

## 亚洲地区大豆育成品种幼苗期耐淹性鉴定和优选

孙慧敏, 赵团结, 盖钧镒

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

**摘要:**以亚洲大豆育成品种为对象, 评价其幼苗期耐淹性, 揭示其遗传变异特点, 从而为耐涝育种提供种质基础。采用我国黄淮、南方及亚洲其它 15 国的 350 份大豆育成品种, 以相对死苗率为主要鉴定指标, 结合叶片相对失绿率与相对萎蔫率, 在苗期进行大豆耐淹性盆栽鉴定。结果表明: 以相对死苗率为主的指标体系可以有效鉴定大豆品种的苗期耐涝性。亚洲品种群体存在丰富的耐淹性遗传变异, 相对死苗率变幅为 4.8% ~ 212.0%。中国黄淮、中国南方、东亚、东南亚和南亚 5 个区域的品种均呈现中间多、两头少的单峰态分布, 遗传变异系数均高于 21.24%, 耐淹性变异丰富, 尤其中国黄淮地区覆盖了全群体相对死苗率变幅。各地区均存在耐淹品种, 山东、江苏相对较多; 从 5 个区域中依次优选出 7、4、1、1、2, 共 15 份耐淹性种质; 系谱追踪发现莒选 23、南农 493-1、黔豆 2 号的耐淹性可能传递给后代; 4 份国外耐淹性品种兼具有抗病性可作为亲本拓宽中国耐涝育种的种质基础。

**关键词:**大豆; 育成品种; 亚洲; 耐淹性; 遗传变异

**中图分类号:** S565.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-9841(2010)01-0001-06

## Evaluation and Identification of Elite Germplasm with Submergence Tolerance at Seedling Stage of Soybean Cultivars Released in Asia

SUN Hui-min, ZHAO Tuan-jie, GAI Jun-yi

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

**Abstract:** Flooding is one of the most frequent climate disasters in eastern and southern Asia. Development of cultivars tolerant to submergence is an effective way to avoid the threat of flooding to soybean production. The objectives of the present study were to evaluate the submergence tolerance of young seedlings of released cultivar populations from different Asian regions, to reveal their genetic variation, and to identify elite germplasm with submergence tolerance for breeding purpose. The 350 released cultivars from Huang Huai valleys and Southern China, as well as other 15 Asian countries were sampled and tested in pot experiment at young seedling stage under artificial flooding condition. The relative death rate was used as major indicator with relative yellowing rate and relative withering rate as reference indicators. The results showed that the indicator system was effective in evaluating the submergence tolerance at young seedling stage of soybean. There existed great genetic variation of submergence tolerance in the Asian soybean cultivar population with relative death rate varying from 4.8% to 212.0%. In each eco-region, i. e. Huang-Huai valleys, Southern China, East Asia, Southeast Asia and South Asia, the relative death rate of the cultivars distributed as a similar single peak curve with genetic coefficient of variation more than 21.24%, especially in Huang-Huai valleys with its range covering the whole population. There exist elite tolerant materials in each eco-region, especially in Shandong and Jiangsu Provinces, and seven, four, one, one and two in a total of 15 most tolerant materials were selected from the respective eco-regions. Among them, some selected tolerant cultivars have their tolerance inherited from the tolerant parents, Juxuan 23, Nannong 493-1, Qiandou No. 2, after tracing their pedigree; the four selected exotic tolerant cultivars are characterized with resistance to some diseases, therefore, could be used as elite parents for broadening genetic bases in breeding for submergence tolerance in China.

