

## 不同品种类型芝麻品质性状的比较分析

贾廷伟<sup>1</sup>, 江晓林<sup>2</sup>, 刘艳阳<sup>2</sup>, 崔承齐<sup>2</sup>, 杜俊伟<sup>1</sup>, 杜振伟<sup>2</sup>, 武 轲<sup>2</sup>, 梅鸿献<sup>2</sup>, 郑永战<sup>2</sup>

(1. 周口市农业生态与资源利用站, 河南 周口 466000; 2. 河南省农业科学院 芝麻研究中心, 郑州 450008)

**摘要:**为全面分析不同品种类型芝麻的品质性状及其与重要农艺性状间的关系, 筛选 294 个代表性芝麻品种资源, 通过多点种植和测定籽粒脂肪、蛋白质、芝麻素和芝麻林素含量, 对不同品种类型芝麻的品质性状进行了差异比较, 并对品质性状之间和品质性状与农艺性状的相关性进行了分析。结果表明, 294 个芝麻品种脂肪、蛋白质、芝麻素和芝麻林素平均含量分别为 52.77%、20.41%、3.10 mg/g 和 1.92 mg/g。不同株型芝麻, 单秆型品种脂肪、芝麻素含量极显著高于分枝型品种, 蛋白质含量显著低于分枝型品种, 芝麻林素含量差异不显著; 不同叶腋花数芝麻, 单花型品种脂肪、芝麻素含量极显著低于三花型品种, 蛋白质含量极显著高于三花型品种, 芝麻林素含量显著低于三花型品种。不同品种芝麻脂肪含量与蛋白质含量呈极显著负相关, 与芝麻素、芝麻林素含量呈极显著正相关; 蛋白质含量与芝麻素、芝麻林素含量呈极显著负相关; 芝麻素与芝麻林素含量呈极显著正相关; 脂肪含量与生育期、籽粒颜色  $L^*$  值、 $b^*$  值呈极显著正相关, 与千粒重、籽粒长度、宽度、长宽比和籽粒颜色  $a^*$  值呈极显著负相关; 蛋白质含量与千粒重、籽粒长度、籽粒宽度、籽粒长宽比呈极显著正相关, 与生育期、籽粒颜色  $L^*$  值及  $b^*$  值呈极显著负相关, 与籽粒颜色  $a^*$  值相关性不显著; 芝麻素含量与生育期呈显著正相关, 与籽粒长宽比、籽粒颜色  $L^*$  值及  $b^*$  值呈极显著正相关, 与千粒重、籽粒长度呈极显著负相关, 与籽粒宽度、颜色  $a^*$  值相关性不显著; 芝麻林素含量与生育期、籽粒颜色  $a^*$  值及  $b^*$  值呈极显著正相关, 与千粒重、籽粒长度、籽粒宽度呈极显著负相关, 与籽粒长宽比、籽粒颜色  $L^*$  值相关性不显著。

**关键词:** 芝麻; 品质性状; 农艺性状; 株型; 叶腋花数

中图分类号: S435.6; S565.3 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2021)08-0081-06

### Comparison of seed quality traits among different variety groups in sesame

JIA Tingwei<sup>1</sup>, JIANG Xiaolin<sup>2</sup>, LIU Yanyang<sup>2</sup>, CUI Chengqi<sup>2</sup>, DU Junwei<sup>1</sup>, DU Zhenwei<sup>2</sup>, WU Ke<sup>2</sup>, MEI Hongxian<sup>2</sup>, ZHENG Yongzhan<sup>2</sup>

(1. Zhoukou Station of Agricultural Ecology and Resource Utilization, Zhoukou 466000, Henan, China; 2. Henan Sesame Research Center, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450008, China)

**Abstract:** In order to comprehensively analyzing the quality traits among different varieties and types of sesame and the relationship between the quality traits and important agronomic traits, 294 representative

收稿日期: 2021-04-08; 修回日期: 2021-05-31

基金项目: 河南省重大科技专项(201300110600); 河南省重点研发与推广专项(202102110026); 国家特色油料产业技术体系项目(CARS-14); 河南省农业科学院基本科研业务费项目(2021ZC69); 河南省农业科学院基础性科研工作(2020JC08, 2021JC13)

