

大豆对酸铝土壤的适应性研究^{*}

I 大豆耐酸铝毒性材料的鉴定研究

年 海 黄 鹤 严小龙 卢永根

(华南农业大学农学系 广州 510642)

摘 要

本研究进行了田间、温室土壤盆栽及营养液栽培筛选鉴定试验,以评价大豆基因型的耐酸铝性差异及其几种筛选方法的一致性。结果表明,不同大豆基因型间存在明显的耐酸性差别;几种筛选方法的一致性较好。在田间试验中,秋种大豆受害比春种严重,而且秋种与其他筛选方法较一致,因此应以秋种筛选为主。铝毒主要危害大豆的根部,因此盆栽和营养液试验主要应以根部的耐性差异进行评价,而株高受酸铝毒的影响较小,在 5mg/L 和 8mg/L 处理下多数品种株高高于 0mg/L 处理,但在幼苗期虽然大豆根部受害,但受害程度与收获时差别较大,40 天收获的结果与其他筛选方法较一致。在铝毒和干旱的双重胁迫下,没施石灰的处理明显表现出干旱症状,但耐铝毒强的品种表现耐旱性强。本试验中来自南方酸性红壤地区的品种耐性明显较好,而东北品种耐性较差,这说明筛选大豆耐铝毒种质应以原产我国南方的大豆品种为主。

关键词 大豆;酸铝毒;筛选鉴定

酸性土壤不但占世界面积的 30% 左右,而且分布广泛,在我国南方就有大面积的酸性黄红土壤。酸性土壤对作物生长的主要限制因素是铝离子毒害,同时铁铝氧化物对磷有强烈的固定作用,因此酸性土壤往往伴随着严重的缺磷现象;由于铝毒使作物的根部受害因而影响水分和其他营养元素的利用和吸收,使作物更易受干旱的影响,并表现出缺素症状如钙镁等^[2 5 6]。大豆一般在 20% 的交换性铝饱和度就会出现受害症状,因此在酸性土壤种植大豆往往需要施用石灰来调节 pH 值到 5.6 以上方可消除铝毒的危害,但由于受资源费用及技术因素的限制,一般很难进行,而且即使施用石灰也不易从根本上改良土壤,如果施用不当还会产生严重的副作用。

许多研究表明,大豆对酸性土壤的耐性存在明显的基因型差异,通过遗传育种途径巴

^{*} 国家自然科学基金项目(批准号 39700086)和广东省“九五”攻关项目资助。

收稿日期 1998-09-30

Received on Sep. 30, 1998

西已经育出了一系列耐酸铝的大豆品种,并通过长青春期性状和耐酸铝的结合,大大地推进了热带低纬地区的大豆生产,目前巴西的热带地区大豆产量已占全国的 50% 左右^[3]。这说明通过遗传育种途径使大豆适应酸性土壤是克服铝离子毒害的最经济有效的方法之一。而遗传改良首先需要筛选出适合当地生态条件的耐酸铝的大豆基因型,并对其的耐性机理进行研究。在国外许多学者对大豆的耐酸铝性进行了筛选研究,多数结果表明幼根在铝胁迫下会很快表现出症状,因此许多学者用水培法和营养液法对大豆的耐铝性进行了筛选研究,而且与土壤盆栽法一致;由于筛选的土壤类型不同或其他条件的影响,也有一些研究表明,水培法或营养液法与土壤盆栽法相关性小^[4-5]。目前,多数研究都没有把耐酸铝性和产量性状结合起来,而且田间筛选很少有人做。大豆起源于我国,在我国酸性黄壤地区大豆作为先锋作物,有悠久的栽培历史,定有许多耐性基因型存在。Sapra^[5]等对 119 个大豆品种进行了筛选,结果表明多数耐铝品种来自中国,但在我国目前极少有人进行这方面的筛选研究。因此,在华南特定土壤和生态条件下有必要进行大豆耐酸铝的筛选研究,这对促进我国南方红黄壤地区的大豆生产将有重要的意义。

材料和方法

田间试验在酸性红壤上进行,土壤 pH 值 4.8(水:土为 5:1)。设施石灰和不施石灰两个处理,石灰施用量为 1000kg/hm²,调 pH 到 6.8。施广州磷肥(含 P 为 19%) 400kg/hm²,尿素 150kg/hm²,KCl 150kg/hm²,行长 2m,行距 20cm,二行区,裂区设计,三次重复。秋种 8 月 17 日播种,春种 3 月 18 日播种,共 33 个品种。春播雨水充沛,秋播生育后期天气干旱。

