

利用¹⁵N标记确定氮素营养水平对大豆籽粒氮素构成的影响

董守坤,刘丽君,张冰,马春梅,龚振平,祖伟

(东北农业大学农学院,黑龙江哈尔滨150030)

摘要:以东农47为试材,采用¹⁵N标记的(NH₄)₂SO₄为氮源,利用砂培方式研究了氮素营养水平对大豆籽粒氮素构成和产量的影响。结果表明:随外源氮水平增加,大豆产量呈先增加后降低的变化趋势,营养液中氮为50 mg·L⁻¹时产量最高;前期高氮后期低氮处理时,随高氮处理的时间延长产量降低;于R4或R5期提高外源氮水平可以增加大豆产量。对大豆产量与籽粒中肥料氮所占比例、大豆产量与根瘤固氮所占比例分别作回归分析,经求导分析得出大豆籽粒中外源氮所占比例为39.1%、根瘤固氮所占比例为61.5%时大豆产量最高。由此推断,当外源氮对籽粒的贡献率为40%左右、根瘤固氮贡献率为60%左右时,能够同时满足大豆对根瘤固氮和外源氮的需求,有利于大豆产量的提高。

关键词:大豆;外源氮;¹⁵N标记;根瘤固氮;产量

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2011)01-0092-04

Effects of Nitrogen Nutrition Levels on Nitrogenous Constitution of Soybean Seeds by ¹⁵N Labeling

DONG Shou-kun, LIU Li-jun, ZHANG Bing, MA Chun-mei, GONG Zhen-ping, ZU Wei

(College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China)

Abstract: Labeled ¹⁵N ammonium sulfate was used as nitrogen source to study the effects of nitrogen nutrition levels on soybean (cultivar Dongnong 47) nitrogenous constitution and yields by sand culture. The results were shown as following: the crop yield increased at first and decreased later as the exogenous-N level heightened. When the nitrogen concentration was 50 mg·L⁻¹, crop yield was the highest. Heightened exogenous nitrogen level between R4 and R5 could increase yield of soybean. The regression between yield and proportion of fertilizer-N in seed, yield and proportion of nodulation-N were analyzed. The result of derivation analysis showed that highest yield could be obtained when the proportion of soil-N and nodulation-N was 39.1% and 61.5%, respectively. We could deduce that when the contribution rate of exogenous nitrogen and nodulation-N was about 40% and 60% in seeds, respectively, these would satisfy the requirement of soybean seeds and benefit soybean yield formation.

Key words: Soybean; Exogenous-N; ¹⁵N labeling; Nodulation-N; Yield

氮是所有生命必需的基本营养元素,它对作物生长及作物体内含氮化合物有十分重要的影响^[1]。大豆氮素营养有2个来源:一是来自土壤和肥料中的外源氮,二是来自根瘤菌的共生固氮。二者互相联系,又互相制约。在苗期,大豆根瘤的数量少而小,植株尚不能或很少利用根瘤菌共生固氮供给的氮素,吸收土壤氮显得十分重要,特别对缺氮的土壤施少量氮肥做种肥是必要的;开花后以共生固氮为主,共生固氮作用仅能满足高产大豆所需氮素的50%~67%,施用氮肥对于大豆高产优质生产是必要的,但若不合理施用氮肥会对根瘤菌活性有抑制

作用,根瘤数减少,固氮率降低,增加大豆生产成本,而达不到预期的增产目的。

姚玉波等研究发现,高氮促进肥料氮的吸收,而抑制根瘤固氮^[2],深施¹⁵N标记的石灰氮能够提高大豆植株的生长及根瘤的固氮活性^[3],施氮可以增加大豆对土壤氮的吸收,激发率为1.369~1.778^[4],所有这些研究都表明,氮肥的施用和根瘤固氮对于高产都是必要的条件,合理的施用氮肥能明显改善大豆的氮素营养状况,有利于氮素的积累和产量的提高。

为了研究不同氮源在大豆籽粒中的构成情况,

收稿日期:2010-08-16

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2007BAD89B05);黑龙江省科技攻关资助项目(GA09B103,GA09B104);东北农业大学科技人才启动基金资助项目(2009RC57)。

