

利用¹⁵N标记研究大豆叶面氮素的吸收与分配

李灿东, 刘秀芝, 郭泰, 王志新, 郑伟, 张振宇, 郭美玲, 李于

(黑龙江省农业科学院 佳木斯分院, 黑龙江 佳木斯 154007)

摘要:为研究大豆叶面氮素吸收与分配规律,以黑龙江省三江平原大豆主栽品种合丰48为试验材料,采用¹⁵N示踪法在大豆R5期进行叶面施氮,研究大豆不同器官对氮素吸收与分配情况。结果表明:不同施氮处理条件下,以4.5 kg·hm⁻²(N3)处理大豆各器官干物质量及氮素积累量显著高于其它处理,其中籽粒干物重23.2 g,总干物重73.9 g,分别较不施氮处理(N0)高7.91%和14.93%;籽粒氮素单株积累量为137.2 g,较不施氮处理(N0)高13.11%。同一施氮水平下,大豆不同器官¹⁵N积累量为籽粒>茎>叶>荚皮>叶柄>根,差异达到显著水平。不同施氮处理下,各器官¹⁵N积累量随着施氮量的增加而增加,在4.5 kg·hm⁻²(N3)条件下最高,籽粒单株积累量为8.32 mg。¹⁵N在各器官的分配比例与积累量总体趋势一致,不同施氮量间无明显相关性。

关键词:大豆;叶面;¹⁵N示踪;氮素利用率

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

DOI:10.11861/j.issn.1000-9841.2015.02.0277

Fertilizer - N Uptake and Distribution in Soybean Using ¹⁵N Tracer Technique

LI Can-dong, LIU Xiu-zhi, GUO Tai, WANG Zhi-xin, ZHENG Wei, ZHANG Zhen-yu, GUO Mei-ling, LI Yu

(Jiamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi 154007, China)

Abstract: In order to research the effects of nitrogen uptake and distribution in soybean, by using soybean cultivar Hefeng 48 as test material and taking ¹⁵N tracer method for leaves nitrogen application in R5 to study the nitrogen uptake and distribution of different soybean organs. The results showed that there were no significant increments in dry weight and nitrogen accumulation if the nitrogen application rates were more than 4.5 kg·ha⁻¹(N3). The seeds dry weight was 23.2 g and the total dry weight was 73.9 g and higher than the no nitrogen application by 7.91% and 14.93%. The seeds nitrogen accumulation was 137.2 g per plant and higher than the no nitrogen application by 13.11%. Different organs ¹⁵N accumulation were seeds > leaf > pod > petiole > root under the same nitrogen application rate and had significance level. The ¹⁵N accumulation increased with the increasing of different nitrogen application and had the highest seeds with 8.32 mg per plant in 4.5 kg·ha⁻¹(N3). The overall trend of ¹⁵N accumulation and distribution ratio were accordance and on significant correlation with different nitrogen application.

Keywords: Soybean; Leaf; ¹⁵N tracer; N utilization rate

大豆是需氮量较多的作物之一,氮在大豆的生长发育和产量形成过程中有着非常重要的作用。大豆可以通过土壤氮、肥料氮和根瘤共生固氮三方面来满足其对氮素的需求,三者既相互关联又相互制约^[1]。氮素供应的充足与否往往成为限制作物产量形成的主导因子^[2]。董钻研究表明,氮的供应量与大豆干物质的积累有密切的联系,在较高的氮素水平供应条件下,能够获得高产^[3]。

在农业生产中,施用氮肥是提高大豆产量的重要手段,大豆叶面施氮是重要施氮手段之一,尤其是在大豆生育后期,随着根瘤固氮能力减弱,适当追施氮肥可弥补氮素不足,促进大豆产量形成^[4-5]。姚文秋等^[6]利用叶面喷施氮磷钾混合肥对大豆产量和品质进行研究,结果表明大豆蛋白质含量随施肥量增加而增加。赵开兵等^[7]认为大豆生长后期

