxi | Shangli | Ningdu | Taihe | Xinyu | Jishui | Ruijin | Yudu | Longnan | Dayu | Ji'an | Yichun | Gaoan |
| 必需氨基酸 | Essential amino acids | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 苏氨酸 Thr | | 0.36 | 0.35 | 0.40 | 0.31 | 0.33 | 0.35 | 0.39 | 0.36 | 0.33 | 0.34 | 0.40 | 0.45 | 0.41 | 0.49 | 0.36 | 0.45 | 0.34 |
| 缬氨酸 Val | | 0.45 | 0.46 | 0.50 | 0.39 | 0.43 | 0.45 | 0.50 | 0.46 | 0.43 | 0.44 | 0.52 | 0.55 | 0.51 | 0.63 | 0.46 | 0.57 | 0.44 |
| 蛋氨酸 Met | | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.05 | 0.08 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| 异亮氨酸 Ile | | 0.43 | 0.44 | 0.48 | 0.37 | 0.41 | 0.43 | 0.49 | 0.44 | 0.41 | 0.42 | 0.51 | 0.54 | 0.50 | 0.62 | 0.44 | 0.56 | 0.43 |
| 亮氨酸 Leu | | 0.72 | 0.73 | 0.79 | 0.61 | 0.66 | 0.69 | 0.80 | 0.72 | 0.66 | 0.68 | 0.82 | 0.90 | 0.81 | 1.00 | 0.72 | 0.91 | 0.68 |
| 苯丙氨酸 Phe | | 0.47 | 0.49 | 0.53 | 0.40 | 0.44 | 0.47 | 0.53 | 0.49 | 0.45 | 0.46 | 0.55 | 0.59 | 0.54 | 0.68 | 0.49 | 0.60 | 0.45 |
| 赖氨酸 Lys | | 0.63 | 0.63 | 0.71 | 0.56 | 0.59 | 0.63 | 0.69 | 0.63 | 0.58 | 0.60 | 0.68 | 0.78 | 0.71 | 0.85 | 0.64 | 0.80 | 0.62 |
| 天冬氨酸 Asp | | 1.19 | 1.36 | 1.41 | 1.13 | 1.24 | 1.40 | 1.39 | 1.33 | 1.27 | 1.26 | 1.27 | 1.56 | 1.33 | 1.64 | 1.33 | 1.55 | 1.27 |
| 谷氨酸 Glu | | 1.68 | 1.71 | 1.96 | 1.46 | 1.56 | 1.64 | 1.85 | 1.74 | 1.53 | 1.58 | 1.93 | 2.22 | 1.97 | 2.42 | 1.74 | 2.18 | 1.52 |
| 甘氨酸 Gly | | 0.42 | 0.42 | 0.46 | 0.37 | 0.40 | 0.42 | 0.46 | 0.43 | 0.39 | 0.40 | 0.48 | 0.53 | 0.48 | 0.57 | 0.43 | 0.52 | 0.41 |
| 丙氨酸 Ala | | 0.47 | 0.47 | 0.51 | 0.52 | 0.55 | 0.60 | 0.50 | 0.48 | 0.45 | 0.50 | 0.58 | 0.58 | 0.48 | 0.57 | 0.53 | 0.60 | 0.49 |
| 丝氨酸 Ser | | 0.49 | 0.50 | 0.55 | 0.42 | 0.45 | 0.48 | 0.53 | 0.49 | 0.45 | 0.46 | 0.54 | 0.63 | 0.56 | 0.68 | 0.49 | 0.62 | 0.45 |
| 半胱氨酸 Cys | | 0.09 | 0.10 | 0.12 | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.11 | 0.14 | 0.09 | 0.12 | 0.10 |
| 酪氨酸 Tyr | | 0.27 | 0.28 | 0.30 | 0.23 | 0.25 | 0.26 | 0.30 | 0.28 | 0.26 | 0.26 | 0.30 | 0.35 | 0.32 | 0.39 | 0.27 | 0.34 | 0.25 |
| 组氨酸 His | | 0.25 | 0.27 | 0.29 | 0.22 | 0.25 | 0.27 | 0.28 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.29 | 0.32 | 0.28 | 0.33 | 0.26 | 0.34 | 0.27 |
| 精氨酸 His | | 0.67 | 0.70 | 0.80 | 0.66 | 0.67 | 0.73 | 0.76 | 0.71 | 0.65 | 0.67 | 0.72 | 0.88 | 0.78 | 0.96 | 0.71 | 0.88 | 0.66 |
| 脯氨酸 Pro | | 0.46 | 0.47 | 0.52 | 0.39 | 0.42 | 0.45 | 0.51 | 0.47 | 0.43 | 0.44 | 0.52 | 0.58 | 0.53 | 0.67 | 0.45 | 0.58 | 0.44 |
| 总量 Total content | | 9.12 | 9.47 | 10.40 | 8.18 | 8.82 | 9.44 | 10.16 | 9.45 | 8.66 | 8.90 | 10.29 | 11.65 | 10.39 | 12.72 | 9.49 | 11.69 | 8.89 |

