

氮素后移施肥对大豆产量及品质的影响

郭泰¹, 刘秀芝¹, 郑殿峰², 王志新¹, 郑伟¹, 李灿东¹, 张振宇¹, 郭美玲¹

(1. 黑龙江省农业科学院 佳木斯分院, 黑龙江 佳木斯 154007; 2. 黑龙江八一农垦大学 科技处, 黑龙江 大庆 163319)

摘要: 在保持磷钾肥不变的前提下, 控制氮肥总量, 将适量的氮肥用作基肥和种肥, 其余氮肥后移分期施用研究氮肥对大豆产量及品质含量的影响。结果表明: 大豆氮肥后移分期施用增产效果显著, 不同处理间差异达到了极显著水平, 以N6处理(纯N量种肥 $15\text{ kg}\cdot\text{hm}^2$ 、始花期追氮 $30\text{ kg}\cdot\text{hm}^2$ 、始花期喷氮 $7.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^2$ 及鼓粒期喷氮 $7.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^2$)产量最高, 产量为 $3\ 285.71\text{ kg}\cdot\text{hm}^2$ 。大豆始花期追施氮肥的增产作用大于始花期、鼓粒期喷施氮肥, 始花期和鼓粒期分期喷施氮肥增产效果好于始花期一次性喷施。氮肥后移分期施用对大豆的油分与蛋白质含量有较明显的影响。充足的底肥或种肥氮有利于提高大豆油分含量, 而氮肥后移施用明显降低了油分含量, 随着始花期追施氮肥量的增加, 大豆油分含量呈递减趋势; 对大豆的蛋白质含量影响作用与油分正好相反, 氮肥后移分期施用使蛋白质含量显著提高, 幅度为 $0.373\ 3\% \sim 1.323\ 3\%$; 氮肥后移施用对大豆籽粒蛋脂总和的影响与蛋白质的变化趋势一致。

关键词: 氮素后移; 施肥; 大豆; 产量; 品质

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

DOI: 10.11861/j.issn.1000-9841.2015.01.0168

Effects of Delayed Nitrogen Fertilizer Application on Yield and Quality of Soybean

GUO Tai¹, LIU Xiu-zhi¹, ZHENG Dian-feng², WANG Zhi-xin¹, ZHENG Wei¹, LI Can-dong¹, ZHANG Zhen-yu¹, GUO Mei-ling¹

(1. Jiamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi 154007, China; 2. Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: On the premise of the phosphate and potash unchanged, controlling the total nitrogen and with the right amount of nitrogen fertilizer as basic fertilizer and seed manure, the rest of the nitrogen fertilizer were moved backward and split application was conducted to study the effects of nitrogen fertilizer on soybean yield and quality content. The results showed that the effects of yield increased was significantly with the nitrogen fertilizer backward and split application and reached extremely significant level between different treatments. The N6 treatment (pure N quantity of seeding fertilizer $15\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, flowering $30\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ and filling period $7.5\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) has the highest yield with $3\ 285.71\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, followed by treatment 5, 7, 8, 4, 3. The increasing yield of beginning flowering topdressing nitrogen stimulation effect was greater than the initial flowering, drum period of spraying nitrogen. The effect of spraying nitrogen stimulation on beginning flowering and drum installment was better than in the beginning of flowering one-time spraying. The nitrogen fertilizer backward and split application had a significant impact on soybean oil and protein content. Adequate base fertilizers or seed nitrogen was beneficial for improving soybean oil content. The nitrogen fertilizer backward application significantly decreased the content of oil content. With the increasing of topdressing nitrogen on beginning flowering, the soybean oil content showed a decline trend. The protein content had the opposite effect. The nitrogen fertilizer backward and split application increased the protein content significantly by $0.373\ 3\% \sim 1.323\ 3\%$. The soybean total content of oil and protein had accordance changing trends with the protein content.