**Key words:** Soybean; Released cultivar; Asia; Submergence tolerance; Genetic variation

收稿日期: 2009-11-21

基金项目: 国家重点基础研究发展计划资助项目(2006CB101708, 2009 CB118404, 2010CB125906); 国家高技术研究发展计划资助项目(2006AA100104); 国家科技支撑计划资助项目(2006BAD13B05-7); 国家自然科学基金资助项目(32671266); 教育部高等学校创新引智计划资助项目(B08025); 农业部公益性行业专项资助项目(200803060)。

第一作者简介: 孙慧敏(1981-), 女, 硕士, 研究方向为作物资源研究与利用。E-mail: sunhuimin81@163.com。

通讯作者: 盖钧镒, 教授, 院士。E-mail: sri@njau.edu.cn。

近年世界气候变化剧烈,洪涝灾害频繁发生,加剧了世界粮食危机。大豆苗期易受洪涝灾害危害,渍涝也是我国大豆生产主要的非生物逆境灾害之一,利用耐涝品种是提高抗灾能力的有效途径。研究表明大豆生长发育期间受涝胁迫后,植株叶片水势下降、气孔关闭、光合速率下降,根系营养吸收和利用率降低,进而生长停滞,叶片变黄,根系、根瘤发育不良;淹水时间延长则叶片失绿,严重时导致植株死亡;其受害呈滞后反应,而耐涝机制有待明确<sup>[1-2]</sup>。一些研究者采用发芽率、叶片形态、产量等指标研究大豆芽期、苗期、花荚期的耐涝性,发现品种耐性存在差异<sup>[3-5]</sup>。VanToai等<sup>[6]</sup>根据产量表现从84个美国品种中筛选出GR8836、Edison等耐涝种质。王芳等<sup>[7]</sup>对我国545份地方品种和245份野生大豆的耐涝性鉴定发现地方品种相对死苗率与地理纬度呈显著正相关,野生种相对死苗率与地理纬度显著负相关,但相关程度不高;各生态区内均存在丰富变异,筛选出高度耐淹的N04974.1、N04268.0等8份地方品种和N24835.0、N24850.0等3份野生种质。目前已初步定位一些耐涝QTL,但稳定表现的QTL较少<sup>[8-10]</sup>。大豆育成品种是人工优选的产物,聚合了许多优异基因,既可直接用于生产,也是重要的育种亲本材料。但对这些种质,特别是我国周边国家大豆材料的耐涝性特点了解甚少。本文在前期研究基础上尝试改进鉴定体系,研究亚洲大豆育成品种的耐淹性遗传变异特点,以期获得优良材料服务于大豆耐涝育种和生产实践。揭示涝害相对严重的亚洲地区国家大豆育成品种耐淹性遗传变异特点,发掘优异耐涝品种,分析国外引种材料在我国耐涝育种中的潜力。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

选取来源地不同的亚洲大豆育成品种350份,其中中国大豆品种243份,包括来自黄淮和南方15个省(市)育成品种202份,及其祖先亲本41份(作为对照);转引美国种质库保存的亚洲其他地区大豆品种107份,其中东亚地区(韩国和朝鲜)23份,东南亚地区(菲律宾、越南、泰国、马来西亚、印度尼西亚等)47份,南亚地区(印度、尼泊尔、巴基斯坦、不丹、缅甸等)37份<sup>[11]</sup>。

### 1.2 试验设计

2007年4月至6月在南京农业大学江浦试验

站的温室内对上述资源进行分批鉴定,随机区组设计。第1批62份材料,第2批85份,第3批96份,均为中国大豆材料,第4批107份国外引种。重复鉴定1次。参照王芳<sup>[7]</sup>方法,每批试验材料均设置耐性级别不同的8个公共对照,为耐涝型(科丰1号、PI 342618B、PI 326582B)、中间型(Centennial、N23512)和不耐涝型(南农1138-2、通榆青秣豆、鸡西长粒黑豆)。

采用双套盆法,内盆为 $\varphi 25\text{ cm} \times h 28\text{ cm}$ ,外盆(塑料桶)为 $\varphi 30\text{ cm} \times h 25\text{ cm}$ 。土壤为小麦试验田的耕层土,其土壤养分含量,全氮 $0.88\text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,碱解氮 $87.65\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效磷 $13.94\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效钾 $151.00\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,有机质 $6.4\text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,pH为7.6。土壤粉碎后,每盆装土2.5 kg,内盆底有排水孔。3次重复,每重复1盆,每盆留20株。

