

磷素营养与大豆生长和共生固氮的关系

丁洪 李生秀

(西北农业大学资源与环境科学系, 陕西杨凌 712100)

摘 要 在水培条件下, 研究了磷素营养对2个大豆品种生长和共生固氮的影响。结果表明, 水培液中磷含量在2.3~9.3 mg/L时, 2个大豆品种的植株生长量、根瘤数、根瘤干重、固氮活性和氮积累量均随磷浓度增加而显著增加; 而在9.3~37.0 mg/L时则大大降低。磷浓度过高会造成毒害, 但植株的磷积累量却与施磷量呈显著的线性回归关系。植株不同部位磷含量是根瘤>根>地上部分; 氮含量是根瘤>地上部>根。2个大豆品种对磷肥反应有显著差异。

关键词 大豆, 磷素营养, 营养生长, 共生固氮

分类号 S565.1, S143.2

大豆的营养特点之一是能与根瘤菌共生, 固定空气中游离的分子态氮, 供应其生长发育中需求的氮素, 因而可以少施或不施氮肥^[1], 有良好的经济和生态效应。磷是作物必需的大量元素之一, 对大豆生长和结瘤固氮有促进作用。国内有2/3的耕地土壤(约6600多万hm²)缺磷^[2], 施磷对作物生产有重要意义。但是, 关于大豆最适生长和发挥最大共生固氮潜能的磷素营养问题研究尚少。本文在水培条件下对这一问题作初步探讨。

1 材料和方法

1.1 试验设计

供试大豆选用南方湘春91-100(育成品种)和桂阳傲泉黄豆(地方品种)2个春大豆, 种子由湖南省农科院提供。水培试验在网室的自然条件下进行。盆钵用内径11 cm、高18.5 cm的陶瓷水培器。将其洗净、消毒, 用消毒过的棉花塞住盖孔。水培液采用周平贞等^[3]的豆科植物水培配方, 含磷量为18.5 mg/L。本试验依此含磷量按1/8, 1/4, 1/2, 正常和2倍的比例配成2.3, 4.6, 9.3, 18.5和37.0 mg/L 5个磷水平(分别以1/8P, 1/4P, 1/2P, P和2P表示)。因K₂HPO₄用量减少而造成的钾含量不足以KCl补充。营养液用凉开水调配。培养过程实行无菌操作, 防止污染。每钵装营养液1.6 L。

大豆种子用0.2%的升汞水灭菌5~10 min后, 以无菌水冲洗7~8次, 放入卷成圆筒的长方形粗滤纸中, 在25~30℃温度下催芽, 待主根长4~5 cm、须根尚未长出时播种。播种时用CB1809, DE333, USDA110和113-2混合根瘤菌液接种。每钵留苗3株, 4次重复。营养液在25 d内添加2次, 25 d后更换溶液, 并重接根瘤菌。生长40 d取样分析测定。

1.2 分析方法

植株全磷和全氮用H₂SO₄-H₂O₂消解, 常规法测定。大豆茎秆浸取液中的酰脲含量按

Peoples^[4] 方法测定, 详细步骤见文献[5]。

2 结果与分析

2.1 磷素营养对大豆生长的影响

磷素对大豆地上、根系生长都有显著影响(表 1)。湘春 91-100 在 1/8 ~ 1/2P 水平下, 地上部干重随施磷量增加而显著增加; 超过 1/2P 时, 植株干重比 1/2P 显著下降。桂阳傲泉黄豆在 1/4, 1/2P 时有最大干物质量, 超过 1/2P 时也显著下降; 2P 时整株叶色变淡, 下部叶片缘枯焦, 叶片脱落。根系生长对磷素反应的趋势与地上部相似。

方差分析表明, 2 个品种对磷肥反应有极显著差异, 湘春 91-100 对磷肥的反应优于桂阳傲泉。品种与磷水平间也有极显著的交互作用。虽然不同品种对磷肥需求的适量范围有所差异, 但总的来看, 在 1/2P, 即磷为 9.3 mg/L 时, 大豆生长最好。

表 1 磷素营养对大豆植株生长的影响 g/株

磷水平	湘春 91-100		桂阳傲泉黄豆	
	地上部干重	根干重	地上部干重	根干重
1/8P	1.52 _c	0.71 _b	1.43 _c	0.72 _b
1/4P	2.27 _b	0.77 _b	2.26 _b	0.74 _b
1/2P	3.00 _a	0.90 _a	2.12 _b	0.79 _b
P	2.18 _B	0.75 _b	1.44 _c	0.56 _c
2P	2.30 _b	0.76 _b	0.84 _d	0.36 _d

