

大豆苗期耐低磷筛选指标的研究

张彦丽¹, 贾健辉², 赵月琪¹, 谷思玉^{3*}, 许景钢³ (1 牡丹江师范学院生物系, 黑龙江牡丹江 157012 2 黑龙江农业经济职业学院, 黑龙江牡丹江 157041 3 东北农业大学资源与环境学院, 黑龙江哈尔滨 150030)

摘要 [目的]探讨简单、可靠的用于大豆苗期磷效率筛选的鉴定指标。[方法]采用高、低磷土壤盆栽试验,对大豆苗期的相对株高(RPH)、相对地上部干重(RAW)、相对根系干重(RRW)、相对地上部磷浓度(RAPC)和相对根部磷浓度(RRPC)5个指标进行了研究。[结果]相对株高受低磷胁迫影响较小,变异系数仅为9.07%,与其他指标的相关性未达到显著水平;相对地上部干重、相对根部干重、相对地上部磷浓度和相对根部磷浓度受低磷胁迫的影响较大,其变异系数也较大,分别为26.67%、22.68%、24.01%和15.87%,指标间的相关系数呈显著或极显著正相关。[结论]相对地上部干重、相对根部干重和相对地上部磷浓度可作为综合评价大豆苗期磷效率筛选的重要指标,相对根部磷浓度可作为辅助筛选指标。

关键词 大豆; 低磷胁迫; 筛选指标

中图分类号 S565.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2010)10-0506-02

Study on the Screening Index for Low Phosphorus Tolerance at Seedling Stage

ZHANG Yan-li et al (Mudanjiang Normal University Biology Department Mudanjiang Heilongjiang 157012)

Abstract [Objective] Simple and reliable identification criteria used in screening phosphorus efficiency of soybean at seedling stage was discussed. [Method] Using the high and low phosphorus soil pot experiment, the soybean seedling stage 5 criteria including RPH, RAW, RRW, RAPC and RRPC were studied. [Result] Low phosphorus stress had the low effects on relative plant height, the coefficient of variation was only 9.07%, which had not achieved the remarkable level with its criteria's relevance. Low phosphorus stress had the higher effects on relatively above-ground dry weight and relative dry weight of root, relatively above-ground phosphorus concentration and relative root phosphorus concentration, its coefficient of variation was also big, which were 26.67%, 22.68%, 24.01% and 15.87% respectively. The correlation coefficient among the indicators had significantly or extremely significantly positive correlation. [Conclusion] Relatively above-ground dry weight and relative dry weight of root, relatively above-ground phosphorus concentration could be used as an important indicator of comprehensive evaluation of screening phosphorus efficiency of soybean at seedling stage, while the relative root phosphorus concentration could not be used as secondary screening index.

Key words Soybean Low phosphorus stress Screening criteria

磷是植物生长发育不可缺少的大量元素之一,直接参与植物体内各种重要的生理生化过程,对促进植物生长发育和新陈代谢、提高产量具有极其重要的作用。但世界大部分农业土壤严重缺磷^[1]。我国农田土壤缺磷面积达 6.121×10^7 hm^2 ,其中缺磷面积占全省耕地面积 75% 以上的省区有 18 个,严重制约了当地作物生产和产品品质。虽然依靠磷肥投入可缓解这一矛盾,但由于磷酸盐特殊的化学行为,使其易被酸性土壤中的铁铝氧化物及石灰性土壤中的碳酸钙化合物所固定而造成磷肥利用率不高,导致缺磷问题依然严重。据统计,我国自施用磷肥以来,已累计施入化学磷肥达 3.4×10^7 t,其中 1.5×10^7 t 以上被土壤固定,特别是我国南方酸性红壤和砖红壤对磷固定能力更强,造成磷肥利用率极低,仅为 10% ~ 20%。大豆磷肥的利用率较低,因长期施用磷肥,已使多数土壤成为潜在磷库^[2]。由于多数土壤缺磷是“遗传学缺磷”^[3-5],因此,研究作物高效吸收、运输和利用土壤磷营养元素的遗传及其生理生化机制,挖掘利用磷高效植物的基因资源,完善磷高效作物育种技术,已成为全球性的重要攻关课题^[1]。

从经济和环境 2 方面考虑,需要采用一种低投入高效率的方式来解决作物生产中的缺磷问题。大量研究表明,植物不同种间和不同品种(系)间利用土壤中磷素的能力不同,存

在较大的基因型差异^[6-7],这为筛选和培育植物磷高效基因型提供了遗传资源,也为提高磷肥利用率提供了一条非常好的途径。简便而可靠的筛选评价指标的确定,对筛选培育工作至关重要。因此,笔者以田间试验筛选出的 8 个不同大豆基因型为试验材料,采用低磷土壤盆栽试验,对其磷效率进行评价,旨在为磷高效大豆基因型的筛选提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 以黑龙江省 8 个大豆基因型 [*Glycine max* (L.) Merril] 为试验材料,基因型代号分别为 D03、D05、D17、D18、D31、D34、D37 和 D38(由黑龙江省农业科学院和东北农业大学大豆研究所提供)。

