

# 芝麻种质营养品质研究

柳家荣 郑永战 徐如强

(河南省芝麻研究中心, 郑州 450002)

**摘 要** 对410份芝麻种质分析表明,脂肪平均含量为53.13%,变异系数为3.53%;蛋白质平均含量为26.39%,变异系数为7.03%,并建立了二者的回归方程。分析出脂肪中有6种脂肪酸,其中油酸、亚油酸含量总和在80%以上。脂肪酸组分对脂肪含量的通径分析表明,油酸和亚油酸的直接效应分别为0.6907\*和0.9322\*。筛选出19个脂肪含量高达56%以上,同时又具有蛋白质、油酸、亚油酸优质性状的品种。探讨了粒色与营养品质的关系,表明脂肪含量随着粒色加深而下降,显示出芝麻品种的粒色演进为黑粒——褐粒——黄粒——白粒。

**关键词** 芝麻种质 营养品质 粒色

芝麻是优质食用油料作物,其种子富含油脂及蛋白质。随着商品经济的发展和人类营养水平的提高,人们对芝麻的开发利用及品质改良更为关注。本研究通过对410份芝麻种质的脂肪、蛋白质含量及脂肪酸组分的分析,探讨其相互间及其与主要生物学性状间的关系,以期为开发利用和品质改良提供科学依据。

## 材料和方法

研究材料系河南省芝麻研究中心保存的种质资源410份,其中省内农家品种和改良品种(系)295份,国内品种(系)90份,国外品种25份。种子取样于1986年资源圃。脂肪测定采用乙醚浸提(YG-2型抽提器)残渣法。蛋白质测定采用瑞典1030—Ⅲ型全自动定氮仪,折氮系数6.25。脂肪酸分析用日本GC-9A气相色谱仪,氢火焰检测法,色谱柱用2 m× $\phi$  3 mm不锈钢柱,担体101白色80~100目,定量计算采用面积归一法。以上分析项目由统一样品同步测定。

## 结果与分析

### 一、芝麻主要营养物质含量及分布

#### 1. 脂肪、蛋白质含量及分布

由表1看出,脂肪平均含量为53.13%,变幅为45.17~58.52%,变异系数为3.53%;蛋

白质平均含量为26.39%，变幅为21.27~30.74%，变异系数为7.03%；脂肪、蛋白质总量平均为79.53%，变幅为71.33~84.98%。从变异系数看，蛋白质含量的变异较大，含量在22.50~28.50%之间的占85.61%；低于22.50%的占2.44%；高于28.50%的占11.95%。脂肪的变异较小，含量在51.00~55.50%之间的占79.75%；低于51.00%的占10.98%；高于55.50%的占9.27%。二者总量在77.00~83.00%的材料占92.44%；低于77.00%的占5.37%；高于83.00%的占2.20%。将其结果分组统计，呈常态分布（图1，2）。由此可看，从品种改良方面设想，充分利用这些丰富的变异进行高脂肪、高蛋白质育种具有很大潜力。

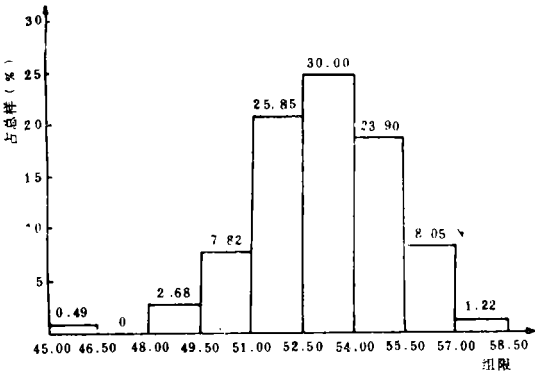


图1 脂肪含量分布

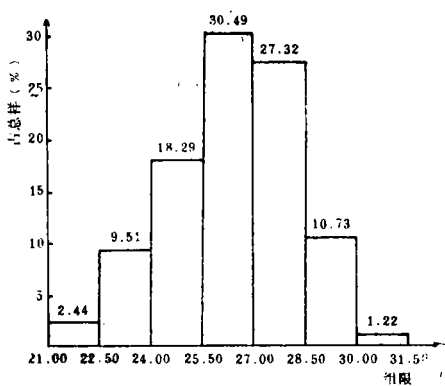


图2 蛋白质含量分布

表1 脂肪、蛋白质及二者总和的变异表

品 质	平均含量 (%)	变 幅 (%)	变幅差 (%)	变异系数 (%)
脂 肪	53.13	45.17~58.52	13.35	3.53
蛋 白 质	26.39	21.27~30.74	9.47	7.03
脂肪+蛋白质	79.53	71.33~84.98	13.65	2.13

