

## 硫对大豆籽粒蛋白质和脂肪组分的影响

刘丽君, 孙聪姝, 董守坤, 祖伟

(东北农业大学农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**采用3个品质类型品种东农46、黑农35和北9395, 设置4个硫肥水平(0, 30, 60, 90 kg·hm<sup>-2</sup>), 研究硫素营养对大豆氨基酸和脂肪酸组分的影响。结果表明: 施用硫肥有利于高蛋白品种(黑农35)和丰产型品种(北9395)氨基酸组分提高, 尤其提高含硫氨基酸含量; 高油品种(东农46)氨基酸组分中只有组氨酸和精氨酸含量提高, 其它组分均下降, 氨基酸总量降低。施用硫肥对饱和脂肪酸(棕榈酸和硬脂酸)影响较小, 而对不饱和脂肪酸组分(油酸、亚油酸、亚麻酸)影响程度大, 高油品种(东农46)表现最明显。

**关键词:**大豆; 硫素; 氨基酸; 脂肪酸

**中图分类号:** S565.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-9841(2008)06-0993-04

## Effects of Sulfur on the Components of Amino Acid and Fatty Acid in Soybean Seeds

LIU Li-jun, SUN Cong-shu, DONG Shou-kun, ZU Wei

(Agronomy College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China)

**Abstract:** Three soybean cultivars, Dongnong 46 (high-oil), Heinong 35 (high-protein) and Bei 9395 (high-yield), were tested in this research by means of pot experiments with four sulfur application levels (0, 30, 60, 90 kg·hm<sup>-2</sup>) to study the effects of sulfur levels on amino acid and fatty acid of soybean. The results showed that sulfur application was favorable for increasing amino acid content, especially for S-containing amino acid in high-protein and high-yield cultivars. In high-oil cultivar, most of the amino acids as well as the total amino acid contents descended except His and Arg. Sulfur application had less effect on the contents of saturated fatty acids (palmitic acid and stearic acid) than on the contents of unsaturated fatty acids (oleic acid, linoleic acid, linolenic acid), which showed most obvious in high-oil cultivars.

**Key words:** Soybean; Sulfur; Amino acid; Fatty acid

硫是蛋白质的重要成分, 主要存在于含硫氨基酸中, 其中蛋氨酸是蛋白质和酶的成分, 又是构成植物性蛋白不可缺少的氨基酸, 在启动蛋白质合成时起特殊作用。硫对玉米和小麦籽粒品质有重要影响<sup>[1-2]</sup>。豆科作物以及油料作物对硫有高度需求, 而低含硫氨基酸含量是影响大豆种子贮藏蛋白营养品质的重要因素<sup>[3-4]</sup>。

含硫氨基酸多寡主要由遗传因素决定<sup>[5]</sup>, 并已有研究者筛选出11S/7S高比值的优异种质<sup>[6-7]</sup>。但氨基酸含量的多寡也受营养供应影响, 外源甲硫氨酸可提高大豆蛋白质的甲硫氨酸含量<sup>[8]</sup>, 施硫能增加大豆蛋白质及含硫氨基酸含量<sup>[9]</sup>。但有关于硫对大豆油分影响方面的研究极少。采用3个不同

品质类型的品种为材料, 研究了硫素供应水平对蛋白氨基酸和油分组分含量的影响, 为合理施用硫肥和阐明硫素对大豆产质量的作用机理提供依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

品种为东农46(脂肪含量高于23%), 黑农35(蛋白质含量高于45%), 北9395(蛋白质和脂肪总量低于65%); 肥料采用硫磺粉, 磷酸氢二铵和氯化钾。

#### 1.2 方法

盆栽用土的基础肥力为: 有机质3.65%, 全氮0.175%, 全磷0.07%, 缓效钾2.224%, 有效氮

收稿日期: 2008-09-18

基金项目: 国家“十一五”科技支撑资助项目(2006BAD21B01-5, 2006BAD21B01-8)。

作者简介: 刘丽君(1971-), 女, 副教授, 主要从事大豆品质生理研究。E-mail: liulijun281021@163.com。

176.36 mg·kg<sup>-1</sup>,有效磷 14.2 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾 132.7 mg·kg<sup>-1</sup>,有效硫 16.71 mg·kg<sup>-1</sup>,pH 6.03。

