

# 中国大豆种质资源耐铝毒性的变异特点及优选

齐波,赵团结,盖钧镒

(南京农业大学大豆研究所/农业部国家大豆改良中心/作物遗传与种质创新国家重点实验室,南京 210095)

**摘要** 铝毒害是酸性土壤中限制大豆产量的重要因素之一。探讨我国不同生态区大豆种质资源耐铝毒害性的遗传变异特点对于大豆耐铝毒品种选育具有重要意义。本研究从各生态区选出509份种质资源,采用苗期营养液砂培鉴定方法,以株高、叶龄、地上部干重和地下部干重的平均隶属函数值( $FA_i$ )作为耐铝毒性的指标,分析不同生态区品种对铝毒的耐性表现。结果表明,全国栽培大豆种质资源的耐铝毒隶属函数值存在相当大的变异,变幅为8.59%~74.83%,呈现出中间多、两头少的单峰态分布;各生态区内均存在与全国相同的变异特点,生态区间的变异比较小,平均数变幅仅为39.24%~41.65%,区内变异明显地大于区间变异;大豆耐铝毒性的强弱具有一定的相对性,根据参考文献所选的对照品种在509份资源中都处于中间状态,说明大豆种质资源耐铝毒性存在更大的耐铝毒和敏感性的变异;按照 $FA_i > 65%$ (1级),遴选出了15份强耐铝毒资源,占所选资源总数的2.95%,分别来自I、II、III、IV、VI生态区;按照 $FA_i < 15%$ (5级),遴选出5份强敏感性材料,占资源总数的0.98%,分别来自II、III、IV、VI生态区,可供大豆耐铝毒性遗传育种研究利用。

**关键词** 大豆 [*Glycine max*(L.) Merr.]; 耐铝毒; 种质资源; 鉴定; 变异

**中图分类号** S565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)06-0813-07

## CHARACTERIZATION OF VARIATION AND IDENTIFICATION OF ELITE ACCESSIONS OF ALUMINUM TOXIN TOLERANCE SOYBEAN GERMPLASM IN CHINA

QI Bo, ZHAO Tuan-jie, GAI Jun-yi

(Soybean Research Institute of Nanjing Agricultural University/National Center for Soybean Improvement/National Key Laboratory for Crop Genetics and Germplasm Enhancement, Nanjing 210095)

**Abstract** Aluminum toxicity is one of the major factors limiting crop productivity in acid soil, particularly in southern China. It is the base for aluminum toxin tolerance (Al-tolerance) breeding to characterize the genetic variability of the germplasm of cultivated soybean (*Glycine max*(L.) Merr.) from different varietal eco-regions. In this study, 509 accessions of *Glycine max*(L.) Merr. sampled from different eco-regions were tested in a split-plot pot experiment with 28 mg kg<sup>-1</sup> aluminum vs. pure water as major treatment and accession as minor treatment and average membership index over plant height, number of leaves, dry weight above ground and dry weight under ground as tolerance indicator ( $FA_i$ ) in 2006. There

收稿日期:2007-08-09

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30490250);国家重点基础研究发展规划项目(2002CB111304,2004CB7206,2006CB101708);国家863项目(2002AA211052,2006AA100104);长江学者和创新团队发展计划资助项目(PCSIRT)

作者简介:齐波(1980-),男,硕士研究生,研究方向为大豆耐铝毒遗传育种。E-mail: mtsdhzhq@163.com

通讯作者:盖钧镒教授,中国工程院院士。Tel:025-84395405;E-mail:sri@njau.edu.cn

showed a single peak frequency distribution of  $FAi$  value with the range of 8.59% – 74.83% and the majority in the middle part and less frequencies at both sides, indicating a pretty large variation of Al-tolerance in the whole country, even scattered much more than the tolerant and sensitive checks. The same tendency was for the different eco-regions, with the variation among eco-regions (39.24% – 41.65%) being less than that within eco-regions. Total 15 (accounted for 2.95%) most Al-tolerant accessions from Eco-region I, II, III, IV, and VI with  $FAi$  value more than 65% and five (0.98%) most sensitive accessions from Eco-region II, III, IV, and VI with  $FAi$  value less than 15% were screened out for further studies in genetics and breeding for Al-tolerance. Based on it, a new set of tolerant and sensitive standard checks were suggested to replace the old set used in the present study since the new one could cover a wider range of Al-tolerance. In addition, the potential utilization of the results in the study on genetics and breeding for Al-tolerance was discussed.

