

磷营养对不同大豆品种生长和磷吸收利用效率的影响

丁玉川, 陈明昌, 程 滨, 李丽君

(山西省农业科学院土壤肥料研究所, 山西省土壤环境与养分资源重点实验室, 山西 太原 030031)

摘要: 采用液体培养方法, 研究了磷素营养对山西省审定的 10 个有代表性的大豆品种生长和磷吸收利用效率的影响。结果表明, 在低磷和高磷条件下, 不同大豆品种的株高、主根长、根体积、叶面积和植株干物质质量差异达到了显著或极显著水平。在高磷条件下不同大豆品种间植株的磷吸收量差异达到了极显著水平, 但在低磷条件下其差异不显著。晋豆 11 号、晋豆 4 号和晋豆 23 号在低磷条件下具有较高的磷利用效率, 表明它们适合于低磷土壤种植; 晋豆 10 号和晋豆 11 号在高磷条件下磷的利用率较高, 说明它们适合于磷有效含量高的土壤种植。合理利用大豆品种资源, 有利于发挥品种利用磷素的潜力, 提高磷的利用效率。

关键词: 磷; 大豆; 吸收利用效率; 品种差异

中图分类号: **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 7091(2006)01 - 0121 - 04

Effect of Phosphorus on Plant Growth and Phosphorus Uptake and Use Efficiency in Different Soybean Cultivars

DING Yu-chuan, CHEN Ming-chang, CHENG Bin, LI Li-jun

(Institute of Soil and Fertilizer of Shanxi Academy of Agricultural Sciences,
the Key Laboratory of Soil Environment and Nutrient Resources of
Shanxi Province, Taiyuan 030031, China)

Abstract: A solution cultural experiment was carried out to study the effect of phosphorus levels on plant growth and development and phosphorus uptake and use efficiency in different cultivars of soybean (*Glycine max* L. Merr) in Shanxi. The experiment results showed that the plant height, taproot length, root volume, leaves areas and dry weight in root and shoot of different soybean cultivars were significantly different under both low and high phosphorus levels. Phosphorus uptakes in different cultivars were significantly different under high phosphorus, but no significant differences under low phosphorus condition. The phosphorus use efficiency of Jindou No. 11, Jindou No. 4 and Jindou No. 23 were higher than that of others under low phosphorus level, which indicated they are suited to plant in low phosphorus soils. Jindou No. 10 and Jindou No. 11 had higher phosphorus use efficiency under high phosphorus condition indicated that they are adapted to the soils with high available phosphorus. It is useful to exert different cultivars potential in using phosphorus and enhance phosphorus use efficiency.

Key words: Phosphorus; Soybean; Uptake and use efficiency; Genotype differences

磷是植物生长发育所必须的一种大量营养元素, 土壤缺磷已成为现代农业生产发展的主要限制因素之一^[1]。大豆 (*Glycine max* L. Merr) 是喜磷作

物, 增施磷肥才能获得高产。但磷肥的资源有限^[2], 施入土壤的磷很容易被固定, 磷肥利用率低^[3], 磷肥的流失也会带来环境污染问题^[4,5]。大量研究表

收稿日期: 2005 - 08 - 10

基金项目: 山西省农科院回国留学人员资助项目 (2001071); 山西省农科院科技攻关项目 (2001126)

作者简介: 丁玉川 (1962 -), 男, 山西河津人, 在读博士, 副研究员, 主要从事植物营养和作物栽培研究工作。

明,不同作物、同一作物不同品种对磷的吸收利用具有较大差异性^[6]。本试验研究了磷素营养对山西省审定的 10 个大豆品种的生长发育和磷吸收利用效率的影响,旨在研究不同大豆品种磷吸收利用效率特性,合理利用品种资源,以发挥品种自身利用磷素的潜力,提高磷的利用效率。

1 材料和方法

1.1 供试材料

试验选用具有代表性的 10 个山西省审定的大豆品种,品种来源及其有关特性列于表 1。

表 1 供试大豆品种特性及来源

Tab. 1 The soybean genotypes used for the experiment and their traits and sources