Keywords: Delayed nitrogen application; Fertilization; Soybean; Yield; Quality

氮素是大豆生长发育和生物与经济产量形成的主要元素之一, 它是构成大豆体内蛋白质的主要成分, 也是细胞质、细胞核、酶的组成成分, 蛋白质中氮含量约占 $16\% \sim 18\%$ 。大豆一生所需氮素来源有三种途径包括自身固氮、土壤氮和肥料氮, 其中有 $1/2 \sim 2/3$ 是从根瘤菌共生固氮中获得的, 其余氮素需从土壤和肥料中获得。相关研究结果表明, 大豆开花前吸收氮素仅占全生育期的 16.6% , 到开花结

荚期吸收达到 73.4% 。因此, 为了改善大豆生长发育过程中的营养条件, 满足其生长发育需求, 实现高产稳产优质, 在大豆生长发育过程需要补施一定量的氮肥^[1-5]。

我国传统的施肥方法, 大多数是把氮肥作为基肥或种肥一次性施用, 大豆生育中后期喷施叶面肥 $1 \sim 2$ 次。由于在大豆播种前施用过多的氮肥, 不仅抑制了大豆的生物固氮功能, 而且导致氮肥过剩流

收稿日期: 2014-03-21

基金项目: 国家大豆产业技术体系公益性专项(CARS-04-CES05); 北方早熟大豆新品种培育与扩繁(2011BAD35B06-1-5)。

第一作者简介: 郭泰(1963-), 男, 研究员, 主要从事大豆遗传育种与栽培研究。E-mail: guotaidadou@163.com。

通讯作者: 郑殿峰(1969-), 男, 教授, 主要从事作物栽培与耕作学研究。E-mail: zdfnj@263.net。

失利用率降低,同时对大豆产量及品质没有显著的促进作用,而大豆生殖生长阶段特别是开花结荚期是需氮的高峰期,此期虽有根瘤菌固氮,但尚不能完全满足大豆生长发育的需求,为此在大豆生育中后期追施或喷施一定数量的氮肥是非常必要的。

本试验在保持总施氮量不变的前提下,研究氮肥后移分期施用对大豆产量及品质含量的影响,为提高大豆产量和改善品质以及指导生产科学施肥提供理论依据,同时对实现农业可持续发展及保护生态环境具有重要的现实意义。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验分别于 2008 和 2009 年在黑龙江省农业科

学院佳木斯分院 6 号和 10 号试验地进行,前作为玉米。供试品种为合丰 50,试验种子由黑龙江省农业科学院佳木斯分院提供;试验所用肥料为尿素(N 含量 46%),过磷酸钙(P_2O_5 含量 18%)和硫酸钾(K_2O 含量 50%)。采用机械开沟,人工单行双粒点播,出苗后间苗、定苗。所有处理磷肥及钾肥的施用量相同,施磷肥 $75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,钾肥 $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,作为种肥一次性施入;氮肥除对照一次性作种肥施入外,其他处理一部分作为种肥施入,一部分在始花期追施、喷施或鼓粒初喷施,但施入的氮肥总量相同,即施入纯氮 $60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

试验采用随机区组设计,共设 9 个处理(其中处理 9 为对照),每个处理 8 行区,行长 5 m,垄距 0.7 m,3 次重复,重复内随机排列(表 1)。

表 1 试验处理一览表
Table 1 Table of treatments

| 处理 Treatment | 种肥 Seed fertilizer | 始花期追氮 Topdressing nitrogen before flowering | 始花期喷氮 Spraying nitrogen before flowering | 鼓粒期喷氮 Spraying nitrogen at filling period |
|-----------------|-----------------------|---|--|---|
| N1 | 45 | 0 | 15.0 | 0 |
| N2 | 45 | 0 | 7.5 | 7.5 |
| N3 | 30 | 15 | 15.0 | 0 |
| N4 | 30 | 15 | 7.5 | 7.5 |
| N5 | 15 | 30 | 0 | 15.0 |
| N6 | 15 | 30 | 7.5 | 7.5 |
| N7 | 0 | 45 | 0 | 15.0 |
| N8 | 0 | 45 | 7.5 | 7.5 |
| N9 | 45 | 0 | 0 | 0 |