第一作者简介:董守坤(1978-),男,博士,研究方向为大豆氮代谢及保护性耕作。E-mail:dongshoukun@yahoo.com.cn。

通讯作者:龚振平(1966-),男,教授,博士生导师,主要从事作物栽培学与耕作学研究。E-mail:gzyx2004@163.com。

该试验利用同位素¹⁵N 示踪技术,采用砂培方法,研究氮素水平对大豆籽粒氮素构成和产量的影响,以期为合理施用氮肥提供理论指导与依据。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验于 2007 年在东北农业大学进行。采用砂培方法,桶直径 30 cm、高 28 cm,桶底钻 1 cm 直径孔,装江砂 20 kg,装桶前将江砂洗净,置于玻璃防雨棚内。供试大豆(*Glycine max*)品种为东农 47。在大豆 2 片复叶时接种根瘤菌,方法是取上年冷冻保存的大豆根瘤,研碎后加入到营养液中,每升营养液中约含 5 g 根瘤菌,连续淋浇 5 d。

为研究基础肥力、种肥、追肥对籽粒氮素构成和产量的影响,试验共设 9 个处理,具体设置如下:为了研究基础肥力的作用,设全生育期营养液氮浓度分别为 20、50、100、150 mg · L⁻¹ (分别表示为 N20、N50、N100、N150)4 个处理;为研究种肥施氮的作用,设 V3 期以前营养液中 N 浓度 150 mg · L⁻¹, V3 期以后变为 20 mg · L⁻¹ (N150-V3-20)、R1 期以前营养液中 N 浓度 150 mg · L⁻¹, R1 期以后变为 20 mg · L⁻¹ (N150-R1-20)、R2 期以前营养液中 N 浓度 150 mg · L⁻¹, R2 期以后变为 20 mg · L⁻¹ (N150-R2-20)3 个处理;为研究追施氮肥的作用,设 R4 期以前营养液中 N 浓度 20 mg · L⁻¹, R4 期以后变为 150 mg · L⁻¹ (N20-R4-150)和 R5 期以前营养液中 N 浓度 20 mg · L⁻¹, R5 期以后变为 150 mg · L⁻¹ (N20-R5-150)2 个处理,共计 9 个处理,每处理种 30 盆。以¹⁵N 标记 (NH₄)₂SO₄ (购于上海化工研究院,¹⁵N 丰度为 10.2%)作为氮源。营养液中除氮素外其它成分采用 Hoagland 营养液配制(表 1)。

5 月 14 日播种,播种至出苗(VE 期)前每日淋浇 1 次自来水,每次 500 mL。从出苗开始每日淋浇 1 次配制的营养液,每次 500 mL;初花期(R1)以后每日淋浇 2 次,每次 500 mL;为防止砂培中盐分积累,每隔 3 d 用清水淋洗 1 次。

1.2 测定项目与方法

籽粒氮素含量测定^[4]:采用凯氏定氮法。有机物中的氮在强热和 CuSO₄、K₂SO₄、浓 H₂SO₄ 作用下,消化生成(NH₄)₂SO₄,在凯氏定氮器中与碱作用,经蒸馏释放出的 NH₃ 收集于 H₃BO₃ 溶液中,再用已知浓度的 HCl 标准溶液滴定,根据 HCl 消耗的量计算出氮的含量。

¹⁵N 丰度测定^[5]:采用 MAT2251 型质谱仪测定。样品首先经凯氏法消化,测定液在微酸性条件下浓缩,然后在高真空条件下用质谱仪进行测定。自然界¹⁵N 丰度(%)为 0.336%。

$$\text{籽粒中肥料氮}(\%) = [\text{测定样品}^{15}\text{N 丰度}(\%) - \text{自然界}^{15}\text{N 丰度}(\%)] / 10.2$$

$$\text{籽粒中根瘤固氮}(\%) = 100 - \text{籽粒中肥料氮}(\%)$$

表 1 砂培营养液其它成分浓度

Table 1 Concentration of other nutrient components in sand liquid culture

无机盐	浓度	无机盐	浓度
Inorganic salts	Concentration	Inorganic salts	Concentration
	/mg · L ⁻¹		/mg · L ⁻¹
KH ₂ PO ₄	136.00	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.22
MgSO ₄	240.00	MnCl ₂ · 4H ₂ O	4.90
CaCl ₂	220.00	H ₃ BO ₃	2.86
Na ₂ MoO ₄ · H ₂ O	0.03	Fe-EDTA *	
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.08		