1.2 供试土壤 黑龙江省肇东市新城耕作土壤,石灰性黑钙土,质地壤土,采土深度 20 cm,前茬作物是玉米。土壤理化性质见表 1,其中有效磷含量较低,全磷含量较高。具体测定方法参考《土壤农业化学分析方法》^[8]。

表 1 供试土壤的理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of tested soil

全氮//g/kg Total N	全磷 g/kg Total P	缓效钾 mg/kg Slowly available K	碱解氮 mg/kg Alkalihydro- lyzable N	有效磷 mg/kg Available P	速效钾 mg/kg Rapidly available K	有机质 g/kg Organic matter	pH
1.60	0.43	748	133.9	5.9	112	32.0	8.2

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计。盆栽试验于 2008 年 5 月 6 日在东北农业大学园艺站棚室内进行。试验共设 2 个处理,分别为:①高磷(CK)。施过磷酸钙 3.03 g/kg 土,尿素 [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] 0.075 g/kg 硫酸钾 (K_2SO_4) 0.075 g/kg。④低磷。只施氮、钾肥,不施磷肥。每个处理 4 次重复。将过 3 mm 筛的风干土与磷肥

基金项目 黑龙江省教育厅资助项目“大豆基因型适应低磷土壤的根生物学基础”(10551033);牡丹江师范学院博士科研启动基金资助项目(MSB200912)。

作者简介 张彦丽(1978-),女,黑龙江大庆人,博士,讲师,从事植物生态学、植物营养与肥料学研究。* 通讯作者: E-mail swxzy@126.com。

收稿日期 2010-02-20

及其他营养元素充分混匀,装入 20 L 的塑料桶中,每桶中播 10 粒饱满均匀的大豆种子。出苗 10 d 后间苗,每桶留下大小均匀的 3 株。植株培养 32 d 后测定株高、植株地上部生物量、根部生物量、地上部磷含量和根部磷含量^[8] 5 个指标。

不同大豆基因型在一些生物学性状上存在天然的差异,为消除这种差异,采用相对指标来衡量不同基因型耐低磷胁迫的能力。相对指数 = (低 P 处理的测定值 / 高 P 处理 (CK) 的测定值) × 100 包括相对株高 (RH)、相对地上部干重 (RAW)、相对根部干重 (RRW)、相对地上部磷浓度 (RAPC)、相对根部磷浓度 (RRPC)。

1.3.2 数据处理。实验数据采用 Excel 2003 DPS 8.0 数据分析软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 低磷胁迫对不同大豆基因型苗期生长的影响 由表 2 可知,低磷胁迫对大豆株高的影响较小,平均相对株高为 96.26%; 不同基因型间差异未达到显著水平,变异系数最小,为 9.07%。大豆的其他各指标相对值对低磷胁迫的敏感性均表现出一定的基因型差异,其差异程度均达到显著水平,变异系数较大,其顺序为:相对根部干重 (26.67%) > 相对地上部干重 (22.68%) > 相对地上部磷浓度 (24.01%) > 相对根部磷浓度 (15.87%)。这表明低磷胁迫对不同大豆基因型的相对地上部干重、相对根部干重、相对地上部磷浓度和相对根部磷浓度均有明显抑制作用,其中对相对根部干重的影响最大。

表 2 低磷胁迫对不同大豆基因型苗期生长的影响

Table 2 Effects of low phosphorus stress on the growth at different soybean genotype seedling stages

基因型 Genotype	相对株高 RPH	相对地上部干重 RAW	相对根系干重 RRW	相对地上部磷浓度 RAPC	相对根部磷浓度 RRPC
D3	99.86 a	89.80 ab	79.38 d	80.47 ab	71.19 e
D5	93.74 a	88.11 b	83.87 cd	57.50 d	77.85 c
D17	93.37 a	56.32 f	62.55 f	90.39 a	78.96 bc
D18	105.67 a	79.52 c	84.02 c	68.76 bc	62.78 e
D31	92.50 a	57.04 e	69.04 e	66.75 c	73.68 cd
D34	90.32 a	88.61 b	112.80 a	86.40 a	88.99 a
D37	91.87 a	94.18 a	93.5 b	81.89 ab	81.09 b
D38	102.49 a	70.49 cd	71.09 de	73.35 b	76.61 c
平均值 Mean	96.23	78.01	82.03	75.69	76.39
标准值 SD	8.73	17.69	21.88	18.17	12.12
变异系数 CV (%)	9.07	22.68	26.67	24.01	15.87