### 1.3 耐淹性鉴定

品种耐淹性鉴定按照文献[7]方法并略有改变:在真叶叶缘分离时(即V1期)淹水处理,将内盆放置在塑料桶中灌满水进行淹没处理,并保持稍微的溢流状态。淹没2 d后每天观察并记载处理后敏感品种的变化情况和每盆死苗株数,当敏感材料的子叶节、茎或叶片变黄并开始失绿时,记录同批处理材料的失绿叶片数。淹水约持续8~10 d,当8个对照中的3个敏感材料的死苗率超过85%时开始排水。排水后第1天记录每盆萎蔫植株数,在自然条件下保持7 d后记录每盆死亡植株数(无任何绿叶的植株视为死亡株)。

计算得每个品种和同批8个公共对照的叶片失绿率、萎蔫率和死苗率(表1),将二者相比,得到相对叶片失绿率、相对萎蔫率和相对死苗率。

死苗率(%) = (某材料的死苗株数/该材料的总株数)  $\times 100\%$ ;

相对死苗率(%) = (某材料的死苗率/同试验对照种的平均死苗率)  $\times 100\%$ ;

同理计算相对萎蔫率和相对失绿率。

### 1.4 数据分析

参试品种相对死苗率的描述统计指标有频率分布、平均值、变幅、遗传变异系数<sup>[12-13]</sup>,采用Excel 2007和SAS9.0软件分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 大豆公共对照淹水处理后的表现

淹水处理后不同耐淹性品种开始表现出差异,

不耐淹大豆对照植株的叶片边缘开始变成深绿色,子叶节部位开始有腐烂斑点,这些变化随着处理时间延长而加重,之后叶片、茎部或者子叶大面积腐烂。气温升高,症状也加重。排水后当天,不耐淹品种由于茎腐烂而歪倒,2 d 后干枯,生长点逐渐枯死,7 d 后植株干枯死亡;耐淹性强的品种淹水后茎干伸长,叶片受害轻,排水后恢复较快;中间型的品种受害也较重,排水后能恢复生长,但所需时间较长。

从表 1 可见 4 批公共对照品种的平均死苗率差异不大,表明各批次之间试验条件控制较好。同一批次中,耐和不耐类型均可明显区分,中间型的 Centennial 死苗率相对较低而 N23512 较高,反映了基因型的差异。同一批次中,耐和不耐类型均可明显区分,总的来看由于排水适时,试验结果比较理想,而应用相对值指标可解决不同批次间的系统偏差问题。

## 2.2 亚洲大豆育成品种耐淹性的遗传变异特点

2.2.1 大豆育成品种相对死苗率的遗传变异特点  
供试的 350 份大豆材料按来源分为中国黄淮(129 份)、中国南方(73)、东亚(23)、东南亚(47)和南亚(37)地区品种群体和中国黄淮、南方祖先亲本(41)群体。对 350 份材料进行方差分析,表明品种间相对死苗率差异显著 ( $F = 2.16, P < 0.0001$ ),从表 2 可见 309 份大豆育成品种相对死苗率平均值为 109.8%,41 份祖先亲本群体的均值只有 101.0%。

表 1 8 个公用对照材料在各批鉴定的死苗率

Table 1 Seedling death rate of eight common checks in each experimental group/%

对照种名 Name of check	批次 Group			
	第 1 批 First group	第 2 批 Second group	第 3 批 Third group	第 4 批 Fourth group
PI342618B	7.5	9.6	21.3	31.7
科丰 1 号 Kefeng No. 1	17.5	15.0	24.2	31.7
PI326582B	2.5	10.8	17.1	35.0
Centennial	60.0	53.8	55.8	43.3
N23512	87.5	80.4	77.5	98.3
鸡西长粒黑豆 Jixichangliheidou	87.5	79.6	84.6	96.7
南农 1138-2 Nannong1138-2	76.7	86.3	75.8	68.3
通榆青秣豆 Tongyuqingmodou	81.7	95.8	62.1	95.0
均值 Mean	52.6	53.9	52.3	62.5