**Key words** Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]; Aluminum toxin tolerance; Germplasm; Evaluation; Variation

铝毒害是酸性土壤中普遍存在的限制农业生产的一个重要问题<sup>[1-2]</sup>。我国南方的酸性土壤主要是红壤,遍及 15 个省份,总面积 1.28 亿  $hm^2$ , 占全国总面积的 22.7%<sup>[3]</sup>, 铝毒害是该地区限制大豆生长发育的主要因素之一。近年来,我国对大豆的需求量逐年增加,大豆进口量已超过自身的生产量,目前我国已成为世界上最大的大豆进口国。大豆生产的压力有增无减,选育大豆耐铝毒品种对于提高我国大豆产量,具有极为重要的现实意义。

大量研究表明,大豆受铝毒害的主要部位是根系,使植株对水分和养分的吸收困难,最终造成明显的产量降低<sup>[4,6-7]</sup>。关于铝毒害的研究,大多数侧重于大豆铝胁迫下形态学和生理生化方面的研究<sup>[2,5,7-10]</sup>。很多研究也表明,大豆对铝毒的耐性存在明显的基因型差异。年海<sup>[5]</sup>等对 10 余份材料进行了田间、温室土壤盆栽及营养液栽培筛选鉴定试验,结果发现南方酸性红壤地区的品种耐铝毒性明显较好,而东北品种耐性较差。Villagarcia<sup>[11]</sup>等通过对 10 份大豆材料进行水培法和砂培法的鉴定,筛选了 3 份耐铝毒性强的材料(PI 417021、PI 416937 和 Biloxi)。刘鹏等<sup>[9]</sup>采用砂培法研究了在不同铝浓度下,浙春 3 号对铝毒害胁迫的耐受能力较强。刘莹<sup>[6]</sup>选取黄淮海和长江中下游地区代表性材料 51 份,在苗期以株高、叶龄、根干重和茎叶干重隶属函数的平均值为指标进行耐铝毒性鉴定,从中筛选出 7 份强耐铝性材料和 3 份强敏感性材料。

在前人工作基础上,通过预备试验,遴选出耐铝毒性和敏感性对照品种各 3 份,并以对照品种作为标准,利用我国丰富的大豆种质资源,从中选择不同

生态区的代表性大豆栽培品种 509 份,通过耐铝毒性的鉴定筛选,进一步系统地研究我国大豆生态区域种质资源耐铝毒性的变异特点,从中挖掘优异的种质资源,为大豆耐铝毒性遗传育种工作奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 预备试验

2005 年夏,在南京农业大学大豆研究所江浦试验站进行预备试验。根据前人的研究结果,从种质资源中选择 15 个栽培品种,进行盆栽砂培试验,采用铝浓度为  $28 \text{ mg kg}^{-1}$  的营养液<sup>[6]</sup>处理,对照为等量的清水,9 个重复,随机排列,每隔 1 d 浇灌一次营养液,三周后收获。分别测定株高、叶龄、地上部烘干重和地下部烘干重。根据试验结果从中选择耐铝毒品种和敏感性品种各 3 份作为对照品种。

### 1.2 资源鉴定试验

从南京农业大学大豆研究所种质库保存的 15000 余份大豆资源材料中,按不同生态区域抽取各类具有代表性的材料 509 份,全部是来自 26 个省份的栽培品种。

2006 年夏,在江浦试验站进行盆栽砂培试验。9 月 5 日、19 日,把 509 份材料分两批次试验,耐铝毒对照品种和敏感性对照品种两次均种植。每次试验均为裂区设计,3 次重复。主区为胁迫和非胁迫处理,副区为品种。在每个盆钵中播种 10 粒种子,等到种子出土 3 d 后选留长势一致的 3 株苗。三周后收获,铝胁迫浓度和测定指标同预备试验。

### 1.3 耐铝毒农艺性状的测定

1.3.1 地上部和地下部干重的测定 取待测样品的地上部和地下部生物量,放入纸袋中按品种编号和重复编号进行编码标记,置于烘箱中采用 105℃ 杀青 1 h,然后,恒温(65℃, ≥48 h)烘干至恒重。用分析天平精确称量样品(精确至 0.01 g),根据各重复内胁迫、非胁迫下的干物质重量的平均值,计算胁迫/非胁迫比。