编号 No.	品种名称 Variety	百粒量(g) 100-grain weight	子粒含磷量(g/kg) P concentration in grains	品种来源 Source
1	晋豆 1 号	23.3	4.43	山西省农科院品种资源研究所
2	晋豆 4 号	22.2	5.76	山西省农科院品种资源研究所
3	晋豆 7 号	22.8	5.80	山西省农科院品种资源研究所
4	晋豆 8 号	25.0	6.20	山西省农科院品种资源研究所
5	晋豆 10 号	18.3	5.53	山西省农科院品种资源研究所
6	晋豆 11 号	18.3	6.14	山西省农科院品种资源研究所
7	晋豆 15 号	22.2	4.51	山西省农科院品种资源研究所
8	晋豆 17 号	20.6	5.32	山西省农科院品种资源研究所
9	晋豆 20 号	22.8	4.48	山西省农科院品种资源研究所
10	晋豆 23 号	21.1	4.66	山西省农科院品种资源研究所

1.2 试验设计

1.2.1 液体培养试验条件 试验在山西省农业科学院土壤肥料研究所生长室内进行。室内光照强度 300 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光源为菲律宾产钠灯,光照时间每天 14 h,室内昼夜温度 25 / 18 ,相对湿度 70 % 左右。

1.2.2 液体培养试验方法 液体培养营养液组成 (mmol/L): $0.75 \times 10^{-3} \text{K}_2\text{SO}_4$, $0.65 \times 10^{-3} \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $2.0 \times 10^{-3} \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $0.1 \times 10^{-3} \text{KCl}$, $0.25 \times 10^{-3} \text{KH}_2\text{PO}_4$, $1.0 \times 10^{-5} \text{H}_3\text{BO}_3$, $1.0 \times 10^{-6} \text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $1.0 \times 10^{-7} \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $5.0 \times 10^{-8} (\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $1.0 \times 10^{-6} \text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $1.0 \times 10^{-4} \text{EDTA-NaFe} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 。

种子处理、育苗和移栽:种子用 10 % H_2O_2 溶液表面消毒 30 min,将洗净的种子放在水中浸泡 24 h。然后放在 0.6 mmol/L CaCl_2 和 5 mmol/L H_3BO_3 溶液中发芽,连续通气。当种子幼苗根长达到 5 cm 时,挑选均匀一致的幼苗移植到盛有 1.5 L 营养液的不透光的塑料桶(桶体直径 12 cm、高 14 cm)中,每

桶 3 株,置于生长室培养。前 7 d 用 1/2 全营养液培养,以后改用全营养液。营养液用无离子水配制,每 3 d 换一次。pH 控制在 6.0 ± 0.1 。

试验处理:培养大豆营养液的磷浓度设 2 个处理:62.5 $\mu\text{mol}/\text{L}$ KH_2PO_4 (- P) 和 500 $\mu\text{mol}/\text{L}$ KH_2PO_4 (+ P)。磷以 KH_2PO_4 (AR) 形式在植株移苗时按各自浓度加入营养液中。每个处理重复 3 次,随机排列。试验于 2004 年 7 月 9 日发芽,7 月 12 日移栽,8 月 1 日调查并收获,培养期 21 d。

1.3 测定项目及分析方法

生物量测定:植株收获后,分别收获根和地上部,用水洗净后,在 75 °C 下烘干 48 h,称重。

植株叶片面积测定:采用系数法测定^[7]。

根系体积测定:采用排水法测定。

植物磷含量测定:采用硝酸和高氯酸消化,钼锑抗比色法测定^[8]。

试验数据统计分析:采用 SAS 9.0 软件进行有关试验资料的统计分析。

2 结果与分析

2.1 磷营养对不同大豆品种苗期植株生长发育的影响

从表 2 结果可以看出,在低磷 (- P) 和高磷 (+ P) 条件下,不同大豆品种植株在株高、主根长度、根体积和叶面积以及它们的相对值等方面都表现出明显的差异。采用 LDS 法统计结果显示,除主根长度在低磷处理达到显著外,不同品种间的差异均达到了极显著水平。从不同生长指标的相对值来看,大多数大豆品种植株在低磷条件下生长指标高于高磷处理植株。表明不同大豆品种具有较高的耐低磷能力。晋豆 4 号的生长参数表现最好,而晋豆 15 号表现最差。