每盆装土与砂 15 kg,土与砂 1:1(重量比)混合。每盆保苗 4 株,15 次重复。肥料以种肥形式一次施入,设置 4 个硫肥水平的处理,分别以 S<sub>0</sub>、S<sub>30</sub>、S<sub>60</sub>和 S<sub>90</sub>表示。各处理施硫量为:S<sub>0</sub>:不施硫;S<sub>30</sub>:硫磺粉 0.02 g·kg<sup>-1</sup>土;S<sub>60</sub>:硫磺粉 0.04 g·kg<sup>-1</sup>土;S<sub>90</sub>:硫磺粉 0.06 g·kg<sup>-1</sup>土。每盆磷酸氢二铵和氯化钾用量均为 0.22 g·kg<sup>-1</sup>土和 0.15 g·kg<sup>-1</sup>土。

### 1.3 测定项目及方法

1.3.1 取样方法 于结荚期挂签,收获时取成熟度一致的籽粒,在 80℃ 条件下烘干,粉碎,保存待测。

1.3.2 测定方法 蛋白质氨基酸组分采用氨基酸分析仪。

样品制备:称取一定量粉碎的大豆籽粒样品于试管中,加入 0.25 mL 2% 苯酚溶液,加 0.5 mL 过甲酸试剂,20℃ 下氧化 4 h。然后加 0.2 mL 16.8% 偏重亚硫酸钠溶液,轻微摇动几次,于喷灯下距管 2 cm 左右拉管,待冷却后加 6.67 mol·L<sup>-1</sup>盐酸 9 mL,用喷灯封管,置于 110℃ 恒温箱中水解 24~28 h。然后取出水解管冷却至室温,在喷灯上开管,水解液转移至 50 mL 容量瓶中,以 pH2.0 柠檬酸缓冲液冲洗水解管,加 9 mL 6 mol·L<sup>-1</sup>氢氧化钠溶液中和水解液,用 pH 2.0 柠檬酸缓冲液冲洗定容,过滤后上机测定。

色谱条件:分析柱,150 mm×4.0 mm 不锈钢柱,内填 2169#阳离子交换树脂,去氨柱,120 mm×4.0 mm 不锈钢柱,内填 2169#阳离子交换树脂。分析柱温度 58℃,反应盘温度 100℃。泵 1 流速 0.55 mL·min<sup>-1</sup>,泵 2 流速 0.3 mL·min<sup>-1</sup>,进样量 50 μL。

脂肪酸测定采用气相色谱法。

取待测样品,加 5 mL 0.4 mL·L<sup>-1</sup>氢氧化钾-甲醇溶液,摇匀,室温保持 10 min,如果上层溶液混浊,加几滴乙醇可迅速澄清。取上层清亮液上机测定,与标准样品对照,外标法定量。

色谱条件:色谱柱:1.6 mm×3 mm 不锈钢柱,内填 16% DEGS/Chromosorb W AW(60-80 目);柱温:195℃;气化室温度:250℃;检测器温度:250℃;氢气流量:30 mL·min<sup>-1</sup>;氮气流量:35 mL·min<sup>-1</sup>;空气流量:300 mL·min<sup>-1</sup>。

