

稀土镧和铈对大豆品质的影响

任红玉^{1,2}, 高振宇¹, 潘小燕¹, 林影³, 孙彦坤¹, 张兴文⁴, 李玳¹

(1. 东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 哈尔滨工业大学 市政与环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001; 3. 嫩江县农业技术推广中心, 黑龙江 嫩江 161400; 4. 哈尔滨工业大学 理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要:以大豆黑河 43 和东选 12-dn01 为材料, 在大田条件下研究不同生育时期喷施不同浓度氯化镧和氯化铈对大豆蛋白质和脂肪含量的影响。结果表明: 稀土镧和铈对大豆蛋白质含量的影响大于对脂肪含量的影响。其中黑河 43 初花期、鼓粒期各喷 1 次 $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ 处理蛋白质含量最高, 为 41.0%, 东选 12-dn01 苗期、初荚期各喷 1 次 $400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{CeCl}_3$ 处理蛋白质含量最高, 为 37.2%, 二者分别比对照增加 1.7% 和 6.0%。

关键词: 稀土; 镧; 铈; 大豆; 蛋白质; 脂肪

中图分类号: S565.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.11861/j.issn.1000-9841.2014.04.0603

Effect of Lanthanum and Cerium on Soybean Quality

REN Hong-yu^{1,2}, GAO Zhen-yu¹, PAN Xiao-yan¹, LIN Ying³, SUN Yan-kun¹, ZHANG Xing-wen⁴, LI Dai¹

(1. Resources and Environmental Sciences College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China; 3. Nenjiang Agricultural Technology Promotion Center, Nenjiang 161400, China; 4. Science College, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: This paper aims to study the effect of Lanthanum and Cerium on protein and fat content in different growth periods of soybean by using Heihe 43 and Dongxuan12-dn01 that were planted in the field. The results showed that the change of protein content had a more relatively obvious influence than fat content. Under $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ in initial bloom stage and pod filling stage, the protein and fat content achieved the maximum which was 41.0%. And the rate of increase was 1.7%; Under $400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{CeCl}_3$ in seedling stage and pod bearing stage, the protein and fat content achieved the maximum which was 37.2%. And the rate of increase was 6.0%.

Key words: Rare earth; Lanthanum; Cerium; Soybean; Protein; Fat

稀土农用技术是中国首创、居世界领先水平的一项技术,也是该领域中拥有自主知识产权最多的一项技术,为我国产生了十分可观的社会与经济效益。我国是从 20 世纪 70 年代开始在农业上大面积推广,距今已有 40 余年的历史^[1]。大量研究表明: 稀土元素不仅能够提高叶绿素的含量和光合效率^[2-5],还可以影响植物根的分化、促进根系伤流的溢流量、影响根细胞质膜的透性等^[6]。

大豆作为粮食作物中蛋白质含量最丰富的作物,也是食用植物油的重要来源,在农业经济以及社会生活各方面都有着不可替代的重要地位。研究表明,大豆富含人体自身不能合成的亚油酸和亚麻酸,与其他油料作物相比较,大豆油的不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比例更加合理^[7],大豆含有的蛋白质无论其质量还是数量都为植物所含蛋白质之首,更含有人体难以合成的 8 种必须氨基酸^[8]。大量研究表明,适量浓度的稀土元素不仅能对植物的生长起到一定有益的刺激与调节作用^[9],还能够

促进植物生长,增强植物的矿质吸收^[10],因此,研究稀土元素对大豆品质的影响对于提高我国大豆在国际市场的竞争力具有重要意义。

本研究在大田的条件下于大豆不同生育时期分别喷施 LaCl_3 与 CeCl_3 ,研究其对大豆蛋白质和脂肪含量的影响,旨在从改善品质的角度,筛选出适宜的稀土种类、浓度及喷施时期,为稀土农用提供一定参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2012 年在黑龙江省嫩江县进行,以大豆黑河 43 和东选 12-dn01 为材料,在大田条件下于 5 月 14 日播种,9 月 30 日全部收获,土壤为黑土,试验用土的基础肥力性状: pH5.8,有机质 $38.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全氮 $207.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全磷 $9.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,碱解氮 $133.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷 $30.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾

收稿日期: 2013-11-03

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(2013BAD20B04); 国家自然科学基金(21070395); 黑龙江省教育厅科研项目(1155057); 黑龙江省博士后基金(LBH-Z05086); 东北农业大学博士科研启动基金。

第一作者简介: 任红玉(1974-),女,博士,副教授,主要从事农业生态和气象生态研究。E-mail: renhongyu@163.com。

通讯作者: 张兴文(1972-),男,博士,副教授,主要从事农业资源利用及材料化学研究。E-mail: zhangxingwen@hit.edu.cn

163.7 mg·kg⁻¹。试验喷施不同浓度的 LaCl₃ 与 CeCl₃ 溶液,用喷雾器均匀喷布叶片,滴液为限,对照 (CK) 喷等量自来水。其中大豆黑河 43 喷施处理为在初花期和鼓粒期各 1 次 (A1),及只在鼓粒期喷施 1 次 (A2)^[11],东选 12-dn01 为在苗期及初荚期各喷施 1 次 (B1),盛花期、和初荚期各喷施 1 次 (B2),LaCl₃ 和 CeCl₃ 喷施浓度均为 100,200,300,400,500 mg·L⁻¹,采用的种植方式为一垄 4 行栽培,垄宽 1 m,垄间距 40 cm,株距 10 cm,4 垄为 1 区、行长 5 m,3 次重复。收获后测定各处理籽粒的蛋白质及脂肪含量。