1.3.2 叶龄测定 大豆铝处理完毕,收获前一天,记录叶龄。复叶第一叶完全展开时叶龄为 1,复叶第二叶完全展开时叶龄为 2,依次类推。根据各重复内的叶龄平均值,计算胁迫/非胁迫比。

1.3.3 株高测定 大豆株高采用学生直尺进行测量。从大豆子叶节至生长点的长度规定为大豆的株高。在大豆收获前一天,测量株高。根据各重复内胁迫、非胁迫下每个品种的平均株高,计算胁迫/非胁迫比。

#### 1.4 耐铝毒隶属函数值

$$F_{ijk} = \frac{X_{ijk} - X_{jk\min}}{X_{jk\max} - X_{jk\min}}$$

$$F_{ik} = \sum_{j=1}^4 F_{ijk} / 4$$

$$FAi = \sum_{k=1}^3 F_{ik} / 3$$

分母中,数字 3、4 分别代表试验的重复数和测定的性状数。 $X_{ijk}$  为第  $k$  次重复内第  $i$  个材料第  $j$  个性状胁迫/非胁迫的比值, $X_{jk\max}$ 、 $X_{jk\min}$  分别为第  $k$  重复内第  $j$  个性状的最大、最小值,按材料将各性状的隶属函数值进行平均,得到第  $k$  个重复内第  $i$  个材料的隶属函数值  $F_{ik}$ 。然后将 3 次重复的隶属函数值再进行平均,得到每个材料的隶属函数值( $FAi$ )。

#### 1.5 数据整合方法

由于试验环境不同,收获的两批材料数据存在不同的系统偏差。通过以两批材料的共同对照作为标准,把第一批材料共同对照的尺度与第二批材料共同对照的尺度转换为平均尺度的方法,将两组材料的隶属函数值转换为同一尺度的隶属函数值。具体公式如下:

$$X_m = \bar{X} + (X'_m - \bar{X}_1) c_1 \quad (1)$$

$$X_n = \bar{X} + (X'_n - \bar{X}_2) c_2 \quad (2)$$

公式(1)、(2)中, $X_m$ 、 $X_n$  分别代表第一、二批材料转换为同一尺度的隶属函数值; $\bar{X} = (X_{11} + X_{12} + X_{21} + X_{22})/4$ , $X'_m$ 、 $X'_n$  分别代表第一、二批材料的隶属函数值; $\bar{X}_1$ 、 $\bar{X}_2$  分别代表第一、二批材料对照品种间的平均值; $c_1$ 、 $c_2$  分别代表第一、二批材料转换为同一尺度的矫正因子。具体计算如下: $c_1 = (d_1 + d_2)/2d_1$   $c_2 = (d_1 + d_2)/2d_2$

其中  $d_1 = (X_{12} - X_{11})/2$   $d_2 = (X_{22} - X_{21})/2$

$X_{11}$  代表第一批材料中 3 个敏感性对照品种的平均隶属函数值; $X_{12}$  代表第一批材料中 3 个耐铝毒对照品种的平均隶属函数值; $X_{21}$  代表第二批材料中 3 个敏感性对照品种的平均隶属函数值; $X_{22}$  代表第二批材料中 3 个耐铝毒对照品种的平均隶属函数值。

采用 Excel 2003 软件对上述合并调整的耐铝毒隶属函数进行描述性统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 对照品种的遴选

通过耐铝毒性鉴定,针对供试的 15 个材料,计算隶属函数值。表 1 表明,这些材料的耐铝毒变异幅度为 6.97% ~ 79.18%。其中,浙春 3 号、余杭六月豆、铜皮豆、PI416937 的耐铝毒变异幅度为 68.80% ~ 79.18%,属于耐铝毒性材料;黑鼻清、南农 87C-38、八月黄、奉化黄豆的变异幅度为 6.97% ~ 29.84%,属于敏感性材料;其余材料处于中间型,变异幅度为 41.36% ~ 63.50%。由于 PI416937 是一个公认的较强的耐铝毒外来资源<sup>[11,14-15,18]</sup>,故选择 PI416937、浙春 3 号、余杭六月豆 3 个品种作为耐铝毒对照品种;鉴于黑鼻清的农艺性状表现比奉化黄豆较稳定,故选择黑鼻清、南农 87C-38、八月黄 3 个品种作为敏感型对照品种。