* 将 5.57 g FeSO₄ · 7H₂O 和 7.45 g Na₂EDTA 分别溶解定容至 1 L 制成储备液,使用时每升营养液加 1 mL 储备液。

The solution which contain 5.57 g FeSO₄ · 7H₂O and 7.45 g Na₂EDTA per litre, were respectively added into nutrient medium as the rate of 1:1000 when using.

1.3 数据分析

采用 SPSS 16.0 和 Excel 2003 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 氮素水平对大豆籽粒氮素构成的影响

从表 2、图 1 和图 2 可以看出,在一定的氮素水平下,大豆产量随籽粒中外源氮和根瘤氮的比例增加而增加,上升到一定水平后又开始下降。大豆籽粒中外源氮比例与产量、根瘤氮比例与产量的回归方程分别为 $y = -0.017x^2 + 1.329x + 25.294$ 、 $y = -0.017x^2 + 2.091x - 12.828$,经 *F* 测验 2 个二次相回归均极显著($P < 0.01$),分别对 2 个回归方程求得,当籽粒中外源氮比例为 39.1%、根瘤氮比例为 61.5%时产量最大,表明仅靠外源氮或根瘤固氮均不能获得最高的产量,在砂培条件下,当外源氮对籽粒的贡献率为 40%左右、根瘤氮为 60%左右时对大豆产量形成最有利。这表明过高或过低的氮素水平都不利于大豆产量的形成,大豆产量的形成需要根瘤固氮和外源氮协同作用。

表 2 砂培条件下大豆籽粒中氮素来源

Table 2 Nitrogen source of seeds-N of soybean under sand culture condition

处理 Treatments	籽粒重 Seeds weight /g · pot ⁻¹	肥料氮 Fertilizer-N /%	根瘤氮 Nodulation-N /%
N20	47.9	18.5	81.5
N50	54.1	31.0	69.0
N100	38.9	65.4	34.6
N150	22.7	78.1	21.9
N150-V ₃ -20	47.6	20.1	79.9
N150-R ₁ -20	41.4	26.3	73.7
N150-R ₂ -20	37.7	38.1	61.9
N20-R ₄ -150	53.2	49.8	50.2
N20-R ₅ -150	56.6	51.3	48.7

2.2 氮素水平对大豆产量的影响

从图 3 看出,不同氮素水平对产量影响较大。N50、N20-R4-150、N20-R5-150 产量最高, N20、N150-V3-20 产量次之, N100、N150-R1-20 和 N150-R2-20 较低, N150 处理产量最低。在生育前期保持较高氮素水平, 分别在第 3 片复叶完全展开时 (V3)、初花期 (R1)、盛花期 (R2) 以后降到较低的氮素水平时, 随高氮处理的时间延长, 产量降低。该试验结果表明, 在盛荚期 (R4) 或鼓粒初期 (R5) 提高外源氮水平, 大豆产量显著提高, 这与李永孝^[6]认为在结荚末期追施氮肥能显著提高大豆产量的结果相似。甘银波等研究认为, 高氮条件下抑制了根瘤的生长, 降低了生物固氮能力^[7], 进入鼓粒初期 (R5) 后, 施氮对大豆根瘤固氮的抑制作用已不明显^[8]。该试验表明, 过低的氮素水平不能满足大豆植株对氮的需求, 而过高的氮水平条件下根瘤固氮量较低, 对大豆产量形成不利。