注: RH: 相对株高; RAW: 相对地上部干重; RRW: 相对根系干重; RAPC: 相对地上部磷浓度; RRPC: 相对根部磷浓度。同一列平均值间带相同字母的表示多重比较差异不显著 ($P < 0.05$)。

Note RH: Relative plant height RAW: Relative above-ground dry weight RRW: Relative dry weight of root RAPC: Relative above-ground P concentration RRPC: Relative P concentration of root The averages followed by the same letter in the same column are not significant at $P < 0.05$ level

2.2 低磷胁迫下不同大豆基因型各筛选指标间的相关性分析 相关分析结果表明(表 3), 5 个调查指标中,除了相对株高与其他 4 个指标之间的相关关系未达到显著水平外,其余指标之间均呈显著或极显著正相关。其中相对根部磷浓度与相对地上部干重和相对地上部磷浓度呈显著正相关,但相关系数较小,分别为 0.461 和 0.634。因此,相对根部干重、相对地上部干重和相对地上部磷浓度可作为综合评价大豆苗期磷效率筛选的重要指标,相对根部磷浓度可作为辅助筛选指标。

表 3 低磷胁迫下不同大豆基因型各筛选指标间的相关性

Table 3 Correlative coefficients among screening criteria soybean genotypes exposed to low phosphorus stress at the seedling stage

	相对株高 RH	相对地上部干重 RAW	相对根部干重 RRW	相对地上部磷浓度 RAPC	相对根部磷浓度 RRPC
RH	1				
RAW	0.407	1			
RRW	0.419	0.958**	1		
RAPC	-0.361	0.854**	0.850*	1	
RRPC	-0.260	0.634*	0.706*	0.461*	1

注: * 代表 $P < 0.05$ ** 代表 $P < 0.01$

Note * represents $P < 0.05$ ** represents $P < 0.01$

3 结论与讨论

筛选和培育磷高效大豆基因型对挖掘生物高效利用土壤磷营养的潜力,保持土壤环境的良循环,促进大豆持续增产具有重要意义和经济价值。采用简单、科学有效的筛选评价指标是准确快速筛选磷高效大豆基因型的重要前提。作物在低磷胁迫环境中,基因型的差异最终反映在生物学性状上。目前,关于植物耐低磷能力评价还缺乏统一的标准^[9]。Courley 认为对植物营养基因型的定义应以生物量为标准^[10];有研究指出相对分蘖数^[4,11]、相对地上部干重或相对总生物量^[12-13]、相对叶龄^[14]等可作为水稻苗期磷高效基因型筛选的理想指标;对于大豆苗期耐低磷能力的评价,童学军等认为地上部生物量^[15]、植株冠部磷素吸收量的相对值^[16]可作为评价大豆基因型磷效率特性的重要指标。

外界环境对植物的胁迫影响会通过适应性反应在其相应的植物学性状上明显表现出来,不同大豆基因型在一些植物学性状上存在天然的差异^[16]。为此,笔者认为采用相对指标作为磷效率特性的衡量指标是最简单而直观的方法。相对指标在基因型间变异程度大小是衡量其作为筛选指标的一个重要依据,变异程度大,表明该指标能灵敏地反映出基因型间磷效率的差异^[12]。该试验研究表明,相对株高受

(下转第 5510 页)

立一套完整的人才激励机制,形成能为个人提供有效激励、较为宽松的制度环境,在实践中培养出具有高水平、高能力、经验丰富的旅游人才。

3.3 培育鄱阳湖生态经济区公共旅游服务平台

3.3.1 构建旅游信息服务平台。需集成相关单位、部门、行业、地区长期积累的旅游数据资源,建设旅游中心数据库;建立和完善旅游咨询服务中心、旅游信息触摸屏、旅游服务热线、旅游移动信息服务网络,为游客提供便捷查询服务的平台;进一步发展专业旅游网站,强化其旅游咨询、网络营销、网络电台、虚拟社区等旅游服务功能,使旅游者可以更加便利地获取旅游资讯,更加全面地享受远程服务。

3.3.2 构建旅游交通服务平台。需加强区域旅游现代化交通体系的建设与协作,合理布局和统筹衔接交通网络体系,着重做好国内外旅游包机业务,开辟环鄱阳湖水上旅游线路,改善旅游景区(点)通达条件和旅游景区内部交通条件,完善鄱阳湖生态经济区高速公路网及旅游服务设施,尤其要建设自驾游专用道和营地公共服务设施等,形成旅游运输网络。