### 2.2 全国各生态区域大豆种质资源耐铝毒性的变异特点

所获数据根据上述数据尺度调整方法,参照表 2 中的数据,把两批材料值整合为同一尺度的隶属函数值,并按照盖钧镒<sup>[12]</sup>的生态区划,将 509 份栽培大豆品种归入 6 个大豆品种生态区(表 3)。

表1 预备试验耐铝毒性的表现  
Table 1 Aluminum toxin tolerance in preliminary test

材料名称 Material	材料来源 Source	生态区域 Eco-region	隶属函数 FAi/%	文献出处或选用理由 Reference or reason
浙春3号 Zhechun 3	浙江 Zhejiang	Ⅲ	79.18	年海等,1999;刘鹏等,2004;胡蕾等,2004
余杭六月豆 Yuhangliuyuedou	浙江 Zhejiang	Ⅲ	75.32	南方品种
铜皮豆 Tongpidou	浙江 Zhejiang	Ⅳ	73.47	南方品种
永新六月黄 Yongxinliuyuehuang	江西 Jiangxi	Ⅳ	63.50	南方红壤区品种
余干九月宝 Yuganjiuyuebao	江西 Jiangxi	Ⅲ	57.00	南方红壤区品种
郟城亮帽僧 Yunchengliangmaoseng	山东 Shandong	Ⅱ	56.99	-
龙山内紫青 Longshanheziquing	湖南 Hunan	Ⅳ	54.99	南方红壤区品种
玉山八月爆 Yushanbayuebao	江西 Jiangxi	Ⅳ	54.54	南方红壤区品种
益阳秋黑豆 Yiyangqiuheidou	湖南 Hunan	Ⅳ	51.80	南方红壤区品种
同安油仔豆 Tonganyouzidou	福建 Fujian	Ⅵ	41.36	南方红壤区品种
南农87C-38 Nannong87C-38	江苏 Jiangsu	Ⅲ	29.84	MENG Xiao-ying et al.,2005.
黑鼻清 Heibiqing	广东 Guangdong	Ⅵ	14.08	南方红壤区品种
奉化黄豆 Fenghuahuangdou	浙江 Zhejiang	Ⅲ	9.76	南方品种
八月黄 Bayuehuang	贵州 Guizhou	Ⅴ	6.97	南方品种
PI 416937	国外 Overseas	-	68.80	Campbell et al.,1990;Lazof et al.,1994; Bianchi-Hall et al.,1998;Villagarcia et al.,2001.

FAi = 耐铝毒隶属函数值。 FAi = membership index of aluminum toxin tolerance

表2 对照品种的统计数据  
Table 2 Statistics of the standard checks for data adjustment

材料 Material	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	d <sub>i</sub>	X̄	d <sub>i</sub> /2
第一批材料 First group	X <sub>11</sub> = 34.98	X <sub>12</sub> = 45.38	d <sub>1</sub> = 10.40	X̄ <sub>1</sub> = 40.18	d <sub>1</sub> /2 = 5.20
第二批材料 Second group	X <sub>21</sub> = 37.21	X <sub>22</sub> = 48.26	d <sub>2</sub> = 11.05	X̄ <sub>2</sub> = 42.74	d <sub>2</sub> /2 = 5.53

X<sub>11</sub> = 敏感性对照品种平均; X<sub>12</sub> = 耐铝毒对照品种平均; d<sub>i</sub> = 对照品种之间的差值; X̄ = 对照品种间的平均值; d<sub>i</sub>/2 = 对照品种距离平均值的离差。

X<sub>11</sub> = Average of sensitive checks; X<sub>12</sub> = Average of tolerant checks; d<sub>i</sub> = Distance between sensitive checks and tolerant checks; X̄ = Mean of sensitive checks and tolerance checks; d<sub>i</sub>/2 = Distance from mean of checks to mean.

表3的结果表明,全国栽培大豆的耐铝毒平均隶属函数值为40.31%,其变化范围在8.59%~74.83%。这说明所选材料内存在相当大的遗传差异性。很大数量材料的耐铝毒隶属函数值集中在20%~65%的变幅内,并呈现中间大,两头小的分

布,表现较为突出的耐铝毒和敏感性的材料为数不多(表3,图1),说明大部分材料处于耐铝毒性的中间状态,而优异的大豆耐铝毒种质资源所占比例非常小,必须在大量的种质资源中才能发现真正的耐铝毒特异资源。

表3 我国栽培大豆种质资源耐铝毒性各生态区的次数分布与遗传变异

Table 3 Frequency distribution and genetic variation of Al tolerance of cultivated soybean resources in China

