

磷素对不同品质类型大豆光合生理的影响

谢甫缙, 孙海姝, 张惠君, 王海英, 敖雪, 于翠梅, 程海涛

(沈阳农业大学 农学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘要:以6个不同品质类型(普通型、高油型和高蛋白型各2个)的亚有限结荚习性大豆品种为材料,采用裂区试验设计,研究了3个磷素水平(0、82.5、165.0 kg·hm⁻² P₂O₅)对不同品质类型大豆叶片光合生理的影响。结果表明:施磷对不同品质类型大豆开花期至鼓粒期的光合速率、气孔导度、蒸腾速率、叶面积指数和水分利用效率有较大影响,且施磷有利于提高各品质类型大豆的光合速率、气孔导度等光合生理指标。此外,施磷使生育后期大豆的光合速率、气孔导度等下降速度减缓,其中对高蛋白品种的影响最为明显。高蛋白品种在高磷(165.0 kg·hm⁻² P₂O₅)处理下的光合速率、气孔导度等的下降速度均最为缓慢。

关键词:磷;大豆;净光合速率;气孔导度;叶面积指数

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2012)02-0232-05

Effect of P₂O₅ on Photosynthetic Physiology of Soybean Cultivars with Different Quality Types

XIE Fu-ti, SUN Hai-shu, ZHANG Hui-jun, WANG Hai-ying, AO Xue, YU Cui-mei, CHENG Hai-tao

(Agronomy College of Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, Liaoning, China)

Abstract: Six semi-determinate soybean cultivars of three seed quality types (common, high oil and high protein) were used to study the effect of different P₂O₅ amount (0, 82.5, 165.0 kg·ha⁻¹) on soybean photosynthetic physiological indexes. The results showed that phosphorus level significantly affected photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance (Gs), transpiration rate (Tr), LAI and water use efficiency (WUE) of different quality type soybeans from flowering to grain-filling. And the photosynthetic physiological indicators improved under phosphorus treatment. In addition, in later growth stage the photosynthetic physiology indexes had a slow falling rate under phosphorus treatment, and the high-protein type had the lowest descending rate under high phosphorus (165.0 kg·ha⁻¹) treatment.

Key words: Phosphorus; Soybean; Leaf photosynthetic rate; Stomatal conductance; LAI

磷是大豆生长发育和产量形成不可缺少的元素之一,它参与叶绿体能量转化、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^[1-3]。大豆叶片的光合速率与产量之间存在着显著的相关性^[4-5]。磷浓度增加会增强光合作用底物CO₂的气相和液相传导的能力^[6]。并且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^[7-9]。大量研究表明,水分影响植物对磷的吸收、利用和分配,反之适宜的磷素营养水平也能够一定程度上提高植物水分利用效率,达到“以肥调水”的目的^[10]。适量施磷有利于大豆高产,蔡柏岩等^[11]指出,在生产实践中,应针对不同品种施用适量的磷肥。该文探讨了施纯磷(P₂O₅)对不同品质类型大豆光合生理的影响,旨在为不同品质类型大豆的磷素营养管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验选用6个不同品质类型的亚有限结荚习性品种,详见表1。

供试纯磷(P₂O₅)为分析纯(AR),国药集团化学试剂有限公司生产。

1.2 试验设计

试验于2010年5月在沈阳农业大学试验地进行,土壤基础肥力为有机质 18.90 g·kg⁻¹,全N 2.10 g·kg⁻¹、全P 0.087 g·kg⁻¹、全K 22.2 g·kg⁻¹、碱解N 74.26 mg·kg⁻¹、速效P 1.71 mg·kg⁻¹、速效K 149.34 mg·kg⁻¹, pH 5.5。播种时一次性施入纯磷(P₂O₅)。田间施磷量(kg·hm⁻²)分别为低磷0,中磷82.5,高磷165.0;试验采取裂区设计,主区为磷素水平,副区为品种。

