

# 大豆氨基酸组分影响蛋白质含量的通径分析<sup>\*</sup>

宁海龙<sup>1</sup> 李文霞<sup>1</sup> 潘相文<sup>2</sup> 杨庆凯<sup>1</sup>

(1. 东北农业大学大豆研究所, 哈尔滨, 150030; 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 150040)

**摘要** 以62份东北大豆品种(系)为材料, 对17个影响蛋白质含量的氨基酸进行多元线性回归分析, 在此基础上对12个影响较大的氨基酸进行通径分析, 研究其对蛋白质含量影响力的大小及直接效应和间接效应, 以期大豆品质育种提供理论依据。

**关键词** 大豆; 蛋白质; 氨基酸; 多元线性回归; 通径分析

中图分类号 S 565.1 文献标识码 A 文章编号 1000-9841(2002)04-0259-04

大豆是我国人民的主要食用蛋白质源, 也是东北地区的主要油料作物。近年来, 随着经济发展水平的提高和人们消费观念的转变, 对农产品的品质提出了更高的要求, 品质育种受到从未有的重视。有关大豆蛋白质、脂肪含量的研究已经在遗传、生理生态等各方面展开, 并取得深入进展<sup>[1-2]</sup>。有关大豆蛋白质含量与氨基酸组份关系的研究虽有一些, 但多局限在氨基酸组分与蛋白质含量简单相关性上, 而对氨基酸间通过相互作用对蛋白质含量的间接影响却探讨得很少<sup>[3-7, 9-13]</sup>。各种氨基酸在作为组份构成蛋白质的同时, 相互之间互相转化, 处于动态变化之中。因此, 必须对氨基酸组份间的关系进行系统分析, 才能明确它们对蛋白质含量的影响大小, 有利于品种筛选。本研究以62份东北大豆品种(系)为材料, 对17个影响蛋白质含量的氨基酸进行通径分析, 研究其对蛋白质含量影响力的大小及直接效应和间接效应, 以期大豆品质育种提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

从东北农业大学大豆研究所保存的东北大豆200份品种资源材料中随机选取在哈尔滨能够正常成熟的62份材料(见表1)。

### 1.2 试验方法

本试验于2000年和2001年在东北农业大学香

坊试验站进行, 采用随机区组设计, 3次重复。2行区, 行距0.65m, 株距0.08m, 行长6m。4月28日播种, 9月25日收获。每区取10株进行室内考种。使用自动氨基酸分析仪获得的天冬氨酸、苏氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、半胱氨酸、缬氨酸、甲硫氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸、精氨酸、脯氨酸等17种氨基酸组分的试验数据, 利用Perton-8620近红外品质分析仪分析蛋白质含量。

### 1.3 统计分析

将每一品种2年3个小区的试验数据平均进行分析。全部数据应用Excel及SAS软件处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 多元线性回归分析

以供试的62个大豆品种为样本, 以17种氨基酸组分含量为自变量, 依次为半胱氨酸( $x_1$ )、甲硫氨酸( $x_2$ )、天冬氨酸( $x_3$ )、苏氨酸( $x_4$ )、丝氨酸( $x_5$ )、谷氨酸( $x_6$ )、甘氨酸( $x_7$ )、丙氨酸( $x_8$ )、缬氨酸( $x_9$ )、异亮氨酸( $x_{10}$ )、亮氨酸( $x_{11}$ )、酪氨酸( $x_{12}$ )、苯丙氨酸( $x_{13}$ )、赖氨酸( $x_{14}$ )、组氨酸( $x_{15}$ )、精氨酸( $x_{16}$ )、脯氨酸( $x_{17}$ ), 以蛋白质含量( $y$ )依变量, 通过初步多元线性回归(表2), 根据回归系数显著性及方程的决定系数, 剔除次要影响因素苏氨酸( $x_4$ )、丝氨酸( $x_5$ )、丙氨酸( $x_8$ )、组氨酸( $x_{15}$ )、脯氨酸( $x_{17}$ )后, 再次进行多元线性回归, 得回归系数  $b_0 = 40.648$ ;  $b_1$  (半胱氨酸

\* 收稿日期: 2002-05-20

课题来源: 国家自然科学基金(30130120)项目; “863”项目(2001AA211041)

