

## 氮肥对黑豆产量及氮磷钾积累分配的影响

钱 朗, 陈振武, 刘柏林, 张铭航, 王微微, 张洪杰

(沈阳农业大学农学院, 辽宁 沈阳 110161)

**摘 要:**以辽黑1号为材料,研究了不施底肥,而在开花期追施氮肥下,4种施氮水平对辽黑1号的产量以及氮、磷、钾积累分配规律的影响。结果表明:施氮不仅能增加干物质积累和产量,还有助于氮、磷、钾向籽粒中分配。在N1氮肥处理下的产量最高;N2氮肥处理时,黑豆植株积累的氮素最多。各施肥处理与对照相比,均有助于氮素向籽粒中分配,但以N1氮肥处理时向籽粒分配的最多。施氮处理对磷素吸收分配规律的影响与氮素相同。氮肥的施用有助于钾素向籽粒中分配,但各处理间差异不明显。建议生产上施纯氮 $45\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 对产量有明显增加的作用。

**关键词:**黑豆;氮肥;干物质积累;产量;氮、磷、钾

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2009)01-0085-05

## Effect of Nitrogen Fertilizer on Yield and Nitrogen, Phosphorous, Potssium Accumulation and Distrubution of Black Soybean

QIAN Lang, CHEN Zhen-wu, LIU Bai-lin, ZHANG Ming-hang, WANG Wei-wei, ZHANG Hong-jie

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

**Abstract:** Black soybean has high medicinal purposes and health care value, it also has high agricultural increment potential, the distribution of black soybean in China is broad, it had been widely produced in northeast China, Shandong, Shaanxi, Henan and other provinces. To provide theory basis for high yield black soybean cultivation, black soybean cultivar Liaohei 1 was used as material, the effect of topdressing nitrogen in flowering period and no bottom fertilizer was studied, four nitrogen fertilizer treatment of  $0\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (N0),  $45\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (N1),  $90\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (N2) and  $90\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  in addition of  $22.5\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  by spraying on leaves surface (N3) were used. The effect of 4 kinds of nitrogen level on yield and the rules of accumulation and distribution in nitrogen, phosphorus and potassium were discussed. The results indicated that nitrogen fertilizer not only enhanced the dry matter accumulation and yield but also facilitated the partition of nitrogen, phosphorus and potassium to the seeds. The yield was highest under the treatment of N1, while the most nitrogen was accumulated under the treatment of N2. Compared with the treatment of N0, all the treatments were helpful to the partition of nitrogen to the seeds, while the partition was highest under the treatment of N1. The influence of different nitrogen fertilizer levels on absorbtion and distrubution of phosphorus was the same to the nitrogen. Nitrogen fertilizer was helpful to the partition of potassium to the seeds, and there were no significant difference in each treatment. In the production it was suggested that the yield of black soybean could be obviously increased under the nitrogen of  $45\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

**Key words:** Black soybean; Nitrogen fertilizer; Dry matter accumulation; Yield; Nitrogen; Phosphorous and Potassium

黑豆起源于我国,种植历史悠久,属豆科作物,因种子颜色黑而得名,别名“料豆”,为一年生草本植物。黑豆除与黄大豆一样含有丰富的粗蛋白外<sup>[1]</sup>,还含有人体必需的矿物质,具有较高的药用保健价值和农业增值潜力<sup>[2]</sup>。

氮素是植物体内蛋白质、核酸、叶绿素和激素等

的重要组成部分,是限制植物生长和产量形成的重要因素<sup>[3]</sup>。目前的研究表明,大豆根瘤固氮量占总氮吸收量的50%~60%<sup>[4]</sup>。因此,仅靠根瘤固氮远远不能满足大豆对氮素的需要,必须给以足够的氮肥<sup>[5-7]</sup>。马春梅等研究表明,大豆叶片与茎对氮肥的吸收差异主要受施肥水平的影响,表现为高氮>

