

磷对不同磷效率大豆品种光合生理和农艺性状的影响

刘婧琦, 谢甫绋, 敖雪, 张惠君, 王海英

(沈阳农业大学农学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘要:以4个磷高效和2个磷低效大豆品种为试材,探讨了低磷($0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、中磷($82.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)和高磷($165\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)处理对不同磷效率大豆品种光合生理性状和农艺性状的影响。结果表明:在整个生育时期,在不同磷处理下,磷高效品种的叶绿素含量多高于磷低效品种,且在生育后期(鼓粒期),磷高效品种的叶绿素含量下降较缓慢,仍能保持较高含量。各个生育时期,与低磷处理相比,中磷和高磷处理下供试品种的净光合速率均有所增加,在不同磷处理下,磷高效品种的净光合速率多高于磷低效品种。磷处理对大豆株高、分枝数和主茎节数等植株形态性状影响较小。在低磷处理下,磷高效品种的产量和产量性状优于磷低效品种。

关键词:大豆;磷;光合生理性状;农艺性状

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2009)02-0217-04

Effect of Different Phosphorus Level on Photosynthetic Rate and Agronomic Traits Between Soybean Cultivars With Different Phosphorus Efficiency

LIU Jing-qi, XIE Fu-ti, AO Xue, ZHANG Hui-jun, WANG Hai-ying

(Agronomy College of Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, Liaoning, China)

Abstract: Four high phosphorus efficiency soybean cultivars (Jindou 33, Dahuangdou, Liaodou 13, Liaodou 16) and two low phosphorus efficiency soybean cultivars (Tiefeng 3, Jin 8-14) were adopted under three phosphorus pentoxide treatments of $0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (Low), $82.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (Medium), $165\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (High) to study the effects of different phosphorus pentoxide levels on photosynthetic rate and agronomic traits of soybean cultivars. The results showed that the chlorophyll content of soybean cultivars with high phosphorus efficiency was higher than that of soybean cultivars with low phosphorus efficiency in the whole growth season, and decreased more slowly in the late growth season. At different growth stages the photosynthetic rate would be increased by phosphorus application and the cultivars with high phosphorus efficiency had a higher photosynthetic rate than that of cultivars with low phosphorus efficiency. The phosphorus pentoxide treatments had little effect on plant height, branch and node. Under low phosphorus level, the yield and traits of yield component of cultivars with high phosphorus efficiency were better than those of cultivars with low phosphorus efficiency.

Key words: Soybean; Phosphorus; Photosynthetic rate; Agronomic trait

磷是大豆生长发育和产量形成不可缺少的元素之一^[1-2],它参与叶绿体能量转化和代谢、光合同化力形成和中间产物的转化,并促进叶片光合产物的运输^[3]。众多的研究表明,缺磷会明显抑制植株的生长和共生固氮,适量施磷可以提高大豆籽粒产量^[4]。作物基因型的矿质营养特性有很大差异,不同品种的吸肥能力、需肥量、施肥增产效果是不同的,表明不同大豆基因型对不同磷水平的适应能力具有遗传

差异性^[5]。而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^[6]。为了消除磷素形态对大豆生育的影响,采用 P_2O_5 作为底肥,探讨了低磷($0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、中磷($82.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)和高磷($165\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)处理对不同磷效大豆品种光合特性、产量及农艺性状的影响,旨在为大豆磷高效基因型的筛选和栽培提供理论依据。

收稿日期:2008-09-09

基金项目:辽宁省科技厅科技基金资助项目(2006201008);辽宁省教育厅创新团队资助项目(2006T116)。

作者简介:刘婧琦(1984-),女,在读硕士,研究方向为大豆产量生理。E-mail:jingqi.liu@yahoo.com.cn。

通讯作者:谢甫绋,教授,博士生导师。E-mail:sns soybean@yahoo.com.cn。

1 材料与方法

1.1 供试品种

选用磷高效大豆品种 4 个:锦豆 33,大黄豆,辽豆 13 号,辽豆 16 号;磷低效品种 2 个:铁丰 3 号,锦 8-14^[12]。

1.2 试验设计

2006~2007 年在沈阳农业大学试验地进行,采取裂区设计,底施磷素(P_2O_5)分别为: $0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (低磷), $82.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (中磷), $165\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (高磷)。3 次重复,小区为 5 行区,行距 0.6 m,株距 0.11 m,小区面积为 15 m^2 ,基本苗 $15\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$,5 月 1 日播种,田间管理一致。

1.3 测定方法

1.3.1 叶绿素含量的测定 参照张宪政方法^[7],并稍作修改。用丙酮:95%乙醇 1:1 的混合液,在暗处浸提 24 h,用 721 分光光度计比色,计算叶绿素含量。