2.2 磷营养对不同大豆品种根系和地上部干重的影响

从表 3 结果可以看出,不同大豆品种植株的根系、茎部、叶片和全株干物质重以及它们的相对值在不同磷水平下的差异都达到了极显著水平。与植株的生长相一致,在低磷条件下,晋豆 4 号、晋豆 11 号和晋豆 23 号的植株干物质积累高;在高磷条件下,晋豆 11 号和晋豆 8 号干物质积累高;而晋豆 15 号在低磷和高磷条件下干物质积累都最低。

2.3 磷营养对不同大豆品种磷积累量和磷利用率的影响

从表 4 结果可以看出,除大豆品种间在低磷条件下全株磷吸收量不显著外,不同大豆品种植株的根系、地上部和全株磷吸收量及其它们的相对值在低磷和高磷的条件下的差异都达到了显著或极显著水平。不同大豆品种在高磷条件下对磷的吸收明显的高于低磷处理。从不同品种的表现来看,在低磷条件下各品种的磷吸收量没有显著差异;在高磷条件下晋豆 1 号和晋豆 8 号磷的吸收量高于其他品

种。从表 4 中可以看出,不同大豆品种间的全株磷利用效率以及它们的相对值在低磷和高磷条件下表现出较大的差异,而且其差异都达到了极显著水平。不同大豆品种在低磷条件下的磷利用效率都高于高磷处理,这与前面的结果是一致的。从不同大豆品种来看,在低磷条件下晋豆 11 号、晋豆 4 号和晋豆 23 号的磷利用效率高于其他品种,在高磷条件下晋豆 10 号和晋豆 11 号的磷利用效率高于其他品种。

表 2 磷营养对大豆苗期植株生长发育的影响

Tab. 2 The effect of different P levels on plant growth and development of different soybean varieties

品种名称 Variety	株高 (cm) Plant height		主根长 (cm) Taproot length		根体积 (mL) Root volume		叶面积 (cm ²) Leaves area	
	- P	+ P	- P	+ P	- P	+ P	- P	+ P
晋豆 1 号	58. 5c	51. 0ef	34. 0ab	34. 6bc	5. 2de	5. 4b	318. 1b	442. 9ab
晋豆 4 号	72. 5b	51. 0ef	33. 8ab	38. 0ab	7. 4a	5. 1bc	479. 2a	383. 8abc
晋豆 7 号	50. 5c	47. 5ef	27. 0c	26. 0ef	6. 5abc	4. 8bc	454. 7a	426. 9ab
晋豆 8 号	104. 5a	100. 5a	27. 0c	23. 5f	5. 5cd	5. 0bc	296. 4b	355. 7de
晋豆 10 号	50. 0c	46. 5f	33. 5ab	32. 0cd	6. 1bcd	5. 0bc	388. 4ab	372. 3cd
晋豆 11 号	48. 0c	52. 5e	29. 3bc	28. 5de	6. 9ab	7. 5a	357. 2b	471. 5a
晋豆 15 号	76. 5b	71. 0d	34. 0ab	31. 0cd	2. 5f	1. 7d	119. 1c	101. 5h
晋豆 17 号	76. 5b	90. 5b	33. 5ab	31. 5cd	6. 0bcd	5. 9b	344. 8b	304. 0ef
晋豆 20 号	71. 0b	79. 0c	31. 5abc	40. 0a	4. 0e	4. 0c	358. 5b	186. 5g
晋豆 23 号	76. 0b	68. 5d	35. 5a	38. 5a	6. 8ab	5. 2bc	386. 9ab	282. 6f
LSD _{0.05}	12. 43	5. 12	5. 29	3. 70	1. 24	1. 40	95. 34	68. 08
F-test	**	**	*	**	**	**	**	**
CV (%)	10. 67	4. 75	9. 73	6. 72	12. 76	16. 60	15. 98	12. 01

