

施磷对玉米和大豆幼苗生长的影响

赵伯善 翟丙年

韩燕来

(西北农业大学农化系, 陕西杨陵 712100)

(河南农业大学农学系, 郑州 450002)

摘要 盆栽试验结果表明, 施磷能显著促进大豆和玉米生长, 提早出叶, 使幼苗生物学产量提高。磷对作物地上部生长的促进作用大于地下部, 使两种作物的根茎比降低。施磷提高了两种作物各器官的磷含量, 使玉米叶片和大豆根系中磷的比例增大, 改变了根磷与茎磷比值, 也增加了两种作物根系中根尖对磷的累积。在两种作物的定位叶片中有磷的输出, 使叶片中无机磷组分减少, 核蛋白磷组分相对增加。

关键词 磷肥, 玉米, 大豆, 苗期, 根茎比

中图分类号 S513.062, S565.106.2

磷在植物体内以多种方式参与代谢过程, 对作物高产及保持品种的优良特性具有重要作用。植物体内磷的运转与分配能力很强, 受体内代谢和供磷水平的明显影响。调节磷在植物体内的再利用, 是提高磷效率的重要途径^[1~4]。本文研究了在缺磷条件下, 供磷水平对玉米、大豆苗期干物质累积、不同器官磷的分布及其转运等影响。

1 材料与试验方法

1.1 供试材料

供试作物为大豆(*Glycine max merr.*)跃进5号(中熟); 玉米(*Zea mays L.*)陕单9号(中熟)。土壤为红油土, 采自西北农业大学农作一站。前茬冬小麦, 0~20 cm 耕层土, 速效磷(P_2O_5)含量 $7.3 \mu g \cdot g^{-1}$ 。供试氮肥为尿素(N45%), 磷肥为重过磷酸钙(P_2O_5 45%)。

1.2 盆栽试验

试验用 20 cm × 25 cm 米氏盆, 每盆装土 6.9 kg。两种作物施磷设 P_0, P_1, P_2 三水平, 每 kg 土依次施 P_2O_5 0, 0.10, 0.30 g。每 kg 土玉米施氮(N)0.2 g, 大豆施氮 0.05 g, 氮、磷肥均混合作肥底。大豆、玉米试验重复 15~18 次, 均于 1990 年 7 月 7 日播种。除大豆外, 玉米于五叶和九叶期各追施氮肥一次, 每次施 0.15 gN/kg 土, 生长期及时供水。

1.3 采样与样品处理

玉米于 3, 5, 7, 9, 13 叶和大豆第 2, 4, 6, 8 真叶展开时, 按根、茎、叶和叶鞘(或叶柄)等采样; 两作物根系从不定根或分枝根根端截取 2 cm 根段为根尖。鲜样放入 80~90℃ 烘箱中约 30 min, 终止酶活性, 控温 60~70℃ 烘干, 过 0.25 mm 筛作分析用。

土壤速效磷用 Olsen 法, 植物磷分组用 A B 索柯洛夫法^[5]测定。

2 结果与讨论

2.1 玉米和大豆干物质累积与供磷的关系

供磷水平对两种作物的出苗均无影响, 玉米为 7 月 9 日, 大豆为 7 月 10 日。出苗后,

收稿日期: 1995-01-14

不同处理对作物出叶期和生物学产量的影响见图 1.