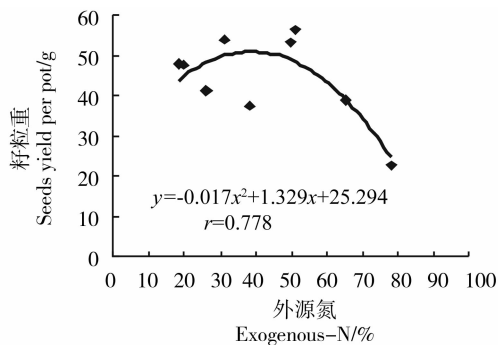


图 1 大豆籽粒中肥料氮比例与产量关系

Fig. 1 Correlation between exogenous - N in seed and yield

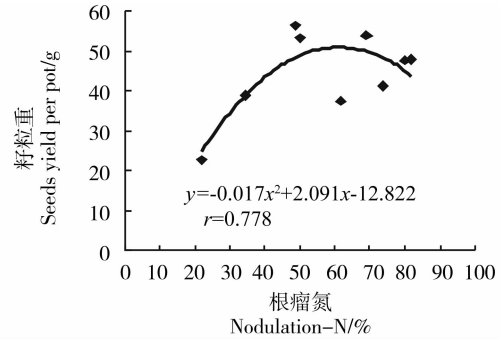


图 2 大豆籽粒中根瘤氮比例与产量关系

Fig. 2 Correlation between nodulation - N in seed and yield

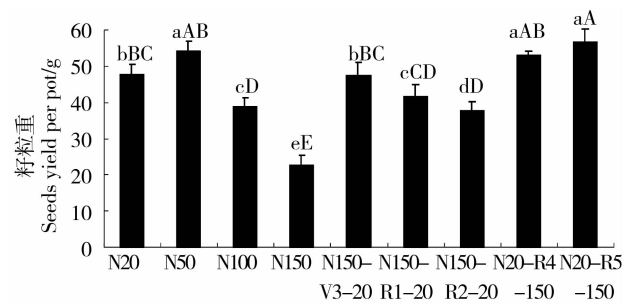


图 3 不同施氮处理的大豆产量

Fig. 3 Yield of soybean under different nitrogen treatment

3 讨论

施用氮肥可以促进植株生长, 提高大豆产量^[9-10], 沈润平等研究发现, 施用一定量氮肥有利于大豆根瘤的形成和固氮, 但施氮量过大则对结瘤有抑制作用^[11], 其轻、重和时间长短与施肥量有关^[4]。该试验在砂培条件下营养液中氮素浓度很低时, 由于氮素供应不足不能满足大豆对氮素的需求, 产量较低, 这表明单靠根瘤共生固氮并不能满足大豆对氮的需求, 根瘤形成之初及其自身建成时期, 根瘤向大豆植株供的氮很少, 为了营养体生长旺盛, 茎叶繁茂, 也需施用氮肥, 由于肥料中化合态氮时常对根瘤的固氮作用产生抑制, 所以要获得高产必须综合考虑氮肥的合理施用, 使其既有利于固氮也有利于氮肥作用的充分发挥。所以, 必须同时满足大豆一生中根瘤固氮和土壤 (肥料) 氮的需求才能获得较高的籽粒产量, 因为通过氮肥完全取代根瘤固氮并不能获得理想的产量, 该试验通过砂培方法得出东农 47 当外源氮对籽粒的贡献率为 40% 左右、根瘤固氮贡献率为 60% 左右时, 能够同时满足大豆对根瘤固氮和外源氮的需求, 有利于大豆产量的形成。因此, 协调大豆对共生固氮和外源