作者简介: 宁海龙(1975-), 男, 讲师, 主要从事大豆遗传育种及生理生态研究。

酸)= - 5.463; b<sub>2</sub>(甲硫氨酸)= 6.923; b<sub>3</sub>(天冬氨酸)= - 2.959; b<sub>1</sub>(亮氨酸)= - 4.194; b<sub>12</sub>(酪氨酸)= 8.03; b<sub>6</sub>(谷氨酸)=0.380; b<sub>7</sub>(甘氨酸)= - 9.430; b<sub>13</sub>(苯丙氨酸)=11.740; b<sub>14</sub>(赖氨酸)= - 4.605; b<sub>16</sub>(精氨酸)=2.597。回归方程

表 1 供试品种(系)名称及其编号

Table 1 Number and name of soybean cultivars tested in experiment

编号	品种		编号	品种		编号	品种		编号	品种	
No.	Varieties		No.	Varieties		No.	Varieties		No.	Varieties	
1	8647	8647	17	农大 7828	ND7828	33	九农 9303	JN 9303	49	合 96—970	H96—970
2	九丰 3 号	JF3	18	钢 8084—1	G8084—1	34	九农 9473	JN 9473	50	钢 8926—9	G 8926—9
3	黑河 19 号	HH19	19	绥农 4 号	SN4	35	九农 7714	JN 7714	51	垦 96—3238	K96—3238
4	北 454	B454	20	绥农 8 号	SN8	36	九农 9568—12—4	JN9568—12—4	52	绥 97—5293	S97—5293
5	呼丰 5 号	HF5	21	绥农 14 号	SN14	37	公交 9107—1	GJ9107—1	53	绥 97—5033	S97—5033
6	丰收 18 号	FSH18	22	绥农 15 号	SN15	38	公交 7335	GJ7335	54	钢 9182—2	G9182—2
7	红丰 9 号	HF9	23	绥 93—355	S93—355	39	E3147	E3147	55	克 D94—841	K D94—841
8	合 93—111	H93—111	24	绥 95—5672	S95—5672	40	新引 4 号	XY4	56	合交 95—865	HJ95—865
9	垦 97—402	K97—402	25	东农 38 号	DN38	41	新引 5 号	XY5	57	东农 30491—1	DN30491—1
10	垦 98—3910	K98—3910	26	东农 434	DN434	42	新引 6 号	XY6	58	东农 163	DN 163
11	854—3	854—3	27	东农 96—868	DN96—868	43	上农 98—903	SHN98—903	59	农大 5976	ND5976
12	854—5	854—5	28	东农 823	DN823	44	东农 301	DN301	60	垦 97402	K 97402
13	854—6	854—6	29	东农 92—8033	DN92—8033	45	农大 5129	ND5129	61	东农 42	DN 42
14	854—10	854—10	30	东农 92—070	DN92—070	46	农大 4900	ND4900	62	东农 L13	DN L13
15	854—11	854—11	31	东农 93—046	DN93—046	47	哈 97—6630	H97—6630			
16	农大 3360	ND3360	32	九农 22 号	JN22	48	宝诱 118	BY118			

显著测验  $F=4.95^{**}$ , 表明该方程能够很好反映蛋白质含量与各氨基酸组分的关系, 达极显著水平。

2.2 通径分析

由表 2 可见, 入选的各氨基酸组分与蛋白质含量均呈正相关, 其中酪氨酸、精氨酸与蛋白质含量的相关达极显著水平, 天冬氨酸与蛋白质含量达到显著正相关, 其它各氨基酸组分间均达到极显著正相关。