营养液栽培试验,采用 1/5 Steinburg 营养液,第一次试验铝浓度分别为 0, 10mg/L ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) pH 4.5 品种 40 个,在砂中发芽 36 小时后移栽进 36 升培养箱中,三次重复。每天冲气一次,两天调 pH 值一次,12 天收获。第二次试验采用 40 个品种中的 19 个品种,铝浓度为 0mg/L, 5mg/L, 8mg/L,方法与第一次相同。

土壤盆栽试验采用基本同样的酸性红壤, pH 4.6(水:土为 5:1),土壤化学分析结果如下:全氮 0.05,碱解氮 59.1mg/L,全磷 0.022mg/L,速效磷痕量,全钾 0.1153%,速效钾 36.9mg/L,有机质 0.962%,有效 B 0.056mg/L,交换性钙 356.3mg/L,交换性 Mg 20.6mg/L,有效 Zn 5.65mg/L,有效 Cu 0.90mg/L,土壤铝饱和度 73%。石灰施用量分别为 0, 5, 10g/盆, pH 分别为 4.6, 5.6(铝饱和度 17%), 7.3(铝饱和度 13%)。每盆 2.5kg 土,每盆施用过磷酸钙 3g,尿素和氯化钾各 2g,硫酸镁 ($\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 0.08585,另外施用 H_3BO_3 0.0183g, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.025g, $\text{NH}_4\text{MOSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.0025g, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.065g,这些微量元素以液体方式施入,而大量元素肥料每盆单独称重后施入。三次重复。大豆在沙中育苗 3 天后,每盆移栽 6 棵健壮幼苗,13 天后每盆定苗 3 株,40 天收获,地上部和地下部在 80℃ 下干燥 24 小时后称重。

结果与分析

1 田间试验大豆的耐性表现

田间试验不同播期产量结果的方差分析表明,不同品种不同石灰处理,不同播期都存在明显差异(方差分析表略)。为了对大豆的耐酸铝性进行评价采用了相对产量(未施石灰产量/施石灰产量%)进行分析,结果表明南方部分品种相对产量明显高于北方品种,其中廉江春豆,秋播的相对产量达94%,广州春豆87%,广东中黑豆也达到90%,表现出明显的耐性。春播相对产量结果部分品种存在与秋播不一致现象,多数品种相对产量都达到85%以上(见表1)。这种不一致现象可能与秋播干旱受铝毒为害严重有关,而春播广州雨水充沛,大豆不受干旱影响,铝毒的危害相对较轻。许多研究都表明铝毒严重影响大豆根部的生长,因此影响对水分的吸收,大豆在铝胁迫下更易受干旱的影响。从相对产量和平均单株产量看,广州春豆、廉江春豆、广东中黑豆、浙春2号耐性较好,阳春春豆、吉林27等较差。佳海和吴川的耐性中等,但单株产量较高。

表 1 不同石灰水平下两播季大豆的产量表现

Table 1 Soybean yield performance over 2 growing seasons at 2 lime levels

品种 Variety	相对产量 Relative yield		单株产量 (g) Yield per plant	品种 Variety	相对产量 Relative yield		单株产量 (g) Yield per plant
	春播 Spring	秋播 Autumn			春播 Spring	秋播 Autumn	
东农 36	80.2	73.4	4.2	南雄	89.2	79.1	8.1
东农 42	85.2	70.4	5.6	佳海	90.7	83.5	10.6
吉林 27	79.8	56.9	5.2	吴川	95.4	78.8	11.3
辽豆 9	78.6	43.5	4.9	乐昌	82.4	76.6	7.9
广州春豆	90.3	87.4	12.8	阳春黑豆	81.1	71.7	8.8
梅州春豆	82.8	79.3	8.2	黑农 37	84.6	73.3	7.6
阳春春豆	85.7	68.4	7.9	辽豆 10	81.7	71.2	4.3
廉江春豆	92.2	94.0	9.6	吉林 23	85.6	75.3	5.6
广东中黑豆	90.5	91.1	9.0	大青豆	86.3	78.7	4.1
广东大黑豆	85.4	72.0	7.1	吉林 20	81.8	76.9	5.0
浙春 2	91.8	83.3	8.9	吉林 32	83.1	70.5	4.1
浙春 3	85.9	78.7	7.3	东农 42	86.8	70.5	3.8
高州春豆	90.9	77.5	7.8	信宜黄豆	83.9	81.3	5.5
梅县	83.3	73.5	6.2	无名 1	85.6	64.1	8.1
兴宁	81.7	76.6	5.0	无名 2	87.0	79.5	9.3

注: 相对产量(不施石灰产量/施石灰产量%);单株产量为两季的平均数。

Relative yield (No lime/lime); yield per plant is the average of two growing season.