中国黄淮和南方地区品种相对死苗率均值相近(104.9%和108.3%),略低于所有育成品种群体的均值(109.8%),东亚、东南亚和南亚品种的均值(114.0%、127.3%和113.7%)则稍高于中国大豆育成品种。王芳等<sup>[7]</sup>研究发现中国野生大豆和栽培大豆地方品种群体相对死苗率的均值分别为104.5%和110.3%,研究发现中国黄淮和南方大豆育成品种的耐淹性则介于二者之间,略高于中国大豆地方品种群体。

表 2 亚洲大豆育成品种群体 3 个耐淹性相对值的遗传变异

Table 2 Genetic variation of three submergence-tolerant traits in Asia released soybean populations

性状 Trait	指标 Statistics	中国祖先亲本 CAP	中国黄淮 HH	中国南方 SC	东亚 EA	东南亚 SEA	南亚 SA	合计 Total
相对死苗率 Relative death rate (RDR)/%	变幅 Range 平均数 Mean 遗传变异系数 GCV	21.8 ~ 176.9 101.0 25.64	4.8 ~ 212.0 104.9 32.76	22.1 ~ 210.5 108.3 21.24	29.3 ~ 160.0 127.3 25.9	24.0 ~ 160.0 114 30.44	24.0 ~ 160.0 113.7 33.19	4.8 ~ 212.0 109.8 35.4
相对失绿率 Relative yellowing rate (RYR)/%	变幅 Range 平均数 Mean 遗传变异系数 GCV	21.6 ~ 203.0 121.8 25.64	7.8 ~ 194.5 123.4 28.91	24.0 ~ 204.0 132.5 24.13	53.9 ~ 119.7 104.4 14.15	37.9 ~ 119.7 93.7 24.01	37.9 ~ 119.7 98.5 21.63	7.8 ~ 204.0 116.6 35.3
相对萎蔫率 Relative withering rate (RWR)/%	变幅 Range 平均数 Mean 遗传变异系数 GCV	39.2 ~ 209.6 126.6 32.68	9.3 ~ 214.0 135.2 30.87	33.5 ~ 212.5 138.5 28.12	53.8 ~ 115.4 98.2 13.49	34.6 ~ 115.4 86 24.55	32.7 ~ 115.4 87.3 24.91	9.3 ~ 214.0 120.0 31.52

CAP: Chinese ancestral parents; HH: Huang-Huai Valleys; SC: Southern China; SEA: Southeast Asia; EA: East Asia; SA: South Asia. GCV: Genetic coefficient of variation. The same is for later tables.

各地区供试大豆育成品种群体的变幅均较大,其中黄淮地区品种的相对死苗率变幅最大,覆盖了整个供试群体。国外引种材料变幅相对较小,其中东南亚和南亚品种的相对死苗率变幅及均值较相

近,东亚品种的相对死苗率变幅最小。遗传变异系数最小的为中国南方群体(21.5%),最大的为南亚群体(33.19%),总遗传变异为35.4%,表明5个区域相对死苗率的遗传变异较丰富,其相对死苗率的

低端值依次分别为 4.8%、22.1%、29.3%、24.0% 和 24.0%，各区均蕴涵耐淹性材料。

2.2.2 大豆育成品种相对失绿率和相对萎蔫率的遗传变异 方差分析表明供试材料的相对失绿率 ( $F=3.42, P<0.0001$ ) 和相对萎蔫率 ( $F=6.44, P<0.0001$ ) 均存在显著差异。相对死苗率与相对失绿率、相对萎蔫率之间的相关系数分别为 0.78 和 0.62 ( $P<0.0001$ )，相对失绿率与相对萎蔫率的相关系数  $r=0.84$ ，表明三者存在极显著相关。因相对死苗率较易调查，可作为大豆耐淹性的主要指标，相对失绿率和相对萎蔫率可作为辅助指标，提高耐淹性鉴定的准确性。3 个指标中，相对萎蔫率平均值最大，相对死苗率最小。