收稿日期:2008-07-21

基金项目:辽宁省科技厅资助项目(2006201008)。

作者简介:钱朗(1983-),女,硕士研究生,研究方向为作物栽培生理。E-mail:qianlang1237895@163.com。

通讯作者:陈振武,教授,硕士生导师。E-mail:chenzhenwu2003@163.com。

中氮 > 低氮;荚果对氮肥的吸收率在收获期呈现低氮 > 中氮 > 高氮,这可能与鼓粒初期(R5)后,大豆自身固氮增多有关<sup>[8]</sup>。朱长甫研究表明,施氮量越多抑制大豆固氮作用越显著,且前期比后期明显<sup>[9]</sup>。关于大豆养分吸收分配动态,徐本生、董钻和史占忠等对大豆植株养分百分含量变化、养分含量动态以及养分吸收速率等均进行了研究,但是,由于受供试品种特性、试验条件和栽培措施等方面的影响,不同研究者的报道不尽相同<sup>[10-13]</sup>。毕远林研究了大豆氮、磷、钾吸收与分配情况,认为不同生育阶段氮素吸收与积累量最大值在结荚至鼓粒期,占总量的 47.74%,氮的积累速率,在始花期至盛花期和结荚期至鼓粒期出现两个高峰<sup>[14]</sup>。赵玉臣等的研究表明大豆在生育期中,N、P、K 积累速率花期和成熟期较低,从结荚期开始至鼓粒期为高峰期,呈现出“Λ”字型<sup>[15]</sup>。吴魁斌等研究表明,大豆籽粒产量各施氮处理间差异显著,其中以施 0.2~0.4 kg·hm<sup>-2</sup> 尿素产量最高,而不施氮和施高氮则产量下降<sup>[16]</sup>。前人对大豆施氮效果已有较多研究,但具体针对施氮肥对黑豆影响的研究较少,从不同氮肥施用量对黑豆的干物质分配、产量及氮磷钾吸收分配规律进行研究,为提高黑豆产量提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于 2007 年在沈阳农业大学试验地进行。前茬作物是玉米,地势平坦,土壤肥沃,地力均一,土壤养分情况:0~40 cm 耕层速效氮 98.00 mg·kg<sup>-1</sup>、速效钾 57.88 mg·kg<sup>-1</sup>、速效磷 69.16 mg·kg<sup>-1</sup>、有机质 1.2%。

供试品种:有限型结荚习性的黑豆品种辽黑 1 号。供试肥料:尿素(含氮量 46%)。

### 1.2 试验方法

采用单因素随机区组设计。不施底肥,氮肥在开花期追施,设 0 kg·hm<sup>-2</sup>(N0)、45 kg·hm<sup>-2</sup>(N1)、90 kg·hm<sup>-2</sup>(N2)和 90 kg·hm<sup>-2</sup> + 叶面喷施 22.5 kg·hm<sup>-2</sup>(N3)4 个处理,重复 3 次。小区行长 5 m,宽 3 m,面积 15 m<sup>2</sup>。行距 0.6 m,采用同一密度(150 000 株·hm<sup>-2</sup>)种植。于 2007 年 4 月 28 日播种,5 月 20 日出苗(因干旱出苗晚),10 月 16 日收获。

### 1.3 测定方法

#### 1.3.1 取样方法

各处理分别选取长势均匀的 3

株,将黑豆植株从子叶节处剪断,对子叶节以上部分,用自来水小心地冲洗干净,然后迅速将茎、叶、荚等器官剪开,在 105℃ 条件下杀青 30 min 后,置于 80℃ 下烘干,称取各器官的干重并计算干物质重量。全生育期内共取样 5 次,即开花期、始荚期、始粒期、鼓粒期、鼓粒后期;保留各个生育时期的植株样品,以待进行室内测定氮磷钾成分含量。成熟后,每个小区除去边行,取中间 3 行,行长 3 m,实打实收,测产面积 5.4 m<sup>2</sup>。