3.3.3 构建质量监控服务平台。需建立规范的诚信评价体系,建立旅游企业诚信管理档案并及时公示,将信任度低的企业排除在产业集群体系之外,推动诚信旅游建设的常态

化、规范化和制度化;完善旅游投诉处理机制,做好旅游投诉受理工作,保证游客发生旅游投诉时可以得到妥善处理。同时建立反哺教育机制,培育游客保护和爱戴环境,文明旅游,真正实现鄱阳湖生态旅游可持续发展。

4 结语

培育鄱阳湖生态经济区旅游产业集群可以带动诸多相关产业的发展,从整体上促进群内旅游企业形象和产品形象的设计与包装,循序渐进地整合旅游资源为旅游产品,为树立鄱阳湖生态经济区旅游品牌创造条件,有利于旅游企业快速成长、有利于与周边市区旅游业的飞跃式发展的实现。

参考文献

- [1] PORTER M E. Clusters and the new economics of competition [J]. *Harvard Business Review*, 1998 76(6): 77-90
- [2] ELLISON G, GLAESER E. The geographic concentration of industry: Does natural advantage explain agglomeration [J]. *Papers and Proceedings American Economic Review*, 1999 89: 311-316
- [3] 尹始梅,陆玉卿,刘志高. 旅游产业集群,提升目的地竞争力新的战略模式 [J]. *福建论坛*, 2004(8): 22-25
- [4] 唐晓宏. 提升长三角旅游产业集群竞争优势 [J]. *浙江经济*, 2005(20): 60-61
- [5] 麻学锋,吕白羽. 武陵山区旅游产业集群发展的对策 [J]. *沿海企业与科技*, 2005(9): 6-8
- [6] 张梦. 旅游产业集群化发展的制约因素分析——以大九寨国际旅游区为例 [J]. *旅游学刊*, 2006(2): 36-40

(上接第 5507 页)

低磷胁迫的影响较小,变异系数较小,与其他指标的相关性未达到显著水平,不适合作为大豆苗期磷效率的筛选指标;相对地上部干重、相对根部干重和相对地上部磷浓度受低磷胁迫的影响较大,其变异系数较大,其相对指标间的相关系数呈显著或极显著正相关,可作为综合评价大豆苗期磷效率筛选的重要指标,相对根部磷浓度可作为辅助筛选指标。

参考文献

- [1] 严小龙,张福锁. 植物营养遗传学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 1-21
- [2] 刘国栋,李继云,李振声. 低磷胁迫下小麦地上部某些性状的基因型差异 [J]. *土壤学报*, 1998 35(2): 235-241
- [3] 李振声,朱兆良,章中,等. 挖掘生物高效利用土壤养分潜力保持土壤环境良性循环 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 33-58
- [4] 吴平,印莉萍,张立平. 植物营养分子生理学 [M]. 北京: 科学出版社, 2001: 1-105, 106-108
- [5] EPSSTEIN E. Better crop for food [J]. *Plant* 1983 97: 61-68
- [6] ZAHNER A, MAQSOOD A G, RIAZH Q. Genotypic variations of phosphorus utilization efficiency of crops [J]. *Journal of Plant Nutrition* 2001 24: 1149-1171
- [7] VANCE C P, UHDE-STONE C, ALLAN D L. Phosphorus acquisition and

use critical adaptations by plants for securing a non-renewable resource [J]. *New Phytologist* 2003 157: 23-447

- [8] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999
- [9] 王庆仁,李继云,李振声. 高效利用土壤磷素的植物营养学研究 [J]. *生态学报*, 1999 19(3): 417-421
- [10] GOURLEY J P, ALLAN D L, RUSSELLE M P. Plant nutrient efficiency: A comparison of definitions and suggested improvement [J]. *Plant and Soil* 1994 158: 29-37
- [11] NI J, WU P, LUO A C, et al. Rice seedling tolerance to phosphorus stress in solution culture and soil [J]. *Nutr Cycl Agroecosyst* 1998 51: 95-99
- [12] 郭玉春,林文雄,石秋梅,等. 水稻苗期磷高效基因型筛选研究 [J]. *应用生态学报*, 2002 13(12): 1587-1591
- [13] 李永夫,罗安程,王为木,等. 耐低磷水稻基因型筛选指标的研究 [J]. *应用生态学报*, 2005 16(1): 119-124
- [14] 曹黎明,潘晓华. 水稻不同耐低磷基因型的评价指标分析 [J]. *上海农业学报*, 2000 6(4): 31-34
- [15] 童学军,李惠珍,曾焕泰,等. 低磷胁迫下溶液培养大豆生长和磷素营养特性及其与土壤下磷效率特性的关系 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2001 7(3): 298-304
- [16] 童学军,严小龙,李惠珍,等. 大豆磷效率与形态生理性状的关系 [J]. *福建师范大学学报: 自然科学版*, 2000 16(1): 84-88