表中肥料用量均为纯 N 量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)。

Values in table are the pure N quantity ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

1.2 主要调查性状

1.2.1 产量性状 从每个小区处理的 8 行中选取连续 4 行用于田间性状调查;秋季成熟后余下 4 行全区收获测产。

1.2.2 品质性状 测产后,去除病斑粒虫食粒后用于品质分析,采用近红外线谷物分析仪 DA7200 对试验品种的蛋白质和脂肪含量进行测定。

1.3 数据分析

用 Excel 2003 对数据进行处理,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 不同氮肥处理对产量的影响

由方差分析可知,处理间对大豆产量的差异达到极显著水平($F = 66.405^{**}$,数据未列出)。所有

处理中较对照增产的有 6 个,其中 N6 处理产量最高,平均产量 $3285.71 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,其次是 N5、N7、N8、N4 和 N3 处理,分别比对照增产 42.27%、31.96%、25.77%、21.65%、11.34% 和 8.25%,差异达到极显著水平;比对照减产的为 N2 和 N1 处理,但减产幅度较小,分别减产 2.06% 和 3.09%,差异未达到显著性水平(表 2)。由此可知氮肥后移与分期施用对大豆产量有显著影响,大豆种植过程中先施入适量的种肥氮,把一部分氮肥作为根际追肥或叶面肥在大豆需肥关键时期花期及鼓粒期施用,会显著提高大豆产量;大豆始花期追施适量氮肥对大豆的增产作用大于始花期与鼓粒期喷施氮肥,始花期和鼓粒期分期喷施氮肥增产效果好于始花期一次性喷施。

2.2 不同氮肥处理对大豆品质性状含量的影响

2.2.1 油分 各处理油分含量方差分析表明,不同

氮肥处理对大豆的油分含量有较明显的影响 ($F = 2.200^*$, 数据未列出)。其中对照油分含量最高 (22.74%), 其次为 N2、N1、N3、N4、N6 及 N5 处理, 与对照未达到显著性水平, 而 N8 和 N7 处理的油分含量明显降低, 与对照达到显著差异水平 (表 2)。

结果表明, 充足的底肥或种肥氮有利于提高大豆油分含量, 而氮肥后移分期施用, 明显降低了参试品种的油分含量, 随着始花期追施氮肥量的增加, 大豆油分含量呈递减趋势, 尤其是 N8 和 N7 处理前期没有施用氮肥作为种肥, 全部氮素都用于后移施用, 油分含量最低。此外在氮肥总量不变的情况下, 始花期一次性喷施的处理油分含量高于始花期、鼓粒期分期喷施的处理。

2.2.2 蛋白质 由各处理蛋白质含量方差分析可知, 不同氮肥处理对大豆的蛋白质含量有较大的影响 ($F = 7.956^{**}$, 数据未列出), 其中有 6 个处理 (N7、N8、N4、N3、N5、N6) 与对照比蛋白质差异达到极显著水平, N2 处理达到了显著水平。说明氮肥后移分期

施用, 即大豆始花期及鼓粒期施用氮肥有利于大豆蛋白质的形成。

油分和蛋白质含量呈明显的负相关, 油分含量最高的处理, 蛋白质含量最低, 说明有利于油分形成的条件, 不利于大豆蛋白质的形成。氮肥后移分期施用对大豆籽粒蛋白质含量的影响作用明显大于对油分含量的影响 (表 2)。

2.2.3 蛋脂总含量 蛋脂总含量方差分析表明, 氮肥后移分期施用对大豆籽粒的蛋脂总和有较大的影响, 差异达到了显著水平 ($F = 2.2190^*$, 数据未列出)。由表 2 可知, 所有氮肥后移分期施用处理蛋脂总和均高于对照处理, N3 处理与对照达到极显著差异水平, N1 与 N3 处理达到了显著差异水平, 通过氮肥的后移分期施用可以较明显地提高籽粒的蛋脂总含量, 其变化趋势与蛋白质含量变化趋势基本一致, 这可能与大豆籽粒蛋脂总含量中蛋白质所占比重大于油分有关, 但规律性不强。