生态区域 Eco-regions	组限 Class limit															f	变幅 Range/%	X̄/%	CV/%
	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75					
I			1	3	9	14	14	16	9	5	2			2	75	19.78~74.57	39.24	25.76	
II		2	4	8	22	29	32	24	11	13	15	5	2	5	172	13.22~74.83	40.15	31.90	
III			1	2	4	3	14	15	22	16	9	4	3	1	94	13.67~72.62	41.65	24.97	
IV	1		1	6	12	15	15	19	13	9	1	3	1	2	98	8.59~72.47	39.71	28.44	
V			2		4	4	5	8	4	1	2				13	19.18~62.14	40.13	24.86	
VI		1	1	1	2	3	11	7	6	1	3	1	2		39	12.88~68.28	41.42	28.67	
全国 Country	1	4	11	22	52	79	92	96	59	38	27	13	5	10	509	8.59~74.83	40.31	28.44	

I = 北方一熟制春作大豆品种生态区; II = 黄淮海二熟制春夏作大豆品种生态区; III = 长江中下游二熟制春夏作大豆品种生态区; IV = 中南多熟制春夏秋作大豆品种生态区; V = 西南高原二熟制春夏作大豆品种生态区; VI = 华南热带多熟制四季大豆品种生态区。

I = Northern single cropping, spring planting eco-region; II = Huanghuaihai double cropping, spring and summer planting ecovregion; III = Middle and lower Changjiang valley double cropping, spring and summer planting eco-region; IV = Central south multiple cropping, spring, summer and autumn planting eco-region; V = Southwest plateau double cropping, spring and summer planting eco-region; VI = South China tropical multiple cropping, all season

planting eco-region

耐铝毒平均隶属函数值在不同区域间差异不大,最高为 41.65% (III 区);最低为 39.24% (I 区),二者相差不足 2.5%。但是,区域内隶属函数值变幅均存在相当大的差异,变异幅度较大的表现在 II、III、IV 区。其中,最高变幅为 8.59% ~ 72.47%,二者相差 63.88%,出现在 IV 区;最小变幅为 19.18% ~ 62.14%,二者相差 42.96%,出现在 V 区。这说明区域内的变异程度明显高于区域间的变异程度,各个生态区域内均蕴藏着较为丰富的耐铝毒变异。

根据图 1 中标记的耐铝毒和敏感性对照耐铝毒性的平均值为 36.10% 和 46.82%,处于整个分布的中间,差异不大。在 509 份种质资源中,隶属函数值大于 50%,并且超过耐铝毒对照品种的材料数就有 83 份,占资源总数的 18.27%;而隶属函数值小于 35%,并且超过敏感性对照品种的材料数有 261 份,占资源总数的 51.28%。这说明,根据文献所选的耐铝毒对照品种和敏感性对照品种的并不很理想,可以重新选差异更大的作对照种。

根据大豆耐铝毒平均隶属函数值的次数分布特点,对参试的 509 份种质资源的耐铝毒性按照下列标准分为 5 级:

1 级:平均隶属函数值在 65% ~ 75% 之间,为耐

铝毒型;

2 级:平均隶属函数值在 50% ~ 65% 之间,为较耐铝毒型;

3 级:平均隶属函数值在 35% ~ 50% 之间,为中间型;

4 级:平均隶属函数值在 20% ~ 35% 之间,为铝毒较敏感型;

5 级:平均隶属函数值在 5% ~ 20% 之间,为铝毒敏感型。

在各生态区内,1 级和 2 级材料的总量占生态区内材料总量的比例变化不大,除 II 区的比值较大,为 23.26% 外,其它 5 个生态区均较小,为 12% ~ 18.09%。4 级和 5 级材料也存在类似的情况。这说明大豆耐铝性材料和敏感性材料的分布与生态区没有太大关系。

### 2.3 大豆耐铝毒性特异种质资源的遴选

按照隶属函数值大于 65%,属于 1 级耐铝毒材料,遴选出了 15 份耐铝毒的特异种质资源,占所选种质资源总数的 2.95%;按照隶属函数值小于 15%,属于 5 级铝毒敏感型材料,遴选出 5 份敏感性的特异种质资源,占所选种质资源总数的 0.98% (表 4)。