1.3.2 净光合速率的测定 采用美国 LI-6400 便携式光合作用测定仪进行田间活体测定,仪器装有 LED 红蓝光源,光量子通量密度(PFD)为 $1\ 000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。选取植株主茎上的倒 4 叶,测定其净光合速率(P_n),每个品种测定 6 株。

1.3.3 室内考种 大豆成熟后,每小区连续选取具有代表性的 10 株进行室内考种,分别测定株高、分枝数、主茎节数、百粒重和单株粒重等。

1.3.4 产量测定 收获时每个小区去除边行,取群体中间 3 m,实打实收,测产面积 5.4 m^2 ,然后将其折算成每公顷产量。

1.3.5 数据分析 采用 Excel 和 DPS 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 磷对大豆叶片叶绿素含量的影响

在不同生育时期测定了大豆叶片的叶绿素含量,结果表明(表 1),叶绿素含量在盛花期达到最大值,随后逐渐下降。在不同生育时期,磷高效品种的平均叶绿素含量极显著高于磷低效品种($F_{\text{开花期}} = 200.12^{**}$, $F_{\text{结荚期}} = 25.06^{**}$, $F_{\text{鼓粒期}} = 109.56^{**}$)。在各个生育时期,在三种磷处理下,磷高效品种的叶绿素含量多高于磷低效品种,且在低磷条件下,这种差异均达到显著或极显著水平。在鼓粒期,磷高效

品种的叶绿素含量下降较缓慢,仍能保持较高的叶绿素含量,而磷低效品种的叶绿素含量则下降较迅速。

表 1 磷处理对大豆叶片叶绿素含量的影响

Table 1 Effect of different phosphorus level on chlorophyll content of soybeans/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$

磷效率基因型 Phosphorous efficiency genotypes	磷水平 P level	开花期 Blooming stage	结荚期 Podding stage	鼓粒期 Grain filling stage
磷高效 High phosphorous efficiency	低磷 Low 中磷 Medium 高磷 High	3.6 A 3.0 ns 3.1 A	3.6 a 3.6 a 3.6 ns	3.2 A 3.1 a 3.2 A
磷低效 Low phosphorous efficiency	低磷 Low 中磷 Medium 高磷 High	3.0 B 3.0 ns 2.8 B	3.3 b 3.1 b 3.5 ns	2.6 B 2.7 b 2.7 B

表中数据表示磷效率品种的平均值。不同大小写字母表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著,ns 表示在相同磷处理下不同磷效率品种平均值间差异不显著。下同。

The data are the average amount calculated for the same phosphorus efficiency soybean cultivars. Lowercase and capital letters are significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively, ns means no significant between different phosphorus efficiency soybean cultivars. The same as follow.

2.2 磷对大豆叶片净光合速率的影响

在不同生育时期测定了大豆叶片的光合速率,结果表明,供试品种的净光合速率在结荚期最高,随后逐渐下降(见表 2)。在不同生育时期,磷高效品种叶片的平均净光合速率均高于磷低效品种,且在结荚期和鼓粒期差异达极显著水平($F_{\text{结荚期}} = 23.64^{**}$, $F_{\text{鼓粒期}} = 33.19^{**}$)。与低磷条件相比,在中磷和高磷条件下,不同磷效率品种的净光合速

表 2 磷处理对大豆叶片净光合速率的影响

Table 2 Effect of different phosphorus level on photosynthetic rate of soybeans/ $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

磷效率基因型 Phosphorous efficiency genotypes	磷水平 P level	开花期 Blooming stage	结荚期 Podding stage	鼓粒期 Grain filling stage
磷高效 High phosphorous efficiency	低磷 Low 中磷 Medium 高磷 High	12.7a 13.7a 12.8ns	16.5a 18.3ns 18.4ns	13.6ns 15.8ns 16.0ns
磷低效 Low phosphorous efficiency	低磷 Low 中磷 Medium 高磷 High	10.9b 12.1b 12.7ns	14.7b 17.5ns 18.5ns	12.3ns 13.8ns 15.5ns

率均有所提高,且磷高效品种的净光合速率也多高于磷低效品种。在低磷条件下,不同生育时期,磷高效品种的光合速率均高于磷低效品种的,除鼓粒期外两者的差异均达显著水平。

2.3 磷对大豆植株形态性状的影响

不同磷处理对供试品种的形态性状影响较小,差异均未达显著水平(见表3)。与磷低效品种相

比,在低磷条件下,磷高效品种的株高、分枝数、主茎节数和结荚高度均较低;中磷条件下,磷高效品种的株高、分枝数、节间长度和结荚高度较低,其中株高和结荚高度差异达到显著和极显著水平;在高磷条件下,磷高效品种的分枝数、主茎节数和结荚高度较高,但差异未达显著水平。