作者简介: 贾廷伟(1973), 男, 高级农艺师, 主要从事油料作物品种评价与推广(E-mail)417015352@qq.com。

通信作者: 梅鸿献, 副研究员, 博士(E-mail)meihx2003@126.com; 郑永战, 研究员, 博士(E-mail)sesame168@163.com。

sesame varieties were selected and planted in two locations, and four quality traits of sample were tested and evaluated. The differences of the quality traits were compared, and the correlation between different quality traits and the quality traits and agronomic traits were analyzed. The results showed that the means of 294 sesame varieties oil, protein, sesamin and sesamolins contents were 52.77%, 20.41%, 3.10 mg/g and 1.92 mg/g, respectively. The oil and

sesamin contents of single-stemmed variety group were very significantly higher than that of branched group, and the protein content was significantly lower than that of branched group, and there was no significant difference in sesamol content. The oil and sesamin contents of mono-flowered variety group were very significantly lower than that of tri-flowered group, and the sesamol content was significantly lower than that of tri-flowered group, and protein content was very significantly higher than that of tri-flowered varieties. The oil content had an extremely significant negative correlation with protein content, but showed highly significant positive correlations with sesamin and sesamol contents. The protein content showed highly significant negative correlations with sesamin and sesamol contents, and a highly significant positive correlation was also found between sesamin and sesamol contents. The oil content showed high significant positive correlations with growth period, seed color  $L^*$  and  $b^*$  values, but it had high significant negative associations with the 1 000-seed weight, seed length, width, length/width ratio and seed color  $a^*$  value. The protein content had very significant positive correlations with 1 000-seed weight, seed length, width, and length/width ratio, while it had very significant negative correlations with growth period, seed color  $L^*$  and  $b^*$  values, and there was no significant correlation with seed color  $a^*$  value. The sesamin content had significant or very significant positive correlations with growth period, seed length/width ratio, color  $L^*$  and  $b^*$  values, but it had very significant negative correlations with 1000-seed weight and seed length, and there was no significant correlation with seed width and color  $a^*$  value. The sesamol content showed high significant positive correlations with growth period, color  $a^*$  and  $b^*$  values, but it had highly significant negative correlations with 1 000-seed weight, seed length and width, and there was no significant correlation with seed length/width ratio and color  $L^*$  value.

**Key words:** sesame; quality trait; agronomic trait; flowers per leaf axil

芝麻(*Sesamum indicum* L.)是一种古老的优质油料作物,芝麻种子富含脂肪和蛋白质,一般脂肪含量为50%~55%,蛋白质含量为18%~22%<sup>[1]</sup>;芝麻油以不饱和脂肪酸为主,油酸和亚油酸总含量可达85%以上,且比例接近1:1<sup>[2]</sup>;芝麻蛋白含有人体必需的8种氨基酸,组分齐全,除赖氨酸含量稍低外,其他必需氨基酸含量均达到FAO/WHO的参考标准<sup>[3]</sup>。除此之外,芝麻中还含有芝麻素、芝麻林素、维生素E等多种生物活性物质,这些物质除具有天然抗氧化性外,还具有促进乙醇代谢、抗高血压、降血糖、抗癌等医疗保健功能,近年来引起了广泛的关注<sup>[4-5]</sup>。随着人们生活水平的提高和健康意识的增强,消费市场对高品质、多功能、高值化的产品更加重视,芝麻加工将进一步向精深化、品质化、功能化和多元化方向发展<sup>[6-7]</sup>。针对市场需求,培育优质专用型芝麻品种,并通过良种良法配套生产出具有市场竞争力的芝麻产品显得尤为重要。

国内外学者在芝麻脂肪、蛋白质、芝麻素、芝麻林素含量以及脂肪酸组成等品质性状测定和相互关系分析方面做了大量研究。中国农业科学院油料作

物研究所油料作物品质分析课题组<sup>[8]</sup>对347份芝麻种质资源进行脂肪、蛋白质含量及脂肪酸组成分析发现,脂肪含量与蛋白质含量呈明显负相关,单秆型品种脂肪含量和蛋白质含量均高于分枝型品种,脂肪含量具有随种皮颜色加深而降低的趋势,蛋白质含量则具有相反趋势,早熟品种脂肪含量高于中熟品种,但蛋白质含量无明显差异。Tashiro等<sup>[9]</sup>对42份芝麻的脂肪、芝麻素和芝麻林素含量进行测定,结果表明,脂肪含量与芝麻素含量呈显著正相关,而与芝麻林素含量相关性不显著,白芝麻脂肪、芝麻素含量显著高于黑芝麻,但芝麻林素含量差异不显著。柳家荣等<sup>[10]</sup>对410份芝麻种质资源的脂肪、蛋白质含量及脂肪酸组成进行测定,结果表明,脂肪含量和蛋白质含量呈极显著负相关,随种皮颜色加深,脂肪含量降低。张秀荣等<sup>[11]</sup>对鄂豫皖1201份芝麻种质资源品质进行分析发现,脂肪含量与蛋白质含量呈极显著负相关,单秆型品种脂肪含量高于分枝型品种,而蛋白质含量低于分枝型品种,随种皮颜色加深,脂肪和蛋白质含量均有降低的趋势。黄尚琼<sup>[12]</sup>对2967份芝麻种质资源品质进行分析发现,脂肪和蛋白质含量均随种皮颜色加深而降低,脂肪含量