注：*，**分别表示在 0.05 和 0.01 水平下品种间差异达到显著和极显著;数值后的小字母相同表示在 0.05 水平下品种间差异不显著;不同字母表示差异显著;表 3,4 同

Note：*，**Significant at the 5 % and 1 % probability levels ,respectively. Values followed by the same letters in the column are not significantly different at the 5 % probability level. The same as tab.3 and tab.4

表 3 磷营养对不同大豆品种植株干物质积累的影响

Tab. 3 The effect of different P levels on dry matter accumulation of different soybean varieties

品种名称 Variety	根系干重 (g) Dry weight in root			茎部干重 (g) Dry weight in stem			叶片干重 (g) Leaves weight			植株干重 (g) Dry weight in plant		
	- P	+ P	- P/ + P	- P	+ P	- P/ + P	- P	+ P	- P/ + P	- P	+ P	- P/ + P
晋豆 1 号	0. 17d	0. 19c	0. 90e	0. 64b	0. 73d	0. 88c	1. 06c	1. 20cd	0. 88e	1. 86c	2. 12b	0. 88f
晋豆 4 号	0. 34a	0. 18c	1. 85a	1. 05a	0. 75d	1. 39ab	1. 71a	1. 15cd	1. 47b	3. 10a	2. 07b	1. 48b
晋豆 7 号	0. 22cd	0. 17c	1. 31bcd	0. 72b	0. 74d	0. 98c	1. 47ab	1. 35bc	1. 09cd	2. 41bc	2. 26b	1. 07de
晋豆 8 号	0. 26bc	0. 23b	1. 17cde	1. 06a	1. 17a	0. 91c	1. 46ab	1. 48b	0. 99de	2. 78ab	2. 87a	0. 97ef
晋豆 10 号	0. 27abc	0. 18c	1. 51b	0. 76b	0. 61de	1. 25b	1. 36abc	1. 21cd	1. 12cd	2. 38bc	2. 00b	1. 19cd
晋豆 11 号	0. 32ab	0. 36a	0. 88e	0. 79b	0. 91bc	0. 86c	1. 55ab	1. 78a	0. 86e	2. 66ab	3. 06a	0. 87f
晋豆 15 号	0. 07e	0. 07d	1. 00de	0. 41c	0. 29f	1. 41ab	0. 37d	0. 30f	1. 25c	0. 85d	0. 66d	1. 29c
晋豆 17 号	0. 23cd	0. 20bc	1. 18cde	0. 81b	0. 97b	0. 85c	1. 18bc	1. 20cd	0. 99de	2. 21bc	2. 36b	0. 95ef
晋豆 20 号	0. 21cd	0. 16c	1. 31bcd	0. 85ab	0. 55de	1. 54a	1. 19bc	0. 67e	1. 80a	2. 25bc	1. 33c	1. 69a
晋豆 23 号	0. 27abc	0. 19bc	1. 31bcd	1. 07a	0. 77cd	1. 39ab	1. 54ab	0. 98d	1. 58b	2. 88ab	1. 94b	1. 49b
LSD _{0.05}	0. 08	0. 04	1. 42bc	0. 23	0. 16	0. 20	0. 38	0. 26	0. 17	0. 67	0. 45	0. 17
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	19. 13	11. 94	14. 95	16. 36	12. 53	10. 21	17. 41	13. 46	8. 35	16. 76	12. 93	8. 47

表 4 磷营养对不同大豆品种根系和地上部磷积累量的影响

Tab. 4 The effect of different P levels on P uptake
in root and shoot of different soybean varieties