2.2 磷素营养对大豆结瘤固氮的影响

磷素营养对大豆结瘤固氮也有明显影响(表 2)。在 1/8 ~ 1/2P 水平下, 2 个品种的根瘤数、瘤干重和固氮活性(以酰脲含量表示) 均随施磷量提高而增加。浓度超过 1/2P, 湘春 91-100 的根瘤数和瘤干重无多大变化, 桂阳傲泉却显著下降; 2 个品种的固氮活性也急剧降低。可见, 适宜的磷素营养可以促进大豆结瘤和固氮, 但过多则对促进结瘤效果不大甚至减少结瘤, 对固氮活性有较强的抑制作用。两个品种的根瘤数与瘤干重呈显著和极显著相关($r_1=0.9199^*$, $r_2=0.9751^{**}$)。在 1/8 ~ 1/2P 水平上, 桂阳傲泉黄豆的瘤干重与湘春 91-100 相当, 但其固氮活性却比后者低得多, 表明不同品种大豆结瘤固氮能力有较大的遗传差异。

表 2 磷素营养对大豆结瘤的影响

磷水平	湘春 91-100			桂阳傲泉黄豆		
	根瘤数/ (个/株)	根瘤干重/ (g/株)	酰脲含量/ (μmol /株)	根瘤数/ (个/株)	根瘤干重/ (g/株)	酰脲含量/ (μmol /株)
1/8P	57.0 _e	0.16 _f	28.0	68.9 _{de}	0.16 _f	20.9
1/4P	68.3 _{de}	0.25 _{de}	47.5	79.6 _d	0.24 _e	23.2
1/2P	99.6 _{bc}	0.37 _{ab}	66.4	140.3 _a	0.38 _a	24.3
P	80.5 _{cd}	0.33 _{bc}	23.0	100.7 _b	0.29 _{cd}	16.1
2P	107.3 _b	0.35 _{ab}	19.5	58.0 _e	0.17 _f	5.2

2.3 磷素营养对大豆氮、磷累积的影响

大豆地上部分、根系、根瘤及全株中的含磷量和磷累积量几乎都随施磷量增加而增加(表 3), 高磷条件下增加更多, 根系中的积累量增幅最大。全株磷积累量与施磷量呈显著

线性关系: 湘春 91-100 的回归方程为 $y = 1.8508 + 0.5913x$ ($r = 0.9818, P < 0.01$), 桂阳傲泉为 $y = 4.0296 + 0.2615x$ ($r = 0.8633, P < 0.1$).

在 1/8 ~ 1/2P 磷水平下, 植株地上部、根、根瘤及全株的氮积累量随施磷量增加而增加; 超过 1/2P 浓度, 反而渐次降低。在中、低磷条件下, 氮磷积累量有 3 个明显规律: 一是根瘤中氮磷的百分含量比地上部和根部高出 2~4 倍; 二是氮含量为根瘤> 地上部> 根, 磷含量为根瘤> 根> 地上部; 三是 2 个品种的根瘤氮、磷含量很接近, 不同磷水平下的变幅也比地上和地下部小得多。由此可见, 大豆及其根瘤固氮要有适宜的磷供应。

表 3 磷素营养对两种大豆氮磷含量和积累量的影响

品种	磷水平	氮						全株 吸氮 总量 (mg)	磷						全株 吸磷 总量 (mg)
		地上部		根		根瘤			地上部		根		根瘤		
		1 ¹⁾	2 ²⁾	1	2	1	2		1	2	1	2	1	2	
湘春 91-100	1/ 8P	26.35	1.73	8.41	1.19	7.57	4.73	42.33e	1.37	0.09	0.78	0.11	0.53	0.33	2.68f
	1/ 4P	41.25	1.82	9.35	1.22	12.44	4.91	63.04cd	1.81	0.08	0.85	0.11	0.96	0.38	3.62ef
	1/ 2P	56.04	1.87	11.52	1.28	18.62	4.90	86.18a	4.19	0.14	1.90	0.21	1.88	0.49	7.97d
	P	51.67	2.37	10.58	1.41	17.06	5.17	79.31ab	6.98	0.32	5.32	0.71	2.18	0.66	14.48b
	2P	43.41	1.89	8.82	1.16	15.76	4.46	67.99c	10.80	0.47	9.42	1.24	2.65	0.75	22.87a
桂阳傲泉黄豆	1/ 8P	26.23	1.83	10.32	1.44	7.18	4.58	43.73e	1.14	0.08	1.08	0.15	0.53	0.34	2.75ef
	1/ 4P	45.27	2.00	10.85	1.46	11.63	4.78	67.75c	2.04	0.09	1.19	0.16	0.90	0.37	4.13e
	1/ 2P	42.68	2.01	11.74	1.48	18.21	4.75	72.63bc	4.25	0.20	2.06	0.26	1.88	0.49	8.19d
	P	33.47	2.33	8.91	1.60	14.64	4.99	57.02d	5.46	0.38	4.40	0.79	1.88	0.64	11.74c
	2p	18.55	2.20	5.18	1.44	7.28	4.37	31.01f	5.40	0.64	5.44	1.51	1.25	0.75	12.09c