2.3 氨基酸评价结果

如表3所示,将菜用大豆蛋白质中7种必需氨基酸含量与FAO/WHO标准模式中必需氨基酸含

量进行比较,除蛋氨酸+半胱氨酸外,其余必需氨基酸含量均接近FAO/WHO标准模式水平,说明江西省菜用大豆中的必需氨基酸含量丰富。

表3 江西各地菜用大豆蛋白质中必需氨基酸含量

Table 3 Essential amino acid composition of proteins of vegetable soybeans in Jiangxi province

单位: $\text{g} \cdot (100 \text{ g})^{-1}$

| 项目 Item | 苏氨酸 Thr | 缬氨酸 Val | 蛋氨酸+半胱氨酸 Met + Cys | 异亮氨酸 Ile | 亮氨酸 Leu | 苯丙氨酸+赖氨酸 Phe + Tyr | 赖氨酸 Lys |
|--------------|---------|---------|-----------------------|-------------|------------|-----------------------|------------|
| FAO/WHO | 4.0 | 5.0 | 3.5 | 4.0 | 7.0 | 6.0 | 5.5 |
| 永丰 Yongfeng | 3.4 | 4.4 | 1.5 | 4.2 | 6.9 | 7.1 | 6.1 |
| 湖口 Hukou | 3.4 | 4.5 | 1.6 | 4.3 | 7.1 | 7.5 | 6.2 |
| 万载 Wanzai | 3.5 | 4.4 | 1.6 | 4.2 | 6.9 | 7.3 | 6.2 |
| 萍乡 Pingxiang | 3.1 | 4.0 | 1.3 | 3.7 | 6.1 | 6.4 | 5.7 |
| 芦溪 Luxi | 3.3 | 4.2 | 1.6 | 4.0 | 6.5 | 6.8 | 5.8 |
| 上栗 Shangli | 3.6 | 4.6 | 1.7 | 4.4 | 7.1 | 7.5 | 6.4 |
| 宁都 Ningdu | 3.4 | 4.3 | 1.5 | 4.2 | 6.9 | 7.2 | 6.0 |
| 泰和 Taihe | 3.2 | 4.1 | 1.5 | 4.0 | 6.5 | 6.9 | 5.7 |
| 新余 Xinyu | 3.3 | 4.4 | 1.4 | 4.2 | 6.7 | 7.2 | 6.0 |
| 吉水 Jishui | 3.3 | 4.2 | 1.4 | 4.1 | 6.6 | 7.0 | 5.8 |
| 瑞金 Ruijin | 3.4 | 4.5 | 1.5 | 4.3 | 7.1 | 7.3 | 5.8 |
| 于都 Yudu | 3.6 | 4.4 | 1.6 | 4.2 | 7.1 | 7.5 | 6.2 |
| 龙南 Longnan | 3.5 | 4.4 | 1.6 | 4.3 | 7.0 | 7.4 | 6.2 |
| 大余 Dayu | 3.6 | 4.6 | 1.7 | 4.5 | 7.3 | 7.8 | 6.2 |
| 吉安 Ji'an | 3.3 | 4.2 | 1.4 | 4.0 | 6.5 | 6.9 | 5.8 |
| 宜春 Yichun | 3.6 | 4.6 | 1.5 | 4.4 | 7.3 | 7.5 | 6.4 |
| 高安 Gaoan | 3.5 | 4.6 | 1.7 | 4.4 | 7.0 | 7.2 | 6.4 |