品种名称 Variety	根系吸收磷量 (mg/ plant)			地上部吸收磷量 (mg/ plant)			全株磷吸收量 (mg/ plant)			植株磷利用效率 (mg/ mg)		
	P uptake in root			P uptake in shoots			P uptake in plant			P use efficiency in plant		
	- P	+ P	- P/ + P	- P	+ P	- P/ + P	- P	+ P	- P/ + P	- P	+ P	- P/ + P
晋豆 1 号	0.18d	1.66d	0.10c	4.51a	14.57ab	0.31def	4.70a	16.22ab	0.29cde	395.2d	130.3e	3.0c
晋豆 4 号	0.48bc	1.56d	0.30ab	3.98ab	12.36bc	0.32de	4.46a	13.92b	0.32bcd	692.8a	148.7d	4.7a
晋豆 7 号	0.48bc	1.58d	0.31ab	4.53a	12.39bc	0.37cd	5.00a	13.97b	0.36b	481.9c	161.4cd	3.0c
晋豆 8 号	0.33cd	2.57bc	0.13c	4.52a	15.26a	0.30ef	4.86a	17.84a	0.27de	571.6b	160.0cd	3.6b
晋豆 10 号	0.41bc	1.61d	0.25b	3.56ab	6.06d	0.59a	3.97a	7.66c	0.52a	599.1b	260.7a	2.3d
晋豆 11 号	0.68a	2.28c	0.29ab	3.21b	12.68bc	0.25f	3.89a	14.96b	0.26e	691.3a	204.4b	3.4b
晋豆 17 号	0.47c	3.14a	0.15c	4.24a	10.71c	0.39c	4.71a	13.85b	0.34bc	470.5c	169.3c	2.8c
晋豆 20 号	0.4bc	1.37d	0.33a	3.61ab	6.85d	0.53b	4.06a	8.22c	0.49a	556.0b	161.2cd	3.4b
晋豆 23 号	0.50b	2.92ab	0.17c	3.91ab	11.56c	0.34cde	4.41a	14.49b	0.31bcde	652.1a	133.8e	4.9a
LSD _{0.05}	0.15	0.53	0.07	1.02	2.22	0.07	1.15	2.58	0.06	50.1	14.2	0.4
F-test	**	**	**	*	**	**	NS	**	**	**	**	**
CV (%)	20.03	14.80	18.24	14.76	11.36	10.15	15.06	11.17	9.91	5.14	4.88	6.73

3 小结

在液体培养条件下,不同的磷素营养水平对不同大豆品种植株生长发育和磷的吸收利用具有较大的影响。在低磷和高磷条件下,不同大豆品种植株在植株株高、主根长度、根体积、叶面积和植株干重以及它们的相对值等指标都表现出显著或极显著的差异。大多数大豆品种植株在低磷条件下生长指标高于高磷处理植株,表明不同大豆品种具有较高的耐低磷能力。在低磷条件下不同大豆品种的磷吸收量没有显著差异;在高磷条件下晋豆 1 号和晋豆 8 号磷的吸收量高于其他品种。晋豆 11 号、晋豆 4 号和晋豆 23 号在低磷条件下的磷利用效率较高,表明它们对低磷环境具有较好的适应能力,适宜在低磷土壤上推广种植。晋豆 10 号和晋豆 11 号在高磷条件下的磷利用效率高于其他品种,表明它们适合于磷有效含量高的土壤上种植。

参考文献:

- [1] 严小龙. 热带土壤中菜豆种质耐低磷特性的评价[J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1(1): 30 - 37.
- [2] 李庆逵. 磷肥的现代化研究[J]. 土壤通报, 1986, 2: 1 - 7.
- [3] 王庆仁, 李继云, 李振声. 植物高效利用土壤难溶态磷研究动态及展望[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(2): 107 - 116.
- [4] 王 艳, 李晓林, 张福锁. 不同基因型植物低磷胁迫适应机理的研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2000, 8(4): 34 - 36.
- [5] Gahoonia T S, Nielsen N E. Root traits as tools for creating phosphorus efficient crop varieties[J]. Plant and Soil, 2004, 260: 47 - 57.
- [6] 丁 洪, 李生秀, 郭庆元, 等. 酸性磷酸酶活性与大豆耐低磷能力的相关性研究[J]. 植物营养与肥料学报, 1997, 3(2): 123 - 128.
- [7] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990. 187 - 190.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000. 268 - 270.