2 营养液栽培试验

从对 33 个品种进行的 10mg/L 铝处理的结果看,大豆根部受铝毒危害严重,根尖短

粗,侧根少而卷曲,根部变黄;株高受铝毒的影响相对较小,但多数品种明显降低,仅东农 36和广州春豆(大粒)的株高(从第一侧根起)与对照基本相同,而吉林 21,高州春豆和阳春春豆也达对照的 90% 以上,另外还有 40% 的品种也达对照的 80% 以上。广州春豆的主根和相对根长都较长(相对根长 43%),广东中黑豆 39%,多数品种的相对根长在 20% - 30% 之间(表略)。这表明 10mg /L 的浓度过大,很难体现出大豆品种耐铝毒的差异。因此从中选取 19 个品种进行了 0, 5, 8mg /L 三个处理试验。大豆在 5 处理下,所有品种都表现出侧根变短,但主根长受影响小,一些品种比 0 处理长,没有相对根长低于 80% 的品种,多数在 95% 以上(见表 2)。在 8 处理下,大豆品种的主根和侧根都受抑制,只有廉江春豆主根长于 0 处理的主根;多数品种侧根与 5 处理比受害明显加重。从外观看,侧根数目明显减少,且变短。无名 1 湖南大青豆、廉江春豆、广东中黑豆整体表现侧根多,根部受害相对较轻。广州春豆、浙春 2 号、浙春 3 号也表现较好,而辽豆 10 吉林 20 吉林 23 吉林 27 的侧根发育不好,受害较重。从整体看,相对根长北方品种多数小于南方品种,只有东农 4 主根耐性较好。南方品种的绝对根长在 8 处理下,多数长于北方品种,而且侧根生

表 2 大豆品种在不同铝胁迫下的株高和根长

Table 2 Plant height and root length of varieties at various Al levels

品种 Variety	主根长 Primary root length (cm)			株高 Plant height (cm)		
	0	5	8	0	5	8
东农 41 Dongnong 41	21. 2	26. 0(122. 6)	17. 3(81. 6)	15. 2	14. 2(93. 6)	18. 2(116. 9)
东农 42 Dongnong 42	21. 2	23. 7(111. 8)	18. 2(85. 8)	18. 8	18. 1(96. 5)	18. 5(98. 4)
辽豆 9 Liaodou 9	24. 7	21. 5(87. 0)	17. 2(69. 5)	22. 0	18. 7(85. 0)	19. 0(85. 6)
辽豆 10 Liaodou 10	24. 7	24. 2(97. 8)	15. 3(61. 9)	16. 4	13. 6(82. 7)	14. 5(92. 2)
吉林 20 Jlin 20	26. 9	24. 2(97. 6)	15. 4(60. 6)	14. 2	17. 2(121. 4)	17. 8(125. 6)
吉林 23 Jlin 23	26. 7	23. 1(86. 5)	16. 0(59. 9)	13. 6	14. 0(102. 9)	16. 3(120. 1)
吉林 27 Jlin 27	28. 8	23. 3(80. 9)	13. 0(45. 0)	13. 2	15. 5(117. 4)	17. 0(121. 2)
吉林 32 Jlin 32	25. 2	18. 1(71. 8)	18. 1(71. 8)	15. 0	16. 0(106. 7)	18. 8(125. 1)
吉林 33 Jlin 33	27. 5	26. 9(97. 8)	18. 2(66. 2)	14. 2	19. 2(135. 2)	21. 0(147. 9)
阳春春豆 Yangchun	24. 6	24. 3(98. 8)	16. 3(40. 9)	16. 1	23. 3(144. 9)	21. 0(130. 6)
梅州 Meizhou	24. 5	24. 2(98. 8)	16. 9(6. 91)	15. 8	21. 0(132. 9)	19. 5(123. 2)
广州春豆 Guangzhou	25. 2	24. 3(96. 4)	20. 6(81. 7)	24. 5	24. 8(101. 3)	22. 8(93. 2)
广东中黑豆 GD blackbean	27. 0	29. 3(108. 4)	21. 8(80. 7)	20. 7	21. 3(103. 1)	22. 7(109. 5)
浙春 2 Zhechun 2	25. 8	24. 5(95. 0)	19. 1(74. 0)	22. 8	20. 0(87. 7)	20. 2(88. 6)
浙春 3 Zhechun 3	20. 3	20. 3(100. 0)	16. 2(80. 0)	22. 4	20. 7(92. 4)	19. 7(88. 7)
廉江春豆 Lianjiang	19. 5	24. 5(125. 6)	20. 3(104. 3)	22. 2	19. 5(87. 8)	22. 0(93. 7)
无名 1 Unknown bean	24. 4	23. 5(96. 2)	20. 6(84. 4)	13. 8	12. 3(89. 1)	13. 0(88. 4)
高州春豆 Gaozhou	22. 9	23. 8(103. 9)	20. 5(89. 5)	21. 3	17. 5(87. 9)	18. 7(87. 6)
大青豆 Green bean	22. 7	22. 8(100. 0)	18. 6(82. 1)	19. 5	15. 0(80. 5)	15. 0(80. 5)