随生育期的延长而增加。张秀荣等<sup>[13]</sup>分析了48份芝麻的脂肪、蛋白质、芝麻明(芝麻素)、芝麻酚和芝麻林酚(芝麻林素)含量,认为脂肪含量与蛋白质含量呈极显著负相关,与芝麻素含量呈显著正相关,芝麻素含量与芝麻林素含量呈极显著正相关,蛋白质含量与芝麻酚含量呈显著正相关。Wang等<sup>[14]</sup>对215份芝麻核心种质进行芝麻素和芝麻林素含量测定发现:芝麻素含量与芝麻林素含量呈正相关,白色、棕色、黄色和黑色品种中相关系数分别为0.23、0.44、0.72和0.77;白色品种芝麻素含量显著高于棕色、黄色和黑色品种,黄色品种显著高于黑色品种;白色品种芝麻林素含量显著高于棕色、黄色和黑色品种。梅鸿献等<sup>[15]</sup>对209份芝麻种质资源的脂肪、蛋白质和芝麻素含量进行了分析,结果表明,脂肪含量与蛋白质含量呈极显著负相关,与芝麻素含量呈显著正相关,蛋白质含量与芝麻素含量相关性不显著,随籽粒颜色的加深脂肪含量呈下降趋势,蛋白质含量则呈上升趋势,芝麻素含量差异不显著。高锦鸿等<sup>[16]</sup>对212份芝麻品种资源在4个不同生态区种植获得的818份材料进行芝麻素和芝麻林素分析,结果表明:芝麻素含量与芝麻林素含量相关性不显著,二者含量均随着产地纬度升高而增加;芝麻素含量与千粒重呈极显著负相关,与籽粒颜色 $L^*$ 值呈极显著正相关;芝麻林素含量与千粒重呈极显著正相关,与籽粒颜色 $L^*$ 值相关性不显著。吴坤等<sup>[17]</sup>对224个芝麻重组自交系在3个环境下的含油量、蛋白质含量及芝麻素含量进行相关性分析,结果表明,含油量与蛋白质含量呈显著负相关,与芝麻素含量呈显著正相关,蛋白质含量与芝麻素含量呈显著负相关。由于以往部分研究中采用的品种数量有限,或者虽然采用了大量品种,但样本材料系从多个地区收集而来,而且有可能为不同年份生产的芝麻种子,这些无疑增加了试验误差,导致研究结果并不完全一致。分枝型或单秆型,叶腋单花型或三花型是国内外常见的芝麻品种类型,但其与芝麻品质性状的关系却鲜见报道。

本研究筛选294个代表性芝麻品种,拟通过多点种植和脂肪、蛋白质、芝麻素、芝麻林素含量测定,对芝麻品质性状进行全面分析,在不同品种类型间进行系统比较,并对品质性状之间和品质性状与农艺性状进行了相关性分析,以期为优质专用芝麻品种培育及商品生产提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

从河南省农业科学院芝麻研究中心芝麻种质资

源库中,按照植物学特征和生态类型,选取294个具有代表性的芝麻品种用于多点鉴定和品质性状分析。按株型分类,分枝型品种为111个,单秆型品种为183个;按叶腋花数分类,单花型品种为102个,三花型品种为192个。

DA7200型近红外分析仪,波通瑞华;SC-G自动考种分析仪,杭州万深;HunterLab ColorFlex EZ色差仪,美国Hunter Lab。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 田间试验

2019年,在河南省农业科学院芝麻研究中心平舆试验站(N32°59',E114°42';以下简称平舆)和周口试验站(N33°38',E114°38';以下简称周口)同时种植294个芝麻品种。田间试验采用随机区组设计,单行区,2重复,行长5m,行距0.4m,栽培管理方式同一般生产田。调查全生育期,成熟时每小区收获中间10株,及时晾晒并混合脱粒,将种子整理干净后用于籽粒大小、形状、颜色及品质性状的测定。

#### 1.2.2 芝麻品质及芝麻籽粒大小、形状、颜色的测定

利用近红外分析仪测定芝麻籽粒脂肪、蛋白质、芝麻素和芝麻林素含量,每份样品重复3次,取平均值。芝麻品质近红外分析模型由河南省农业科学院芝麻研究中心根据300份芝麻种质资源品质化学测定数据和近红外光谱数据构建<sup>[18-19]</sup>。利用自动考种分析仪测定芝麻籽粒长度、宽度、长宽比和千粒重,重复3次,取平均值。利用色差仪对芝麻籽粒颜色进行扫描,获得 $L^*$ 值、 $a^*$ 值和 $b^*$ 值, $L^*$ 值代表亮度,可为0~100,代表从黑到白; $a^*$ 值代表红-绿,正值为红,负值为绿,0为中性; $b^*$ 值代表黄-蓝,正值为黄,负值为蓝,0为中性。