收稿日期:2011-12-24

基金项目:辽宁省科技厅科技攻关项目(2011201020);国家科技支撑计划(2011BAD35B06-2)。

第一作者简介:谢甫缙(1966-),男,教授,博士生导师,从事大豆育种与栽培研究。E-mail:snssoybean@yahoo.com.cn。

表 1 供试大豆品种
Table 1 Tested soybean cultivars

品质类型 Quality type	品种 Cultivar	蛋白质含量 Protein content/%	脂肪含量 Fat content/%	供种单位 Origin of cultivar
普通品种 Common type	铁丰 31 Tiefeng 31	42.20	21.30	铁岭市农业科学院 Tieling Academy of Agricultural Sciences
	铁丰 33 Tiefeng 33	41.95	21.15	铁岭市农业科学院 Tieling Academy of Agricultural Sciences
高油品种 High-oil type	辽豆 14 Liaodou 14	37.54	22.17	辽宁省农业科学院 Liaoning Academy of Agricultural Sciences
	沈农 12 Shennong 12	37.84	22.04	沈阳农业大学 Shenyang Agricultural University
高蛋白品种 High-protein type	辽豆 16 Liaodou 16	46.28	19.30	辽宁省农业科学院 Liaoning Academy of Agricultural Sciences
	永伟 6 号 Yongwei 6	45.51	19.92	铁岭市永伟农业科学研究所 Tieling Yongwei Institute of Agricultural Sciences

4 行区,行距 0.6 m,行长 5 m,小区面积 12 m²,株距 22 cm,每穴 2 株,3 次重复。5 月 8 日播种,10 月 7 日收获,常规田间管理。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 叶面积指数 按 Fehr 的分级标准,分别在大豆 V7(分枝期)、R1(始花期)、R2(盛花期)、R3(结荚期)、R5(始粒期)、R6(鼓粒期)和 R7(成熟初期)采用鲜样称重法测定叶面积指数^[12]。

1.3.2 光合生理指标 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 μmol·m⁻²·s⁻¹,叶室温度 25℃。从 V7 期(分枝期)开始,在各生育时期分别测定叶片光合生理指标(光合速率、气孔导度和蒸腾速率)。每次测定在晴天 9:00~11:00 进行。测定植株主茎倒 3 叶或倒 4 叶三出复叶中间小叶,各处理每次测定 9 株,共测定 9 片叶。计算水分利用效率(WUE),公式如下:

WUE = Pn/Tr

Pn 为光合速率(μmolCO₂·m⁻²·s⁻¹),Tr 为同一

叶片蒸腾速率(mmolH₂O·m⁻²·s⁻¹)。

1.4 数据分析

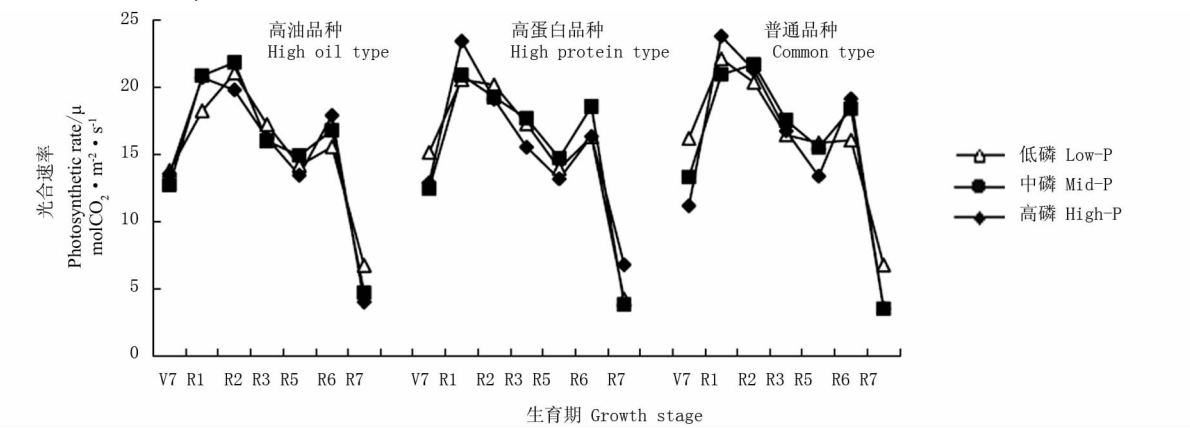
采用 Excel 2003 作图并应用 DPS 7.5 统计软件进行方差分析和显著性检验。