1.3.2 测定分析方法 将各时期所取样品按叶片、茎秆及叶柄、荚皮和籽粒分别烘干,研磨,进行氮磷钾的测定分析。首先准确称取 0.5 g(籽粒 0.3 g)植株样品,放入消化瓶中,加入 8 mL 浓硫酸,摇匀后静置一夜,置于消化炉上消煮,直至样品完全溶解。这期间每隔 25 min 向瓶中垂直加入 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,一边滴一边摇匀。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 用量依次为 500 μL、400 μL、300 μL、100 μL,共 4 次,直至溶液变为无色透明为止。消煮完毕后,将溶液冷却并定容到 100 mL 容量瓶中,充分摇匀,从中取出 30 mL 溶液用于氮含量的测定。全氮含量测定用凯氏定氮法。另从中取出 10 mL 用于磷含量的测定,磷含量(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)测定采用钒钼黄比色法;最后从中取出 1 mL 用于钾含量测定,钾含量(K<sub>2</sub>O)测定用原子吸收分光光度计法。

## 2 结果与分析

### 2.1 施氮对黑豆干物质积累的影响

在黑豆生长期间对植株的干物质积累量进行测定,其结果如图 1。

由图 1 可见,不同氮肥施用量下黑豆各生育期单株干物质积累,在生育前期较小,积累速率也较低。随着生育进程的推进,干物质积累速率逐渐加快。花期施氮肥处理的干物质质量均较对照增加。各处理的干物质积累量均在鼓粒期达到最大值,其中以施用 N2 氮肥处理的值最高,比 N0 氮肥处理高 24.34%;N3 和 N1 氮肥处理,分别比 N0 高 17.42%、8.64%。

### 2.2 施氮对黑豆产量的影响

在黑豆成熟期取样测产,结果表明不同施肥水平条件下的产量不同。施氮肥处理较对照增产 11.44%~23.68%。其中以 N1 的产量最高,达 3584.67 kg·hm<sup>-2</sup>。

对 4 个施肥处理之间做方差分析,列于表 1,结果表明施肥处理产量间差异显著( $P = 0.0066 <$

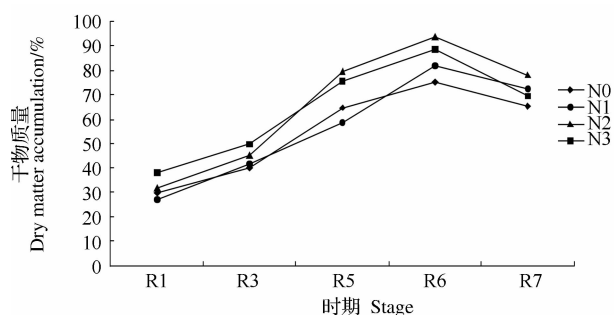


图1 不同生育时期黑豆干物质积累动态  
Fig.1 Dry matter accumulation of black soybean at different growth stages

0.01),并以施氮量在  $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时产量最高,以后随着施氮量增加,产量有所下降;但在花期叶面喷施氮肥处理的产量略有增加。