如表4所示:从RAA值和RC值可知,菜用大豆的第一限制氨基酸为蛋氨酸+半胱氨酸,氨基酸比值系数分(SRC)为71.4~75.4,其中芦溪地区菜

用大豆氨基酸的SRC最高,其次是高安地区;必需氨基酸指数EAAI值为91.3~93.7,其中芦溪地区最高,其次是高安地区。

表4 江西省各地区菜用大豆氨基酸评分

Table 4 Amino acid scores of vegetable soybean in Jiangxi province

| 地区 Area | 指数 Index | 必需氨基酸 Essential amino acids | | | | | | | SRC | EAAI |
|-------------|-------------|-----------------------------|------------|-----------------------|-------------|------------|-----------------------|------------|------|------|
| | | 苏氨酸 Thr | 缬氨酸 Val | 蛋氨酸+半胱氨酸 Met + Cys | 异亮氨酸 Ile | 亮氨酸 Leu | 苯丙氨酸+赖氨酸 Phe + Tyr | 赖氨酸 Lys | | |
| 永丰 Yongfeng | RAA | 0.86 | 0.88 | 0.43 | 1.05 | 0.99 | 1.19 | 1.12 | 72.9 | 92.4 |
| | RC | 0.93 | 0.94 | 0.46 | 1.12 | 1.06 | 1.28 | 1.20 | | |
| 湖口 Hukou | RAA | 0.86 | 0.89 | 0.46 | 1.08 | 1.02 | 1.24 | 1.12 | 73.3 | 92.7 |
| | RC | 0.90 | 0.94 | 0.48 | 1.13 | 1.07 | 1.30 | 1.18 | | |
| 万载 Wanzai | RAA | 0.87 | 0.88 | 0.46 | 1.06 | 0.99 | 1.21 | 1.12 | 74.4 | 93.0 |
| | RC | 0.95 | 0.95 | 0.52 | 1.14 | 1.07 | 1.32 | 1.22 | | |
| 安源 Anyuan | RAA | 0.78 | 0.80 | 0.37 | 0.94 | 0.88 | 1.07 | 1.03 | 72.1 | 92.1 |
| | RC | 0.94 | 0.95 | 0.44 | 1.12 | 1.04 | 1.27 | 1.24 | | |
| 芦溪 Luxi | RAA | 0.82 | 0.84 | 0.46 | 1.00 | 0.93 | 1.13 | 1.05 | 75.4 | 93.7 |
| | RC | 0.92 | 0.95 | 0.52 | 1.12 | 1.04 | 1.27 | 1.18 | | |
| 上栗 Shangli | RAA | 0.90 | 0.92 | 0.48 | 1.10 | 1.02 | 1.26 | 1.17 | 73.9 | 93.1 |
| | RC | 0.92 | 0.95 | 0.49 | 1.12 | 1.04 | 1.29 | 1.20 | | |
| 宁都 Ningdu | RAA | 0.85 | 0.87 | 0.43 | 1.05 | 0.98 | 1.20 | 1.09 | 73.0 | 91.3 |
| | RC | 0.91 | 0.94 | 0.47 | 1.14 | 1.06 | 1.30 | 1.18 | | |

表 4(续)