2 结果与分析

2.1 磷素对光合速率的影响

如图 1 所示,全生育期各品质类型品种的光合速率呈双峰曲线变化,峰值一般出现在 R1~R2 期和 R6 期。在开花期,高油品种在中磷处理下光合速率峰值最高,而高蛋白和普通型品种在高磷处理下光合速率峰值最高。

方差分析结果表明,V7 期、R1 期和 R3 期在施磷处理间、品种间、施磷处理与品种交互作用间差异达极显著水平(P<0.01)。施磷对大豆光合速率有较大影响,提高了 R1~R6 期各品种的光合速率。



图中数值为同一品质类型 2 个品种光合速率的平均值,下同。
Values in the figure are the average P_n of two cultivars of the same quality type, the same below.

图 1 不同生育时期不同品质类型大豆光合速率的动态变化

Fig. 1 Pn dynamics of soybean cultivars with different quality types at different growth stages

在 V7 期,3 种品质类型大豆的光合速率均为施磷 < 低磷。在 R1 ~ R6 期,高油品种和高蛋白品种中磷处理的光合速率平均值最大,普通品种则在高磷处理下的光合速率平均值最大。与低磷处理相比,R6 ~ R7 期施磷处理的高油品种和普通品种光合速率下降速度较快,而高磷处理的高蛋白品种光合速率下降幅度较小。

2.2 磷素对气孔导度的影响

R1 ~ R3 期各品质类型大豆的气孔导度在施磷处理间、各品种间、施磷与品种交互作用间差异极显著

($P < 0.01$),且 R7 期的气孔导度施磷与品种间交互作用差异显著($P = 0.024$)。R1、R5 和 R6 期各品种大豆的气孔导度施磷处理高于低磷处理。

如图 2 所示,全生育期各品种的气孔导度呈先上升后下降变化趋势,峰值一般出现在 R1 期。不同施磷水平间比较:V7 ~ R2 期高油型和高蛋白型品种的气孔导度在中磷处理下上升速度最快,普通品种的气孔导度则在低磷处理下上升速度最快。在 R1 ~ R6 期,普通品种、高蛋白品种和高油品种的气孔导度均在高磷处理下的下降速度最为缓慢。