表 2 不同处理之间产量、油分含量、蛋白质含量及蛋脂总和差异显著性分析

Table 2 Significant analysis of different treatments for yield, oil content, protein content and oil and protein

| 处理 Treatment | 产量 Yield/kg · hm ² | 油分含量 Oil content/% | 蛋白质含量 Protein content/% | 蛋脂总和 Oil and protein/% |
|-----------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------|
| N1 | 2238.10 eE | 22.57 abA | 38.86 cdBC | 61.46 bcAB |
| N2 | 2261.90 eE | 22.60 abA | 39.13 bcABC | 61.71 abcAB |
| N3 | 2500.00 dD | 22.56 abA | 39.63 abA | 62.19 aA |
| N4 | 2571.43 dD | 22.28 abA | 39.63 abA | 61.92 abAB |
| N5 | 3047.62 bB | 22.27 abA | 39.54 abAB | 61.82abcAB |
| N6 | 3285.71 aA | 22.28 abA | 39.44 abAB | 61.72 abcAB |
| N7 | 2904.76 cBC | 22.19 bA | 39.81 aA | 62.01 abAB |
| N8 | 2809.52 cC | 22.22 bA | 39.69 aA | 61.91 abAB |
| N9 | 2309.52 eE | 22.74 aA | 38.49 dC | 61.22 cB |

同列数据以大小写字母分别代表置信区间 $P < 0.01/P < 0.05$ 内差异显著性。

Different capital and lowercase letters in the same column mean significantly difference at $P < 0.01$ and $P < 0.05$ level.

3 结论与讨论

本研究结果表明, 在保持磷钾肥不变的前提下, 控制氮肥总量, 氮肥后移分期施用增产作用明显, 不同施氮处理间差异达到极显著水平。N6 处理产量最高, 平均产量 3 285.71 kg · hm², 其次是 N5、N7、N8、N4 和 N3 处理, 分别比对照增产 42.27%、31.96%、25.77%、21.65%、11.34% 和 8.25%, 差异达到极显著水平; 比对照减产为 N2 和 N1 处理, 分别减产 2.06% 和 3.09%, 差异未达到显著性水平。始花期追施氮肥增产作用好于始花期与鼓粒期

喷施氮肥, 始花期和鼓粒期分期喷施氮肥增产效果好于始花期一次性喷施。

氮肥后移分期施用对油分与蛋白质含量有较明显的影响。充足的底肥或种肥有利于提高大豆油分含量, 而氮肥后移施用, 明显降低了油分含量, 随着始花期追施氮肥量的增加, 大豆油分含量呈递减趋势; 对大豆的蛋白质含量影响作用与油分正好相反, 氮肥后移分期施用的 8 个处理蛋白质含量都明显高于对照, 蛋白质提高幅度为 0.37 ~ 1.32 个百分点, 说明氮肥后移施用, 即大豆始花期及鼓粒期施用氮肥有利于大豆蛋白质的形成, 其中有 6 个处理 (N7、

N8、N4、N3、N5、N6) 与对照比蛋白质差异达到极显著水平, N2 达到了显著水平; 氮肥后移施用对大豆籽粒脂肪总和的影响与蛋白质的变化一致, 所有氮肥后移施用处理脂肪总和均高于对照处理。

氮素是大豆生长发育过程中必不可少的营养元素, 由于大豆根瘤菌可以固氮, 在大豆生产中是否需要施用氮肥, 什么时期施用还存在争议。有些研究表明, 大豆施氮不增产或增产效果不显著, 多数美国研究人员的试验结果支持这一观点^[6-8], 原因是氮素影响根瘤的发育和功能, 根瘤的数量、大小和代谢活性均随土壤氮的增加而下降, 施氮后植株 C/N 比减小, 供给根瘤的碳水化合物减少, 影响根瘤的发育, 从而影响大豆的产量; 另一种观点认为大豆施氮具有显著的增产效果, 原因是速效氮肥可以促进植株前期的发育, 弥补根瘤固氮的不足。此外, 施氮对固氮的抑制作用在鼓粒期基本消失, 氮对提高叶面积指数、光合势、叶绿素含量和生长率均有促进作用^[9-12]。