氮的最大需求,是提高大豆籽粒产量的关键所在。

参考文献

- [1] 黄建国. 植物营养学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004. 106-107. (Huang J G. Plant Nutrition [M]. Beijing: China Forestry Press, 2004, 106-107.)
- [2] 姚玉波, 马春梅, 张磊, 等. 施氮水平对大豆吸收利用氮素及产量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(4): 6-10. (Yao Y B, Ma C M, Zhang L, et al. Effect of nitrogen levels on absorption and utilization of nitrogen and yield of soybean [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2009, 40(4): 6-10.)
- [3] Kaushal T, Onda M, Ito S, et al. Effect of deep placement of slow release fertilizer (Lime nitrogen) applied at different rates on growth, N₂ fixation and yield of soybean[J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 2006, 192(6): 417-426.
- [4] 侯立白, 李奇真, 孙克用. 应用¹⁵N 示踪法对大豆不同来源氮素吸收与利用的研究[J]. 作物学报, 1985, 15(3): 181-189. (Hou L B, Li Q Z, Sun K Y. Studies on the absorption and utilization of different nitrogen sources by soybean by means of ¹⁵N isotope tracer [J]. Acta Agronomica Sinica, 1985, 15(3): 181-189.)
- [5] 金喜军, 马春梅, 龚振平, 等. 大豆鼓粒期对肥料氮吸收与分配研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(2): 395-399. (Jin X J, Ma C M, Gong G P et al. Study on fertilizer-N absorption and distribution of soybean (*Glycine max* L. Merr.) during the seed-filling period [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2010, 16(2): 395-399.)
- [6] 李永孝, 李佩珽. 底肥量追肥期对夏大豆产量性状的影响[J]. 大豆科学, 1995, 14(2): 119-125. (Li Y X, Li P T. Effects of amount of base fertilizer and stage of top dressing on yield characters in summer soybean [J]. Soybean Science, 1995, 14(2): 119-125.)
- [7] 甘银波, 陈静, Ineke Stulen. 大豆不同生长阶段施用氮肥对生长、结瘤及产量的影响[J]. 大豆科学, 1997, 16(2): 125-130. (Gan Y B, Chen J, Ineke S. Effects of N application at different growth stages on growth nodulation and yield of soybeans [J]. Soybean Science, 1997, 16(2): 125-130.)
- [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] Boroombandan P, Khoramivafa M, Haghi Y, et al. The effects of nitrogen starter fertilizer and plant density on yield, yield components and oil and protein content of soybean (*Glycine max* L. Merr) [J]. Pakistan Journal of Biological Science, 2009, 12(4): 378, 382.
- [10] Osborne S L, Riedell W E. Starter nitrogen fertilizer impact on soybean yield and quality in the northern great plains [J]. Agronomy Journal, 2006, 98: 1569-1574.
- [11] 沈润平, 王中孚, 郭进耀, 等. 氮磷钾营养对春大豆产量品质效应的研究[J]. 江西农业大学学报, 1998, 20(1): 51-55. (Sen R P, Wang Z F, Guo J Y, et al. Studies of the effect of NPK nutrients on the yield and quality of spring soybean [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 1998, 20(1): 51-55.)

欢迎订阅 2011 年《大豆科学》

《大豆科学》是由黑龙江省农业科学院主管主办的大豆专业领域学术性期刊,也是被国内外多家重要数据库和文摘收录源收录的重点核心期刊。主要刊登有关大豆遗传育种、品种资源、生理生态、耕作栽培、植物保护、营养肥料、生物技术、食品加工、药用功能及工业用途等方面的学术论文、科研报告、研究简报、国内外研究述评、学术活动简讯和新品种介绍等。

《大豆科学》主要面向从事大豆科学研究的科技工作者,大专院校师生、各级农业技术推广部门的技术人员及科技种田的农民。

国内外公开发售,双月刊,16开本,每期180页。国内每期订价:10.00元,全年60.00元,邮发代号:14—95。国外每期订价:10.00美元(包括邮资),全年60美元。国外由中国国际图书贸易总公司发行,北京399信箱。国外代号:Q5587。另外,编辑部现有少量2007~2010年精装合订本,每册100.00元(含邮费),欲购从速。

本刊热忱欢迎广大科研及有关企事业单位刊登广告,广告经营许可证号:2301030000004。

地址:哈尔滨市南岗区学府路368号《大豆科学》编辑部。

邮编:150086

电话:0451-86668735

网址:www.haasep.cn

E-mail:dadoukx@sina.com ddkexue@126.com