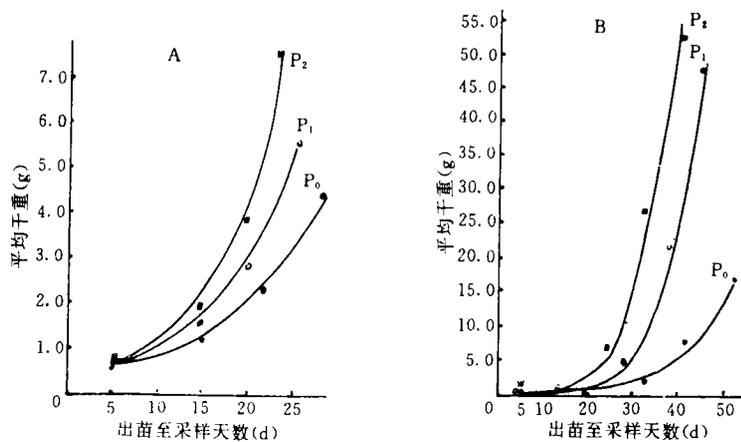


图 1 供磷对作物干物质与采样的关系

$$\begin{aligned}
 P_0y &= 0.254e^{0.105x} (r=0.9985^{**}); & P_0Y &= 0.142e^{0.092x} (r=0.9593^{**}); \\
 P_1y &= 0.215e^{0.128x} (r=0.9934^{**}); & P_1Y &= 0.132e^{0.13x} (r=0.9827^{**}); \\
 P_2y &= 0.21e^{0.155x} (r=0.9684^{**}); & P_2Y &= 0.138e^{0.13x} (r=0.8912^*)
 \end{aligned}$$

从图 1 看出,供磷能促进两种作物生长和提高生物学产量,随生长后延,促进作用增强。玉米的干物质累积量大于大豆;两种作物也均随施磷水平提高而出叶期提前,促进玉米提早出叶的作用大于大豆。为了消除因出叶期不同及采样时间的差异,用单株生产率比较供磷对两种作物干物质累积的影响见表 1.

表 1 供磷对两种作物生产率的影响

作物	出叶期	单株生产率 ¹⁾ (g·d ⁻¹)				LSD	
		P ₀	P ₁ 比P ₀ ±	P ₂ 比P ₀ ±	P ₂ 比P ₁ ±	0.05	0.01
玉米	三叶期	0.056	0.014 ^{**} (25.0) ²⁾	0.016 ^{**} (28.6)	0.002	0.003	0.005
	五叶期	0.033	0.023 [*] (69.7)	0.040 ^{**} (121.2)	0.017 [*] (30.4)	0.014	0.024
	七叶期	0.076	0.087 ^{**} (114.5)	0.239 ^{**} (314.5)	0.152 ^{**} (93.2)	0.021	0.034
大豆	九叶期	0.206	0.286 ^{**} (138.8)	0.662 ^{**} (321.4)	0.376 ^{**} (76.4)	0.047	0.077
	十三叶期	0.434	0.661 ^{**} (152.3)	0.906 ^{**} (208.8)	0.245 ^{**} (22.4)	0.046	0.076
大豆	二真叶期	0.088	0.000	0.002	0.002	<i>F</i> 实际值 < (<i>F</i> _{0.05})	
大豆	四真叶期	0.080	0.004	0.026 ^{**} (32.5)	0.022 ^{**} (26.2)	0.005	0.008
	六真叶期	0.108	0.030 ^{**} (27.8)	0.066 ^{**} (61.1)	0.036 ^{**} (26.1)	0.008	0.013
	八真叶期	0.172	0.059 ^{**} (34.3)	0.157 ^{**} (91.2)	0.098 ^{**} (42.4)	0.022	0.036

注:1)单株生产率指该出叶期的单株干物质/出苗至该出叶期的天数;2)括弧内数值为相对增产%

由表 1 看出,玉米三叶期前对磷反应敏感,施磷效果显著,不受供磷水平影响。而大豆二真叶前对施磷无反应,幼苗依赖于种子的磷素营养。随作物生长,施磷生产率提高。施磷水平间差异显著。两种作物主要由于供氮不同,使玉米七叶期磷的作用得到发挥,玉米单株生产率比大豆明显提高^[6,7]。此外,玉米五叶期和大豆四真叶期 P₀ 的单株生产率都低于前期,表现蹲苗。增加施磷量可缓解玉米蹲苗对生长的影响和提高大豆生产率。