本研究结果表明, 大豆施用适量的氮肥尤其是在基肥和种肥的基础上后移分期施用增产效果显著, 处理间差异达了极显著水平, 说明大豆在生长发育过程中施用氮肥是非常必要的。由此认为, 大豆施用氮肥增产有两方面的原因: 一是在大豆出苗后根瘤未形成前或形成后功能较弱, 同时土壤供氮能力不足的情况下补施氮肥保证了营养生长对氮肥的需求; 二是大豆进入生殖生长阶段对氮的需求量迅猛增加, 由于根瘤固氮能力和土壤供氮能力无法满足大豆营养生长与生殖生长的需要, 所以氮肥后移分期施用增产效果显著。为此, 建议在大豆种植与栽培过程中要适量的施用氮肥, 并在基肥与种肥的基础上采用后移分期施用。

参考文献

[1] 戴建军, 程岩. 应用¹⁵N 示踪技术对不同品种大豆的三种氮源吸收利用的研究[J]. 农北农业大学学报, 1999, 30(3): 225 - 229. (Dai J J, Cheng Y. Study on the differences of nitrogen nutrition of 3 soybean cultivars by using ¹⁵N isotope dilution method [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 1999, 30(3): 225 - 229.)

[2] 甘银波, 陈静, Ineke S. 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, 1996, 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 soybean[J]. Soybean Science, 1996, 16(2): 125 - 130.)

- [3] 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.)
- [4] 马春梅, 唐远征, 堇振平, 等. 不同施氮水平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.)
- [5] 吴魁斌, 戴建军, 赵久明, 等. 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, Zhao J M, et al. Study on the influence of ¹⁵N - ureate on the yield and fertilizer utilization efficiency of soybean [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 1999, 30(4): 339 - 341.)
- [6] Demoooy C J, Sutherland P L. Soil - fertility requirement of soybeans with reference to irrigation [C]//W H Hudy, Kackobs. Irrigated soybean production in arid and semi - arid regions. INTSOY series No. 20 [C]. International Agriculture Publications, University of Illinois, Urbana-Champaign, USA, 1979: 276 - 352.
- [7] Marscher H. Mineral Nutrition of higher plant [M]. London: Academic Press, 1986: 674 - 676.
- [8] Watababe T, Tabuchi K, Nakano H. Response of soybean to supplemental nitrogen after flowering [M]//Shanmugasundaram S, Sulzberger E W, B T M clean. Soybean in tropical and subtropical cropping system. AVRDC, Shanhu, Taiwan, China, 1986: 308 - 310.
- [9] 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, Nitrogen fertilizer on the influence of different varieties soybean nitrogen accumulation and production quality [J]. Chinese Journal of Soil Science, 1995, 26(1): 18 - 21.)
- [10] 甘银波, 涂学文, 田任久. 大豆的最佳氮肥施用时期研究[J]. 大豆科学, 1998, 17(4): 287 - 291. (Gan Y B, Tu W X, Tian R J. Study on optimum timing of nitrogen application on soybean [J]. Soybean Science, 1998, 17(4): 287 - 291.)
- [11] 王全富, 刘丽君, 孙聪姝. 大豆氮素积累及其对籽粒蛋白质含量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2005, 36(5): 545 - 548. (Wang Q F, Liu L J, Sun C S. Nitrogen accumulation and its effect on protein content in seeds of soybean [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2005, 36(5): 545 - 548.)
- [12] 管宇, 刘丽君, 董守坤, 等. 施氮对大豆植株氮素和蛋白质含量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(7): 1 - 4. (Guan Y, Liu L J, Dong S K, et al. Effect of nitrogen application on nitrogen content and protein content in soybean [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2009, 40(7): 1 - 4.)