### 2.3 不同施氮水平对黑豆氮素积累分配的影响

2.3.1 氮素在各器官中的积累动态 由图2可见,黑豆在不同时期各器官中氮素含量随生育进程的推移发生变化,总的趋势为营养器官中氮素含量随生

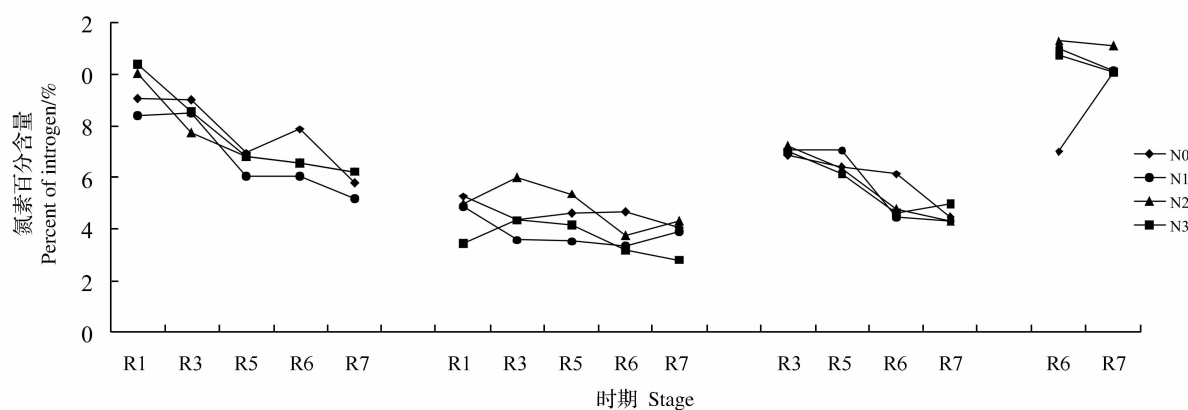


图2 黑豆各器官氮素百分含量动态

Fig.2 Trends of nitrogen percent in the different organs of black soybean

对不同施氮处理进行新复极差测验结果,各施肥处理间氮素百分比含量与对照的差异均达显著水平,可见施用氮肥对提高黑豆植株的氮素百分含量有明显作用。

2.3.2 氮素在各器官中的分配 全生育期内叶片中氮的积累大于茎秆。在始粒期前叶片的氮素积累一直为最高。从始荚期开始,氮素不断向生殖器官转移,鼓粒期以后籽粒中分配率不断增大,而茎、叶及荚皮中氮的分配率则不断减少。施氮能促进植株内的氮素向籽粒中分配,其中以施氮  $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  对氮素向籽粒分配的影响最大。

### 2.4 不同施氮水平对黑豆磷素积累分配的影响

表1 黑豆各施肥处理产量方差分析表

Table 1 Analysis of variance on yields of black soybean under different nitrogen fertilizer levels

变异来源	SS	DF	MS	F	P
Source of variance					
区组间	9015.8	2.0	4507.9	0.209	0.8168
Area					
施肥量	749434.7	3.0	249811.6	11.604	0.0066
Fertilizer level					
误差	129171.1	6.0	21528.5		
Error					
总计	887621.7	11.0			
Total					

育进程的推进是不断减小,而逐渐向生殖器官转移;花期及始荚期各器官氮素百分比含量的高低顺序为:叶片>茎秆及叶柄;始粒期氮素百分比含量高低顺序为:叶片>荚皮>茎秆及叶柄;鼓粒期以后氮素的百分含量高低顺序为:籽粒>叶片>荚皮>茎秆及叶柄。

2.4.1 磷素在各器官中的积累动态 各器官中磷素分配率见图3,在开花期,磷主要分布在茎、叶柄中,这与氮素的分配不同,叶片中的磷素含量一直很小。叶片中的含磷量在开花期达到最大值,而后缓慢下降,至鼓粒期下降到最低,鼓粒后期又有所回升;荚期前各器官磷百分比含量的高低顺序均为:茎秆及叶柄>叶片;始荚期开始,磷素向生殖器官转移。始荚期、始粒期荚皮含磷百分比含量最高。到鼓粒期、鼓粒后期,籽粒中磷的百分比最高。始粒期磷百分比含量的高低顺序均为:荚皮>茎及叶柄>叶片;鼓粒期磷百分比的高低顺序均为:籽粒>茎及叶柄>荚皮>叶片;鼓粒后期 N0 和 N2 氮肥处理磷