色谱结果是校正归一化法由仪器微机处理完成。

组分含量% =  $A_i \div \sum A \times 100\%$

式中  $A_i$ ——其中一种酸的色谱峰面积  
 $\sum A_i$ ——所有组分色谱面积之和

## 2 结果与分析

### 2.1 硫素水平对籽粒氨基酸组分的影响

氨基酸组分数据见表 1。数据表明不同硫肥处理对 18 种氨基酸含量均有影响,其作用效果因品种而异。对于几种含量差异较小的氨基酸组分,因施硫改变其含量从而改变所占位次。北 9395 S<sub>0</sub> 处理 18 种氨基酸含量比较顺序大体表现为:谷氨酸>天门冬氨酸>精氨酸>亮氨酸>赖氨酸>苯丙氨酸>异亮氨酸=丝氨酸>缬氨酸=脯氨酸>甘氨酸>丙氨酸>酪氨酸>苏氨酸>组氨酸>胱氨酸>蛋氨酸>色氨酸,其中含硫氨基酸胱氨酸(0.60%)、蛋氨酸(0.55%)含量不足 1%。施硫处理中谷氨酸、异亮氨酸、脯氨酸、色氨酸含量降低,其他氨基酸组分含量均有不同程度的增加,其中天门冬氨酸、苏氨酸、甘氨酸、丙氨酸、赖氨酸、组氨酸在 S<sub>60</sub> 水平含量最高,与 S<sub>0</sub> 相比分别增加 0.02%、0.02%、0.01%、0.03%、0.06% 和 0.06%,尤以赖氨酸和组氨酸增幅最高。苯丙氨酸和蛋氨酸在 S<sub>30</sub> 水平时含量最高,与 S<sub>0</sub> 相比增加幅度分别为 0.48% 和 0.11%。胱氨酸、缬氨酸、亮氨酸、酪氨酸和色氨酸在 S<sub>90</sub> 水平含量最高,与 S<sub>0</sub> 相比增加幅度分别为:0.07%、0.08%、0.12%、0.13%、0.05%。氨基酸总量在一定施硫水平范围内随施硫量的增加而增加,当施硫量过高反而下降,试验处理间氨基酸总量的比较顺序为 S<sub>60</sub> (36.94%)>S<sub>30</sub> (36.89%)>S<sub>90</sub> (36.54%)>S<sub>0</sub> (36.49%)。

东农 46 S<sub>0</sub> 处理 18 种氨基酸含量比较顺序大体表现为:谷氨酸>天门冬氨酸>赖氨酸>亮氨酸>苯丙氨酸>精氨酸>异亮氨酸>缬氨酸>脯氨酸>丝氨酸>酪氨酸>丙氨酸>甘氨酸>苏氨酸>组氨酸>蛋氨酸>胱氨酸>色氨酸,施硫处理只有组氨酸和精氨酸含量增加,组氨酸以 S<sub>90</sub> 处理含量最高(1.14%),比 S<sub>0</sub> (0.8%) 增加 0.34%,精氨酸以 S<sub>60</sub> 处理含量最高(2.67%),比 S<sub>0</sub> (2.44%) 增加 0.23%;其它各种氨基酸均表现为施硫处理后含量反而下降,胱氨酸和蛋氨酸含量表现为随施硫量增加而减少,S<sub>90</sub> 处理胱氨酸含量(0.58%)与 S<sub>0</sub> (0.72%) 相比降低了 0.14%,蛋氨酸含量(0.74%)与 S<sub>0</sub> (0.56%) 相比降低了 0.18%。氨基酸总量表现为施硫处理低于对照。