综上所述,施磷能显著促进两种作物干物质累积和提早出叶。据研究,施磷使作物早出叶,也促进了繁殖器官分化的进程^[6]。因此可认为,磷促进作物早熟,是由于促进了作物

苗期营养生长的结果。

2.2 供磷对两种作物地上与地下部生长的影响

供磷对两种作物地上部与地下部各出叶期的干物重和根茎比(R/S 比)见表 2。

表 2 供磷对作物地上与地下部干重影响

作物	出叶期	单株干重(g)			LSD	
		P ₀	P ₁	P ₂	0.05	0.01
玉	三叶期(S)	0.144	0.154(0.01*)	0.154(0.01*)	0.007	0.011
	(R)	0.136	0.126(-0.01**)	0.132(-0.004)	0.005	0.008
	R/S 比	0.94	0.82	0.86		
	五叶期(S)	0.370	0.621(0.251**)	0.796(0.426**)	0.052	0.085
	(R)	0.249	0.278(0.029*)	0.292(0.044**)	0.019	0.032
	R/S 比	0.67	0.45	0.37		
米	七叶期(S)	1.642	3.440(1.798**)	5.855(4.213**)	0.380	0.628
	(R)	0.798	1.290(0.492**)	2.015(1.217**)	0.136	0.225
	R/S 比	0.49	0.38	0.34		
	九叶期(S)	6.071	13.657(7.586**)	21.014(14.943**)	1.194	1.976
	(R)	2.379	4.533(2.154**)	6.746(4.367**)	0.396	0.686
	R/S 比	0.39	0.33	0.32		
大	十三叶期(S)	13.110	39.357(26.247**)	41.358(28.248**)	1.662	2.750
	(R)	4.770	9.913(5.143**)	12.242(7.472**)	0.508	0.840
	R/S 比	0.36	0.25	0.30		
	二真叶期(S)	0.368	0.372(0.004)	0.380(0.012)	$F_{\text{实际值}} < F_{0.05}$	
	(R)	0.070	0.069(-0.001)	0.070(0.0)	$F_{\text{实际值}} < F_{0.05}$	
	R/S 比	0.19	0.19	0.18		
豆	四真叶期(S)	0.905	1.011(0.106**)	1.226(0.321**)	0.053	0.087
	(R)	0.298	0.316(0.018)	0.364(0.025*)	0.017	0.028
	R/S 比	0.33	0.31	0.30		
	六真叶期(S)	1.834	2.135(0.301**)	2.577(0.743**)	0.117	0.193
	(R)	0.543	0.622(0.079**)	0.723(0.180**)	0.034	0.057
	R/S 比	0.30	0.29	0.28		
豆	八真叶期(S)	3.770	4.778(1.008**)	6.379(2.609**)	0.446	0.739
	(R)	0.873	1.002(0.129*)	1.181(0.308**)	0.088	0.146
	R/S 比	0.23	0.21	0.19		

注: P₁ 与 P₂ 右旁括弧内的数值为相应处理减去 P₀ 的差值。

由表 2 看出,除大豆二真叶期供磷无反应和玉米三叶期供磷影响地下部生长外,其余各期供磷都促进了地上与地下部生长, P₂ 的促进作用大于 P₁, 对地上部的促进作用也大于地下部, 使供磷处理的 R/S 比减小。随生长后延, 各 R/S 比均逐渐下降。

作物对磷的反应, 不仅表现在干物质总量增加, 而且也会改变地下与地上部生长的比例。缺磷引起 R/S 比增大, 是植物对缺磷环境适应性的一种反应机制^[1,2,4,8]。因此, 在缺磷条件下, 大豆、玉米施磷肥, 主要促进了地上部生长, 在促进地上部生长的同时, 也相应促进了根系生长, 使地上部与地下部的生长趋于协调。

2.3 供磷对两种作物体内磷含量及分配的影响

从不同供磷水平对玉米和大豆体内含磷量的影响见表 3。由表 3 看出, 供磷对大豆的四、六真叶期和玉米的七、九叶期的植株相对或绝对含磷量均比 P₀ 提高, 表明两种作物体

内含磷量受供磷水平的影响。而干物质累积又随体内磷含量提高而增加。

表 3 不同供磷水平的大豆和玉米含磷量

采样期	处 理	大 豆			玉 米		
		株干重(g)	株磷量(mg)	P(%)	株干重(g)	株磷量(mg)	P(%)
A	P ₀	1.203	2.671	0.222	2.440	4.197	0.172
	P ₁	1.327	3.543	0.267	4.730	12.298	0.260
	P ₂	1.590	4.834	0.304	7.870	22.193	0.282
B	P ₀	2.377	4.112	0.173	8.450	11.830	0.140
	P ₁	2.758	7.336	0.266	18.190	38.199	0.210
	P ₂	3.300	9.999	0.303	27.760	71.621	0.258