百分比含量的高低顺序为:籽粒 > 茎及叶柄 > 荚皮 > 叶片,而 N1 和 N3 氮肥处理施纯磷百分比含量的

高低顺序为:籽粒 > 荚皮 > 茎及叶柄 > 叶片。

对磷素百分比含量作方差分析结果,施用 N2

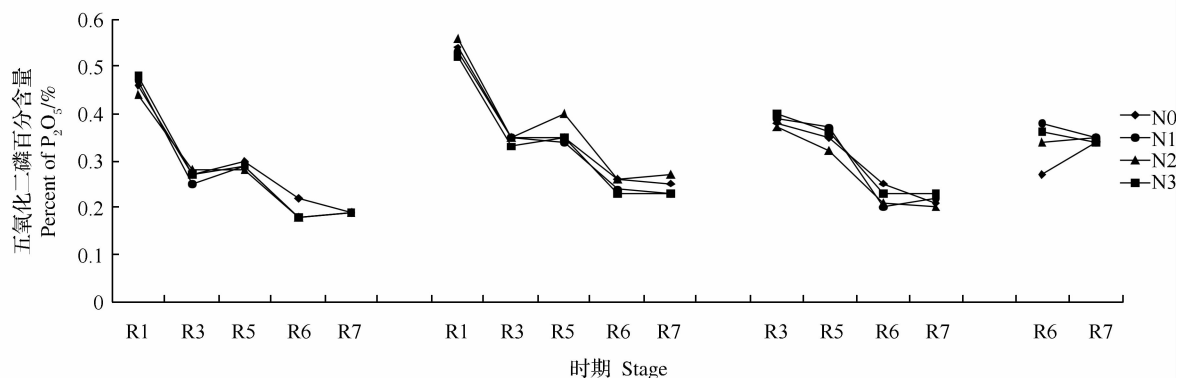


图3 黑豆各器官磷素百分含量动态

Fig. 3 Trends of  $P_2O_5$  percent in the different organs of black soybean

氮肥处理与 N0 氮肥处理之间的磷素含量差异达到极显著。而其他处理与对照间差异不显著。说明 N2 的高肥条件下对磷素的积累有明显作用。

**2.4.2 磷素在各器官中的分配** 在开花期,茎及叶柄的磷素的分配比率均在 50% 以上,是磷素积累的主要器官。始荚期和始粒期,荚皮中的磷素的分配比率为最高,成为磷素积累的主要器官。到鼓粒期,籽粒的磷素分配比率最大,最终成为磷素积累的主要器官。所以,全生育期内磷素的主要分配规律为:从营养器官向生殖器官转移。施氮对磷素的分配率有较大影响。施氮处理籽粒中的磷素分配率与对照相比明显增大,而对照荚皮、茎秆等器官的磷素分配率较

高。N1 氮肥处理对磷素向籽粒中分配有明显作用。

## 2.5 不同施氮水平对黑豆钾素积累分配的影响

**2.5.1 钾素在各器官中的积累动态** 随着黑豆生育期的进行,各器官的钾素百分含量变化见图 4。由图可以看出,开花期茎秆是钾素的主要积累器官。之后,荚皮含钾量上升成为钾素积累的主要器官,但到鼓粒后期钾素的积累下降,籽粒成为全株含钾量最高的器官。钾素不是有机物质的组成成分,且移动性较大,因此各器官中钾百分含量时高时低;但整个生育期内植株钾素百分含量的变化比较平稳。施用氮肥对各时期各器官钾素的百分含量影响不大,只存在略微差别。