表 4 入选耐铝毒特异资源表

Table 4 Selected elite Al-tolerant accessions

耐铝毒品种 ( $FAi > 65\%$ )	材料来源	ER	隶属函数值	耐铝毒品种 ( $FAi > 65\%$ )	材料来源	ER	隶属函数值
Tolerant cultivar	Source		$FAi/\%$	Tolerant cultivar	Source		$FAi/\%$
黑河 11 号 Heihe 11	黑龙江 Heilongjiang	I	74.57	旬阳黄豆 Xunyanghuangdou	陕西 Shannxi	II	68.65
满仓金 Mancangjin	辽宁 Liaoning	I	71.04	孝 79 - 13 Xiao79 - 13	湖北 Hubei	III	72.62
许昌白花糙 Xuchangbaihuacao	河南 Henan	II	74.66	雅安小粒早 Yaanxiaolizao	四川 Sichuan	IV	72.47
遂平小子药黑 Suipingxiaoziyaohei	河南 Henan	II	74.83	上饶干不死 Shangraoganbusi	江西 Jiangxi	IV	65.10
西平褐色豆 Xipinghesedou	河南 Henan	II	70.81	横丰八月黄 Hengfengbayuehuang	江西 Jiangxi	IV	70.94
豫豆 2 号 Yudou 2	河南 Henan	II	68.90	矮子人 Aiziren	广东 Guangdong	VI	68.28
黑腰黄豆 Heiyaohuangdou	甘肃 Gansu	II	74.12	高州黑豆 Gaozhouheidou	广东 Guangdong	VI	67.41
小蚂蚁蛋 Xiaomayidou	陕西 Shannxi	II	70.08				
敏感性品种 ( $FAi < 15\%$ )	材料来源	ER	隶属函数值	敏感性品种 ( $FAi < 15\%$ )	材料来源	ER	隶属函数值
Sensitive cultivar	Source		$FAi/\%$	Sensitive cultivar	Source		$FAi/\%$
冀豆 10 号 Jidou 10	河北 Hebei	II	13.22	万县大早黄 Wanxiandazaohuang	四川 Sichuan	IV	8.59
JN99 - 09	山东 Shandong	II	14.39	严田青皮豆 Yantianqingpidou	福建 Fujian	VI	12.88
椿黑豆 Chunheidou	湖北 Hubei	III	13.67				

---

ER = 生态区域。 ER = Eco-region

研究所选的 15 份耐铝毒的特异种质,其中 7 个材料来自于 II 区,占该区材料总数的 4.07%;2 个材料来自于 VI 区,占该区材料总数的 5.13%。II 区不是酸性红壤区,入选材料多,可能是该生态区内种质资源丰富的原因;VI 区属于南方酸性红壤区,入选材料数量多,说明了一定的自然选择的作用。

### 3 讨论

#### 3.1 不同批次的材料间数据整合方法的利用

大量种质资源的鉴定筛选,常需分批次试验。为进行不同批次间的相互比较,需要一个连接不同批次的中间桥梁。本研究在二批材料中设共同对照,通过对照调整统一尺度。这个方法还可以进一步扩展到三批或多批材料间的尺度调整,将不同批次的材料整合为同一尺度进行比较分析。

#### 3.2 大豆种质资源耐铝毒性筛选结果的比较

年海<sup>[4]</sup>等对 10 余份材料进行了耐铝毒筛选鉴定试验,结果发现南方酸性红壤地区的品种耐铝毒性明显较好,而东北品种耐性较差。本研究认为,大豆耐铝毒品种分布在各生态区域内,与生态区分布没有明显关系。相对于 10 余份材料来说,采用 509 份材料得出的试验结果应当更具有可靠性。

Spara<sup>[17]</sup>等对 119 个大豆品种进行了筛选,结果表明多数耐铝毒品种来自中国。这与本文的结果有相对一致性。本研究通过对 509 份大豆种质资源的研究发现,各生态区内存在着明显的耐铝毒性变异的特点,其中,不乏存在很多耐铝毒性的特异种质资源。

Campbell<sup>[14]</sup>、Lazof<sup>[18]</sup>、Bianchi-Hall<sup>[15]</sup>和 Villagarcia<sup>[11]</sup>等的研究都表明,PI416937 是耐铝毒性品种;刘鹏<sup>[9]</sup>等研究发现浙春 3 号对铝毒害胁迫的耐受能力较强;MENG<sup>[13]</sup>等对 7 个大豆基因型进行了筛选,认为南农 87C-38 是耐铝毒最敏感的材料。本研究根据前人的研究结果,选取了上述品种作为耐铝毒对照品种和敏感性对照品种。结果表明,在 509 份大豆栽培种质资源中,所选对照品种的耐铝毒性和敏感性均处于中间状态,二者之间的差异不大,并不是理想的耐性和敏感性对照。这可能与本研究选材广泛和采用的试验方法不同有关。