309 份大豆育成品种相对失绿率和相对萎蔫率平均值 116.6% 和 120.0%，41 份祖先亲本群体的均值为 121.8% 和 126.6%，中国祖先亲本群体的均值大于育成品种群体的均值。中国黄淮地区品种相对失绿率和相对萎蔫率均值 (123.4% 和 135.2%) 均低于南方地区种群体的均值 (132.5% 和 138.5%)，黄淮和南方地区的均值均高于所有育成品种群体的总均值 (116.6% 和 120.0%)。东亚、东南亚和南亚地区品种的均值分别为 (104.4% 和 98.2%、93.7% 和 86.0%、98.5% 和 87.3%) 则低于中国大豆育成品种 (表 2)。供试大豆育成品种群体

表 3 亚洲大豆品种耐淹性的鉴定结果

Table 3 Results of evaluation of submergence tolerance of Asian soybean cultivars

级别 Grade	相对死苗率 RDR%	HH		SC		SEA		EA		SA		合计 Total	
		No.	%	No.	%								
1 高度耐淹 Highly tolerant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 耐淹 Tolerant	0~37.0	7	4.9	4	4.0	1	2.1	1	4.3	2	5.4	15	4.3
3 较耐淹 Less tolerant	37.0~74.0	29	20.1	20	20.2	7	14.9	0	0	5	13.5	61	17.4
4 中度耐淹 Intermediate	74.0~111.0	43	29.9	36	36.4	12	25.5	7	30.4	9	24.3	107	30.6
5 较不耐淹 Less sensitive	111.0~148.0	34	23.6	17	17.2	14	29.8	5	21.7	9	24.3	79	22.6
6 不耐淹 Sensitive	148.0~185.0	21	14.6	19	19.2	13	27.7	10	43.5	12	32.4	75	21.4
7 极不耐淹 Highly sensitive	>185.5	10	6.9	3	3.0	0	0	0	0	0	0	13	3.7
合计 Total		144	100.0	99	100.0	47	100.0	23	100.0	37	100.0	350	100.0

### 2.3 大豆耐淹性优异种质的遴选及特性分析

以相对死苗率为耐淹性鉴定主要指标，依据 350 份亚洲地区大豆品种耐淹性的分级和鉴定结果以及淹水时性状表现情况，优选出 15 份耐淹性强 (2 级) 的品种 (表 4)，包括祖先亲本 2 份、育成品种 13 份，占供试材料总数的 4.3%。其中来自黄淮地区 7 份，主要来自山东；南方地区 4 份，来自江苏和贵州；南亚 2 份，东亚和东南亚各 1 份。齐黄 11 的

的变幅均较大，总遗传变异为 35.30% 和 31.52%。其中黄淮地区品种的相对失绿率和相对萎蔫率变幅最大，覆盖了整个供试群体。国外引种材料相对较小，与相对死苗率的结果相似，表明各区域大豆耐淹性的遗传变异较丰富。

2.2.3 大豆育成品种分级鉴定结果 依据王芳等<sup>[7]</sup>涝级划分标准按相对死苗率对供试材料进行分级 (表 3)，结果除 1 级 (相对死苗率为 0) 没有品种分布，350 份品种在其它 6 个级别的分布表现为两端品种较少，中间材料较多，且 5 级以上不耐淹的品种相对较多，占到了 47.7%，耐 (2 级) 和较耐 (3 级) 性强的品种只占 21.7%，中间品种所占比重 30.6%。耐性弱的品种几乎占了 50%，表明栽培品种耐淹性比较弱。

从各个生态区看，中国黄淮、南方地区育成品种在 2~7 级均有分布，东南亚和南亚在 2~6 级别中有分布；南亚在 2、4~6 级别中有分布，国外品种在 7 级中均无分布，黄淮、南方地区品种耐淹类型更多。耐性达 2 级的 15 份品种有黄淮 7 份，南方 4 份，东亚、东南亚和南亚共有 4 份；3 级 61 份品种，包括黄淮地区 29 份，南方地区 20 份，东南亚 7 份，南亚 5 份；2、3 级耐淹品种以中国品种数最多，东南亚和南亚地区次之，东亚地区最少。