喷施尿素叶面肥可不同程度增加株高,降低结荚高度,增加单株荚数和百粒重。张勇^[8]对大豆丰收24进行叶面喷施氮肥试验,结果表明产量、蛋白质含量有明显增加,氮脂总量变化小,脂肪含量呈下降趋势。曹娟华等^[9]通过不同施肥方式对大豆产量的影响进行研究,结果表明减少底肥施用量,增加叶面肥喷施频率可以实现大豆增产,株高增加,改善大豆品质。本研究利用¹⁵N标记示踪方法,在大豆生育期R5期进行叶面施氮,分析不同施氮量条件下叶面氮素的吸收、分配及利用情况,为大豆叶面氮肥的合理施用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

以黑龙江省三江平原大豆主栽品种合丰48为

收稿日期:2014-05-10

基金项目:黑龙江省青年科学基金(QC2012C121)。

第一作者简介:李灿东(1984-),男,博士,助理研究员,主要从事大豆遗传育种与栽培技术研究工作。E-mail:licandong_2008@126.com。

通讯作者:郭泰(1963-),男,研究员,主要从事大豆遗传育种与栽培技术研究工作。E-mail:guotaidadou@163.com。

试验材料。以 20.17% 丰度的¹⁵N 尿素水溶液为叶面肥料。土壤理化性质为有机质含量 83 g·kg⁻¹, 全氮 328 g·kg⁻¹, 全磷 204 g·kg⁻¹, 全钾 179 g·kg⁻¹, 碱解氮 0.24 mg·kg⁻¹, 速效磷 0.13 mg·kg⁻¹, 速效钾 0.52 mg·kg⁻¹, pH6.5。

1.2 试验设计

试验采用桶栽方法在黑龙江省农业科学院佳木斯分院进行,每桶用土 12 kg,基肥按生产用量(磷酸二铵:硫酸钾:尿素=3:1:1)一次性施入,每桶 100 g。2013 年 5 月 20 日播种,定苗 3 株。在 R5 期叶面施氮,设 4 个施氮量处理(表 1),分别为 3.5 (N1),4.0(N2),4.5(N3)和 5.0(N4) kg·hm⁻² 尿素用量,每处理 3 次重复,以不施氮(N0)处理为对照。

表 1 叶面肥水溶液氮素用量

Table 1 Nitrogen dosage of leaf fertilizer aqueous solution (kg·hm⁻²)

处理 Treatment	氮用量 N dosage	尿素用量 (NH ₂) ₂ CO dosage
N0	0	0
N1	1.63	3.5
N2	1.87	4.0
N3	2.10	4.5
N4	2.33	5.0

1.3 测定项目与方法

于大豆 R7 期,用纱网袋将桶栽罩住收集残叶,R8 期将叶(连同脱落残叶)、叶柄、荚皮、茎、根和籽粒分开收获并分装,用烘箱 105℃ 杀青 30 min,85℃ 烘至恒重,称量测得各器官干物质量、全氮含量及肥料氮含量。

采用凯氏定氮法测定植株各器官全氮,以

表 2 不同施氮处理下大豆单株不同器官干物质量

Table 2 Dry matter of different plant parts of soybean under different N levels (X±SD,g·plant⁻¹)

处理 Treatment	籽粒 Seed	茎 Stem	叶 Leaf	叶柄 Petiole	荚皮 Pod wall	根 Root	总量 Total
N0	21.5±0.12 b	18.3±0.17 b	5.6±0.42 b	3.2±0.03 b	3.3±0.02 b	12.4±0.02 b	64.3±3.21 b
N1	21.9±0.03 b	18.7±0.11 b	6.2±0.10 ab	3.7±0.02 b	3.6±0.02 ab	12.7±0.10 b	66.8±2.32 b
N2	22.5±0.12 ab	19.5±0.09 ab	6.6±0.09 a	4.4±0.13 ab	3.9±0.10 a	13.4±0.02 ab	70.3±3.21 ab
N3	23.2±0.20 a	20.3±0.15 a	6.8±0.01 a	4.9±0.04 a	4.2±0.04 a	14.5±0.01 a	73.9a±3.44 a
N4	22.2±0.14 ab	19.1±0.11 b	5.7±0.10 b	4.6±0.07 ab	3.8±0.01 a	13.1±0.20 ab	68.5±4.19 ab

N0~N4 处理水平见表 1;同列数据以小写字母代表置信区间 P<0.05 内差异显著性,下同。

N0-N4 treatment level are in table 1; different lowercase letters in the same column mean significantly different treatments at P<0.05 level. The same below.

