

# 大豆对磷素吸收规律的研究

王立刚<sup>1</sup>, 刘克礼<sup>2</sup>, 高聚林<sup>2</sup>, 刘景辉<sup>2</sup>, 张 胜<sup>2</sup>

(1. 中国农业科学院资源区划所, 北京, 100081; 2. 内蒙古农业大学农学院, 呼和浩特市, 010019)

**摘要** 以北丰—14 为供试品种, 采用五因素三水平实施方案, 系统的研究了大豆在不同密度、施肥量处理下, 各器官磷素含量和对磷素的吸收规律。结果表明: 随着生长发育进程的推进, 大豆各器官磷素浓度大小因器官而异, 均呈下降趋势; 大豆对磷素最高吸收速率出现在结荚至鼓粒期, 最高吸收速率为 5.28mg/株·d, 吸收量约占全生育期总吸收量的 30%~50% 左右; 适宜密度和氮磷钾适量配施, 可显著提高大豆磷素的吸收量与吸收速度, 并能显著提高大豆的经济产量。

**关键词** 大豆; 磷素; 肥料

**中图分类号** S 565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)01-0030-06

## STUDY ON THE LAW OF PHOSPHORUS ABSORPTION IN SOYBEAN

WANG Li-gang, LIU Ke-li, GAO Ju-lin, LIU Jing-hui, ZHANG Sheng

(1. *Institute of Natural Resources and Regional Planning, CAAS, Beijing, 100081; 2. Inner Mongolia Agriculture University, Huhehaote, 010019*)

**Abstract** The experiment studied phosphorus concentration in each soybean organ and the law of phosphorus absorption under different densities and fertilizer treatments, taking Beifeng-14 as test variety and adopting 5 factors and 3 levels treatment. The results were as following: As growing of soybean, the phosphorus concentration in different soybean organ were all descending; The largest absorption rate appeared form pod-setting to pod-filling, which was 5.28mg/d individual plant, occupied 30%~50% of the whole growth period absorption; suitable density and the mixture of nitrogen- phosphorus-kalium could increase the phosphorus absorption amount and rate, and also the soybean yield.

**Key words** Soybean; Phosphorus; Fertilization

磷是大豆籽粒合成所必须的组成成分, 磷在蛋白质代谢与碳水化合物间的相互转化中起着重要的作用, 因此磷素在大豆生长发育和产量形成中是不可缺少的要素<sup>[1,2]</sup>。众多的研究表明, 在一定生态条件下, 大豆对磷素的吸收因品种、密度、氮、磷、钾肥施用量等栽培管理因素及其组合的不同而异, 并且随着大豆产量的提高, 对磷素的吸收量也有所增加<sup>[3~7]</sup>。本研究旨在探讨大豆在高产栽培管理

条件下对磷素吸收、分配与转移的影响, 以明确高产大豆群体的需磷规律, 为大豆高产优化栽培磷素营养提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地

试验于 1997~1998 年在内蒙古农业大学教学

农场进行。前茬为甜菜,耕层为 0~20cm,有机质含量 2.43%,全氮 0.13%,全磷 0.096%,全钾 0.363%,速效 N 187mg/kg 土,速效 P33.82mg/kg 土,速效 K 94.30mg/kg 土,pH 值 7.7。

1.2 材料及处理

供试品种为北丰—14,设密度、施磷量、施钾量、

种肥氮量、追肥氮量五项处理,采用五因素三水平实施方案(表 1),共 12 个处理组合,两次重复,随机区组排列。行距 50cm,小区面积 49.5m<sup>2</sup>。种肥氮磷钾肥在播种时(3/5)开沟一次性深施并与种子分开。氮肥追施在开花期前一次性进行。