2. 脂肪酸组分含量及分布

分析结果表明，芝麻的脂肪由6种脂肪酸组成，油酸和亚油酸为主要成分，二者总量平均值达84.96%。其中油酸平均为41.29%，变幅为35.75~52.87%，变异系数为5.13%；亚油酸平均含量为43.67%，变幅为33.15~48.82%，变异系数为4.38%，二者平均含量相近，

表2 脂肪酸含量及变异

项 目	脂 肪 酸 组 分					
	油 酸	亚 油 酸	硬 脂 酸	棕 榈 酸	亚 麻 酸	廿-碳烯酸
平均含量 (%)	41.29	43.67	4.95	9.10	0.34	0.50
变 幅 (%)	35.75~52.87	33.15~48.82	3.87~6.20	7.39~10.99	0.10~0.75	0.11~0.90
变 幅 差 (%)	17.12	15.67	2.33	3.10	0.65	0.79
变异系数 (%)	5.13	4.38	6.95	7.08	27.24	25.05

但品种间差异明显。从品质改良的角度看,进一步提高芝麻脂肪中油酸和亚油酸比重的潜力很大。其次是棕榈酸,含量变幅为7.89~10.99%,平均为9.10%,变异系数为7.08%;硬脂酸平均含量为4.95%,变幅为3.87~6.20%,变异系数为6.95%。此外还有少量的高碳价不饱和脂肪酸如亚麻酸和廿-碳烯酸,二者总量不足1%(表2),其含量亦呈常态分布趋势。

## 二、芝麻主要营养品质间的相关性分析

1. 脂肪与蛋白质的相关性 对供试材料的脂肪、蛋白质含量作相关及回归分析表明,二者呈极显著的负相关( $r = -0.5825^{**}$ )。用最小二乘法配合脂肪含量对蛋白质含量的回归直线(图3),建立回归方程为 $\hat{Y} = 68.6621 - 0.5885X$ 。对回归系数( $b = -0.5885$ )进行 $t$ 测验,达极显著水平。这表明随着蛋白质含量的增加,脂肪含量呈下降趋势,且当蛋白质含量每增加1%,脂肪的理论含量将下降0.5885%。

2. 脂肪酸组分间及与脂肪的关系 从芝麻6种脂肪酸的单相关分析结果看,油酸对亚油酸、棕榈酸、亚麻酸和廿-碳烯酸均呈负相关,特别是油酸与亚油酸、油酸与棕榈酸之间达极显著水平,其余各项大部分亦呈负相关(表3)。脂肪酸的形成是一种复杂的生物化学代谢过程,各因素相互依存、相互制约。通过脂肪酸组分对脂肪含量的通径分析进一步看出(表4),尽管6种脂肪酸之间及

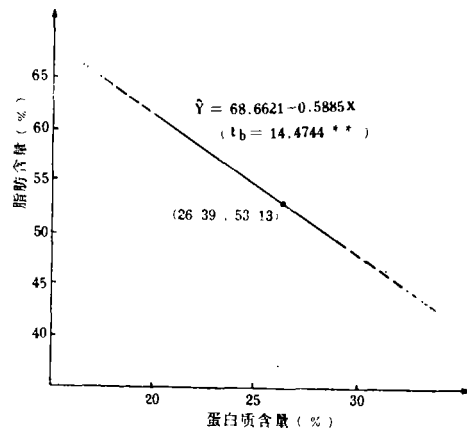


图3 由蛋白质含量估测脂肪含量的回归直线

表3 脂肪酸组分间的简单相关(r值)

组 分	组 分				
	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>
X <sub>1</sub>	-0.9422**	0.1937**	-0.5484**	-0.0650	-0.0799
X <sub>2</sub>		-0.2948**	0.3076**	-0.0112	0.0236
X <sub>3</sub>			-0.2566**	-0.1556**	-0.0015
X <sub>4</sub>				0.0910	0.0337
X <sub>5</sub>					0.2314**