相对死苗率最低，只有 4.8%。

这些品种淹水处理后植株和叶片颜色正常，虽然多数植株生长受到抑制，但只有极少数植株出现子叶、叶片或茎腐烂现象。排水后植株会出现暂时萎蔫，但很快恢复生长，完全恢复只需 2~4 d，在排水 7 d 后调查死苗株时一些耐淹性品种已有新生复叶展开。

系谱追踪发现中国黄淮、南方的 11 份耐性品种

中,鲁豆 1 号、齐黄 27 与莒选 23 有血缘关系,苏 7209、徐豆 8 号与南农 493-1 具有血缘关系,表明莒选 23 和南农 493-1 耐淹性可能传递给其后代鲁豆 1 号、齐黄 27、苏 7209、徐豆 8 号,也间接表明莒选 23

和南农 493-1 的耐淹性比较稳定。黔豆 2 号与徐豆 2 号也有血缘关系,徐豆 2 号属 3 级较耐,二者耐淹性也可能存在关联。进一步的关联分析也证实其中的一些基因传递关系(待发表)。

表 4 优选的亚洲地区耐淹大豆种质资源

Table 4 Selected elite soybean accessions tolerant to submergence

品种 Cultivar	来源地 Source area	相对死苗率 RDR/%	相对失绿率 RYR/%	相对萎蔫率 RWR/%	品种名称 Cultivar	来源地 Source area	相对死苗率 RDR/%	相对失绿率 RYR/%	相对萎蔫率 RWR/%
齐黄 11 Qihuang11	山东 Shandong	4.8	7.8	9.3	黔豆 2 号 Qiandou 2	贵州 Guizhou	24.6	24.1	33.5
历城小粒青 Lichengxiaoliqing	山东 Shandong	21.8	21.6	39.2	苏 7209 Su7209	江苏 Jiangsu	28.9	39.9	57.0
晋豆 20 Jindou20	山西 Shanxi	23.5	31.2	48.6	苏 73-1 Su73-1	江苏 Jiangsu	35.7	63.3	82.5
莒选 23 Juxuan23	山东 Shandong	26.8	25.1	41.4	PI247679	菲律宾 Philippines	24	59.9	50.0
鲁豆 1 号 Ludou1	山东 Shandong	30.4	45.3	52.1	PI481679	不丹 Bhutan	24	37.9	32.7
徐豆 8 号 Xudou8	江苏 Jiangsu	31.4	37.5	55.8	PI165524	印度 India	26.7	39.9	40.4
齐黄 27 Qihuang27	山东 Shandong	34.7	30.0	32.1	PI509106	韩国 South Korea	29.3	53.9	53.8
南农 493-1 NN 493-1	江苏 Jiangsu	22.1	32.7	39.2					

RD:Relative death rate;RL:Relative green-lost rate;RW:Relative wilting rate.

优选的 4 份国外引种 PI 247679(原产菲律宾)、PI 481679(不丹)、PI 165524(印度)、PI 509106(南朝鲜)分别为 VIII、VII、IV、V 熟期组品种,其来源广泛。据美国 GRIN 数据结果,PI 247679 抗食叶害虫,PI 481679 抗茎腐病,PI 165524 抗茎腐病、疫霉根腐病 1 号小种,耐锈病;PI 509106 抗细菌性病、疫霉根腐病 1 号小种等病害。这些材料可作为亲本利用,以拓宽中国大豆育种的种质基础。