2.2 大豆不同器官氮素分配

由表 3 可以看出,不同施氮处理下,大豆植株各器官氮素积累量基本分配规律为籽粒>茎>根>

CuSO₄ 和 K₂SO₄ 为催化剂,用浓 H₂SO₄ 硝化生成 (NH₄)₂SO₄ 与碱作用,蒸馏释放 NH₃ 气收集于 H₃BO₃ 溶液中用 HCl 滴定。¹⁵N 丰度采用 MAT271 型质谱仪检测。

各指标涉及的计算公式如下:

¹⁵N 原子百分超 = 样品或¹⁵N 标记肥料的¹⁵N 丰度 - ¹⁵N 天然丰度;

Ndff(The percentage of N driven from ¹⁵N fertilizer) = 样品的¹⁵N 原子百分超/标记肥料的¹⁵N 原子百分超 × 100%;

氮素积累量 = 干物质量 × 氮素含量;

肥料氮积累量 = 氮素积累量 × (测定样品¹⁵N 丰度 - 自然界中¹⁵N 天然丰度)/肥料¹⁵N 丰度;

植株某一器官¹⁵N 积累量 = 该组织或器官的全氮 × 该组织或器官的 Ndff;

植株氮素利用率 = 植株 Ndff × 植株吸氮量/施氮量 × 100%。

1.4 数据分析

利用 DPS 7.05 数据处理软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 大豆不同器官干物质分配

由表 2 可以看出,不同施氮处理下,大豆植株各器官干物质量基本分配规律为籽粒>茎>根>叶>叶柄>荚皮,其中籽粒干物重占全株干物重的 31.4%~33.4%,为主要部分。各施氮处理不同器官干物质积累量均高于不施氮处理(N0),随着施氮量的不断增加呈先增加后降低的变化趋势,在 4.5 kg·hm⁻²(N3)处理达到最高,经方差分析显著高于对照处理,其中籽粒干物重达到为 23.2 g。

叶>荚皮>叶柄,其中籽粒氮素积累量占全株氮素积累量的 46.3%~47.3%,为主要部分。不同于干物质积累量分配规律的是荚皮大于叶柄,主要原因

是荚皮氮素含量高于叶柄所致。各施氮处理不同器官氮素积累量均高于不施氮处理(N0),随着施氮量的不断增加呈先增加后降低的变化趋势,在 4.5

kg·hm⁻²(N3)处理达到最高,经方差分析显著高于对照处理。其中籽粒氮素单株积累量为 137.2 mg。

表 3 不同施氮处理下大豆单株不同器官氮素积累量

Table 3 N accumulation in different parts of soybean under different N levels ($X \pm SD, \text{mg} \cdot \text{plant}^{-1}$)

处理 Treatment	籽粒 Seed	茎 Stem	叶 Leaf	叶柄 Petiole	荚皮 Pod-skin	根 Root	全株 Plant
N0	121.3 ± 6.44 bc	69.4 ± 4.33 ab	18.9 ± 2.25 b	7.9 ± 0.21 b	12.5 ± 2.42 ab	31.8 ± 3.52 b	261.8 ± 3.70 b
N1	127.5 ± 3.57 b	72.5 ± 3.35 ab	19.5 ± 1.24 ab	8.7 ± 0.24 ab	12.8 ± 1.48 ab	32.7 ± 2.25 ab	273.7 ± 6.48 ab
N2	132.8 ± 6.33 ab	74.3 ± 1.33 a	19.8 ± 1.24 a	9.6 ± 1.23 a	13.2 ± 2.32 a	33.2 ± 1.01 a	282.9 ± 4.54 a
N3	137.2 ± 3.45 a	76.4 ± 3.35 a	20.2 ± 2.23 a	9.8 ± 0.72 a	13.5 ± 0.84 a	33.5 ± 3.31 a	290.6 ± 2.73 a
N4	135.5 ± 5.71 ab	75.3 ± 2.73 a	19.9 ± 1.12 a	9.7 ± 1.26 a	13.2 ± 3.42 a	33.1 ± 1.72 a	286.7 ± 8.58 a

2.3 大豆不同器官¹⁵N 的吸收与分配

由表 4 可以看出,不同施氮处理下,大豆植株各器官¹⁵N 积累量基本分配规律为籽粒 > 茎 > 荚皮 > 叶 > 叶柄 > 根,其中籽粒¹⁵N 积累量为主要部分。随着施氮量的不断增加,各处理不同器官¹⁵N 积累