表3 施磷处理对大豆形态性状的影响

Table 3 Effect of different phosphorus level on morphological traits of soybeans

磷效率基因型 Phosphorous efficiency genotypes	磷水平 P level	株高 Plant height/cm	分枝数 Branch	主茎节数 Number of nodes per plant	节间长度 Internode length /cm	结荚高度 Height of lowest pod/cm
磷高效 High phosphorous efficiency	低磷 Low	104.9ns	3.0ns	19.8 ns	5.2 ns	26.9 ns
	中磷 Medium	106.2b	3.4 ns	20.0 ns	5.2 ns	26.8B
	高磷 High	105.4ns	3.1 ns	19.7 ns	5.4 ns	28.0 ns
磷低效 Low phosphorous efficiency	低磷 Low	106.5ns	3.7 ns	20.6 ns	5.2 ns	29.7 ns
	中磷 Medium	114.8a	4.1 ns	19.8 ns	5.6 ns	30.3A
	高磷 High	112.3ns	2.5 ns	19.6 ns	5.7 ns	27.2 ns

2.4 磷对产量和产量性状的影响

在低磷条件下,磷高效品种除分枝的茎重和荚重小于磷低效品种外,在其他产量性状上均高于磷低效品种的,且除主茎茎重、粒重和生物产量外均达到显著或极显著水平。在中磷和高磷条件下,除分

枝的茎重和粒重外,磷高效品种的有关产量性状均高于磷低效品种,且多达到显著或极显著水平(表4)。可见在低磷条件下,磷高效品种各产量性状的表现仍优于磷低效品种,有助于保持较高产量,而磷低效品种分枝营养生长过多、易减产。

表4 施磷处理对大豆产量性状的影响

Table 4 Effect of different phosphorus level on yield components of soybeans

磷效率基因型 Phosphorous efficiency genotypes	磷水平 P level	主茎 Main stem			分枝 Branch			百粒重 100-grain weight/g	单株粒重 Seed weight /g · plant ⁻¹	生物产量 Biological yield /g · plant ⁻¹	经济系数 Economic coefficient
		茎重	荚重	粒重	茎重	荚重	粒重				
		weight/g	weight/g	weight/g	weight/g	weight/g	weight/g				
磷高效 High phosphorous efficiency	低磷 LP	18.3ns	30.4A	18.2ns	5.8b	10.0 ns	9.3 ns	22.5 A	27.5 A	91.9 ns	0.3 A
	中磷 MP	21.4a	32.9A	21.9A	6.2ns	14.3 ns	9.0 ns	23.8 A	31.0A	105.8a	0.3 A
	高磷 HP	19.8A	32.8A	21.3A	3.8 ns	9.6 ns	6.8 ns	23.9 A	28.0a	94.1a	0.3 ns
磷低效 Low phosphorous efficiency	低磷 LP	17.6ns	25.8B	16.4ns	7.9a	14.0 ns	3.4 ns	17.7B	19.9B	85.1 ns	0.2B
	中磷 MP	18.9b	24.3B	15.1B	7.7 ns	16.2 ns	5.5 ns	17.8B	20.6B	87.7b	0.2B
	高磷 HP	17.1B	26.1B	16.4B	4.1 ns	9.5 ns	6.4 ns	18.6B	22.8b	79.5b	0.3 ns

LP; low phosphorus; MP; medium phosphorus; HP; high phosphorus

在三个磷水平上磷高效品种的产量均极显著高于磷低效品种。与低磷处理相比,在中磷和高磷处理下磷高效品种的产量都有了极显著的增加,分别增加了13.6%和15.3%。磷低效品种在中磷和高磷处理下比低磷处理分别增加了13.4%和34.8%,分别达到了显著和极显著水平(表5)。

3 结论与讨论

王聪^[8]认为,大豆在缺磷和低磷胁迫下,磷低效基因型的叶绿素含量减少,而磷高效基因型却增

表5 施磷处理对大豆产量的影响

Table 5 Effect of different phosphorus level on yield of soybeans/kg · hm⁻²

磷效率基因型 Phosphorous efficiency genotypes	磷水平 P level		
	低磷	中磷	高磷
	Low phosphorus	Medium phosphorus	High phosphorus
磷高效 High phosphorous efficiency	2445.0 A	2787.5 A	2897.7 A
磷低效 Low phosphorous efficiency	1786.7 B	2025.1 B	2407.5 B