表 2 12 个氨基酸组分与蛋白质含量的简单相关

Table 2 The simple correlation matrix of 12 amino acids and protein content

	半胱氨酸	甲硫氨酸	天冬氨酸	谷氨酸	甘氨酸	缬氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸	苯丙氨酸	赖氨酸	精氨酸	蛋白质
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	X <sub>16</sub>	Y
X <sub>1</sub>	1	0.7905 **	0.8008 **	0.6735 **	0.7835 **	0.835 **	0.8136 **	0.816 **	0.4415 **	0.8187 **	0.7776 **	0.7522 **	0.0724
X <sub>2</sub>	0.7905 **	1	0.8009 **	0.8005 **	0.806 **	0.835 **	0.8041 **	0.847 **	0.5261 **	0.803 **	0.7555 **	0.7517 **	0.1527
X <sub>3</sub>	0.8008 **	0.8009 **	1	0.7428 **	0.9854 **	0.9473 **	0.9116 **	0.9779 **	0.6418 **	0.9239 **	0.7841 **	0.9142 **	0.2910 *
X <sub>6</sub>	0.6735 **	0.8005 **	0.7428 **	1	0.7531 **	0.7559 **	0.7152 **	0.7701 **	0.497 **	0.7311 **	0.6453 **	0.6823 **	0.2354
X <sub>7</sub>	0.7835 **	0.8060 **	0.9854 **	0.7531 **	1	0.9354 **	0.9016 **	0.9702 **	0.6508 **	0.9095 **	0.7737 **	0.8882 **	0.243
X <sub>9</sub>	0.8350 **	0.835 **	0.9473 **	0.7559 **	0.9354 **	1	0.9698 **	0.9611 **	0.4781 **	0.9612 **	0.8903 **	0.8830 **	0.1481
X <sub>10</sub>	0.8136 **	0.8041 **	0.9116 **	0.7152 **	0.9016 **	0.9698 **	1	0.9119 **	0.4075 **	0.9106 **	0.8632 **	0.8162 **	0.0857
X <sub>11</sub>	0.8160 **	0.847 **	0.9779 **	0.7701 **	0.9702 **	0.9611 **	0.9119 **	1	0.6279 **	0.9591 **	0.8399 **	0.902 **	0.2341
X <sub>12</sub>	0.4415 **	0.5261 **	0.6418 **	0.497	0.6508 **	0.4781 **	0.4075 **	0.6279 **	1	0.5143 **	0.1789	0.5595 **	0.3369 **
X <sub>13</sub>	0.8187 **	0.803 **	0.9239 **	0.7311 **	0.9095 **	0.9612 **	0.9106 **	0.9591 **	0.5143 **	1	0.9005 **	0.8757 **	0.2111
X <sub>14</sub>	0.7776 **	0.7555 **	0.7841 **	0.6453 **	0.7737 **	0.8903 **	0.8632 **	0.8399 **	0.1789	0.9005 **	1	0.7556 **	0.015
X <sub>16</sub>	0.7522 **	0.7517 **	0.9142 **	0.6823 **	0.8882 **	0.8830 **	0.8162 **	0.902 **	0.5595 **	0.8757 **	0.7556 **	1	0.3828 **
Y	0.0724	0.1527	0.291 *	0.2354	0.243	0.1481	0.0857	0.2341	0.3369 **	0.2111	0.015	0.3828 **	1

表3显示了12个氨基酸组分对蛋白质含量影响的途径系数,位于主对角线上的为直接途径系数(表4),绝对值从大到小的顺序是:天冬氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、甘氨酸、赖氨酸、亮氨酸、精氨酸、酪氨酸、异亮氨酸、甲硫氨酸、半胱氨酸、谷氨酸;绝对值越大,说明对蛋白质含量的直接影响越大。除直接途径系数外的途径系数为间接途径系数,它反映的是某一氨基酸组分对蛋白质含量的影响是通过对其它组分的影响而间接影响到蛋白质含量的。直接途径系

数与间接途径系数之和是相关系数。间接途径系数的绝对值从大到小的顺序是:天冬氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸、甘氨酸、亮氨酸、赖氨酸、酪氨酸、异亮氨酸、半胱氨酸、精氨酸、甲硫氨酸、谷氨酸。比较各氨基酸组分的直接途径系数和间接途径系数对蛋白质含量的影响方向可看出,每种氨基酸组分的直接途径系数和间接途径系数对蛋白质含量的影响方向相反,即是如直接途径系数为正向影响,则间接途径系数为负向影响;反之亦然。