表1 不同处理籽粒氨基酸组分含量  
Table1 Amino acid contents of different treatment/%

氨基酸组分 Amino acid	北 9395 Bei 9395				东农 46 Dongnong 46				黑农 35 Heinong 35			
	S <sub>0</sub>	S <sub>30</sub>	S <sub>60</sub>	S <sub>90</sub>	S <sub>90</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>30</sub>	S <sub>60</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>30</sub>	S <sub>60</sub>	S <sub>90</sub>
天门冬氨酸 Asp	3.90	3.86	3.92	3.99	3.52	3.51	3.38	3.43	3.71	3.72	3.79	3.76
苏氨酸 Thr	1.38	1.37	1.40	1.38	1.34	1.31	1.28	1.28	1.30	1.32	1.35	1.33
丝氨酸 Ser	1.85	1.79	1.85	1.78	1.62	1.44	1.62	1.60	1.68	1.72	1.80	1.71
谷氨酸 Glu	6.80	6.60	6.73	6.90	6.27	4.70	5.75	5.89	6.58	6.66	6.74	6.74
甘氨酸 Gly	1.45	1.45	1.47	1.46	1.43	1.29	1.31	1.33	1.41	1.46	1.45	1.43
丙氨酸 Ala	1.45	1.45	1.48	1.48	1.50	1.29	1.32	1.32	1.45	1.43	1.41	1.80
胱氨酸 Cys	0.60	0.65	0.61	0.67	0.72	0.64	0.59	0.58	0.57	0.62	0.64	0.60
缬氨酸 Val	1.78	1.84	1.83	1.86	1.79	1.66	1.68	1.65	1.31	1.81	1.74	1.80
蛋氨酸 Met	0.55	0.66	0.55	0.58	0.74	0.62	0.59	0.56	0.44	0.59	0.58	0.57
异亮氨酸 Ile	1.85	1.76	1.85	1.01	1.88	1.74	1.68	1.55	1.48	1.76	1.75	1.77
亮氨酸 Leu	2.63	2.67	2.69	2.75	2.61	2.36	2.36	2.45	2.41	2.66	2.66	2.67
酪氨酸 Tyr	1.42	1.52	1.54	1.55	1.57	1.47	1.39	1.36	1.37	1.42	1.48	1.47
苯丙氨酸 Phe	2.09	2.48	2.14	2.09	2.53	2.14	2.04	2.03	2.01	2.14	2.13	2.04
赖氨酸 Lys	2.52	2.48	2.58	2.50	2.79	2.30	2.26	2.27	2.39	2.49	2.39	2.46
组氨酸 His	1.13	1.16	1.19	1.10	0.80	1.13	1.12	1.14	1.07	1.17	1.17	1.14
精氨酸 Arg	2.88	3.17	3.00	3.10	2.44	2.59	2.67	2.61	2.84	2.98	2.91	2.91
脯氨酸 Pro	1.78	1.58	1.68	1.84	1.72	1.45	1.28	1.35	1.52	1.41	1.52	1.45
色氨酸 Trp	0.43	0.39	0.44	0.48	0.45	0.36	0.45	0.39	0.43	0.45	0.45	0.44
总量 Total	36.49	36.89	36.94	36.54	35.72	32.01	32.76	32.79	33.98	35.82	35.96	36.11

黑农 35 大豆籽粒对照处理 18 种氨基酸含量比较顺序为:谷氨酸 > 天门冬氨酸 > 精氨酸 > 亮氨酸 > 赖氨酸 > 苯丙氨酸 > 丝氨酸 > 脯氨酸 > 异亮氨酸 > 丙氨酸 > 甘氨酸 > 酪氨酸 > 缬氨酸 > 苏氨酸 > 组氨酸 > 胱氨酸 > 蛋氨酸 > 色氨酸。施硫处理只有脯氨酸含量下降,其它氨基酸含量均有不同程度升高,其中天门冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、胱氨酸、酪氨酸以 S<sub>60</sub> 处理含量最高,与 S<sub>0</sub> 相比增加幅度分别为 0.08%、0.05%、0.12%、0.16%、0.07%、0.11%;甘氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸、精氨酸、色氨酸含量以 S<sub>30</sub> 处理最高,与 S<sub>0</sub> 相比增加幅度分别为 0.05%、0.50%、0.15%、0.13%、0.10%、0.10%、0.14% 和 0.02%;异亮氨酸和亮氨酸以 S<sub>90</sub> 处理含量最高,与 S<sub>0</sub> 相比增幅分别为 0.29% 和 0.26%。总氨基酸含量随施硫量增加而增加,表现为 S<sub>90</sub> (36.11%) > S<sub>60</sub> (35.96%) > S<sub>30</sub> (35.82%) > S<sub>0</sub> (33.98%)。