注: 括号内是相对株高、主根长 (Al/noAl) (%) 0 5 8 表示溶液中的铝浓度 mg /L。The figures in () stand for relative primary root length and plant height, 0, 5, 8 percent Al contents, respectively.

长较好。

从株高看,北方品种的株高并没降低,许多品种高于非胁迫的株高,因此,从整体看株高受铝毒的影响较小,这与 Sapra^[7]的结果是不同的。而且本试验的一些品种在铝胁迫下高于对照,不论是5还是8处理都有半数以上的品种高于对照的株高,这说明在营养液栽培下以株高作为鉴定大豆耐铝毒标准是不可靠的。对不同处理下株高和根长的简单相关分析也表明,在0处理下主根长与株高的相关系数为-0.25,5处理为0.19,8处理为0.35,这说明在无或低铝处理下大豆幼苗的根长和株高基本无相关,在高铝浓度下虽然二者间的相关系数变大,但也没有达到显著相关水平。这进一步表明,株高不能作为鉴定大豆耐铝性的可靠标准。

本试验结果同时表明,大豆的耐铝性与百粒重基本无关系。因为,北方品种多数是大粒品种,而耐性不如南方的小粒种如廉江春豆,广东中黑豆。但 Campbell等, Devine^[8,9]等的研究结果都表明大豆的耐铝性与百粒重呈正相关,并认为这可能是大豆籽粒贮存营养物质对耐性的影响,但本试验从根部的受害程度看没有得出同样的结论,只是大粒的北方品种株高较高,这可能与所用的试验材料不同有关。

3 盆栽试验

在出苗后13天测定了不同处理的大豆株高和根长,结果表明(表略),在不施石灰处理下,除浙春3号外品种根部变短出现受害症状。浙春3号的根部相对比率达105.6,廉江春豆和广东大粒黑豆也都达92%以上,说明这三个品种的苗期耐酸铝能力较强。而株高多数品种三处理间差异不明显,这说明虽然地下部受害但在地上部表现不明显。在高pH值处理下部分品种高于pH5.6处理,而一些品种如阳春春豆,浙春2的根却明显变短,表现出品种间的差异较大。40天收获时pH7.3处理的大豆地上和地下干物重明显低于其他处理,特别是地上部分出现明显的受害症状,株高低,叶片小而少,茎也较细。这主要是石灰施用过量导致的,这也说明通过施用石灰改良酸性土壤技术要求较高,如果施用不当还会有严重的副作用,收获后的土壤分析结果表明,pH略有升高,分别是4.86、5.98、7.0,不同石灰处理的全磷含量及全钾含量差异不明显,但高pH处理的速效磷明显减少,速效钾明显随pH的升高而增加,在pH5.6条件下,大豆生长最好,地下和地上干物重高,而在pH7.3下最差,大豆的干物重低于pH4.6处理,这可能是在铝毒胁迫下苗期大豆主根受害后,刺激了侧根的生长,所以大豆的侧根较多,从而起到了一定补偿作用。但在株高方面,不同处理差异明显,pH7.3处理的株高明显较低。而另二处理差异不明显,在收获时pH4.6处理多数品种的相对株高在90%以上,但从外表看茎比较细弱。