注:1)A:大豆四真叶期,玉米七叶期;2)B:大豆六真叶期、玉米九叶期;3)各期干重差异显著性检验 LSD_{0.05}和 LSD_{0.01};大豆四真叶期为 0.100,0.151 g;六真叶期为 0.188,0.285 g。玉米七叶期为 0.438,0.659 g;九叶期为 1.31,1.98 g。

供磷还会对作物体内磷的分配产生影响(见表 4)。

表 4 供磷对大豆和玉米体内磷分配影响

作 物	处 理	各器官中含 P 占全株 P(%)		
		根 系	茎 秆	叶 片
大 豆 (六真叶期)	P ₀	16.9	19.0	64.1
	P ₁	18.8	17.0	64.2
	P ₂	18.8	18.8	62.4
玉 米 (九叶期)	P ₀	19.5	16.4	64.1
	P ₁	14.8	15.3	69.9
	P ₂	15.5	16.8	67.7

表 4 表明,供磷使大豆根系中磷的分配率增加,茎秆中磷的分配率减少,而叶片中磷的分配率相对稳定。供磷使玉米根系中磷的分配率减少,而增加了叶片中磷的分配。一般认为,土壤供磷不足,植物根系吸收的磷向上运输的比例减少,使磷利用效率降低。但在供磷条件下,大豆根系中磷的分配率增加,可能对根瘤是有益的。

表 5 供磷与地上和地下部分磷分配的关系

作物及出叶期	地上部 P/地下部 P			根系 P/根尖 P		
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂
大豆六真叶期	4.9	4.3	4.3	3.2	2.9	2.5
玉米九叶期	4.1	5.8	5.5	5.3	4.3	4.2

表 5 表明,供磷使大豆地上部磷减少,在根系中的磷增加了根尖磷的累积。对玉米而言,供磷则提高了地上部的磷,同时也相应提高了根尖对磷的累积。

2.4 作物定位叶及根尖中磷的组分变化

采用叶片定位法研究在不同供磷条件下,大豆、玉米叶片中磷的组分的变化见图 2。

两种作物定位叶片的磷转移趋势基本一致,转移率随供磷水平提高而减少。其中玉米的转移量小于大豆。定位叶片磷组分测定结果表明:大豆第四真叶展开时,无机磷、核蛋白磷、磷脂磷和蔗糖磷酸脂磷均随供磷水平而提高,各磷组分的比例稳定;第八真叶展开,再测定第四真叶,其磷组分中 P_i 显著降低,磷脂磷增加较多,核蛋白磷和蔗糖磷酸脂磷增

加,供磷水平间差异不大。玉米第三叶展开时,各磷组分也都随供磷水平而增加,其组成比例是 P_i 增加,核蛋白磷和蔗糖磷酸脂磷相对稳定,磷脂磷在 P_i 中减少,在 P_2 中增加;第七叶展开时,再测定第三叶, P_i 显著降低,核蛋白磷增加,磷脂磷在 P_i 中增加,在 P_2 中减少。因此,两种作物定位叶的磷输出,主要是无机磷。无机磷在定位叶中减少,也相应提高了核蛋白磷在定位叶磷组成中的比例。

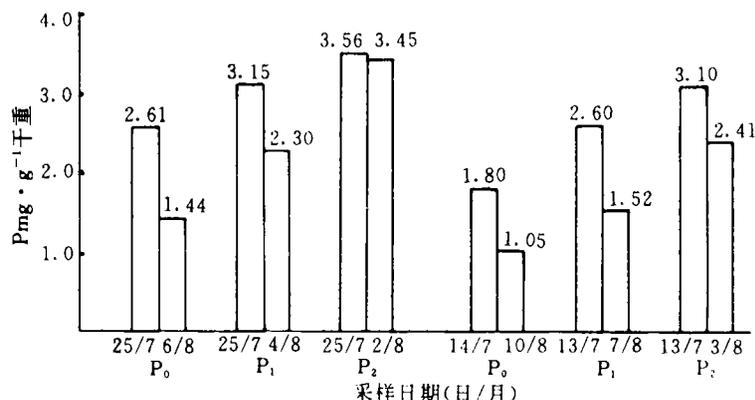


图 2 供磷对大豆、玉米各定位叶含磷量变化
A. 大豆定位第 4 片真叶, B. 玉米定位第 3 片真叶

根尖磷各组分的变化见表 6。由表 6 看出,两种作物在不同出叶期内的根尖磷组分的变化,并非根尖磷的绝对含磷量减少,而是通过 P_i 和核蛋白磷的变化调节其他磷组分的平衡。在大豆根尖磷中,核蛋白磷所占比例高于玉米,但在玉米根尖磷中, P_i 所占比例则高于大豆。