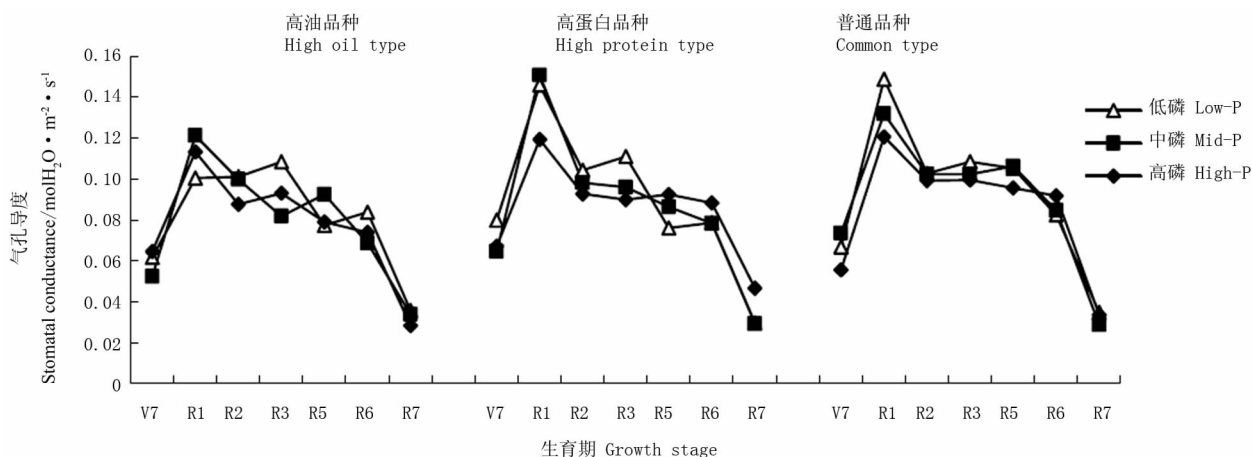


图 2 不同生育时期不同品质类型大豆气孔导度的动态变化

Fig. 2 Stomatal conductance dynamics of soybean cultivars with different quality types at different growth stages

2.3 磷素对蒸腾速率的影响

R1 ~ R3 期施磷处理间、品种间、施磷与品种间交互作用差异呈极显著水平($P < 0.01$),R6 ~ R7 期施磷与品种间交互作用显著($P < 0.05$)。与低磷处理相比,R5 ~ R6 期各品种的蒸腾速率在施磷后有所提高。

如图 3 所示,全生育期 3 种品质类型大豆的蒸

腾速率均呈先上升后下降趋势。不同品种的蒸腾速率峰值一般出现在 R1 期,高油品种和高蛋白品种在中磷处理下的蒸腾速率出现峰值,而普通品种在低磷处理下蒸腾速率出现峰值。相较于低磷处理,R1 ~ R6 期高磷处理的高蛋白型品种蒸腾速率下降幅度减小,施磷处理使高油型和普通型品种的蒸腾速率下降速度减缓。

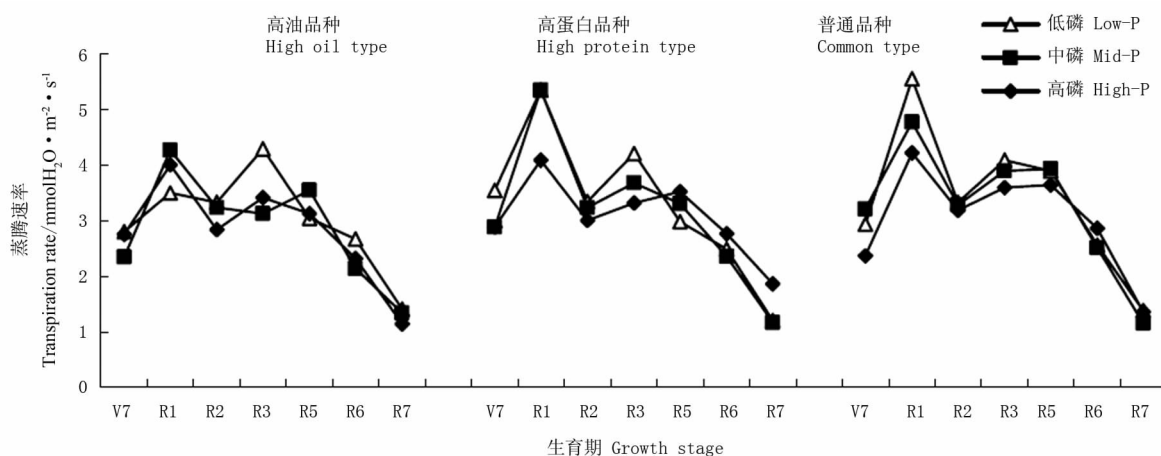


图 3 不同生育时期不同品质类型大豆蒸腾速率的动态变化

Fig. 3 Transpiration dynamics of soybean cultivars with different quality types at different growth stages

2.4 磷素对叶面积指数 (LAI) 的影响

在 R6 ~ R7 期施磷与品种交互作用极显著($P < 0.01$)或显著($P < 0.05$)。与不施磷相比,施

磷处理提高了 R3 ~ R7 期各品种的叶面积指数。不同品种各生育时段叶面积指数平均值比较:R1 ~ R3 期为铁丰 33 > 辽豆 16 > 铁丰 31 > 永伟 6 号 > 沈农