注: 1) 单株某一器官吸氮或吸磷总量(mg); 2) 单株某一器官的含氮或含磷量(%)。

在水培条件下, 大豆根系(包括根瘤)的氮积累量占总氮量的 33%~41%, 磷积累量与地上部相当。由于根系的氮、磷积累量大, 研究大豆的氮、磷营养, 特别是共生固氮性能时, 必须考虑地下部分。两个大豆品种氮积累量和含量在不同磷水平下变化趋势一致, 而数量有极显著差异。湘春 91-100 对高磷的耐性比桂阳傲泉强。

3 讨 论

不同植物和同一植物的不同基因型品种对磷素的需求量及吸收利用能力差异很大。大豆是吸磷能力较强、对磷肥较为敏感、需磷较多的作物。充足的磷素供应能加速根瘤大量形成和提高固氮能力。但磷素在大豆植株内含量过高又会过度加大植株的呼吸强度, 引起养分消耗, 不利于植株正常发育^[6]。衡量不同作物缺磷的浓度范围迄今无一致结果。中科院南京土壤研究所的结论是, 土壤有效磷(P)为 3~5 mg/kg 时, 所有作物都缺乏; 超过 15~20 mg/kg, 大多数作物施磷无效。美国的结果是, 有效磷(P)为 4 mg/kg 时, 大豆表现缺乏, 5~7 mg/kg 时施磷可能有效, > 8 mg/kg 则无效^[7]。沈阳农业大学试验结果是, 有效磷超过 10 mg/kg, 大豆产量随施磷量增加而减少^[6]。本试验条件下, 湘春 91-100 含磷量低于 9.3 mg/L 时, 植株生长量、结瘤数、固氮活性和氮磷积累量都随施磷量增加而显著增加, 桂阳傲泉在 4.6~9.3 mg/L 时具有最大量。这些结果与上述报道基本相符。不同品种对磷反应有差异, 有效磷 5~10 mg/kg, 似是大豆对磷肥反应的敏感区间。磷过多引起植株呼吸强度加大, 消耗大量碳水化合物, 因而减少固氮所需的能源供应。大豆最适生

长、最大固氮活性和最大氮积累量对磷素需求量是一致的。可知在满足磷素营养后,大豆生产的最大限制因子之一是氮素营养,而磷素营养只有在能提高大豆氮素营养积累时才有效。

大豆植株全磷积累量随施磷量增加而显著增加,吸收的磷有近一半集中于根部,根系对磷有代谢性保持作用^[6]。根瘤是植株中磷素营养优先供应的部位之一,因而含量较高。根中积累的磷可根据地上部的需求进行转运,高磷时地上部所需磷素得到满足而造成磷在根中大量积累。同样,根系中,尤其是根瘤中,还积累相当一部分氮素。研究大豆氮磷营养,特别是共生固氮时,应考虑这一特性。

致谢:大豆根瘤菌的选用得到张学江研究员和江木兰副研的帮助,谨表谢意。

参 考 文 献

- 1 Wilcox J R. Soybean: improvement, production, and uses. Madison Wisconsin: American Society of Agronomy Inc, 1987, 362 ~ 363
- 2 刘建中, 杨振声, 李继云. 利用植物自身潜力提高土壤中磷的生物有效性. 生态农业研究, 1994, 2(1): 16 ~ 23
- 3 周平贞, 邓金兰, 张学江, 等. 豆科植物结瘤试验——水培法介绍. 中国油料, 1997(2): 60 ~ 62
- 4 Peoples M B, Faizah A W, Rerkasem B, *et al.* Methods for evaluating nitrogen fixation by nodulated legumes in the field, Tamworth N. S. W., 1989, 17 ~ 68
- 5 丁 洪, 郭庆元, 张学江. 氮肥对大豆不同类型品种结瘤固氮影响的差异性研究. 大豆科学, 1994, 13(3): 274 ~ 278
- 6 东北师范大学生物系编著. 大豆生理. 北京: 科学出版社, 1981. 204 ~ 206
- 7 鲁如坤. 土壤磷素. 土壤通报, 1980(2): 47 ~ 79

The Relation of Phosphorous Nutrition to Growth and Symbiotic Nitrogen Fixation of Soybean Cultivars

Ding Hong Li Shengxiu

(*Department of Resources and Environmental Science, Northeastern*

Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract A water culture experiment was conducted to study the relation of phosphorous nutrition to soybean growth and its symbiotic nitrogen fixation. The results showed that shoot dry weights, nodule numbers, nodule dry weights and nitrogen fixation activities were evidently increased with the increase of phosphate fertilizer rates when phosphorus added to nutrient solution was below 9.3 mg/L, and greatly decreased when it was in the range of 9.3–37.0 mg/L. Excessive phosphorus in solution would bring about phosphorous toxicity to soybean plants. However, a significant linear regression was found between accumulative P amounts in the above-ground plant and fertilizer P added. The phosphorus contents in different parts of plant were as follows: nodule > root > shoot; and the nitrogen contents were in the order: nodule > shoot > root. In addition, the two soybean cultivars had different response to phosphate fertilizer as shown in this experiment.

Key words soybean, phosphorous nutrition, vegetative growth, symbiotic nitrogen fixation