### 3 讨论

#### 3.1 大豆耐涝性鉴定方法体系有待进一步完善

大部分植物耐涝性表现为数量遗传,遗传力较低,且受渍涝条件(如土壤湿渍或淹水状态及持续时间)、植株生长状态及外界温度等影响<sup>[14]</sup>。湿害和淹水胁迫下的作物耐性鉴定指标可设在形态、生理、解剖等层面,既有单一指标,也有综合指标。如张秀荣<sup>[15]</sup>以相对死苗率来评价芝麻的耐涝性,周广生<sup>[16]</sup>等利用生理综合评价指标评价小麦的耐湿性,王军<sup>[17]</sup>等利用湿害处理和对照农艺性状耐涝系数的隶属函数值来评价大麦的耐湿性。

大豆耐涝性鉴定多采用大田直接鉴定和温室盆栽法。前者简单易行,可大批量鉴定,且适合不同生育时期的耐性鉴定,但受环境条件影响较大;后者便于控制,适合苗期耐涝性鉴定。长江中下游地区大豆苗期易遭受洪涝灾害,王芳等<sup>[7]</sup>提出相对死苗率指标筛选出一批苗期耐涝大豆资源。此研究结果验证了相对死苗率的相对稳定性;同时发现大豆淹水胁迫处理后叶片逐渐失绿,排水后植株出现暂时萎蔫现象,进一步提出了相对失绿率和相对萎蔫率 2 个鉴定指标,并发现其与相对死苗率具有较高相关性,可作为辅助指标。这种指标可以应用在幼苗期鉴定耐淹性,但苗期的耐渍性则不能以死苗率度量,应另找指标。此外不同生育时期大豆耐涝性的鉴定技术也有待研究,成株期的耐涝性同样包括耐淹性和耐渍性两种情况,是采用一种指标还是不同指标更待探讨。

#### 3.2 不同类型大豆资源的耐淹性遗传变异特点

地理生态条件的差异是形成物种遗传变异的主要动力,地理来源多样性是拓宽品种遗传基础的重要因素<sup>[9]</sup>。王芳等<sup>[7]</sup>研究发现中国栽培大豆地方

品种和野生大豆群体相对死苗率的遗传变异系数分别为34.8%和30.6%,不同生态区遗传变异系数的变幅分别为32.10%~35.1%和9.6%~43.5%<sup>[7]</sup>。我国黄淮和南方大豆育成品种群体相对死苗率遗传变异系数分别为32.76%和21.24%,均低于相应地区的地方品种(34.5%和33.2%),与野生大豆相当(17.8%和26.1%)。若综合亚洲其它国家品种,相对死苗率总的遗传变异系数为35.4%,变幅为21.24%~33.19%,表明育成品种也有丰富的遗传变异。在筛选出的耐淹材料(1~3级)中,我国大豆育成品种较多,东亚、东南亚和南亚的品种较少,其中我国黄淮地区育成品种数多于南方,东南亚与南亚相当,东亚最少。我国地方品种和野生大豆则拥有耐性更强的特异种质,可为大豆抗涝育种提供新的基因源。因此野生材料、地方品种和育成品种3类种质可相互补充,拓宽品种遗传基础,提高大豆耐涝育种的效率。

### 3.3 利用国内外基因资源选育强耐涝大豆新种质

研究表明我国黄淮和南方地区近期育成的大豆品种的耐涝性仍不足,因此在注重产量和品质的研究与利用的同时,也应加大大豆耐涝性改良。大豆耐淹性与种皮色、籽粒大小、生育期长短及脂肪含量等性状存在相关,地方品种中耐涝种质多为深色种皮的小粒豆<sup>[4,7]</sup>。因此育种计划中可优先选择耐涝性强的国内外育成品种为亲本,由于耐涝性与根腐病抗性存在相关,还可兼顾抗病性<sup>[18]</sup>,国外引入的抗性材料遗传基础广泛,值得重视。

地方品种和野生大豆中可能存在育成品种中缺乏的优异耐涝基因,可通过基因/QTL定位和基因克隆技术发掘目标基因。植物耐涝性是复杂的激素调节和生长适应过程,目前一些植物耐淹关键基因(如水稻的*Sub1A*)已被克隆,明确其由乙烯调控的遗传机制,但也发现不同程度逆境下耐逆性表现的复杂性<sup>[19-20]</sup>。今后要综合相关研究结果和大豆基因组信息,通过关联分析和连锁定位策略对丰富的大豆遗传资源进行研究,获得目标基因和连锁标记并用于分子育种计划。