12 > 辽豆 14; R5 ~ R7 期的大小顺序是沈农 12 > 铁丰 33 > 铁丰 31 > 辽豆 14 > 永伟 6 号 > 辽豆 16。

如图 4 所示, 3 种品质类型大豆的叶面积指数在整个生育期呈单峰曲线变化, 其峰值一般出现在 R5 ~ R6 期。R1 ~ R6 期不同磷素水平间比较, 高油

品种叶面积指数在中磷处理下上升速度最快, 而普通型和高蛋白型品种的叶面积指数在低磷处理下上升速度最快。R5 ~ R7 期各品质类型品种的叶面积指数均为高磷处理下降较缓。

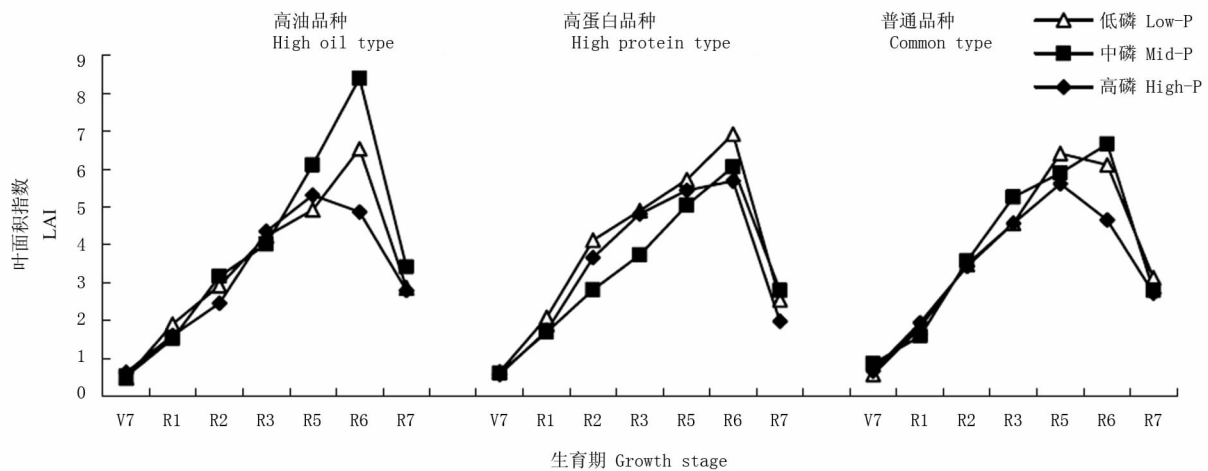


图 4 不同生育时期不同品质类型大豆叶面积指数的动态变化

Fig. 4 LAI dynamics of soybean cultivars with different quality types at different growth stages

2.5 磷素对水分利用效率 (WUE) 的影响

在 R1 和 R6 期施磷处理间、施磷与品种相互作用差异极显著 ($P < 0.01$) 或显著 ($P < 0.05$)。R1 ~ R3 期和 R6 期的各品种水分利用效率均为施磷 > 低磷。R2 ~ R7 期的 WUE 的大小顺序是 R1 ~ R3 期为沈农 12 > 铁丰 33 > 辽豆 14 > 辽豆 16 > 铁丰 31 > 永伟 6 号; R5 ~ R7 期为辽豆 14 > 辽豆 16 > 沈农 12 > 铁丰 31 > 永伟 6 号 > 铁丰 33。

3 种品质类型大豆的水分利用效率全生育期均呈双峰曲线变化, 峰值一般在 R2 和 R6 期出现。全

生育期平均水分利用效率表现为高油品种 > 普通品种 > 高蛋白品种, 且 3 种品质类型大豆的全生育期水分利用效率平均值在各施磷水平下均为施磷 > 低磷。相较于低磷处理, 在 R1 ~ R2 期高油型、高蛋白型和普通型品种在高磷处理下的水分利用效率平均值最高, 而在 R5 ~ R6 期 3 种品质类型大豆的水分利用效率的平均值在中磷处理下最高。在 R6 ~ R7 期, 施磷处理使高油品种和普通品种的水分利用效率下降速度较快, 而高蛋白品种在高磷处理下的水分利用效率下降缓慢。