表3 途径系数分析  
Table 3 Path coefficient analysis

	半胱氨酸 $X_1$	甲硫氨酸 $X_2$	天冬氨酸 $X_3$	谷氨酸 $X_6$	甘氨酸 $X_7$	缬氨酸 $X_9$	异亮氨酸 $X_{10}$	亮氨酸 $X_{11}$	酪氨酸 $X_{12}$	苯丙氨酸 $X_{13}$	赖氨酸 $X_{14}$	精氨酸 $X_{16}$
$X_1-(X_i-Y)$	-0.2912	-0.2302	-0.2332	-0.1961	-0.2281	-0.2431	-0.2369	-0.2376	-0.1285	-0.2384	-0.2264	-0.219
$X_2-(X_i-Y)$	0.2908	0.3679	0.2946	0.2945	0.2965	0.3072	0.2958	0.3116	0.1935	0.2954	0.2779	0.2765
$X_3-(X_i-Y)$	2.0162	2.0165	2.5178	1.8702	2.481	2.3851	2.2952	2.4621	1.6159	2.3262	1.9742	2.3018
$X_6-(X_i-Y)$	0.1602	0.1904	0.1766	0.2378	0.1791	0.1798	0.1701	0.1831	0.1182	0.1739	0.1535	0.1623
$X_7-(X_i-Y)$	-0.7711	-0.7932	-0.9698	-0.7412	-0.9841	-0.9206	-0.8873	-0.9548	-0.6405	-0.8951	-0.7614	-0.8741
$X_9-(X_i-Y)$	-1.1783	-1.1783	-1.3367	-1.0667	-1.32	-1.4111	-1.3685	-1.3562	-0.6747	-1.3564	-1.2563	-1.246
$X_{10}-(X_i-Y)$	-0.3051	-0.3016	-0.3419	-0.2682	-0.3381	-0.3637	-0.375	-0.342	-0.1528	-0.3415	-0.3237	-0.3061
$X_{11}-(X_i-Y)$	-0.6779	-0.7037	-0.8124	-0.6398	-0.806	-0.7985	-0.7576	-0.8308	-0.5217	-0.7968	-0.6978	-0.7494
$X_{12}-(X_i-Y)$	-0.2051	-0.2444	-0.2981	-0.2308	-0.3023	-0.2221	-0.1893	-0.2916	-0.4645	-0.2389	-0.0831	-0.2599
$X_{13}-(X_i-Y)$	1.2992	1.2743	1.4662	1.1602	1.4433	1.5254	1.4451	1.522	0.8162	1.5869	1.429	1.3897
$X_{14}-(X_i-Y)$	-0.726	-0.7054	-0.7321	-0.6025	-0.7224	-0.8312	-0.8059	-0.7842	-0.167	-0.8407	-0.9336	-0.7055
$X_{16}-(X_i-Y)$	0.4607	0.4604	0.5599	0.4179	0.544	0.5408	0.4999	0.5525	0.3427	0.5364	0.4628	0.6125

表4 直接与间接途径系数  
Table 4 The direct and indirect path coefficient

	半胱氨酸 $X_1$	甲硫氨酸 $X_2$	天冬氨酸 $X_3$	谷氨酸 $X_6$	甘氨酸 $X_7$	缬氨酸 $X_9$	异亮氨酸 $X_{10}$	亮氨酸 $X_{11}$	酪氨酸 $X_{12}$	苯丙氨酸 $X_{13}$	赖氨酸 $X_{14}$	精氨酸 $X_{16}$
直接途径系数	-0.2912	0.3679	2.5178	0.2378	-0.9841	-1.4111	-0.375	-0.8308	-0.4645	1.5869	-0.9336	0.6125
间接途径系数	0.3636	-0.2152	-2.2268	-0.0024	1.2271	1.5592	0.4607	1.0649	0.8014	-1.3758	0.9486	-0.2297

本分析的决定系数  $R^2=0.548$ ,说明,这12个氨基酸组分对蛋白质含量影响的比重占54.8%,还有45.2%的影响作用由其它性状构成,尽管这些组分与蛋白质含量的相关性较小,在初步多元回归时已经剔除,但必要时也应考虑进去。

3 讨论

蛋白质是由各种氨基酸构成的,氨基酸势必影响蛋白质的含量。但各种氨基酸在作为组份构成蛋白质的同时,相互之间互相转化,处于动态变化之中。关于大豆蛋白质含量及其氨基酸组分的关系的