## 4 结论

以相对死苗率为主,并结合叶片相对失绿率和相对萎蔫率可有效鉴定大豆品种的苗期耐涝性。亚洲品种群体存在丰富的耐淹性遗传变异,相对死苗率变幅为4.8%~212.0%。中国黄淮、中国南方、

东亚、东南亚和南亚5个区域的品种均呈现中间多、两头少的单峰态分布,遗传变异系数均高于21.24%,耐淹性变异丰富,尤其中国黄淮地区覆盖了全群体相对死苗率变幅。各地区均存在耐淹品种,山东、江苏相对较多,从5个区域中依次优选出7、4、1、1、2,共15份耐淹性种质;系谱追踪发现莒选23、南农493-1、黔豆2号的耐淹性可能传递给后代;4份国外耐淹性品种兼具有抗病性可作为亲本拓宽中国耐涝育种的种质基础。

## 参考文献

- [1] Sullivan M, VanToai T, Fausey N, et al. Evaluated on-farm flooding impacts on soybean[J]. *Crop Science*, 2001, 41: 93-100.
- [2] 倪君蒂, 李振国. 淹水对大豆生长的影响[J]. *大豆科学*, 2000, 19(1): 42-48. (Ni J D, Li Z G. Effect of flooding on growth of soybean seedlings[J]. *Soybean Science*, 2000, 19(1): 42-48.)
- [3] Scott H D, Angulo J D, Wood L S, et al. Influence of temporary flooding at three growth stages on soybean growth on a clayey soil [J]. *Plant Nutrition*, 1990, 13: 1045-1071.
- [4] Hou F F, Thseng F S. Studies on the flooding tolerance of soybean seed; varietal differences[J]. *Euphytica*, 1991, 57: 169-173.
- [5] Matthew S, VanToai T T, Fausey N, et al. Evaluation on-farm flooding impacts on soybean[J]. *Crop Science*, 2000, 41: 93-100.
- [6] VanToai T T, Beuerlin J E, Schmitthenner A F, et al. Genetic variability for flooding tolerance in soybeans[J]. *Crop Science*, 1994, 34: 1112-1115.
- [7] 王芳, 赵团结, 盖钧镒. 大豆野生与栽培资源苗期耐淹性的鉴定、生态区特征和优异种质发掘[J]. *大豆科学*, 2007, 26(6): 828-834. (Wang F, Zhao T J, Gai J Y. Evaluation, eco-region characterization and elite germplasm identification of submergence tolerance at seeding stage in wild and cultivated soybeans[J]. *Soybean Science*, 2007, 26(6): 828-834.)
- [8] Cornelious B, Chen P, Chen Y, et al. Identification of QTLs underlying water-logging tolerance in soybean[J]. *Molecular Breeding*, 2005, 16: 103-112.
- [9] Githiri S M, Watanabe S, Harada K, et al. QTL analysis of flooding tolerance in soybean at an early vegetative growth stage[J]. *Plant Breeding*, 2006, 125: 613-618.
- [10] 王芳, 赵团结, 喻德跃, 等. 大豆苗期耐淹性的遗传与QTL分析[J]. *作物学报*, 2008, 34(5): 748-753. (Wang F, Zhao T J, Yu D Y, et al. Inheritance and QTL analysis of submergence tolerance at seedling stage in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2008, 34(5): 748-753.)
- [11] 张军, 赵团结, 盖钧镒. 亚洲大豆栽培品种遗传多样性、特异性和群体分化研究[J]. *中国农业科学*, 2008, 41(11): 3511-3520. (Zhang J, Zhao T J, Gai J Y. Genetic diversity, specificity and population differentiation of soybean cultivars in Asia[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41(11): 3511-3520.)

(下转第17页)