注: X<sub>1</sub>油酸、X<sub>2</sub>亚油酸、X<sub>3</sub>硬脂酸、X<sub>4</sub>棕榈酸、X<sub>5</sub>亚麻酸、X<sub>6</sub>廿-碳烯酸,下同。

其与脂肪含量均有不同程度的直接或间接影响,但以亚油酸和油酸对脂肪的直接效应最大,其直接通径系数分别达0.9322\*和0.6907\*;其余四种脂肪酸对脂肪含量的直接效应不显著。油酸通过亚油酸、硬脂酸、棕榈酸和亚麻酸的间接效应均为负值,导致油酸与脂肪含量呈极显著负相关( $r = -0.2066^{**}$ )。亚油酸通过油酸、硬脂酸和棕榈酸的间接效应有正有负,且不显著,因此亚油酸与脂肪含量的简单相关系数仍达极显著水平( $r = 0.2986^{**}$ )。硬脂酸对脂肪的简单相关达极显著水平( $r = -0.2039^{**}$ ),但其直接效应则不显著( $r = -0.0499$ )。

表4 脂肪酸组分对脂肪含量(y)的通径分析

通 径 组 合	直接通径系数	间接通径系数	简单相关系数
$X_1$ 对y			-0.2066**
$X_1$ 对y的直接效应	0.6907*		
$X_1$ 通过 $X_2$ 的间接效应		-0.8784	
$X_1$ 通过 $X_3$ 的间接效应		-0.0097	
$X_1$ 通过 $X_4$ 的间接效应		-0.0054	
$X_1$ 通过 $X_5$ 的间接效应		-0.0044	
$X_1$ 通过 $X_6$ 的间接效应		0.0005	
$X_2$ 对y			0.2986**
$X_2$ 对y的直接效应	0.9322*		
$X_2$ 通过 $X_1$ 的间接效应		-0.6508	
$X_2$ 通过 $X_3$ 的间接效应		0.0147	
$X_2$ 通过 $X_4$ 的间接效应		0.0030	
$X_2$ 通过 $X_5$ 的间接效应		-0.0008	
$X_2$ 通过 $X_6$ 的间接效应		0.0001	
$X_3$ 对y			-0.2039**
$X_3$ 对y的直接效应	-0.0499		
$X_3$ 通过 $X_1$ 的间接效应		0.1388	
$X_3$ 通过 $X_2$ 的间接效应		-0.2748	
$X_3$ 通过 $X_4$ 的间接效应		-0.0025	
$X_3$ 通过 $X_5$ 的间接效应		-0.0105	
$X_3$ 通过 $X_6$ 的间接效应			
$X_4$ 对y			-0.0638
$X_4$ 对y的直接效应	0.0099		
$X_4$ 通过 $X_1$ 的间接效应		-0.3788	
$X_4$ 通过 $X_2$ 的间接效应		0.2867	
$X_4$ 通过 $X_3$ 的间接效应		0.0128	
$X_4$ 通过 $X_5$ 的间接效应		0.0061	
$X_4$ 通过 $X_6$ 的间接效应		-0.0005	
$X_5$ 对y			0.0189
$X_5$ 对y的直接效应	0.0673		
$X_5$ 通过 $X_1$ 的间接效应		-0.0499	
$X_5$ 通过 $X_2$ 的间接效应		-0.0104	
$X_5$ 通过 $X_3$ 的间接效应		0.0078	
$X_5$ 通过 $X_4$ 的间接效应		0.0009	
$X_5$ 通过 $X_6$ 的间接效应		-0.0017	
$X_6$ 对y			-0.0636
$X_6$ 对y的直接效应	-0.0062		
$X_6$ 通过 $X_1$ 的间接效应		-0.0552	
$X_6$ 通过 $X_2$ 的间接效应		-0.0220	
$X_6$ 通过 $X_3$ 的间接效应		0.0001	
$X_6$ 通过 $X_4$ 的间接效应		0.0008	
$X_6$ 通过 $X_5$ 的间接效应		0.0190	