3 个品种含硫氨基酸在不施硫条件下比较顺序为:胱氨酸和蛋氨酸含量均以东农 46 最高,其次为北 9395,黑农 35 最低;氨基酸总量比较表现为:北 9395 > 黑农 35 > 东农 46。由于 3 个品种对施硫处理的反应不同,施硫后含硫氨基酸含量以及氨基酸总量品种间的比较顺序发生改变。

## 2.2 硫素营养水平对大豆籽粒脂肪酸组分含量的

## 影响

脂肪酸组分含量见表 2。从表中数据可以看出,品种间各脂肪酸组分含量有明显顺序性,棕榈酸和亚油酸含量为北 9395 > 黑农 35 > 东农 46,亚麻酸和油酸含量为东农 46 > 黑农 35 > 北 9395,硬脂酸含量为东农 46 > 北 9395 > 黑农 35,施硫水平并不改变这种顺序,但在一定程度上对各组分含量产生影响,其作用效果因品种而异。

北 9395 棕榈酸、硬脂酸、油酸含量均表现为施硫处理低于对照,但棕榈酸处理间没有明显规律性,以 S<sub>90</sub> 处理最低(11.30%),比对照降低 0.1%;硬脂酸随施硫量增加而降低,最高降低 0.12%;油酸以 S<sub>30</sub> 最低,降低幅度为 0.37%;亚油酸、亚麻酸含量表现为施硫高于对照,均以 S<sub>30</sub> 处理最高,分别增加 0.43% 和 0.34%。东农 46 棕榈酸和硬脂酸含量受肥水平影响表现一致,均在 S<sub>0</sub> ~ S<sub>60</sub> 范围内随施硫量增加而增加,S<sub>90</sub> 处理反而降低;棕榈酸、硬脂酸最高含量比对照分别增加 0.05% 和 0.06%;油酸含量随施硫量增加明显下降,S<sub>90</sub> 处理比 S<sub>0</sub> 降低 3.25%;亚油酸、亚麻酸含量随施硫量增加而增加,S<sub>90</sub> 处理其含量分别比 S<sub>0</sub> 增加 2.92% 和 0.83%。黑农 35 棕榈酸、油酸在 S<sub>0</sub> ~ S<sub>60</sub> 范围内随施硫量增加而增加,而后则降低,S<sub>60</sub> 处理棕榈酸、油酸含量分别比对照增加 0.14% 和 0.43%;硬脂酸以 S<sub>30</sub> 处理最高,比对照

增加 0.04%。亚油酸和亚油酸含量均表现为随施硫量增加而增加, S<sub>90</sub> 处理亚油酸、亚麻酸分别比对

照增加 0.54% 和 0.51%。硫肥对脂肪酸总量的影响均表现为施硫高于对照。

表 2 不同硫水平处理脂肪酸组分含量

Table 2 Fatty acid content of different sulfur application level/%

品种 Varieties	处理 Treatments	棕榈酸 Palmitic acid	硬脂酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linolenic acid	总量 Total
北 9395	S <sub>0</sub>	11.40	3.91	18.80	54.03	9.10	97.24
Bei 9395	S <sub>30</sub>	11.33	3.84	18.43	54.46	9.44	97.50
	S <sub>60</sub>	11.39	3.83	18.70	54.36	9.39	97.64
	S <sub>90</sub>	11.30	3.79	18.76	54.32	9.41	97.58
东农 46 Dongnong 46	S <sub>0</sub>	10.52	3.89	22.51	49.80	10.94	97.66
	S <sub>30</sub>	10.52	3.94	21.96	50.35	10.97	97.74
	S <sub>60</sub>	10.57	3.95	21.21	50.79	11.22	97.74
	S <sub>90</sub>	10.41	3.76	19.26	52.72	11.77	97.92
黑农 35	S <sub>0</sub>	10.58	3.33	20.13	53.49	9.59	97.12
Heinong 35	S <sub>30</sub>	10.71	3.37	20.18	53.64	9.69	97.59
	S <sub>60</sub>	10.72	3.27	20.56	53.66	9.76	97.97
	S <sub>90</sub>	10.46	3.22	19.54	54.03	10.10	97.35