1.3 取样时间与方法

表 1 五因素三水平试验处理

Table 1 The test with five factors and three levels treatment

处理 Treatment	密度(万株/hm <sup>2</sup> ) Density (10 <sup>4</sup> plant/hm <sup>2</sup> )	施磷量(kg/hm <sup>2</sup> ) P fertilizer (kg/hm <sup>2</sup> )	施钾量(kg/hm <sup>2</sup> ) K fertilizer (kg/hm <sup>2</sup> )	种肥氮量(kg/hm <sup>2</sup> ) N seed fertilizer (kg/hm <sup>2</sup> )	追肥氮量(kg/hm <sup>2</sup> ) N top-dressing fertilizer (kg/hm <sup>2</sup> )
高密度(1) High density	45	75	60	30	30
低密度(2) Low density	15	75	60	30	30
高施磷(3) High P fertilizer	30	150	60	30	30
未施磷(4) No P fertilizer	30	0	60	30	30
高施钾(5) High K fertilizer	30	75	120	30	30
未施钾(6) No K fertilizer	30	75	0	30	30
高施种氮(7) High N seed fertilizer	30	75	60	60	30
未施种氮(8) No N seed fertilizer	30	75	60	0	30
高追氮(9) High N top-dressing fertilizer	30	75	60	30	60
未追氮(10) No N top-dressing fertilizer	30	75	60	30	0
中量组合(11) Combinatorial fertilizer	30	75	60	30	30
未施肥(12) No fertilizer	30	0	0	0	0

在大豆生育期间,分别在苗期(6/6)、分枝期(23/6)、开花期(9/7)、结荚期(23/7)、鼓粒期(10/8)、成熟期(4/9)取样 6 次,每次取 1m 长样段,测定株数、分枝数。再从中选取有代表性的植株 10 株,按茎秆、叶片、叶柄、荚皮、籽粒五部分分别处理,测定其鲜重、叶面积、烘干至恒重后测干重,粉碎后供分析测定。

1.4 磷测定方法

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>—H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮后,钒钼酸铵法测磷。

2 结果与分析

2.1 大豆各器官磷素含量的变化

大豆一生中各器官磷素浓度变化因器官而异(图 1)茎秆、荚皮、籽粒中磷素浓度均呈递减变化,且茎秆中含磷量变化幅度小;而荚皮中磷素含量递减幅度较大。叶片和叶柄中磷素含量,苗期到分枝

期递增,以后磷素含量递减。从中可以看出,大豆开花结荚以前,磷在叶片等营养器官中居多,开花结荚后,磷素则多贮存在荚皮籽粒中(表 2)。

由表 2 可见,不同密度与施肥种类及施肥量,大豆各器官磷素浓度不同。不同密度处理各器官磷素

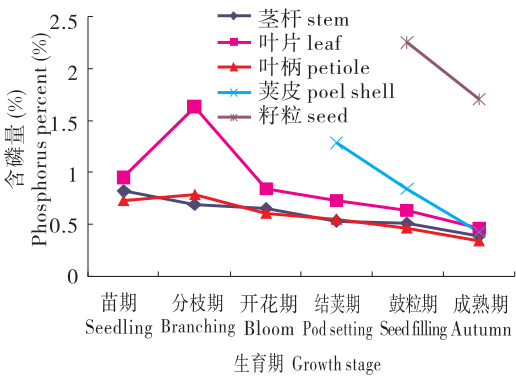


图 1 大豆各生育时期不同器官含磷量的变化  
Fig. 1 The change of phosphorus percent of different organ at each growth stage

表 2 大豆在不同处理下各器官含磷量的变化(‰)(干重基础)  
Table 2 The change of phosphorus percent of different organ at each growth stage based on dry matter (‰)