| 地区 Area | 指数 Index | 必需氨基酸 Essential amino acids | | | | | | | SRC | EAAI |
|------------|-------------|-----------------------------|------------|-------------------------|-------------|------------|-------------------------|------------|------|------|
| | | 苏氨酸 Thr | 缬氨酸 Val | 蛋氨酸 + 半胱氨酸 Met + Cys | 异亮氨酸 Ile | 亮氨酸 Leu | 苯丙氨酸 + 赖氨酸 Phe + Tyr | 赖氨酸 Lys | | |
| 泰和 Taihe | RAA | 0.81 | 0.83 | 0.43 | 1.00 | 0.93 | 1.15 | 1.04 | 73.4 | 92.9 |
| | RC | 0.91 | 0.94 | 0.48 | 1.14 | 1.05 | 1.31 | 1.17 | | |
| 渝水 Yushui | RAA | 0.83 | 0.87 | 0.40 | 1.04 | 0.96 | 1.20 | 1.08 | 71.8 | 92.0 |
| | RC | 0.91 | 0.95 | 0.44 | 1.15 | 1.05 | 1.31 | 1.19 | | |
| 吉水 Jishui | RAA | 0.81 | 0.85 | 0.41 | 1.02 | 0.94 | 1.17 | 1.05 | 72.6 | 92.4 |
| | RC | 0.91 | 0.95 | 0.46 | 1.14 | 1.05 | 1.31 | 1.17 | | |
| 瑞金 Ruijin | RAA | 0.86 | 0.89 | 0.44 | 1.09 | 1.01 | 1.22 | 1.06 | 73.1 | 92.6 |
| | RC | 0.91 | 0.95 | 0.47 | 1.16 | 1.08 | 1.30 | 1.13 | | |
| 于都 Yudu | RAA | 0.89 | 0.87 | 0.47 | 1.06 | 1.02 | 1.25 | 1.12 | 74.0 | 93.0 |
| | RC | 0.94 | 0.92 | 0.49 | 1.11 | 1.06 | 1.30 | 1.17 | | |
| 龙南 Longnan | RAA | 0.88 | 0.87 | 0.46 | 1.07 | 1.00 | 1.23 | 1.12 | 73.6 | 92.9 |
| | RC | 0.93 | 0.92 | 0.49 | 1.13 | 1.06 | 1.30 | 1.18 | | |
| 大余 Dayu | RAA | 0.89 | 0.91 | 0.47 | 1.12 | 1.04 | 1.30 | 1.13 | 73.0 | 92.7 |
| | RC | 0.91 | 0.93 | 0.48 | 1.15 | 1.06 | 1.32 | 1.15 | | |
| 吉安 Ji'an | RAA | 0.81 | 0.84 | 0.41 | 1.01 | 0.93 | 1.15 | 1.06 | 72.9 | 92.6 |
| | RC | 0.92 | 0.95 | 0.46 | 1.14 | 1.05 | 1.30 | 1.19 | | |
| 宜春 Yichun | RAA | 0.89 | 0.92 | 0.42 | 1.11 | 1.04 | 1.26 | 1.17 | 71.5 | 92.4 |
| | RC | 0.92 | 0.94 | 0.43 | 1.14 | 1.07 | 1.29 | 1.20 | | |
| 高安 Gaoan | RAA | 0.87 | 0.91 | 0.49 | 1.10 | 1.00 | 1.20 | 1.16 | 74.8 | 93.5 |
| | RC | 0.91 | 0.95 | 0.51 | 1.15 | 1.04 | 1.25 | 1.20 | | |

2.4 聚类分析

2.4.1 不同地区来源菜用大豆的系统聚类分析

如图 1 所示:在最大组内联接距为 9 时可将 17 个地区分采用大豆为 3 类。第一类来自芦溪、高安和万载,该类菜用大豆蛋白质营养价值评价最好;第二

类来自湖口、泰和、龙南、上栗、永丰、吉安、宁都、瑞金、吉水、大余和于都等地区,该类菜用大豆蛋白营养价值评价较第一类低;第三类来自萍乡安源、新余渝水和宜春地区,该类菜用大豆蛋白质营养价值评价最低。