量呈先增加后降低的变化趋势,在 4.5 kg·hm⁻²(N3)处理达到最高,经方差分析显著高于其它处理。其中单株籽粒¹⁵N 积累量为 8.32 mg,分配率为 56.33% (表 4)。

表 4 不同施氮处理下大豆不同器官¹⁵N 积累量及分配率

Table 4 The ¹⁵N accumulation in different parts of soybean under different N levels ($X \pm SD, \text{mg} \cdot \text{plant}^{-1}, \%$)

处理 Treatment	籽粒 Seed	茎 Stem	叶 Leaf	叶柄 Petiole	荚皮 Pod wall	根 Root
N1	8.08 ± 1.43 b (58.21%)	2.37 ± 0.11 b (17.07%)	1.12 ± 0.05 b (8.07%)	0.76 ± 0.01 b (5.48%)	1.19 ± 0.04 b (8.57%)	0.36 ± 0.01 b (2.59%)
N2	8.24 ± 0.56 ab (57.26%)	2.43 ± 0.02 ab (16.89%)	1.18 ± 0.02 ab (8.20%)	0.89 ± 0.02 ab (6.18%)	1.23 ± 0.11 ab (8.55%)	0.42 ± 0.02 a (2.92%)
N3	8.32 ± 0.61 a (56.33%)	2.58 ± 0.14 a (17.47%)	1.23 ± 0.03 a (8.33%)	0.93 ± 0.03 a (6.30%)	1.26 ± 0.02 a (8.53%)	0.45 ± 0.03 a (3.05%)
N4	8.24 ± 1.62 ab (57.46%)	2.44 ± 0.12 ab (17.02%)	1.16 ± 0.04 ab (8.09%)	0.88 ± 0.03 ab (6.14%)	1.21 ± 0.15 ab (8.44%)	0.41 ± 0.01 a (2.86%)

2.4 大豆¹⁵N 的回收率

由表 5 可以看出,随着施氮量的增加植株氮素利用率反而降低,其中 N1、N2 与 N4 处理间差异达到显著水平。这一结果说明在低施氮量下大豆植

株氮素利用率较高,高施氮量下大豆植株氮素利用率逐渐降低,而过高的施氮量反而会影响大豆植株对氮素的吸收(表 5)。

表 5 不同施氮处理下大豆植株¹⁵N 回收率

Table 5 The ¹⁵N recycle rate of soybean plant under different N levels (%)

处理 Treatment	植株氮素利用率 Utilization coefficient of plant	氮肥回收率 ¹⁵ N recovery rate	总氮损失率 Total N loss rate
N1	79.31 a	79.31 a	20.69 d
N2	71.95 b	71.95 b	28.05 c
N3	65.64 bc	65.64 bc	34.36 b
N4	57.36 c	57.36 c	42.64 a

氮肥回收率 = 植株氮素利用率。

^{15}N recovery rate = ^{15}N use efficient (NUE) by plant.

3 结论与讨论

大豆植株各器官干物质积累量、氮素积累量以及¹⁵N 积累量均随施氮量的增加呈先增加后降低的变化趋势,并于 4.5 kg·hm⁻² (N3) 处理下达到最高值,其中单株籽粒干物重 23.2 g,单株氮素积累量为 137.2 mg,¹⁵N 单株积累量为 8.32 mg,经方差分析显著高于其它处理。因此,4.5 kg·hm⁻²施氮量为合丰 48 最佳叶面施氮量。

在大豆各器官中,籽粒是干物质分配的主要器官,也是直接决定产量的部分。从本研究结果可以发现,随着叶面施氮量的不断增加,籽粒的干物质积累量也不断增加,并且相对应的氮素积累量同时增加。那么,氮素积累量的增加究竟是干物质质量增加的结果还是叶面氮肥施用的作用效果有待于进一步研究^[10-11],而利用¹⁵N 示踪法进行氮素跟踪分析,可以直观说明这一问题^[12-14]。从本研究不同器官¹⁵N 积累量的分配规律可以看出,叶面氮素主要积累在大豆籽粒中,进而提高了籽粒的氮素积累量,而适宜的施氮量是提高籽粒干物质积累量的必然结果。这一研究结论证明了大豆叶面氮肥施用效果的内在因素,为继续探索大豆叶面氮肥的实际应用提供理论依据。