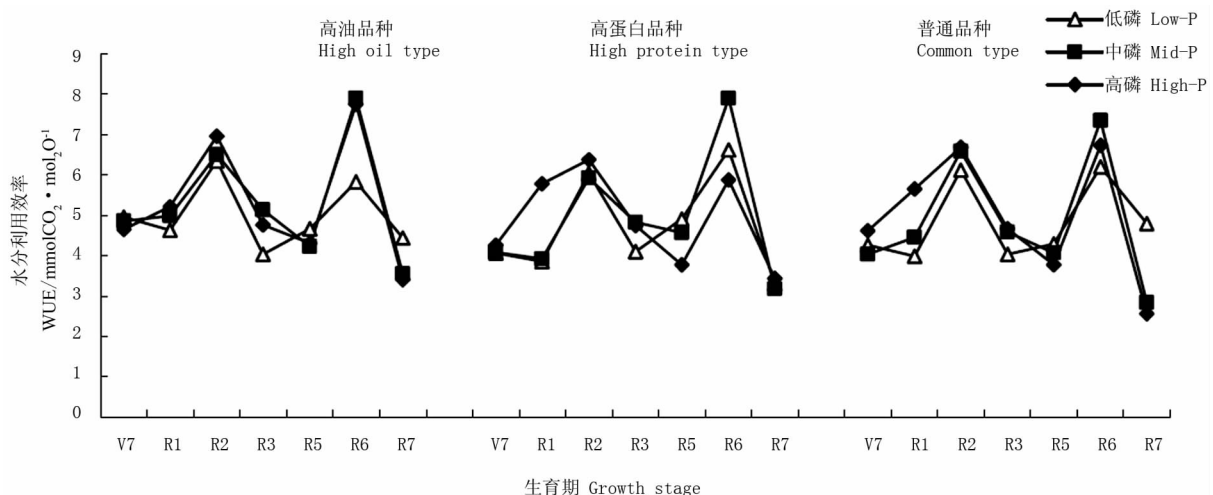


图 5 不同生育时期不同品质类型大豆水分利用效率的动态变化

Fig. 5 WUE dynamics of soybean cultivars with different quality types at different growth stages

3 结论与讨论

磷酸二铵是辽宁省大豆生产中作为基肥的主

要肥料^[13], 因考虑 N、P 互作对试验结果的影响, 故选用纯磷处理各品质类型大豆。该试验结果表明: R1 ~ R3 期不同品质类型大豆的光合速率、气孔导

度、蒸腾速率、水分利用效率在施磷处理间、各品种间、施磷与品种互作间差异极显著($P < 0.01$)。并且R6~R7期的气孔导度、蒸腾速率、叶面积指数、水分利用效率施磷与品种交互作用极显著($P < 0.01$)或显著($P < 0.05$)。可见,施磷对不同品质类型大豆R1~R3期、R6~R7期的光合生理指标有较大影响,且施磷有利于提高各品质类型大豆的光合速率、气孔导度等光合生理指标。此外,施磷使生育后期大豆的光合速率、气孔导度等下降幅度减缓,其中对高蛋白品种的影响最为明显。高蛋白品种在高磷处理下的光合速率、气孔导度等的下降速度均最缓慢。