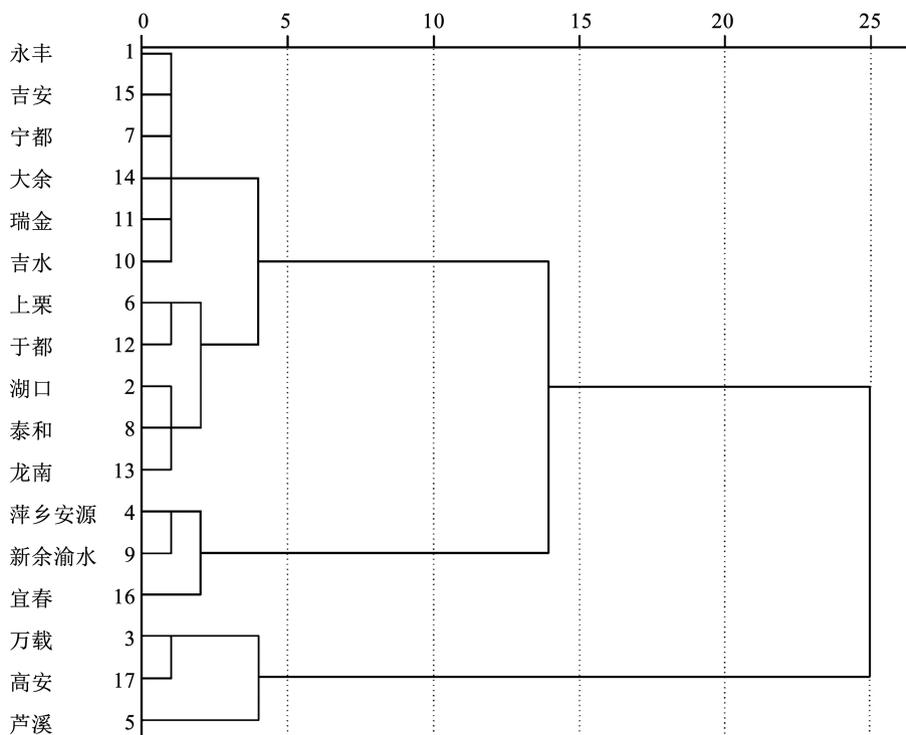


图 1 江西省菜用大豆系统聚类分析

Fig. 1 Hierarchical cluster analysis of vegetable soybeans in Jiangxi province

2.4.2 分类结果的显著性分析 聚类分析所得3个类别之间 SRC 和 EAAI 指标方差齐性检验结果分别为 0.568 和 0.774, 均高于设定的显著性水平 0.05, 结果不显著, 说明所选的分类指标方差是齐性

的。单因素方差分析结果如表 5 所示, SRC 和 EAAI 两个分类指标均呈显著性差异 ($P < 0.05$), 说明根据这两个指标划分的聚类组别有显著性差异, 其分类结果可靠。

表 5 江西各地区菜用大豆分类指标单因素方差分析

Table 5 Single factor variance analysis of classification index of vegetable soybeans in Jiangxi province

| 分类指标 Classification index | 项目 Item | 平方和 Sum of squares | 自由度 Freedom | 均方 Mean square | <i>F</i> | 显著性 Significance |
|------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|-------------------|----------|---------------------|
| SRC | 组间 Between distance | 14.137 | 2 | 7.068 | 37.570 | 0.000 |
| | 组内 Intra distance | 2.634 | 14 | 0.188 | | |
| | 总计 Total | 16.771 | 16 | | | |
| EAAI | 组间 Between distance | 0.000 | 2 | 0.000 | 6.193 | 0.012 |
| | 组内 Intra distance | 0.000 | 14 | 0.000 | | |
| | 总计 Total | 0.001 | 16 | | | |

3 讨论

相关研究显示, 早熟菜用大豆粗蛋白干重含量分布在 39.20% ~ 43.58%^[16]。江西地区菜用大豆粗蛋白含量以干重计为 40.1%, 变异系数为 6.0%。粗蛋白质以鲜重计为 11.0%, 变异系数为 14.7%。这与其他菜用大豆蛋白含量差异不大。徐兆生等^[17]对 55 份菜用大豆的品质分析中, 粗蛋白含量均值为 39.93% (干重)、14.35% (鲜重)。陈华涛等^[18]对 9 个不同品种的菜用大豆分析中, 粗蛋白含量为 10.64% ~ 16.36% (鲜重)。张玉梅等^[3]分析表明南方菜用大豆中粗蛋白质含量分布在 35.0% ~ 40.0% (干重)。山西优质专用菜用大豆的粗蛋白含量为 42.27% ~ 45.85% (干重)^[19]。菜用大豆的食用品质并不是蛋白质含量越高越好, 研究结果显示, 菜用大豆的食用品质与蛋白质含量呈负相关^[1], 这是因为在菜用大豆籽粒成熟过程中, 许多与食用品质相关的游离氨基酸也转化成为了蛋白质, 这就导致了口感变差, 另外糖含量、脂肪酸含量等也发生了相应的变化^[20-23]。菜用大豆籽粒中蛋白质含量随籽粒的成熟不断增加^[21], 在鲜食期平均含量比成熟期籽粒中的蛋白质含量少, 因此菜用大豆的蛋白质鲜重含量一般与采摘时期, 也就是大豆的成熟度直接相关。本研究的数据分析结果也可以看出, 菜用大豆中粗蛋白含量与水分含量呈负相关关系。因此, 相对于菜用大豆蛋白含量的高低, 应更加关注菜用大豆蛋白质营养价值的高低。