参考文献

- [1] 张静. 叶面肥及其在作物上的应用[J]. 安徽农学通报,2007,13(7):143-144. (Zhang J. The foliar fertilizer and its application in crops[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin,2007,13(7):143-144.)
- [2] 谢甫绶. 大豆生理与遗传改良[M]. 北京:中国农业出版社,2012:1. (Xie P T. Soybean physiological and genetic improvement [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2012:1.)
- [3] 董钻. 大豆产量生理[M]. 北京:中国农业出版社,2000:76. (Dong Z. Soybean yield physiological[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000:76.)
- [4] 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. Effects of yield and quality and nitrogen accumulation on nitrogen fertilizer of different soybean varieties[J]. Chinese Journal of Soil Science, 1995, 26(1):18-21.)
- [5] 刘志全,马淑时. 大豆喷施叶面肥后产量及其性状的比较[J]. 吉林农业科学,1997(2):43-45. (Liu Z Q, Ma S S.

- Comparison of yield and characters after foliar fertilizer on soybean [J]. Jilin Agricultural Sciences, 1997(2): 43-45.)
- [6] 姚文秋,于海杰,胡国华. 叶面喷施氮磷钾混合肥对大豆品质及产量的影响[J]. 种子世界,2004(9):23-24. (Yao W Q, Yu H J, Hu G H, et al. Effects of nitrogen phosphorus potassium mixed spraying foliar fertilizer on the quality and yield of soybean [J]. Seed World, 2004(9): 23-24.)
- [7] 赵开兵,李传军. 叶面肥及生长调节剂对大豆的增产效果[J]. 安徽农学通报,2001,7(4):58-61. (Zhao K B, Li C J. Effect of foliar fertilizer and plant growth regulators on the yield of soybean[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2001, 7(4): 58-61.)
- [8] 张勇. 叶面喷施氮肥对大豆丰收 24 号产量及品质的影响[J]. 农业科技通讯,2008(9):43-44. (Zhang Y. Effects of foliar application of nitrogen yield and quality of Fengshou 24 [J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2008(9): 43-44.)
- [9] 曹娟华,褚国忠. 不同施肥方式对大豆产量的影响[J]. 现代化农业,2011(8):11-12. (Cao J H, Chu G Z. Effects of soybean yield in different fertilization[J]. The modernization of Agriculture, 2011(8): 11-12.)
- [10] 董守坤,龚振平,祖伟. 氮素营养水平对大豆氮素积累及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(1):65-70. (Dong S K, Gong Z P, Zu W. Effects of nitrogen nutrition levels on N-accumulation and yield of soybean[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2010, 16(1): 65-70.)
- [11] 金喜军,马春梅,龚振平,等. 大豆鼓粒期对肥料氮的吸收与分配研究[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(2):395-399. (Jin X J, Ma C M, Gong Z P, et al. Study on fertilizer-N absorption and distribution of soybean during the seed-filling period [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2010, 16(2): 395-399.)
- [12] 金喜军,龚振平,马春梅,等. 大豆植株苗期至结荚初期对肥料氮的吸收与分配[J]. 核农学报,2012,26(5):809-841. (Jin X J, Gong Z P, Ma C M, et al. Fertilizer N absorption and distribution by soybean from seedling to pod beginning[J]. Journal of Nuclear Agricultural Science, 2012, 26(5): 809-841.)
- [13] 董守坤,刘丽君,张冰,等. 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[J]. 大豆科学,2011,30(1):92-95. (Dong S K, Liu L J, Zhang B, et al. Effects of nitrogen nutrition levels on nitrogenous constitution of soybean seeds by ¹⁵N labeling[J]. Soybean Science, 2011, 30(1): 92-95.)
- [14] 邸伟,金喜军,马春梅,等. 施氮水平对大豆氮素积累与产量影响的研究[J]. 核农学报,2010,24(3):612-617. (Di W, Jin X J, Ma C M, et al. Effects of nitrogen application of yield and nitrogen accumulation in soybean[J]. Journal of Nuclear Agricultural Science, 2010, 24(3): 612-617.)