### 三、芝麻的营养品质与品种性状的关系

通过对410份供试材料的主要营养品质与品种性状的关系分析看出,芝麻脂肪含量与子粒颜色有密切关系。本研究将粒色分为白、黄、褐、黑四种,分别统计脂肪、蛋白质含量的平均值。结果表明,脂肪含量随粒色加深而下降,蛋白质含量则随粒色加深而呈上升趋势,脂肪与蛋白质总量亦随粒色加深而呈下降趋势(表5)。必须指出的是,如前所述,脂肪与蛋白质含量虽呈负相关,但从粒色这一性状看,脂肪、蛋白质总量仍以白粒较高。因此白芝麻从食用和油用两方面考虑都具有十分重要的价值,这应作为芝麻的品质改良方向。

表5 芝麻粒色与营养品质含量的关系

粒色	份数	脂 肪 (%)		蛋 白 质 (%)		脂肪、蛋白质 总量 (%)
		平 均 值	变 幅	平 均 值	变 幅	
白	167	53.64±1.77	48.32-58.52	26.33±2.03	21.27-30.74	79.97
黄	176	53.23±1.55	49.56-57.44	26.44±1.71	21.66-30.47	79.64
褐	46	52.91±1.28	49.84-55.66	26.43±1.69	23.15-30.51	79.34
黑	21	50.71±2.53	45.17-56.72	26.76±1.87	22.82-29.59	73.53

### 四、芝麻优质种质资源的筛选

410份芝麻资源的主要营养物质的分析结果表明,脂肪含量在45.17~58.52%之间,平

表6 芝麻优质资源简表

粒色	品 种	脂肪含量 (%)	蛋白质含量 (%)	脂肪内亚油酸含量 (%)	脂肪内油酸含量 (%)
白	河南西平76—1	58.52	21.73	44.14	41.88
	河南社旗76—23	58.18	21.27	45.77	40.33
	河南鹿邑鞭选一号	58.11	22.03	45.17	40.93
	河南陕县张村八棱芝麻	57.66	21.62	45.46	40.35
	河南确山白芝麻	57.62	23.25	42.90	42.41
	北京霸王鞭	57.52	23.06	43.26	42.60
	广东尖嘴	56.83	21.76	44.76	40.39
	辽宁62号鞭秆	56.56	24.02	42.95	42.53
	河南禹县白芝麻	56.51	21.96	44.73	40.14
	河南鹿邑一条鞭	56.34	24.22	44.75	40.64
	河南南阳落花糙	56.16	22.83	46.86	38.39
	河南栾川芝麻	57.44	22.63	46.26	38.49
黄	云南巧家美字一号	57.17	21.66	43.95	41.07
	新疆吐鲁番白芝麻	56.82	25.43	46.08	38.82
	河南西平二朗花芝麻	56.64	23.40	46.98	37.89
	河南南阳八大权	56.46	22.35	45.05	40.56
	湖北华农514	56.03	24.34	45.33	39.94
	河南南阳潭黄二糙	56.00	24.16	43.60	41.40
	江西球型黑芝麻	56.72	23.33	46.85	37.15

均为53.13%,其中高于55%的有61个,约占资源总数的15%。蛋白质含量在21.27~30.74%之间,平均为26.39%,其中高于29%的有29个,约占资源总数的7%。脂肪由6种脂肪酸组成,油酸、亚油酸为主要成分,平均含量分别达41.29%和43.67%,其中高于45%的分别有18和110个,约占资源总数的4%和27%。以上这些单一优质性状的化学筛选,为芝麻品质改良奠定了物质基础。从我国当今芝麻育种的品质目标考虑,初步筛选出具有两个以上优质性状的品种共19个,它们的脂肪含量高达56%以上,蛋白质含量也超过20%,绝大多数品种的油酸、亚油酸含量都在40%以上(表6)。