器官 Organ	处理 Treatment	苗期 Seedling stage	分枝期 Branching stage	开花期 Bloom stage	结荚期 Pod setting	鼓粒期 Seed filling	成熟期 Autumn
茎秆 Stem	1	0.7447	0.6312	0.6315	0.5094	0.4772	0.3617
	2	0.7056	0.579	0.5827	0.4774	0.4924	0.3919
	3	0.9405	0.7247	0.7197	0.5877	0.5289	0.4373
	4	0.6353	0.5681	0.5208	0.4835	0.4377	0.3624
	5	0.7627	0.6402	0.6229	0.5281	0.5185	0.4038
	6	0.628	0.5412	0.4879	0.3976	0.4311	0.3478
	7	0.8549	0.7084	0.6748	0.5042	0.4898	0.3784
	8	0.6856	0.5307	0.5274	0.4628	0.4235	0.3177
	9	0.7599	0.6822	0.6404	0.5681	0.5032	0.3881
	10	0.7026	0.6276	0.5072	0.473	0.419	0.3137
	11	0.823	0.6952	0.649	0.5376	0.5097	0.3892
	12	0.6273	0.5234	0.5017	0.4472	0.4194	0.3011
叶片 Leaf	1	0.9405	1.4493	0.7981	0.6273	0.549	0.4404
	2	0.8622	1.4102	0.7904	0.7074	0.5601	0.4572
	3	0.9796	1.7233	0.8812	0.7447	0.6273	0.5046
	4	0.8062	1.3885	0.7729	0.5542	0.491	0.3279
	5	0.9307	1.6059	0.8595	0.6791	0.5922	0.4683
	6	0.8504	1.4085	0.7852	0.6493	0.4879	0.4055
	7	0.9362	1.645	0.8225	0.7334	0.5604	0.4692
	8	0.8379	1.1753	0.7832	0.5882	0.5097	0.4103
	9	0.9422	1.5276	0.8125	0.7216	0.5826	0.4739
	10	0.8622	1.4088	0.7532	0.5428	0.4231	0.3933
	11	0.9473	1.6263	0.8497	0.7295	0.6292	0.4688
	12	0.8037	0.9405	0.7638	0.5027	0.4097	0.3024
叶柄 Petiole	1	0.738	0.7638	0.5871	0.5051	0.4507	0.3372
	2	0.6979	0.7825	0.6052	0.5263	0.463	0.3419
	3	0.7447	0.8167	0.6268	0.5995	0.5094	0.4126
	4	0.6094	0.6579	0.5485	0.3802	0.3528	0.2678
	5	0.7181	0.7051	0.6089	0.5325	0.4898	0.3795
	6	0.6623	0.6834	0.5294	0.3942	0.3724	0.2563
	7	0.7082	0.7108	0.6158	0.5611	0.4311	0.3244
	8	0.6238	0.6437	0.5612	0.4237	0.3721	0.2827
	9	0.7389	0.7578	0.6073	0.5521	0.4534	0.3291
	10	0.6739	0.6851	0.5368	0.4079	0.3332	0.2269
	11	0.7226	0.7855	0.6041	0.5534	0.4702	0.3425
	12	0.6013	0.6268	0.5185	0.3457	0.2941	0.1763
荚皮 Pod shell	1				1.0187	0.8189	0.2941
	2				0.923	0.8096	0.2357
	3				1.3319	0.8618	0.4507
	4				0.8709	0.7314	0.2385
	5				1.2536	0.8357	0.4279
	6				1.0579	0.7235	0.2013
	7				1.2927	0.8352	0.4337
	8				1.1362	0.7006	0.3137
	9				1.2713	0.8253	0.4254
	10				1.1291	0.7053	0.1972
	11				1.2842	0.8419	0.4296
	12				0.9062	0.6918	0.2031
籽粒 Seed	1					2.2174	1.4895
	2					2.1369	1.9592
	3					2.2723	1.9826
	4					1.3992	1.2594
	5					2.2375	1.8026
	6					1.5181	1.4062
	7					2.1941	1.5678
	8					1.4553	1.3329
	9					2.2306	1.646
	10					1.2059	1.1756
	11					2.2502	1.7057
	12					1.1125	1.0980

浓度无明显差异;高施磷量处理,各器官含磷量高。增施钾肥、氮肥均可提高大豆各器官磷素浓度,其中以钾肥对磷素浓度的影响最大,这是因为钾可促进物质的合成与转化,促进其对磷素的吸收。氮对磷的吸收和运转有明显地促进作用,因而施氮处理,各器官磷的含量均有不同程度的提高。

在密度和 N、P、K 较适量配施处理下,群体发展动态合理,各时期营养元素吸收较均衡,开花前磷对茎、叶、分枝营养生长有促进作用,开花后对提高结荚率,增加粒重具有促进作用,因此,经济产量高。

2.2 大豆植株对磷素的吸收

大豆在不同密度、施肥处理下,各生育时期磷素吸收量、吸收速度、相对吸收量表现出相似的变化(表 3)。

表 3 大豆各生育时期磷素(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)的吸收状况

Table 3 The characters of phosphor(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) uptake at different growth stage in soybean