综合地上和地下干物重的测定结果,廉江春豆和广东中黑豆地上和地下相对干物重较高,表现出很强耐酸铝性,其次是广州春豆、浙春2、浙春3及高州春豆。而辽豆9,广东大黑豆,吉林27,阳春春豆耐性较差(见表4)。在收获前高温干旱条件下,不施石灰处理,大豆多数表现出明显的缺水症状,而施石灰的两个处理均无干旱症状。收获前的连续两次干旱处理结果表明,在酸性土壤中,耐铝毒的品种耐旱性明显强于不耐品种。当不耐品种已经出现严重萎蔫症状时,耐性品种廉江春豆和广东中黑豆都没有表现出严重的缺水症状。这说明通过干旱胁迫对大豆的耐酸铝性进行筛选是可行的。从相对干物重来看,广州春豆不如廉江春豆和广东中黑豆,但其绝对干物重在不同处理下都较高,说明此品种有很

好的适应性

表 3 大豆在不同石灰处理下地上和地下干物重及株高

Table 3 Root and plant dry weights and plant height of soybean at differential lime levels									
品种 Variety	pH	地上干重 Shoot dry weight(g)			地下干重 Root dry weight(g)			株高 Plant height(cm)	
		4. 6	5. 6	7. 3	4. 6	5. 6	7. 3	4. 6	5. 6
东农 42 Dongnong 42		3. 2f (84. 4)	3. 6d	3. 0e (57. 0)	0. 32de (86. 0)	0. 37c	0. 25bc (67. 6)	35. 8d (92. 7)	38. 6d (78. 5)
吉林 27 Jilin 27		3. 8le (84. 4)	4. 5c	2. 5f (57. 0)	0. 22g (73. 0)	0. 30l	0. 18cd (60. 0)	36. 6cd (90. 6)	40. 4c (77. 7)
辽豆 9 Liaodou 9		3. 5e (62. 5)	5. 6a	3. 4cd (60. 7)	0. 20g (71. 0)	0. 28l	0. 14d (50. 0)	37. 1cd (92. 1)	40. 3c (75. 9)
广州春豆 Guangzhou		5. 0a (87. 8)	5. 7a	4. 2a (73. 7)	0. 36c (81. 8)	0. 44ab	0. 28ab (63. 6)	39. 8a (96. 4)	41. 3b (83. 8)
梅州 Meizhou		3. 6e (83. 7)	4. 3c	2. 4f (60. 5)	0. 31e (75. 6)	0. 41bc	0. 26b (63. 4)	38. 2b (89. 8)	42. 5a (82. 1)
阳春春豆 Yangchun		2. 5g (83. 3)	3. 0c	1. 7g (58. 9)	0. 27f (75. 0)	0. 36c	0. 21c (58. 3)	36. 8cd (92. 0)	40. 0c (96. 0)
廉江春豆 Lianjiang		4. 4c (97. 8)	4. 5c	3. 5c (78. 6)	0. 40ab (90. 9)	0. 44ab	0. 29a (65. 9)	40. 4a (96. 7)	41. 8b (80. 1)
广东中黑豆 GD black bean		4. 8ab (96. 0)	5. 0b	3. 6c (72. 6)	0. 43a (9. 35)	0. 46a	0. 30ab (65. 2)	39. 6a (93. 6)	42. 3ab (87. 5)
广东大黑豆 GD big black bean		4. 1d (78. 8)	5. 2b	4. 3a (82. 1)	0. 32de (71. 1)	0. 45ab	0. 23bc (51. 1)	37. 8bc (90. 0)	42. 0ab (84. 0)
浙春 2 Zhechun 2		4. 0d (93. 0)	4. 3c	3. 3cd (75. 9)	0. 36c (85. 5)	0. 42b	0. 26b (80. 0)	36. 9cd (95. 3)	38. 7d (81. 7)
浙春 3 Zhechun 3		4. 6bc (88. 5)	5. 2b	3. 9b (74. 4)	0. 38bc (95. 0)	0. 40bc	0. 24bc (60. 0)	38. 8ab (89. 8)	43. 3a (82. 4)
高州春豆 Gaozhou		3. 6e (92. 3)	3. 9d	3. 2de (82. 1)	0. 40ab (83. 8)	0. 48a	0. 33a (68. 80)	36. 5cd (94. 1)	38. 8d (84. 8)
平均 Mean		3. 9	4. 6	3. 3	0. 33	0. 40	0. 25	37. 9	40. 8

注: 括号内的数字是与 pH5. 6处理相比的百分数 The figures in () stand for relative figures compared with pH5. 6 treatment.