#### 3.3 本研究对于耐铝毒遗传育种工作的意义

研究表明,大豆耐铝毒性优异资源分布与地理来源关系不大。酸性红壤区主要分布在 IV、V、VI

区,其他三个生态区均为非红壤区,其中,有的生态区内存在碱性土壤,同样蕴藏着优异的耐铝毒材料。推测非酸性土壤区的优异耐铝毒性资源的耐受性可能存在复杂的遗传背景,有待进一步研究。

根据本研究结果,建议从入选的 15 份耐铝毒性特异种质资源和 5 份敏感性特异种质资源中选择更合适的对照材料,其中,万县大早黄、椿黑豆、冀豆 10 号可作为大豆铝毒敏感性对照品种,孝 79-13、横丰八月黄、遂平小子药黑可作为耐铝毒性对照品种,这样所选对照品种的隶属函数值的变异幅度变为 8.59%~74.83%,几乎覆盖 509 份材料的全部变异幅度。

大豆耐铝毒的育种是酸性红黄壤区域的重要任务,IV、V、VI 区是主要的红黄壤区,自身都存在着优异的耐铝毒性资源,由于本地品种的适应性强,应以利用本地的耐性资源为主。但是,本地资源内不一定覆盖所有的耐铝毒性基因,大豆耐铝毒遗传机制的研究不能局限于红壤区的材料,应该对各生态区内不同的材料进行遗传分析和基因定位的研究,掌握和利用这些资源中的耐铝毒基因,为大豆耐铝毒性育种工作奠定基础。

### 参 考 文 献

- [1] Matsumoto H. Cell of biology of aluminum toxicity and tolerance in higher plants [J]. *Internation Review of Cytology*, 2000, 200: 1-46.
- [2] Foy C D, Chaney R L, White M C. The physiology of metal toxicity in plants [J]. *Annual Review of Plant Physiology*, 1978, 29: 511-566.
- [3] 中国林学会. 酸雨与农业[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [4] 年海, 黄鹤, 严小龙, 等. 大豆对酸铝土壤的适应性研究 I 大豆耐铝毒性材料的鉴定研究[J]. *大豆科学*, 1998, 17(3): 191-196.
- [5] 年海, 黄鹤, 严小龙, 等. 大豆对酸铝土壤的适应性研究 II 大豆耐酸铝毒的机理初探[J]. *大豆科学*, 1999, 18(4): 322-326.
- [6] 刘莹, 盖钧镒. 大豆耐铝毒的鉴定和相关根系性状的遗传分析[J]. *大豆科学*, 2004, 23(3): 164-168.
- [7] 彭嘉桂, 陈成榕, 卢和顶. 铝胁迫对大豆遗传基因型形态和生理特性的影响[J]. *福建省农业科学院学报*, 1994, 9(2): 34-39.
- [8] 蔡妙珍, 刘鹏, 徐根娣, 等. 大豆根缘细胞对  $Al^{3+}$  毒害的响应[J]. *中国农业科学*, 2007, 40(2): 271-276.
- [9] 刘鹏, Yank Y S, 徐根娣, 等. 铝胁迫对大豆幼苗根系形态和生理特性的影响[J]. *中国油料作物学报*, 2004, 26(4): 49-54.