前人的研究^[14-15]主要集中在以3种品质类型大豆的1个代表性品种作为研究对象,未考虑同品质类型大豆不同品种间的遗传背景差异对试验结果的影响,故该试验均选用同品质类型大豆2个具有代表性的品种作为研究对象。试验结果显示同品质类型的2个品种在不同生育时期对各磷素水平的反应有所不同。3种品质类型大豆品种中高油品种辽豆14 R1~R5期中磷处理光合速率、气孔导度等光合生理指标均为最大,而沈农12 R5~R6期中磷处理气孔导度、蒸腾速率、叶面积指数、水分利用效率最高;高蛋白品种生育后期各光合生理指标均为高磷处理下降缓慢,辽豆16 R5~R6期的水分利用效率和R6期的气孔导度、蒸腾速率和叶面积指数均为高磷处理最高。永伟6号的R2、R5和R6期光合速率、气孔导度、叶面积指数均为高磷处理最大,并且R1~R2期的水分利用效率、R5~R6期蒸腾速率均为高磷处理最大;普通品种R6期的光合速率和R1~R2期的水分利用效率均为高磷处理最大,且普通品种R5~R7期气孔导度、蒸腾速率和叶面积指数均为高磷处理下降缓慢。

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.大豆品种耐低磷和对磷肥效应的遗传差异[J].植物营养与肥料学报,1998,4(3):257-263. (Ding H, Li S X. Genetic difference of response of soybean cultivars to low phosphorus stress and phosphorus fertilizer[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 1998, 4(3): 257-263.)
- [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 Y. Plant physiology[M]. Beijing: Agricultural Press, 2004: 71, 162.)
- [4] Specht J E, Hume D J, Kumudini S V. Soybean yield potential-a genetic and physiological perspective[J]. Crop Science, 1999, 39(6):1560-1570.
- [5] Jiang H F, Egli D B. Soybean seed number and crop growth rate during flowering[J]. Agronomy Journal, 1994, 87(2):264-267.
- [6] 敖雪,谢甫锦,刘婧琦,等.不同磷效率大豆品种光合特性的比较[J].作物学报,2009,35(3):522-529. (Ao X, Xie F T, Liu J Q. Comparison of photosynthetic characteristics in soybean cultivars with different phosphorus efficiencies[J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(3): 522-529.)
- [7] 李志刚,谢甫锦,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),2004,19(3):297-299. (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 Science Edition), 2004, 19(3): 297-299.)
- [8] 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,2005,36(5):519-522. (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, 36(5): 519-522.)
- [9] 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,2005,21(1):85-87. (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, 21(1): 85-87.)
- [10] 王旭明,张铮,史刚荣.磷营养和土壤含水量对大豆光合特性的交互影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(5):143-148. (Wang X M, Zhang Z, Shi G R. Interaction of phosphorus concentration and soil moisture on photosynthetic traits in soybean plants[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2010, 28(5): 143-148.)
- [11] 蔡柏岩,葛菁萍,祖伟.不同基因型大豆磷素吸收特性比较研究[J].土壤通报,2008,39(3):607-611. (Cai B Y, Ge J P, Zu W. Comparison study on phosphorous absorption characteristics of soybeans with different genotypes[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2008, 39(3): 607-611.)
- [12] 张宪政.作物生理研究法[M].北京:农业出版社,1992:49-50. (Zhang X Z. Crop physiology research method[M]. Beijing: Agricultural Press, 1992: 49-50.)
- [13] 张淑香,彭德良,张东升,等.环保型大豆重迎茬专用肥对大豆产量和品质的影响[J].土壤肥料,2002(6):18-23. (Zhang S X, Peng D L, Zhang D S, et al. Effect of environmental special fertilizer for continuous cropping soybean on seed yield and quality[J]. Soil and Fertilizer, 2002(6): 18-23.)
- [14] 蔡柏岩,葛菁萍,祖伟.施磷水平对不同基因型大豆品种硝酸还原酶活性影响[J].大豆科学,2007,26(3):359-362. (Cai B Y, Ge J P, Zu W. The affection of phosphorus level to different genotype soybean nitrate reductase (NR) activities. [J]. Soybean Science, 2007, 26(3): 359-362.)
- [15] 蔡柏岩,葛菁萍,祖伟.磷素水平对不同大豆品种产量和品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(1):65-70. (Cai B Y, Ge J P, Zu W. Yield and quality of different soybean varieties as affected by different phosphorus supplies[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2008, 14(1): 65-70.)