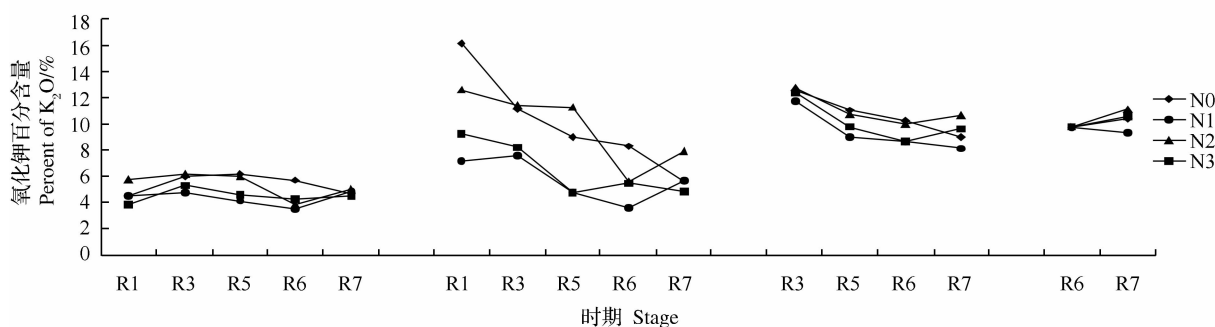


图4 黑豆各器官钾素百分含量动态

Fig. 4 Trends of  $k_2O$  percent in the different organs of black soybean

对钾素百分含量作方差分析结果,N1 和 N3 氮肥处理均与 N0 氮肥处理的差异极显著。

**2.5.2 钾素在各器官中的分配** 营养生长时,茎及叶柄是钾素的分配重点;进入生殖生长后,生殖器官是钾素的主要分配器官;在始荚期和始粒期,荚皮是钾素的主要分配器官,而鼓粒期以后,籽粒成为钾素的主要

分配器官。各处理之间比较表明,施氮处理有助于钾素向籽粒中分配,而茎秆中的钾素分配率下降。

## 3 结论与讨论

作物体内的养分状况是作物生长发育的基础,豆科是需肥种类多,需肥量大的作物。其中以

氮、磷、钾的吸收量最多。氮是黑豆生长发育和产量形成的主要元素,随着黑豆产量的提高,对氮素的吸收量也增加。施氮肥是提高黑豆产量及品质的有效途径。分析尿素的不同施用量对黑豆干物质积累、产量以及 N、P、K 吸收分配规律,结果表明:花期施氮肥对黑豆的干物质积累有增加的趋势,各处理的干物质积累量均在鼓粒期达到最大值,其中以施用 N<sub>2</sub> 氮肥处理的值最高,比 N<sub>0</sub> 处理高 24.34%;N<sub>3</sub> 和 N<sub>1</sub> 氮肥处理分别比 N<sub>0</sub> 处理高 17.42%、8.64%。氮肥能促进植株干物质积累及其向荚、粒中的分配,提高植株的干物重以及产量。花期施纯氮量为 45 kg·hm<sup>-2</sup> 时产量最高,达 3584.67 kg·hm<sup>-2</sup>。后施氮量再增加,产量有所下降。对黑豆氮、磷、钾分配方面的结果与章建新<sup>[17]</sup> 等的试验结果基本一致。氮肥用量在 45 kg·hm<sup>-2</sup> 最佳,氮素积累均明显高于对照。施氮处理还有助于氮素向籽粒中分配,而对照茎秆和荚皮的氮素分配率较高。施氮肥能显著促进磷素的积累,其中 N<sub>2</sub> 氮肥处理磷素的积累增加最大。施用氮肥对钾素的百分含量的影响不大,只存在略微差别,高氮条件下,籽粒的钾素分配率较高,而茎秆和荚皮的钾的分配率较低。