- [10] 刘鹏,徐根娣,姜雪梅,等. 铝对大豆幼苗膜脂过氧化和体内保护系统的影响[J]. 农业环境科学学报,2004,23(1):51-54.
- [11] Villagarcia M R, Carter T E, Ruffy T W, et al. Genotypic Rankings for Aluminum Tolerance of Soybean Roots Grown in Hydroponics and Sand Culture [J]. Crop Science., 2001, 41: 1499-1507.
- [12] 盖钧镒,汪越胜. 中国大豆品种生态区域划分的研究[J]. 中国农业科学,2001,34(2):139-145.
- [13] Meng X Y, Abdullahi Bilkisu A, BAO Dong-ping, et al. The growth response of seven soybean cultivar seedlings under aluminum stresses [J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2005, 29(2): 19-23.
- [14] Campbell K A G, Carter Jr T E. Aluminum tolerance in soybean; I. Genotypic correlation and repeatability of solution culture and greenhouse screening methods [J]. Crop Science, 1990, 30: 1049-1054.
- [15] Bianchi-Hall C M, Carter Jr T E, Ruffy T W, et al. Heritability and resource allocation of aluminum tolerance derived from soybean PI 416937 [J]. Crop Science, 1998, 38: 513-522.
- [16] 胡蕾,应小芳,刘鹏,等. 铝胁迫对大豆生理特性的影响[J]. 土壤肥料,2004(2):9-11.
- [17] Sapra V T, Mebrahtu T, Mugwira L M. Soybean germplasm and cultivar aluminum tolerance in nutrient solution and bladen clay loam soil [J]. Agronomy Journal, 1982, 74: 687-690.
- [18] Lazof D B, Glodswith J G, Ruffy T W. Rapid uptake of aluminum into cells of intact soybean root tips. A microanalytical study using secondary ion mass spectrometry [J]. Plant Physiology, 1994, 106: 1107-1114.

(上接 812 页)

- [9] 张子金. 中国大豆品种志[M]. 北京:农业出版社,1985.
- [10] 胡明祥,田佩占. 中国大豆品种志(1978~1992)[M]. 北京:农业出版社,1993.
- [11] 薛津. 2005年黑龙江省审定推广的大豆新品种[J]. 大豆科学,2005,24(2):157-160.
- [12] 白萍,郎丰太,盛德宝,等. 大豆新品种新育1号[J]. 大豆通报,2005,4:16.
- [13] 2005年吉林省农作物品种审定委员会审定的大豆新品种[J]. 农村科学实验,2006,4:12-17.
- [14] Cox T S, Kiang Y T, Gorman M B, et al. Relationship between coefficient of parentage and genetic similarity indices in the soybean[J]. Crop Science, 1985, 25(3): 529-532.
- [15] Cui Z L, Carter T E, Burton J W. Genetic base of 651 Chinese soybean cultivars released during 1923 to 1995 [J]. Crop Science, 2000, 40(5): 1470-1481.
- [16] Zhou X L, Carter T E, Cui Z L, et al. Genetic diversity patterns in Japanese soybean cultivars based on coefficient of parentage [J]. Crop Science, 2002, 42: 1331-1342.
- [17] 王江春,胡延吉,余松烈,等. 建国以来山东省小麦品种及其亲本的亲缘系数分析[J]. 中国农业科学,2006,39(4):664-672.
- [18] 胡喜平,郭泰,齐宁,等. 大豆新种质合丰39的选育及综合评价[J]. 作物杂志,2000,5(7):33-34.
- [19] 张建,李福林,曲刚,等. 吉林省大豆品种品质分析[J]. 吉林农业科学,2005,30(6):25-26.
- [20] 崔永实,安仁善,曲刚,等. 吉林省大豆品种系谱分析[J]. 农业与技术,2004,24(6):101-107.
- [21] 王连铮. 中国及世界大豆生产科研现状和展望. 见:夏友富,田仁礼,朱玉辰编. 中国大豆产业发展研究[G]. 北京:中国商业出版社,2003.
- [22] 刘广阳. 优异种质资源克4432-20在黑龙江省大豆育种中的应用[J]. 植物遗传资源学报,2005,6(3):326-329.
- [23] 秦君,陈维元,关荣霞,等. 国外种质拓宽中国大豆品种遗传基础的SSR标记分析[J]. 科学通报,2006,51(6):686-692.
- [24] 梁成第,董友魁,王立敏. 大豆优异种质资源铁7555的利用研究简报[J]. 植物遗传资源学报,2001,2(3):63.

### 《大豆科学》2001~2006年计量指标统计

年份	总被引频次	影响因子	5年影响因子	即年指标	他引总引比	被引期刊数	被引半衰期	载文量	基金论文比	Web即年下载率
2001	407	0.471	-	0.042	-	-	-	71	-	-
2002	446	0.419	-	0.073	0.78	-	7.5	69	-	-
2003	539	0.590	-	0.136	0.71	-	6.8	66	-	16.0
2004	591	0.644	-	0.015	0.80	-	7.1	65	-	34.5
2005	718	0.771	0.815	0.015	0.87	154	7.5	68	0.72	23.1
2006	855	0.865	1.033	0.020	0.84	192	7.5	99	0.83	48.3

引自中国学术期刊综合引证年度报告

宋显军  
《大豆科学》编辑部