表 6 供磷对作物根尖磷组分变化影响 %

作物	出叶期	P_0				P_1				P_2			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
大豆	六真叶	43.0	39.5	15.0	2.5	49.0	29.0	19.5	2.5	46.5	33.5	15.0	5.0
	八真叶	38.0	37.5	19.5	5.0	42.5	32.5	20.0	5.0	41.5	36.5	16.5	5.5
玉米	七叶	55.0	26.5	8.5	10.0	62.5	21.5	8.0	8.0	60.0	21.5	8.5	10.0
	九叶	50.0	32.0	8.0	10.0	56.0	24.5	10.0	9.5	50.0	30.0	10.0	10.0

注: A. 无机磷; B. 核蛋白磷; C. 蔗糖磷酸脂磷; D. 磷脂磷; % 各组分磷占根尖全磷百分数。

3 结 论

1) 在缺磷土壤上,玉米三叶期前,对供磷反应敏感;大豆二真叶期前,供磷效果滞后。缺磷是引起两种作物蹲苗的主要因子,供磷能缓解蹲苗的不良影响。

2) 供磷能促进两种作物生物学产量提高,出叶期提前。促进玉米营养生长的作用大于大豆,促进地上部干物质累积的作用大于地下部,使 R/S 比随供磷水平提高而减小。

3) 供磷可提高两种作物体内的含磷量,使大豆根系中磷的分配和玉米叶片中磷的分配率增加,改变两种作物的 R-P/S-P 比值。

4) 两种作物的定位叶均有磷的输出,主要是无机磷组分。供磷使两种作物根系中根尖

磷累积,根尖磷组分主要是通过无机磷与核蛋白磷的变化调节其他磷组分的平衡。

参 考 文 献

- 1 马斯纳 H 著,曹一平,陆景陵等译. 高等植物矿质营养. 北京:北京农业大学出版社,1991. 137~270
- 2 Foehse D, Claassen N, Jungk A. Phosphorus efficiency of plants. I. External and intrinal P requirement and p uptake efficiency of different plant species. *Plant Soil*, 1988,110:101~109
- 3 Bielecki R L, Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability. *Ann Review of Plant Physiol*, 1973, 24:225~252
- 4 Clarkson D T, Hanson J B. The Mineral Nutrition of higher plant. *Ann Review of Plant Physiol*, 1980, 31:239~298
- 5 阿沙洛夫 X K. 农业化学讲义(中册). 北京:高等教育出版社,1959. 660~662
- 6 孙善英,赵伯善,韩燕来. 供磷对大豆、玉米生长发育的作用. 干旱地区农业研究,1993,11(1):64~69
- 7 李生秀,赵伯善,李昌伟等. 影响豌豆磷肥肥效的一些因子. 干旱地区农业研究,1989(1):56~63
- 8 Anghinoni I, Barber S A. Phosphorus influx and growth characteristics of corn roots as influenced by phosphorus supply. *Agron J*, 1980,72:685~688

The Effects of P Fertilization of the Seedling Growth of Maize and Soybean

Zhao Baishan Zhai Bingnian

(Department of Soil Science and Agricultural Northwestern Agricultural University, Yangling Shaanxi, 712100)

Han Yanlai

(Department of Agronomy, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002)

Abstract Pot experiment results show that P fertilization significantly promoted the growth and early leafing for maize and soybean, and raised the biological production of their seedlings. The promotion of P fertilizer to the above-ground plants was higher than to the roots, and therefore reduced the ratios of roots to stems (R/S). Application of P fertilizer raised P contents in all organs, made the proportion of the accumulated P higher in maize leaves and soybean roots, and changed the ratio of root P to the stem P (R-P/S-P). In addition, P fertilization enhanced P accumulation in the root tips of the two crops. In some fixed leaves for the study of the two crops, P transfer from the leaves was found, and therefore inorganic P in leaves was reduced and the P component in nucleoprotein increased.

Key words Phosphate fertilizer, maize, soybean, seedlings, ratios of roots to stems