由于本研究采集的菜用大豆成熟度各不相同, 其中的水分含量和蛋白质含量具有显著差异, 因此本研究采用了不受食物中水分和蛋白质含量影响的氨基酸比值系数法^[24]对菜用大豆中蛋白质营养价值进行评价。RAA 值及 RC 值越接近 1, 则表示其越接近 FAO/WHO 模式蛋白营养价值水平, RC 值最低的氨基酸为该样品的第一限制氨基酸^[25-26]。根据 RC 值进一步计算得到 SRC, SRC 值越接近 100, 说明该样品的蛋白质营养价值越高。评价结果显示, 江西省菜用大豆比值系数分均高于 70, 必需氨基酸指数 EAAI 均高于 90, 属于优质蛋白, 第一限制氨基酸为蛋氨酸 + 半胱氨酸, 与粒用大豆的限制氨基酸一样^[27]。系统聚类分析江西省 17 个地区的菜用大豆发现, 蛋白质营养价值存在一定的地区差异性, 芦溪、高安、万载等地区所种植的菜用大豆营养价值最高, 而宜春、新余、萍乡等地区所种植的菜用大豆营养价值最低。造成各地菜用大豆营养价值差异的原因可能与各地种质资源不尽相同, 各地区地貌, 区域气候差异较大, 气温时空分布较为复杂, 土壤性质和肥力属性具有地域差异等原因有关。其他的相关研究也证实, 地理、生态、气候、田间管理等多种因素影响农作物的氨基酸等营养成分组分和含量。古世禄等^[28]的研究发现海拔对谷子中氨基酸的含量影响显著, 孟祥勋等^[29]发现大豆籽粒蛋白质的氨基酸组成随着纬度和海拔的高低变化有明显的规律性变化, 张美微等^[30]发现小麦籽粒氨基酸及组分受高温胁迫影响显著, 土壤中的

元素对大豆作物蛋白质和氨基酸组成也会产生明显影响^[31]。

4 结论

本研究通过氨基酸比值系数法评价江西 17 个地区 111 个菜用大豆氨基酸和蛋白质的营养价值水平,经系统聚类分析将江西省 17 个地区的菜用大豆分为 3 大类,发现芦溪、高安、万载等地区所种植的菜用大豆营养价值最高,而宜春、新余、萍乡等地区所种植的菜用大豆营养价值最低,说明江西省菜用大豆蛋白质营养价值水平存在地区差异,在江西省发展菜用大豆应综合考虑品种、地区、土壤肥力等因素。

参考文献

[1] 张秋英,李彦生,刘长锴,等. 菜用大豆食用品质关键组分及其积累动态研究[J]. 作物学报, 2015, 41(11): 1692-1700. (ZHANG Q Y, LI Y S, LIU C K, et al. Key components of eating quality and their dynamic accumulation in vegetable soybean varieties [*Glycine max* (L.) Merr.] [J]. Acta Agronomica Sinica, 2015, 41(11): 1692-1700.)

[2] 韩立德. 菜用大豆品质研究概况[C]. 合肥:安徽食品安全博士科技论坛, 2005. (HAN L D. Researches on quality of vegetable soybean[C]. Hefei: Anhui PhD Technology Forum on Food Safety Science, 2005)

[3] 张玉梅,赵晋铭,王明军,等. 南方菜用大豆资源营养品质性状的遗传变异[J]. 大豆科学, 2006, 25(3): 239-243. (ZHANG Y M, ZHAO J M, WANG M J, et al. Genetic variance of nutritional quality of vegetable soybean germplasm of *Glycine max* Merr. in southern China[J]. Soybean Science, 2006, 25(3): 239-243.)

[4] 王兴臣. 日本菜用大豆新品种及其栽培技术[J]. 大豆通报, 2002(6): 13. (WANG X C. New varieties of vegetable soybean from Japan and their cultivation techniques[J]. Soybean Bulletin, 2002(6): 13.)

[5] 黄建成,徐树传,林国强. 台湾菜用大豆品质研究概述[J]. 台湾农业情况, 1996(2): 22. (HUANG J C, XU S C, LIN G Q. Study on quality of vegetable soybean in Taiwan[J]. Taiwan Agricultural Research, 1996(2): 22.)

[6] 韩天富. 中国菜用大豆的种植制度和品种类型[J]. 大豆科学, 2002, 21(2): 83-87. (HAN T F. Farming systems and ecotypes of vegetable soybeans in China[J]. Soybean Science, 2002, 21(2): 83-87.)

[7] 张秋英,李彦生,王国栋,等. 菜用大豆品质及其影响因素研究进展[J]. 大豆科学, 2010, 29(6): 1065-1070. (ZHANG Q Y, LI Y S, WANG G D, et al. Quality and factors involved in vegetable soybean production[J]. Soybean Science, 2010, 29(6): 1065-1070.)