## 参考文献

- [1] 洪池. 中华名贵豆-药黑豆[J]. 农村科技开发,1995,25(4):31. (Hong C. Chinese luxury beans-Medicine black soybean [J]. Science and Technology Development in Rural Areas, 1995, 25(4):31.)
- [2] 覃初贤. 桂西黑大豆资源主要性状观察和品质分析[J]. 广西农业科学,1995,(4):158-160. (Tan C X. Guangxi black soybean resources main characters observe and quality analysis[J]. Guangxi Agricultural Science, 1995(4):158-160.)
- [3] 孙曦. 植物营养原理[M]. 北京:中国农业出版社,1997:51-68. (Sun X. Plant nutrition principle [M]. Beijing: Agriculture Press, 1997:51-68.)
- [4] 董钻. 大豆产量生理[M]. 北京:中国农业出版社,2000:101-109. (Dong Z. Soybean yield physiology [M]. Beijing: Agriculture Press, 2000:101-109.)
- [5] Rebeke G J, Buort J W. Phenotypic contention of root trait in soybean and applicability to plant breeding[J]. Crop Science, 1996, 36(2):456-459.
- [6] 丁洪,郭庆元. 氮肥对不同品种大豆氮积累和产量品质的影响[J]. 土壤通报,1995,26(1):18-21. (Ding H, Guo Q Y. Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen distribution, yield and quality of different cultivar soybean [J]. Soil Bulletin, 1995, 26(1):18-21.)
- [7] 何建国,严华,贾金川,等. 不同氮肥管理对大豆生长及产量的影响[J]. 大豆通报,1999,5(1):11. (He J G, Yan H, Jia J C. Effect of different nitrogen consumption on soybean development and yield [J]. Soybean Bulletin, 1999, 5(1):11.)
- [8] 马春梅,唐远征,龚振平,等. 不同施氮量对大豆吸收化肥氮效率的影响[J]. 大豆科学,2005,24(1):34-37. (Ma C M, Tang Y Z, Gong Z P, et al. The influence on different nitrogen levels to the nitrogen absorption rate in soybean [J]. Soybean Science, 2005, 24(1):34-37.)
- [9] 朱长甫,苗以农,刘学军,等. 野生大豆 (*Glycine soja*) 酰脲含量与根瘤固氮活力的关系[J]. 植物生理学报,1995. 21(3):307-312. (Zhu C F, Miao Y N, Liu X J, et al. Then relationship between the ureide contents and nodule nitrogen fixation activities in wild soybean (*Glycine soja*) lines [J]. Acta Phytophysiological Sinica, 1995, 21(3):307-312.)
- [10] 徐本生,籍玉尘,杨建堂. 夏大豆的干物质积累和氮磷钾吸收分配动态的研究[J]. 大豆科学,1989,8(1):47-53. (Xu B S, Ji Y C, Yang J T. Studies on the rules of dry matter accumulation and the absorption distribution of nitrogen, phosphorous and potassium for summer soybean [J]. Soybean Science, 1989, 8(1):47-53.)
- [11] 董钻,谢甫绶. 大豆氮磷钾吸收动态及模式研究[J]. 作物学报,1996,22(1):89-95. (Dong Z, Xie F T. Studies on dynamics and models of N, P, K absorption in soybeans [J]. Acta Agronomica Sinica, 1996, 22(1):89-95.)
- [12] 蒋工颖,董钻. 大豆养分吸收动态及施肥效果的研究[J]. 作物学报,1989,15(2):167-173. (Jiang G Y, Dong Z. Studies on the trends of nutrient uptake and effect of fertilizer application on soybean [J]. Acta Agronomica Sinica, 1989, 15(2):167-173.)
- [13] 史占忠. 大豆植株全氮磷钾含量变化分析[J]. 大豆科学,1989,4(3):369-373. (Shi Z Z. The variation of content of total nitrogen, phosphorous and potassium in soybean plants [J]. Soybean Science, 1989, 4(3):369-373.)
- [14] 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. (Bi Y L. Study on accumulation of dry matter and absorption and distribution of nitrogen, phosphorous and potassium in soybean [J]. Soybean Science, 1999, 18(4):331-335.)
- [15] 赵玉臣,严红. 大豆吸收氮磷钾的营养规律及其产量、品质效应研究[J]. 土壤通报,1989,20(1):34-36. (Zhao Y C, Yan H. Studies on nutrition law of the absorption of nitrogen, phosphorous and potassium and the response of the yield and quality in soybean. [J]. Chinese Journal of Soil Science, 1989, 20(1):34-36.)
- [16] 吴魁斌,戴建军. 不同施氮水平对大豆产量及氮肥利用率的影响[J]. 东北农业大学学报,1999,30(4):339-341. (Wu K B, Dai J J. Study on the influence of <sup>15</sup>N-ureate on the yield and fertilizer utilization efficiency of soybean [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 1999, 30(4):339-341.)
- [17] 章建新,倪丽,翟云龙. 施氮对高产春大豆氮素吸收分配的影响[J]. 大豆科学,2005,24(1):38-42. (Zhang J X, Ni L, Zhai Y L. Effect on nitrogen fertilizer application to the absorption and distribution of nitrogen in spring soybean [J]. Soybean Science, 2005, 24(1):38-42.)