#### 1.2.3 数据分析

采用Excel 2007和SPSS 13.0进行数据整理、相关性分析、方差分析和显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 芝麻籽粒品质性状和相关农艺性状的描述统计

294个芝麻品种同时和平舆、周口2环境4重复种植,共收获1176份种子样本,各品种籽粒品质性状和农艺性状的描述统计见表1。

由表1可知:294个芝麻品种平均脂肪含量为52.77%,变幅为38.48%~55.84%,最高的品种为襄芝91-4116,最低的品种为孟加拉芝麻;平均蛋白质含量为20.41%,变幅为16.94%~24.90%,最

高的品种为金寨白芝麻,最低品种为740(15);平均芝麻素含量为3.10 mg/g,变幅为1.15~4.13 mg/g,最高的品种为农科院92D028,最低品种为孟加拉芝麻;平均芝麻林素含量为1.92 mg/g,变幅为1.08~2.80 mg/g,最高的品种为吉水酱色芝麻,最低品种为缅甸芝麻。在芝麻品质性状中,脂肪和蛋白质含量的变异系数较小,分别为2.77%和6.86%;芝麻素和芝麻林素含量的变异系数较大,分别为13.55%和11.46%。

表1 294个芝麻品种籽粒品质性状和农艺性状的描述统计

性状	平均值	最大值	最小值	标准差	变异系数/%
脂肪含量/%	52.77	55.84	38.48	1.46	2.77
蛋白质含量/%	20.41	24.90	16.94	1.40	6.86
芝麻素含量/(mg/g)	3.10	4.13	1.15	0.42	13.55
芝麻林素含量/(mg/g)	1.92	2.80	1.08	0.22	11.46
生育期/d	82.75	90.00	75.50	2.16	2.61
千粒重/g	2.61	3.44	1.92	0.29	11.05
籽粒长度/mm	3.02	3.47	2.64	0.14	4.60
籽粒宽度/mm	1.73	1.93	1.48	0.07	4.12
籽粒长宽比	1.76	2.09	1.60	0.07	4.12
籽粒颜色L*值	49.83	58.94	17.36	7.21	14.47
籽粒颜色a*值	5.42	9.05	1.22	1.39	25.65
籽粒颜色b*值	13.92	17.13	1.56	1.89	13.59

由表1还可知:294个芝麻品种平均生育期为82.75 d,变幅为75.50~90.00 d,最长的品种为武昌独角黄,最短的品种为凤城朝鲜芝麻;平均千粒重为2.61 g,变幅为1.92~3.44 g,最大的品种为井陘芝麻,最小的品种为新洲野芝麻;平均籽粒长度为3.02 mm,变幅为2.64~3.47 mm,最长的品种为郑芝22D06,最短的品种为遂平水白芝麻;平均籽粒宽度为1.73 mm,变幅为1.48~1.93 mm,最宽的品种为太和八棱苏,最窄的品种为海丰四棱芝麻;平均籽粒长宽比为1.76,变幅为1.60~2.09,最大的品种为淇县芝麻,最小的品种为缅甸耶格华。在芝麻籽粒大小和形状性状中,千粒重变异系数最大,为11.05%,其他性状变异系数则不大。籽粒颜色的3个维度指标中,平均L\*值为49.83,变幅为17.36~58.94,最大的品种为武昌紫花麻,最小的品种为孟加拉芝麻;平均a\*值为5.42,变幅为1.22~9.05,最大的品种为大名小优芝麻,最小的品种为孟加拉芝麻;平均b\*值为13.92,变幅为1.56~17.13,最大的品种为金芝麻,最小的品种为孟加拉芝麻。芝

麻籽粒颜色性状中,3个维度指标变异系数均较大,L\*值、a\*值和b\*值分别达到14.47%、25.65%和13.59%。

## 2.2 不同株型和叶腋花数芝麻品种品质性状差异比较

为研究不同株型和叶腋花数芝麻品种籽粒品质性状的差异,将294个品种2环境4重复芝麻品质测定数据进行方差分析(ANOVA),不同类型品种描述统计和差异显著性测定结果分别见表2和表3。