处理 Treatments	项目 Items	苗期 Seedling stage	苗期—分枝 Seedling- branching	分枝—开花 Branching- bloom	开花—结荚 Bloom-pod setting	结荚—鼓粒 Pod setting- seed filling	鼓粒—成熟 Seed filling- autumn
1	吸收量(g/株) Uptake amount (g/plant)	0.0037	0.0153	0.014	0.020	0.054	—0.016
	吸收速率(mg/株·d) Uptake rate (mg/plant·day)	0.185	0.805	0.933	1.429	3.00	—0.14
	吸收百分率(%) Uptake percent(%)	3.46	14.30	13.08	18.69	50.47	—14.95
	吸收量(g/株) Uptake amount (g/plant)	0.0033	0.0247	0.039	0.055	0.117	0.025
2	吸收速率(mg/株·d) Uptake rate (mg/plant·day)	0.165	1.30	2.6	3.93	6.50	1.00
	吸收百分率(%) Uptake percent(%)	1.26	9.43	14.90	20.99	44.66	8.78
	吸收量(g/株) Uptake amount (g/plant)	0.0042	0.0268	0.037	0.044	0.061	0.036
3	吸收速率(mg/株·d) Uptake rate (mg/plant·day)	0.210	1.411	2.467	3.143	3.389	1.440
	吸收百分率(%) Uptake percent(%)	2.01	12.82	17.71	21.05	29.19	17.22
	吸收量(g/株) Uptake amount (g/plant)	0.0033	0.0207	0.021	0.025	0.049	0.004
4	吸收速率(mg/株·d) Uptake rate (mg/plant·day)	0.165	1.089	1.40	1.786	2.722	0.16
	吸收百分率(%) Uptake percent(%)	2.68	16.83	17.08	20.32	38.84	3.25
	吸收量(g/株) Uptake amount (g/plant)	0.0031	0.0489	0.019	0.038	0.074	0.05
5	吸收速率(mg/株·d) Uptake rate (mg/plant·day)	0.155	2.574	1.000	2.714	4.11	2.00
	吸收百分率(%) Uptake percent(%)	1.33	12.40	16.74	16.31	31.76	21.46
	吸收量(g/株) Uptake amount (g/plant)	0.0025	0.0165	0.028	0.030	0.039	0.015
6	吸收速率(mg/株·d) Uptake rate (mg/plant·day)	0.125	0.868	0.867	2.143	2.167	0.600
	吸收百分率(%) Uptake percent(%)	1.91	12.59	21.38	22.90	29.77	11.45

(续表 3)

处理 Treatments	项目 Items	苗期 Seedling stage	苗期—分枝 Seedling- branching	分枝—开花 Branching- bloom	开花—结荚 Bloom-pod setting	结荚—鼓粒 Pod setting- seed filling	鼓粒—成熟 Seed filling- autumn
7	吸收量(g/株) Uptake amount (g/plant)	0.0042	0.0248	0.030	0.033	0.061	0.034
	吸收速率(mg/株·d) Uptake rate (mg/plant·day)	0.21	1.305	2.000	2.360	3.389	1.36
	吸收百分率(%) Uptake percent(%)	2.5	13.26	16.04	17.65	32.33	18.18
8	吸收量(g/株) Uptake amount (g/plant)	0.0033	0.0157	0.021	0.023	0.045	0.036
	吸收速率(mg/株·d) Uptake rate (mg/plant·day)	0.165	0.826	1.400	1.643	2.50	1.440
	吸收百分率(%) Uptake percent(%)	2.29	10.90	14.59	15.97	31.25	25.00
9	吸收量(g/株) Uptake amount (g/plant)	0.0042	0.0188	0.029	0.041	0.094	0.036
	吸收速率(mg/株·d) Uptake rate (mg/plant·day)	0.21	0.99	1.93	2.93	5.22	1.44
	吸收百分率(%) Uptake percent(%)	1.88	8.43	12.87	18.52	42.16	16.14
10	吸收量(g/株) Uptake amount (g/plant)	0.0038	0.0152	0.027	0.027	0.039	0.001
	吸收速率(mg/株·d) Uptake rate (mg/plant·day)	0.19	0.80	1.80	1.93	2.17	0.36
	吸收百分率(%) Uptake percent(%)	3.14	12.56	22.32	22.31	32.23	7.74
11	吸收量(g/株) Uptake amount (g/plant)	0.0039	0.0231	0.037	0.039	0.095	0.041
	吸收速率(mg/株·d) Uptake rate (mg/plant·day)	0.195	1.22	2.47	2.79	5.28	1.64
	吸收百分率(%) Uptake percent(%)	1.63	9.66	15.49	16.31	39.76	17.15
12	吸收量(g/株) Uptake amount (g/plant)	0.0028	0.012	0.021	0.023	0.038	0.017
	吸收速率(mg/株·d) Uptake rate (mg/plant·day)	0.14	0.59	1.4	1.64	2.11	0.68
	吸收百分率(%) Uptake percent(%)	2.48	9.91	18.58	20.36	33.63	15.04