讨 论

1 大豆几种耐铝毒筛选鉴定方法的一致性问题: 这几种方法是否可行,主要取决于这几中方法是否取得一致的结果。一些研究表明,营养液筛选法与土培法(田间或温室)在水稻、向日葵、大麦以及冬麦的耐铝性筛选方面都取得了较一致的结果。本试验结果也表明,几种方法的筛选结果较一致。田间筛选鉴定研究的报道较少,特别是以产量为鉴定标准的试验极少,短期的营养液快速筛选与田间筛选的一致,使大量筛选适合本地生态条件的大豆品种资源成为可能。一些研究结果不一致也可能与所用的土壤类型或试验材料以及鉴定标准的不同有关。因此,筛选方法是否一致有其特殊性,应该结合本地的生态条件和生产要求,建立一套适合本地利用目的的筛选鉴定方法,而田间筛选鉴定方法应该是基本的筛选方法。因为对作物的改良的最终目的是为了 提高其在特点生态条件下的产量,产

量也是作物改良的最终目标。因此,在田间条件下结合大豆的综合表现,并以铝胁迫和无胁迫下的产量表现的相对比值为标准才真正有意义。而为了筛选鉴定大量的基因型,那些与田间筛选一致性好、快速且低成本的筛选方法也是非常需要的。

2 大豆耐酸铝性的筛选标准问题:从以上几种筛选方法的结果看,以反应根部的受害程度如根长、根干物重及侧根受害程度作为鉴定大豆的耐铝性一致性较好。铝毒很难从株高上表现出来,特别是在短期的营养液试验大豆的株高不但不降低而且会明显高于无胁迫的处理,其中营养液栽培下的大粒品种的相对株高明显高于小粒品种,这可是由于大粒种籽粒中贮存的营养较多的结果;同时,大豆幼苗的营养需求不多,虽然大豆根部严重受害但由于被动吸收等原因,地上部生长较正常。因此,营养液栽培筛选法应以根长和侧根的受害情况为鉴定标准。在没有干旱胁迫的情况下的土壤盆栽和田间试验很难从株高上体现出来,因此,盆栽试验应以地下和地上干物重为主,虽然苗期短期试验大豆可以反应出明显的受害症状,但与40天收获时的结果并不完全一致,如浙春2号,这是否一些品种存在不同的耐性机制,还有待于进一步的研究。从本试验结果看,如果在干旱胁迫下盆栽可以根据大豆叶部失水状况进行鉴定,结果也较可靠。田间鉴定最好在降雨较少的秋季进行,这种情况下,耐铝性可以在株高和产量上体现出来。但不论是采用什么标准都应在胁迫下和非胁迫下的相对百分率为标准进行品种的耐铝性评价鉴定才有意义。

参 考 文 献

- [1] Armiger, W. H., Foy, C. D., Fleming, A. L., 1968, *Agron J.* 60: 67- 70
- [2] Brady, D. J., 1993, *New Phytologist*, 123(3): 531- 538
- [3] Caros R. Spehar., 1995, *Field Crops Research*, 41: 141- 146
- [4] Garland Campbell, K. A. and T. E. Carter, Jr., 1990, *Crop Sci.* 30: 1049- 1054
- [5] Mookherji, S., Floy D. M., 1991, 136: 25- 29
- [6] Munns, D. N., Hohenberg, J. S., Righetti, T. L., et al., *Agron. J.*, 73: 407- 410
- [7] Sapra, V. T., Mebrahtu, T., Mugwira, L. M., 1982, *Agron J.* 74: 687- 690
- [8] Campbell, K. A. G., 1989, *Soybean Genetics Newsletters*, 16: 191- 193
- [9] Devine, T. E., Foy, C. D., Mason, L., 1979, *Soybean Genetics Newsletter*, 24: 27