表2 单秆型和分枝型芝麻品种品质性状差异比较

品质性状	类型	平均值	最大值	最小值	标准差	P值
脂肪含量/%	单秆	53.16	59.12	47.28	2.06	<0.000 1
	分枝	52.24	60.16	37.53	2.59	
蛋白质含量/%	单秆	20.18	27.93	19.41	2.56	0.016 0
	分枝	20.57	28.27	16.85	2.66	
芝麻素含量/(mg/g)	单秆	3.20	5.02	0.22	0.59	<0.000 1
	分枝	2.97	5.31	0.03	0.66	
芝麻林素含量/(mg/g)	单秆	1.92	3.29	1.02	0.32	0.815 0
	分枝	1.93	3.22	0.90	0.33	

表3 单花型和三花型芝麻品种品质性状差异比较

品质性状	类型	平均值	最大值	最小值	标准差	P值
脂肪含量/%	单花	52.11	60.16	37.53	2.66	<0.000 1
	三花	53.11	59.12	44.62	2.08	
蛋白质含量/%	单花	20.96	28.27	16.85	2.70	<0.000 1
	三花	20.06	27.93	19.41	2.52	
芝麻素含量/(mg/g)	单花	2.99	5.31	0.03	0.70	<0.000 1
	三花	3.16	5.02	0.51	0.59	
芝麻林素含量/(mg/g)	单花	1.92	3.29	1.02	0.34	0.036 0
	三花	1.93	3.22	0.90	0.32	

从表2可知,单秆型品种平均脂肪、芝麻素含量均高于分枝型品种,且差异达极显著水平( $\alpha = 0.01$ ),蛋白质含量显著低于分枝型品种( $\alpha = 0.05$ ),而芝麻林素含量差异不显著。从表3可知,单花型品种平均脂肪、芝麻素含量均低于三花型品种,蛋白质含量高于三花型品种,且差异均达极显著水平( $\alpha = 0.01$ ),芝麻林素含量则显著低于三花型品种( $\alpha = 0.05$ )。中国农业科学院油料作物研究所油料作物品质分析课题组<sup>[8]</sup>研究认为,单秆型品种脂肪、蛋白质含量均高于分枝型品种,与本研究结果不完全一致;张秀荣等<sup>[11]</sup>研究认为,单秆型品种脂肪含量高于分枝型品种,蛋白质含量低于分枝型品种,与本研究结果完全一致。

## 2.3 芝麻品质性状相关性分析

将1176份芝麻样品品质性状测定结果进行相关性分析,结果见表4。

表4 芝麻品质性状相关性分析

品质性状	脂肪含量	蛋白质含量	芝麻素含量
蛋白质含量	-0.668 6**		
芝麻素含量	0.444 6**	-0.429 6**	
芝麻林素含量	0.388 1**	-0.433 6**	0.443 2**

注:\*\*代表 $\alpha=0.01$ 显著性水平。

由表4可知,脂肪、蛋白质、芝麻素、芝麻林素含量间均存在高度的相关性。其中:脂肪含量与蛋白质含量呈极显著负相关,且相关系数最大,为-0.668 6;脂肪含量与芝麻素、芝麻林素含量均呈极显著正相关,相关系数分别为0.444 6和0.388 1;蛋白质含量除了与脂肪含量呈极显著负相关外,与芝麻素、芝麻林素含量亦呈极显著负相关;两种木酚素组分芝麻素与芝麻林素含量间正相关性也达到了极显著水

平。试验结果与以往研究<sup>[8-17]</sup>基本一致。芝麻品种资源中,农家种多为分枝、单花型,现代品种多为单秆、三花型,现代育种以单秆、三花、高脂肪含量为主要育种目标,在对脂肪含量进行直接选择时,间接提高了脂溶性木酚素芝麻素及芝麻林素的含量,并降低了与之负相关的蛋白质含量。非洲品种多为分枝、单花型品种,可能是进口芝麻含油量低于国产芝麻的重要原因之一。

#### 2.4 芝麻品质性状与农艺性状的相关性分析

芝麻生育期、千粒重、籽粒形状、籽粒颜色等均为重要的农艺性状,同时又是复杂的数量性状,为研究这些性状与芝麻品质性状的关系,将294个品种在2环境4重复下获得的品质测定数据与上述农艺性状进行了相关性分析,结果见表5。