大,不同基因型对缺磷和低磷的反应程度存在显著差异,此结果也表明,在整个生育时期,磷高效品种的叶绿素含量多高于磷低效品种的,且在低磷条件下,这种差异均达到显著或极显著水平,而且在生育后期(鼓粒期),磷高效品种的叶绿素含量下降较缓慢,仍能保持较高含量。另外,已有的研究表明,磷浓度增加有助于提高大豆结荚期和鼓粒期的光合速率,缺磷会抑制大豆的光合速率^[9-11]。结果表明,各个生育时期,在中磷和高磷处理下,供试品种的净光合速率均高于低磷处理下的,且在不同磷处理下,磷高效品种的净光合速率多高于磷低效品种的。

关于磷对大豆植株形态性状的影响上没有定论,有研究认为把植株形态性状作为磷胁迫的指标值得商榷,认为大豆形态性状如株高等只能做大豆缺素症状,而不能做为耐磷胁迫的鉴定指标^[12]。研究表明,磷处理对大豆株高、分枝数和主茎节数等植株形态性状影响较小。在低磷处理下,磷高效品种的产量性状仍优于磷低效品种的,因此磷高效品种在较低的磷浓度下即可满足高产需求,而磷低效品种在高磷浓度下才能发挥较高的产量水平。综上所述,生产上可适当加施磷肥来提高大豆产量,且在土壤磷含量较低或没有施磷条件时,选用磷高效大豆品种可获得较理想的产量。

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. (Wu M C, Xiao C Z, Zheng P Y. Study on the physiological function of phosphorus to soybean[J]. *Scientia Agricultura Sinica*,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. (Ding H, Li S X. The relation of phosphorous nutrition to growth and symbiotic nitrogen fixation of soybean cultivars[J]. *The Journal of Northwest Agricultural University*,1998,26(5):67-70.)
- [3] 萧浪涛,王三根. 植物生理学[M]. 北京:中国农业出版社,2004:71,162 (Xiao L T, Wang S G. *Plant physiology* [M]. Beijing: Agriculture Press,2004:71,162.)
- [4] 董钻. 大豆栽培生理[M]. 北京:中国农业出版社,1995. (Dong Z. *Soybean cultivation physiology* [M]. Beijing: Agricultural Press,1995.)
- [5] 丁玉川,陈明昌,程滨,等. 北方春大豆磷高效基因型的筛选[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(4):597-600. (Ding Y C, Chen M C, Cheng B, et al. The selection of spring soybean genotypes with high phosphorus efficiency in Northern China[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*,2006,12(4):597-600.)
- [6] 张彦丽,谷思玉,许景钢. 不同施磷条件下大豆植株农艺性状与磷效率的关系[J]. 中国农学通报2008(3):142-146. (Zhang Y L, Gu S Y, Xu J G. The relationship between agronomic characters of soybean plant and the phosphorus efficiency at different phosphorus level condition[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*,2008,24(3):142-146.)
- [7] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:农业出版社,1992. (Zhang X Z. *Methodology of crop physiology* [M]. Beijing: Agriculture Press,1992.)
- [8] 王聪,刘曙光,李志刚,等. 磷胁迫对不同基因型大豆苗期叶片特征的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2004(3):64-67. (Wang C, Liu S G, Li Z G, et al. Effects of phosphorus stress on the leaf characteristics of different soybean genotypes at seedling stage[J]. *Journal of Inner Mongolia University for Nationalities (Natural Sciences Edition)*,2004(3):64-67.)
- [9] 李志刚,谢甫绀,张玉玲,等. 磷胁迫对大豆不同磷素基因型光合作用的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2004(3):58-60,70. (Li Z G, Xie F T, Zhang Y L, et al. Influence to photosynthesis of different genotype soybean with phosphorus stress[J]. *Journal of Inner Mongolia University for Nationalities (Natural Sciences, Quarterly)*,2004(3):58-60,70.)
- [10] 于海秋,彭新湘,严小龙,等. 缺磷对不同磷效率基因型大豆光合日变化的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2005(5):9-12. (Yu H Q, Peng X X, Yan X L, et al. Effect of P deficiency on diurnal variation of photosynthesis in contrasting soybean genotypes[J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*,2005(5):9-12.)
- [11] 张玉玲,朱占林,李志刚,等. 磷胁迫下不同磷效率大豆某些性状的基因型差异[J]. 中国农学通报,2005(1):93-95 (Zhang Y L, Zhu Z L, Li Z G, et al. Genotypic differences in some characters of different phosphorus efficiency soybean under phosphorus deficiency stress[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*,2005(5):9-12.)
- [12] 李志刚,谢甫绀,宋书宏. 大豆高效利用磷素基因型的筛选[J]. 中国农学通报,2004,20(5):126-129. (Li Z G, Xie F T, Song S H. The selection of high phosphorus using efficient soybean genotype[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*,2004,20(5):126-129.)