### 3 讨论

由于采用的品种属于不同的品质类型,硫肥对籽粒蛋白品质的影响也表现出了不同作用效果。高蛋白品种(黑农 35)和丰产型品种(北 9395)施硫不仅利于蛋白质含量的提高,而且可以提高大豆蛋白质氨基酸组分含量,尤其可以提高含硫氨基酸组分含量,这对于提高大豆蛋白品质极为重要。高油品种施硫虽然提高了蛋白质含量,但氨基酸组分只有组氨酸和精氨酸含量提高,其它组分均下降,氨基酸总量也是施硫处理低于未施硫处理。因此实际生产中应充分考虑品种特性以及生产需要来确定硫肥施用水平。

适当施硫对大豆脂肪酸组分平衡能够起到一定的调节作用。饱和脂肪酸(棕榈酸和硬脂酸)受硫肥水平的影响程度较小,不饱和脂肪酸组分(油酸、亚油酸、亚麻酸)的含量受影响程度大,尤其高脂肪含量品种,高蛋白型品种次之,丰产型品种受影响程度最小。棕榈酸和硬脂酸受硫素水平的影响较小,二者的变化幅度较为接近,在 0.1% 左右。油酸、亚油酸、亚麻酸受硫素水平的影响较大,3 个品种间存在明显的差异。东农 46 受影响变化幅度最大,油酸最大降低幅度达 3.25%,亚油酸最大增加幅度达 2.92%;其次为黑农 35,变化幅度在 0.5% 左右;最低为北 9395,变化幅度在 0.4% 左右。品种间各脂肪酸组分明显的规律性并不因施硫水平发生改变,说明了脂肪酸组分的相对富集程度在很大程度上受制于遗传因素,但适当施硫对大豆脂肪酸组分平

衡能够起到一定的调节作用,主要是改变不饱和脂肪酸组分的含量,饱和脂肪酸受影响程度较小,尤其高脂肪含量品种受影响程度较大,这对于改善大豆品质以及充分发挥优质品种的遗传潜力意义重大。

### 参考文献

- [1] 谢瑞芝,董树亭,胡昌浩,等. 氮硫互作对玉米籽粒营养品质的影响[J]. 中国农业科学,2003,36(3):263-268. (Xie R Z, Dong S T, Hu C H, et al. Influence of nitrogen and sulfur interaction on grain quality of maize [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2003, 36(3): 263-268.)
- [2] 王东,于振文,王旭东. 硫肥对冬小麦硫素吸收分配和产量的影响[J]. 作物学报,2003,29(5):791-793. (Wang D, Yu Z W, Wang X D. Effect of sulfur fertilizer on sulfur absorption and distribution and yield of winter wheat [J]. Acta Agronomica Sinica, 2003, 29(5): 791-793.)
- [3] 许月,朱长甫,石连旋,等. 大豆种子贮藏蛋白的研究概况[J]. 大豆科学,1998(3):262-267. (Xu Y, Z hu C F, Shi L X, et al. General review in the study of the soybean seed storage protein [J]. Soybean Science, 1998(3): 262-267.)
- [4] Sexton P J, Naeve S L, Paek N C, et al. Sulfur availability, cotyledon nitrogen: sulfur ratio, and relative abundance of seed storage proteins of soybean [J]. Crop Science, 1998, 38: 983-986.
- [5] 林忠平,尹光初. 大豆贮存蛋白研究[J]. 大豆科学,1983,2(2): 232-238. (Lin Z P, Yin G C. Study on the storage protein in soybean [J]. Soybean Science, 1983, 2(2): 232-238.)
- [6] Kitamura K T, Takagi, Shibasaki K. Subunit structure of soybean 11S globulin [J]. Agricultural and Biological Chemistry, 1976, 40(9): 18-37.

(下转第 1002 页)