表5 芝麻品质性状与农艺性状相关性分析

农艺性状	脂肪含量	蛋白质含量	芝麻素含量	芝麻林素含量
生育期	0.194 5**	-0.281 6**	0.076 9*	0.095 2**
千粒重	-0.115 4**	0.239 4**	-0.157 5**	-0.085 7**
籽粒长度	-0.222 6**	0.216 3**	-0.091 1**	-0.142 1**
籽粒宽度	-0.128 4**	0.167 2**	-0.190 5	-0.177 0**
籽粒长宽比	-0.166 7**	0.102 3**	0.123 5**	0.028 2
籽粒颜色L*值	0.417 3**	-0.277 0**	0.428 3**	0.029 0
籽粒颜色a*值	-0.170 3**	-0.054 5	0.030 7	0.176 5**
籽粒颜色b*值	0.194 5**	-0.246 0**	0.438 8**	0.091 8**

注:\*和\*\*分别代表 $\alpha=0.05$ 和 $\alpha=0.01$ 显著性水平。

由表5可知,芝麻生育期与脂肪、芝麻素、芝麻林素含量呈极显著或显著正相关,与蛋白质含量呈极显著负相关。芝麻生育期是指从播种到成熟的时间,其对芝麻产量和品质均有重要的影响。中国农业科学院油料作物研究所油料作物品质分析课题组<sup>[8]</sup>研究认为,芝麻早熟品种脂肪含量高于中熟品种,但蛋白质含量无明显差异。黄尚琼<sup>[12]</sup>对生育期为120、100 d及70 d左右的芝麻品种进行比较后认为,芝麻脂肪含量随生育期的延长而增加。本研究与黄尚琼<sup>[12]</sup>的研究结果一致,但与中国农业科学院油料作物研究所油料作物品质分析课题组<sup>[8]</sup>的研究结果不同。以往研究还表明,芝麻脂肪含量随着产地纬度升高而增加<sup>[12,16]</sup>,成熟期间低温促进木酚素积累,推迟播种期可提高芝麻木酚素含量<sup>[20]</sup>。结合本研究结果,可以认为在中高纬度地区,采用适当晚熟品种更利于生产高油高木酚素芝麻商品。

芝麻籽粒大小和形状是重要的产量和外观品质性状,千粒重、籽粒长度和宽度是衡量籽粒大小的不同尺度,长宽比是衡量籽粒形状的常用指标,长宽比

小粒形趋向卵圆,长宽比大粒形趋向长卵圆。由表5可知:千粒重和籽粒长度与脂肪、芝麻素、芝麻林素含量均呈极显著负相关,与蛋白质含量呈极显著正相关;籽粒宽度与脂肪、芝麻林素含量呈极显著负相关,与蛋白质含量呈极显著正相关,但与芝麻素含量相关性不显著。籽粒长宽比与脂肪含量呈极显著负相关,与蛋白质及芝麻素含量呈极显著正相关,而与芝麻林素含量相关性不显著。高锦鸿等<sup>[16]</sup>研究认为,芝麻素含量与千粒重呈负相关,芝麻林素含量与千粒重呈正相关,与本研究结果略有不同。本研究首次全面揭示了籽粒大小、形状与品质性状的关系:籽粒越小,脂肪、芝麻素、芝麻林素含量越高,蛋白质含量越低;籽粒越圆,蛋白质和芝麻素含量越低,脂肪含量越高。

人们对芝麻籽粒颜色与品质性状的关系研究较多,但得出的结论不尽一致<sup>[8-12,14-16]</sup>。本研究将籽粒颜色分为3个维度:L\*值、a\*值和b\*值。其中L\*值代表亮度,L\*值大于50时,视觉上为白芝麻,L\*值小于20,视觉上为黑芝麻。由表5可知:芝麻籽粒颜色L\*值与脂肪、芝麻素含量呈极显著正相

关,与蛋白质含量呈极显著负相关,与芝麻林素含量相关性不显著; $a$  \* 值与脂肪含量呈极显著负相关,与芝麻林素含量呈极显著正相关,与蛋白质、芝麻素含量相关性不显著; $b$  \* 值与脂肪、芝麻素、芝麻林素含量均呈极显著正相关,但与蛋白质含量呈极显著负相关。

### 3 结 论

品质性状是评价芝麻品种和商品质量的重要指标,本研究利用 294 个代表性芝麻品种资源,通过多点种植和测定籽粒脂肪、蛋白质、芝麻素和芝麻林素含量,全面分析了不同株型、叶腋花数、生育期、籽粒大小、籽粒形状、籽粒颜色等类型品种的芝麻品质性状的差异,发现不同品种类型的芝麻品质性状存在显著差异,芝麻品质性状与农艺性状存在显著相关。