由表 3 可知,大豆出苗至分枝期,磷素吸收量少,速度慢,吸收量为总吸收量的 10%左右,但此期植株含磷量却较高,因而是大豆需磷敏感期。此时

缺磷,不仅抑制营养器官的生长,分枝的形成,而且影响花芽的分化。即使生育后期供给充足的磷,也难以消除缺磷的影响。因此在播种时,应施入一定

量的磷肥,既满足苗期植株对磷素的需要,又为后期的生长奠定了基础。磷素吸收高峰期在结荚—鼓粒期;平均日吸收磷素量达 2.11~6.50mg/株左右,吸收量约占全生育期总吸收量的 30%~50%左右。

各不同处理下,以密度适宜和氮磷钾适量配施处理(中量组合处理),其磷素的吸收量、吸收速度都高于其它处理,且经济产量最高。说明氮磷钾配施可促进植株对磷素的吸收,且磷肥对生育前期植株生长促进作用明显。

### 3 结论

3.1 大豆一生中各器官磷素浓度虽因器官而异,但随生育进程均呈下降趋势,其中,茎秆中含磷量变化幅度小,而荚皮中磷素含量递减幅度较大。增施钾肥、氮肥、磷肥均可提高大豆各器官磷素浓度,其中以钾肥对提高磷素浓度的影响最大,而种植密度对各器官磷素浓度影响不显著。

3.2 大豆植株磷素最高吸收速率出现在结荚至鼓

粒期,其峰值为 5.28mg/株·d,吸收量约占全生育期总吸收量的 30%~50%左右。密度适宜和氮磷钾适量配施,可显著提高大豆磷素的吸收量与吸收速度,并能显著提高大豆的经济产量。

### 参 考 文 献

- [1] 吴明才,肖昌珍,郑普英.大豆磷素营养研究[J].中国农业科学,1999,32(3):59—65.
- [2] 丁洪,李生秀.磷素营养与大豆生长和共生固氮的关系[J].西北农业大学学报,1998,26(5):67—70.
- [3] 董钻.大豆栽培生理[M].北京:中国农业出版社.1995,53—76.
- [4] 毕远林.大豆干物质积累与氮、磷、钾吸收与分配的研究[J].大豆科学,1999,18(4):331—335.
- [5] 史占忠.不同大豆品种氮磷钾吸收动态的研究[J].大豆科学,1989,4:369—374.
- [6] 董钻,谢甫绶.大豆氮磷钾吸收动态及模式的研究[J].作物学报,1996,1:91—95.
- [7] 索全义,王文玲,索凤兰.内蒙古东北旱作春大豆氮磷钾营养特性的研究[J].内蒙古农业科技,1998(增刊):205—207.

## 欢迎订阅 2007 年《黑龙江农业科学》

《黑龙江农业科学》是黑龙江省农业科学院主办的综合性学术期刊,是全国优秀期刊、黑龙江省优秀期刊、“中国期刊方阵”期刊、《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊。本刊坚持以高新实效为原则,以服务科研、服务生产为宗旨,主要报道最新的农业科研成果、先进技术、发展趋势以及新产品、新品种等,能够全面反映黑龙江省特色、内容丰富、栏目新颖、信息量大、可读性强。设有作物育种、耕作栽培、土壤肥料、植物保护、园艺、质量安全、畜牧兽医、农业经济、综述、实用技术、信息等栏目以及各类广告业务宣传,如:新品种、新产品、重点实验室、研究所、企业简介等。本刊发行面广,读者群大:农业科研工作者、农业院校师生、国营农场及农业技术推广部门的科技人员、管理干部和广大农民群众等。

刊为国际大十六开本,彩色四封,80 页,双月刊,刊号:ISSN1002—2767,CN23—1204/S,邮发代号 14 61,广告经营许可证号:2301004010072,单月 10 日出版,每期定价 8.00 元,全年 48.00 元。全国各地邮局(所)均可订阅。漏订者可汇款至本刊编辑部补订。

地 址:哈尔滨市南岗区学府路 368 号 《黑龙江农业科学》编辑部

电 话:0451—86668373

E-mail:nykxl3579@sina.com

邮 编:150086