## 结果与讨论

### 一、关于芝麻营养物质含量间的相互关系

研究芝麻种子富含的脂肪、蛋白质间和脂肪酸组分间及其与脂肪含量间的关系,对芝麻品种改良,特别是对内在品质的改良有着重要参考意义。需要指出的是,这些营养物质的形成和积累同处于一个统一的生物体中,有其复杂的生物化学过程,各种成分的组成和转化是相互联系、相互制约的。从脂肪酸组分间及其与脂肪含量的相关性分析看出,油酸与脂肪含量呈简单的负相关( $r = -0.2066^{**}$ ),这正是由于通径分析中所得到的油酸通过亚油酸、硬脂酸、棕榈酸、亚麻酸的间接效应均为负值所致。本研究还指出,油酸、亚油酸对脂肪含量的直接效应均为正值(0.6907\*、0.9322\*),二者对脂肪含量的增加均起主导作用。因此,在芝麻育种应用上不能只凭简单的相关关系而定取舍,而应考虑到诸因素中的主导效能。我们认为,在将油酸保持到一定水平的基础上,再着重于高亚油酸组合的选配,应成为提高脂肪含量的可取途径。

### 二、关于品质性状与生物性状的关系

芝麻种子中化学成分的变化,既受特定的生物合成系统的制约,又随品种的遗传差异而变化。本研究在探讨芝麻营养物质含量与生物性状关系中发现,脂肪与粒色的关系最密切,即脂肪含量随粒色加深而下降。据柳家荣(1978)、中国农业科学院油料作物研究所(1984)的研究结果也同样表明,芝麻种子的含油量随着粒色的加深而降低<sup>[1, 2]</sup>。这些研究结果正反映了芝麻品种的遗传背景。作者认为,芝麻是一种古老的油料作物,在长期的栽培选择作用下,脂肪含量伴随粒色演进而提高是无疑的,从而展示出芝麻品种的演化进程大体为黑粒——褐粒——黄粒——白粒,这可作为进一步研究的基础。

鸣谢 本研究得到了河南省自然科学基金的资助,品质分析由河南省农科院实验中心完成,谨此致谢。

## 参 考 文 献

- 1 柳家荣等. 芝麻. 郑州: 河南人民出版社, 1978, 41~42
- 2 中国农业科学院油料作物研究所品质分析课题组. 芝麻品种化学成分初步研究. 中国农业科学, 1984, 17(1)
- 3 Gurdip S Brar. Indian J Agri Sci, 1982, 52(7): 434~439
- 4 高之仁编著. 数量遗传学. 成都: 四川大学出版社, 1986

## Studies on the Nutrient Qualities of Sesame (*S. indicum* L.) Germplasms

Liu Jiarong    Zheng Yongzhan    Xu Ruqiang

(Henan Sesame Research Centre, Zhengzhou 450002)

**Abstract** Analyses of 410 sesame germplasms showed that the average oil content was 53.13% and its C. V. was 3.53%. The average protein content was 26.39% with its C. V. being 7.03%. The regression equation of the protein content to the oil content was established as follows:  $\hat{Y}$  (theoretic value of the oil content) =  $68.6621 - 0.5885X$  (the content of protein). Sesame oil was composed of six fatty acids. Among them, oleic and linoleic acids counted for more than 80%. Path analyses of fatty acid components to the oil content showed that the direct path coefficients of oleic and linoleic acids were 0.6907\* and 0.9322\* respectively. Nineteen sesame germplasms with oil percentages above 56% were selected. And these materials were also rich in protein, oleic and linoleic acids. The relation between the seed colour and the nutrient quality was also discussed. The oil content tended to decline with darker seed colours, indicating that the colours of sesame seeds evolved from black to brown, to yellow and to white.

**Key words:** Sesame germplasm; Nutrient quality; Seed colour

### <<中国农学通报>>1993年征订启事

《中国农学通报》是由中国农学会主办的农业科技综合性学术期刊，主要报道农业各学科新成果研究报告、研究简报；有一定理论水平和应用价值的专题综述；有关种植业、养殖业、加工贮藏的实用新技术、新方法；科技信息及动态等内容。适合各级农业科技人员、农业大中专院校师生、农技推广人员等参阅。

本刊为双月刊，逢双月25日出版，国内统一刊号CN11-1984，16开本，56页，每期定价2.00元。该刊由中国农学会编辑出版部自办发行。欲订者请将订购款从邮局或银行转账汇至北京市农展馆南里11号中国农学会编辑出版部，开户银行：北京农行朝阳支行，账号：43113811，户头：中国农学会，邮政编码：100026。款到后，将期刊定期直接邮寄订者。勿在信内夹寄现金。

本刊欢迎刊登广告，价格合理，广告经营许可证：京工商广字011号。