### 参考文献:

- [1] BEDIGIAN D, HARLAN J R. Evidence for cultivation of sesame in the ancient world[J]. *Econ Bot*, 1986, 40(2): 137 - 154.
- [2] UZUN B, ARSLAN C, FURAT S. Variation in fatty acid compositions, oil content and oil yield in a germplasm collection of sesame (*Sesamum indicum* L.) [J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2008, 85(12): 1135 - 1142.
- [3] 韩亚飞, 汪学德, 郑永战, 等. 豫芝 11 号种子发育过程中蛋白质及其组分的变化规律[J]. *中国农业科学*, 2018, 51(4): 652 - 661.
- [4] NAMIKI M. Nutraceutical functions of sesame: a review [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2007, 47(7): 651 - 673.
- [5] ANILAKUMAR K R, PAL A, KHANUM F, et al. Nutritional, medicinal and industrial uses of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds: an overview [J]. *Agric Conspec Sci*, 2010, 75(4): 159 - 168.
- [6] 杨湄, 黄凤洪. 中国芝麻产业现状与存在问题、发展趋势与对策建议[J]. *中国油脂*, 2009, 34(1): 7 - 12.
- [7] 张雯丽. 中国特色油料产业高质量发展思路与对策[J]. *中国油料作物学报*, 2020, 42(2): 167 - 174.
- [8] 油料作物品质分析课题组. 芝麻品种化学成分初步研究[J]. *中国农业科学*, 1984, 17(1): 58 - 61.
- [9] TASHIRO T, FUKUDA Y, OSAWA T, et al. Oil and minor components of sesame (*Sesamum indicum* L.) strains[J]. *J Am Oil Chem Soc*, 1990, 67(8): 508 - 511.
- [10] 柳家荣, 郑永战, 徐如强. 芝麻种质营养品质研究[J]. *华北农学报*, 1992, 7(3): 110 - 116.
- [11] 张秀荣, 冯祥运, 肖唐华. 鄂豫皖芝麻种质资源品质状况分析[J]. *作物品种资源*, 1993(1): 26 - 27.
- [12] 黄尚琼. 中国栽培芝麻资源的品质状况[J]. *中国农业科学*, 1994, 27(1): 12 - 17.
- [13] 张秀荣, 李培武, 汪雪芳, 等. 芝麻种子木质素组分、粗脂肪、粗蛋白含量及相关性分析[J]. *中国油料作物学报*, 2005, 27(3): 88 - 90.
- [14] WANG L H, ZHANG Y X, LI P W, et al. HPLC analysis of seed sesamin and sesamol variation in a sesame germplasm collection in China [J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2012, 89(6): 1011 - 1020.
- [15] 梅鸿猷, 魏安池, 刘艳阳, 等. 芝麻种质资源芝麻素、蛋白质、脂肪含量变异及其相关分析[J]. *中国油脂*, 2013, 38(4): 87 - 90.
- [16] 高锦鸿, 梅鸿猷, 刘艳阳, 等. 产地及籽粒外观品质对芝麻木酚素含量的影响[J]. *华北农学报*, 2015, 30(2): 191 - 197.
- [17] 吴坤, 吴文雄, 杨敏敏, 等. 白芝麻籽粒油脂、蛋白质及芝麻素含量 QTL 定位分析[J]. *作物学报*, 2017, 43(7): 1003 - 1011.
- [18] 刘艳阳, 汪红, 芦海灵, 等. 野生和栽培芝麻种子品质性状及近红外光谱分析[J]. *河南农业科学*, 2014, 43(5): 44 - 47, 68.
- [19] LIU Y Y, MEI H X, DU Z W, et al. Nondestructive estimation of fat constituents of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds by near - infrared reflectance spectroscopy[J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2015, 92(7): 1035 - 1041.
- [20] KUMAZAKI T, YAMADA Y, KARAYA S, et al. Effects of day length and air and soil temperatures on sesamin and sesamol contents of sesame seed [J]. *Plant Prod Sci*, 2009, 12(4): 481 - 491.
- [29] LECERF J. Evidence of accumulation of ceramides containing [ $^{14}$ C] nervonic acid in the rat lung following injection of [ $^{14}$ C] erucic acid [J]. *Biochim Biophys Acta*, 1980, 617(3): 398 - 409.
- [30] CLOUET P, ONG N, J BÉZARD. Conversion of erucic acid in subcellular fractions from liver, kidneys and heart of rat, 8 min after intravenous injection (author's transl) [J]. *J De Physiol*, 1980, 76(6): 575 - 581.
- [31] SANDHIR R, KHAN M, CHAHAL A. et al. Localization of nervonic acid  $\beta$  - oxidation in human and rodent peroxisomes: impaired oxidation in Zellweger syndrome and X - linked adrenoleukodystrophy [J]. *J Lipid Res*, 1998, 39(11): 2161 - 2171.
- [32] ALTINOZ M A, OZPINAR A. PPAR -  $\delta$  and erucic acid in multiple sclerosis and Alzheimer's disease. Likely benefits in terms of immunity and metabolism [J]. *Int Immunopharmacol*, 2019, 69: 245 - 256.
- [33] ASADI - SAMANI M, BAHMANI M, RAFIEIAN - KOPAEI M. The chemical composition, botanical characteristic and biological activities of *Borago officinalis*: a review [J]. *Asian Pac J Trop Med*, 2014, 7(S1): S22 - S28.
- [34] 王熙才, 左曙光, 邱宗海, 等. 艾舍尔软胶囊增强小鼠免疫力的实验研究 [J]. *昆明医科大学学报*, 2008(6): 71 - 75.
- [35] CARROLL K K. Metabolism of  $^{14}$ C - labelled oleic acid, erucic acid and nervonic acid in rats [J]. *Lipids*, 1966, 1(3): 171 - 175.
- [36] YUHAS R, PRAMUK K, LIEN E L. Human milk fatty acid composition from nine countries varies most in DHA [J]. *Lipids*, 2006, 41(9): 851 - 858.
- [37] STILLER C A, NECTOUX J. International incidence of childhood brain and spinal tumours [J]. *Int J Epidemiol*, 1994, 23(3): 458 - 464.