[8] 陈霞,刘丽君,赵贵兴,等. 不同播期鲜食大豆品种生育特性及品质评价[J]. 大豆科学, 2008, 27(6): 988-992. (CHEN X, LIU L J, ZHAO G X, et al. Development traits and quality of vegetable soybeans under different planting date [J]. Soybean Science, 2008, 27(6): 988-992.)

[9] SONG J, LIU C, LI D, et al. Evaluation of sugar, free amino acid, and organic acid compositions of different varieties of vegetable soybean (*Glycine max* [L.] Merr) [J]. Industrial Crops & Products, 2013, 50: 743-749.

[10] 杨孟迪. 阿拉尔引种不同大豆品种营养成分及次生代谢产物的比较研究[D]. 阿拉尔:塔里木大学, 2020. (YANG M D. Comparative study on nutritional components and secondary metabolites of different soybean varieties introduced to Alar[D]. Alar: Tarim University, 2020.)

[11] BANDILLO N B, ANDERSON J E, KANTAR M B, et al. Dissecting the genetic basis of local adaptation in soybean[J]. Scientific Reports, 2017, 7(1): 17195.

[12] 张英虎. 中国大豆地方品种群体籽粒性状的遗传解析及其在设计育种中的应用[D]. 南京:南京农业大学, 2014. (ZHANG Y H. Genetic dissection of seed traits of the chinese soybean landrace population and its utilization in breeding by design[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2014.)

[13] LI Y, GUAN R, LIU Z, et al. Genetic structure and diversity of cultivated soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) landraces in China [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2008, 117: 857-871.

[14] 孙明珠,刘鹏涛,龙珑,等. 江西省豆类生产现状、问题及发展对策[J]. 中国农技推广, 2016, 32(7): 13-15. (SUN M Z, LIU P T, LONG L, et al. Production status, problems and development countermeasures of legume in Jiangxi province[J]. China Agricultural Technology Extension, 2016, 32(7): 13-15.)

[15] WHO/FAO. Energy and protein requirements [M]. Geneva: WHO, 1973.

[16] 张惠君,路茸,王海英,等. 早熟菜用大豆农艺性状、籽粒产量和品质形成规律的研究[J]. 大豆科学, 2009, 28(4): 659-664. (ZHANG H J, LU R, WANG H Y, et al. Study on agronomic traits grain yield and quality of early-maturing vegetable-type soybeans[J]. Soybean Science, 2009, 28(4): 659-664.)

[17] 徐兆生,王素,魏民,等. 菜用大豆种质资源营养成分分析[J]. 作物品种资源, 1995(3): 40-41. (XU Z S, WANG S, WEI M, et al. Nutritional quality analysis of vegetable soybean germplasm resources [J]. China Seed Industry, 1995 (3): 40-41.)

[18] 陈华涛,陈新,顾和平,等. 不同基因型菜用大豆品质构成因子的比较[J]. 江苏农业学报, 2012, 285(6): 1508-1510. (CHEN H T, CHEN X, GU H P, et al. Comparison of quality components of different genotypes of vegetable soybean [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2012, 285 (6): 1508-1510.)

[19] 王军,张海生,李方舟,等. 山西省优质专用菜用大豆品种特性及高产栽培技术[J]. 大豆科技, 2020(6): 36-40. (WANG J, ZHANG H S, LI F Z, et al. Characteristics of vegetable