研究结果,国内外报道比较多。Narihik kaizuma等(1974)认为,蛋白质含量与含硫氨基酸之间无相关性。平村枝等(1974)分析结果表明,蛋白质含量与含硫氨基酸之间呈负相关性<sup>[12]</sup>。李福山等(1986)对栽培、野生、半野生大豆蛋白质含量及其氨基酸组份的分析发现,多数氨基酸与蛋白质含量呈极显著的负相关<sup>[4]</sup>。杨光宇等(1986)与孟祥勋等(1987)的结果相似,认为多数氨基酸与蛋白质含量呈正相关<sup>[7,11]</sup>。由以上结果可看出,不同研究结论很不统一,笔者认为这是由于忽略了各种氨基酸组份之间互相转化造成的。在分析氨基酸组份与蛋白质含量的相关性时,不应只是考虑氨基酸组份与蛋白质含

量直接影响,还要考虑氨基酸间相互转化和作用对蛋白质含量的影响。本研究经通径分析表明,影响大豆蛋白质含量的氨基酸组份主要是天冬氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸,其次是甘氨酸、赖氨酸、亮氨酸。但天冬氨酸、苯丙氨酸的直接效应较大,而亮氨酸、缬氨酸、甘氨酸、赖氨酸的间接效应较大。在筛选优质专用大豆品种时,既要考虑到某个氨基酸的直接作用,也要考虑到它的间接作用,因为一种氨基酸的提高或降低,可能会影响到其它组份对选种目的的作用。

## 参考文献

- 1 王金陵,杨庆凯,吴宗璞. 中国东北大豆[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1999.
- 2 王连铮,王金陵. 大豆遗传育种学[M]. 北京:科学出版社,1992.
- 3 盖钧镒. 大豆育种应用基础和技术研究进展[M]. 南京:江苏科技出版社,1992.
- 4 李福山,常汝镇,舒世珍,等. 栽培、野生、半野生大豆蛋白质含量及氨基酸组成的初步分析[J]. 大豆科学,1986,5(1):64—72.
- 5 李永忠. 大豆脂肪酸及其组成成分的相关和通径分析[J]. 大豆科学,1987,6(3):203—208.
- 6 林忠平,彭光子,尹光初,等. 大豆种子氨基酸组分变异分析[J]. 大豆科学,1987,6(2):105—111.
- 7 孟祥勋,胡明祥. 大豆子粒蛋白质氨基酸组成成分的相关分析[J]. 大豆科学,1987,6(3):213—219.
- 8 宁海龙,崔成焕,邹德堂,等. 寒地粳稻资源碾磨和外观品质的研究[J]. 东北农业大学学报,2001,32(3):239—247.
- 9 沈同,王镜岩. 生物化学(下册)[M]. 北京:高等教育出版社,1991.
- 10 徐豹,庄丙昌,路琴华,等. 中国大豆主要生产品种蛋白质、脂肪含量及其组分的相关分析[J]. 大豆科学,1987,6(3):175—184.
- 11 杨光宇,尹爱平. 野生大豆(*G. soja*)氨基酸组成的初步研究[J]. 大豆科学,1986,5(2):175—180.
- 12 Narhik kaizuma Shoei Miura. Variation of seed protein percentage and sulfur-containing amino acid content among various leguminous species[J]. 育种学杂志,1974,24(3):9—16.
- 13 平春枝. 大豆の品种と粒重,タンパク質すぢび含硫酸アブノ含量[J]. 日本作物学会纪事,1976,45(3):381—393.

## THE ANALYSIS OF SOYBEAN AMINO ACIDS COMPOSITION AFFECTING PROTEIN CONTENT

Ning Hailong Yang Qingkai Li Wenxia

(Soybean Research Institute, Northeast Agricultural University, Harbin, 150030)

**Abstract** The study was conducted with 62 soybean cultivars in the northeast of China, 17 amino acids affecting soybean protein content were analyzed by multiple linear regression and path coefficient analysis. The direct and indirect effects of 12 comparatively influential amino acids on protein content were also studied. This study offered the reference for soybean quality breeding.

**Key words** Soybean; Protein; Amino acids; Multiple linear regression analysis; Path analysis