(上接第 80 页)

# 元宝枫籽油在不同储藏条件下的氧化稳定性 及货架期预测

任静,高浩,李静,李冬兵

(西北农林科技大学 林学院,陕西 杨凌 712100)

**摘要:**以元宝枫籽油为原料,过氧化值(POV)、酸值(AV)及TBA值为氧化稳定性指标,研究温度、光照、空气、包装瓶材质和包装瓶颜色对元宝枫籽油氧化稳定性的影响,进一步建立氧化动力学模型,预测元宝枫籽油的货架期。结果表明:元宝枫籽油在低温、避光、无氧、不锈钢或陶瓷材质、蓝色或绿色玻璃瓶等储藏条件下,POV、AV、TBA值均增长缓慢,氧化稳定性好;元宝枫籽油的氧化过程遵循零级反应动力学方程,经验证POV模型预测值与实测值较为接近;元宝枫籽油在20、25℃密封避光储藏条件下的货架期预测值分别为516、335 d。

**关键词:**元宝枫籽油;氧化稳定性;货架期预测

中图分类号:TS225.1;TS201.6 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)08-0087-05

## Oxidation stability and shelf life prediction of *Acer truncatum* seed oil under different storage conditions

REN Jing, GAO Hao, LI Jing, LI Dongbing

(College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

**Abstract:** Taking *Acer truncatum* seed oil as the raw material and the peroxide value (POV), acid value (AV) and 2-thiobarbituric acid (TBA) value as indicators for its oxidation stability, the effects of storage conditions such as temperature, light, air, bottle material and color on the oxidation stability of *Acer truncatum* seed oil were studied. The oxidation kinetic model was further established to predict the shelf life of *Acer truncatum* seed oil. The results showed that under storage conditions of low-temperature, light-proof, oxygen-free and with packaging materials of stainless steel, ceramics, or glass tinted in blue/green, the POV, AV and TBA values of *Acer truncatum* seed oil only grew very slowly, showing strong oxidation stability. The oxidation process followed the zero-order reaction kinetics, and the POV matched the predicted values according to the kinetic model. The shelf life of *Acer truncatum* seed oil under sealed and dark storage conditions was estimated to be 516 d and 335 d at 20℃ and 25℃, respectively.

**Key words:** *Acer truncatum* seed oil; oxidation stability; shelf life prediction

元宝枫 (*Acer truncatum* Bunge.) 是我国的特有树种,集高端食用油、园林观赏、医用保健、化工生产

原料、特用木材于一身,集社会、经济和生态价值为一体<sup>[1]</sup>。元宝枫分布较广,主要集中在我国黄河中下游及东北南部地区。元宝枫种实经清理、去翅脱壳后,一般采用压榨、溶剂提取及超临界二氧化碳萃取等方法制取油脂。我国于2011年3月将元宝枫籽油批准为新资源食品。2019年6月《元宝枫籽油》国家标准(GB/T 37748—2019)发布,并已于2020年1月1日起实施,这为元宝枫籽油的市场准入及产业发展提供了条件。

收稿日期:2020-09-26;修回日期:2021-03-12

基金项目:陕西省重点研发计划项目(2018ZDXM2-01);陕西省科技技术创新引导专项(基金)项目(2020QFY10-03);西北农林科技大学引进人才科研启动费

作者简介:任静(1995),女,在读硕士,研究方向为元宝枫籽油的提取与精炼(E-mail)892995706@qq.com。

通信作者:李冬兵,教授(E-mail)lid@nwafu.edu.cn。