- soybean cultivars adapted to Shanxi province and their high yielding practices [J]. *Soybean Science and Technology*, 2020 (6): 36-40.)
- [20] 张玉梅, 胡润芳, 林国强. 菜用大豆品质形状研究进展[J]. *大豆科学*, 2013, 32(5): 698-702. (ZHANG Y M, HU R F, LIN G Q. Research advance on quality traits of vegetable soybean [J]. *Soybean Science*, 2013, 32(5): 698-702.)
- [21] 李彦生. 菜用大豆食用品质形成及调控研究[D]. 长春: 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 2013. (LI Y S. Formation and regulation of edible quality in vegetable soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) [D]. Changchun: Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Science, 2013.)
- [22] HU R, ZHANG Y, CHEN Y, et al. Dynamic metabolic profiling in vegetable soybean seed development [J]. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 2018, 30(2): 90-98.
- [23] MOHAMED A I, RANGAPPA M. Nutrient composition and anti-nutritional factors in vegetable soybean: II. Oil, fatty acids, sterols, and lipoxygenase activity [J]. *Food Chemistry*, 1992, 44 (4): 277-282.
- [24] 朱圣陶, 吴坤. 蛋白质营养价值评价: 氨基酸比值系数法 [J]. *营养学报*, 1988, 10(2): 187-190. (ZHU S T, WU K. Nutritional evaluation of protein: Ratio coefficient of amino acid [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 1988, 10(2): 187-190.)
- [25] 刘柏林, 于雪荣, 赵紫薇, 等. 7种杂豆营养成分含量分析及营养评价[J]. *安徽预防医学杂志*, 2020, 26(4): 270-276. (LIU B L, YU X R, ZHAO Z W, et al. Analysis and evaluation of the nutrient composition for seven kinds of beans [J]. *Anhui Journal of Preventive Medicine*, 2020, 26(4): 270-276.)
- [26] 李倩倩, 刘玥玥, 李凡, 等. 六种市售禽蛋蛋清氨基酸主成分分析与综合评价[J]. *食品与发酵工业*, 2018, 44(1): 224-229. (LI Q Q, LIU Y Y, LI F, et al. Principal component analysis and comprehensive evaluation of amino acids in egg white from six kinds of eggs [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2018, 44(1): 224-229.)
- [27] 石贵阳, 阚冲, 陈竹, 等. 西南地区大豆品种的蛋白质营养价值评价[J]. *种子*, 2021, 40(7): 26-32. (SHI G Y, KAN C, CHEN Z, et al. Evaluation of protein nutritional value of soybean varieties in southwest China [J]. *Seed*, 2021, 40(7): 26-32.)
- [28] 古世禄, 古晓红, 耿聚平. 不同土壤与海拔高度对谷子(粟)蛋白质氨基酸组成的影响[J]. *中国生态农业研究*, 2000, 8(3): 34-37. (GU S L, GU X H, GENG J P. Effects of different soil and altitude on protein and amino acid composition of foxtail millet [J]. *Eco-Agriculture Research*, 2000, 8(3): 34-37.)
- [29] 孟祥勋, 胡明祥, 张明. 生态环境对大豆子粒氨基酸组成的影响[J]. *吉林农业科学*, 1988(1): 13-19, 34. (MENG X X, HU M X, ZHANG M. Effects of ecological environment on amino acid composition of soybean seeds [J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 1988(1): 13-19, 34.)
- [30] 张美微, 王晨阳, 敬海霞, 等. 灌浆期高温对冬小麦籽粒氨基酸含量和组成的影响[J]. *生态学报*, 2016, 36(18): 5725-5731. (ZHANG M W, WANG C Y, JING H X, et al. Effects of high temperature during grain filling on the content and composition of amino acids in the grains of two winter wheat cultivars [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(18): 5725-5731.)
- [31] 任红玉, 李昊阳, 陈海燕, 等. 稀土镧和铈对大豆蛋白质含量和氨基酸组成的影响及营养评价[J]. *食品科学*, 2019, 40(6): 9-15. (REN H Y, LI H Y, CHEN H Y, et al. Effects of foliar application of lanthanum and cerium on protein content and amino acid composition of soybeans and nutritional evaluation [J]. *Food Science*, 2019, 40(6): 9-15.)

欢迎订阅 2023 年《大豆科学》

《大豆科学》是由黑龙江省农业科学院主管、主办的大豆专业性学术期刊,被国内外多家重要数据库收录的核心期刊。主要刊登有关大豆遗传育种、品种资源、生理生态、耕作栽培、植物保护、营养肥料、生物技术、食品加工、药用功能及工业用途等方面的学术论文、科研报告、研究简报、国内外研究述评、学术活动简讯和新品种介绍等。

《大豆科学》为双月刊,16开本,国内外公开发行。国内每期定价:40.00元,全年240.00元,邮发代号:14-95。国外每期定价:40.00美元(含邮资),全年240.00美元,国外邮发代号:Q5587。全国各地邮局均可订阅。

地 址: 哈尔滨市松北区创新三路800号

邮 编: 150023

电 话: 0451-51522862

网 址: <http://ddkx.haasep.cn>

E-mail: soybeanscience@vip.163.com