1.2 蛋白质及脂肪含量测定

采用丹麦 FOSS 分析仪器公司 Infratec Grain Analyser 1241 近红外谷物分析仪测定。

1.3 数据分析

采用 SPSS 18.0 软件进行数据处理和显著性分析。

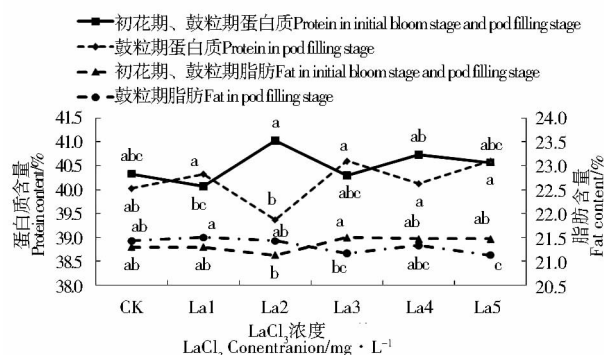
2 结果与分析

2.1 稀土镧对大豆品质的影响

2.1.1 黑河 43 由图 1 可知,与 CK 相比,初花期、鼓粒期各喷施 1 次 200,400,500 mg·L⁻¹ LaCl₃ 后蛋白质含量均明显升高,且 200 mg·L⁻¹ 处理的蛋白质含量最高,为 41.0%。100 mg·L⁻¹ 处理的蛋白质含量最低,为 40.07%,低于对照 0.6%。300,400,500 mg·L⁻¹ LaCl₃ 处理的脂肪含量均高于 CK,其中 300 mg·L⁻¹ LaCl₃ 处理达到最高,为 21.5%,较 CK 增加 0.9%;其余处理的脂肪含量均低于 CK,其中 200 mg·L⁻¹ LaCl₃ 处理最低为 21.1%,降幅为 0.9%。由此可见,初花期和鼓粒期喷施中浓度的稀土元素镧能够促进植物的正常生长发育而产生适应性生理反应,其表现在蛋白质含量增加,脂肪含量降低,而反之高浓度则抑制这种作用,这可能是由于高浓度对作物细胞的伤害程度大大超过了其对光合作用的促进。

黑河 43 于鼓粒期喷施 1 次稀土镧,与 CK 相比,除 200 mg·L⁻¹ 处理外,其余各处理蛋白质含量均增加,其中 300,500 mg·L⁻¹ LaCl₃ 处理的蛋白质含量最高,为 40.6%,增幅为 1.4%;200 mg·L⁻¹ LaCl₃ 的蛋白质含量最低为 39.4%,降幅为 1.5%。100 mg·L⁻¹ LaCl₃ 处理的脂肪含量高于 CK,其中增加 0.5%;而其他各处理均低于 CK。500 mg·L⁻¹ LaCl₃ 处理的脂肪含量最低,为 21.1%,降幅为 1.4%。

2.1.2 东选 12-dn01 由图 2 可知,大豆东选 12-dn01 于苗期和初荚期各喷施 1 次稀土镧,与 CK



不同小写字母表示不同处理的差异达到 0.05 显著性水平,下同。

Different lowercase letters in the columns show the significance of different treatments at $P < 0.05$ level. The same below.

图 1 稀土 La 对大豆黑河 43 蛋白质与脂肪含量的影响

Fig. 1 Effect of Lanthanum on protein and fat content of soybean Heihe 43

相比,100,300,500 mg·L⁻¹ 处理的蛋白质含量均高于 CK,其中 100 mg·L⁻¹ 处理最高为 36.0%,增加 2.7%;200 mg·L⁻¹ 最低,为 34.4%,降幅为 2.0%。所有稀土处理的脂肪含量均减少,其中最高的是 200 mg·L⁻¹ 处理为 21.2%,较 CK 降低 0.4%,300 mg·L⁻¹ 处理最低为 20.6%,显著减少 3.4%。说明苗期、初荚期低浓度的稀土镧溶液处理对于植物的正常生长发育能够产生正向的适应性生理反应,使其品质提高。于盛花期和初荚期各喷施 1 次稀土镧后,与 CK 相比,200,400 mg·L⁻¹ 处理的蛋白质含量均高于 CK,其中 200 mg·L⁻¹ 处理最高为 36.7%,增加 1.9%;300 mg·L⁻¹ 处理最低,为 35.7%,降幅为 0.7%。而所有处理的脂肪含量均减少,其中 200 mg·L⁻¹ 处理的含量最低,为 20.1%,较 CK 显著减少 5.3%。由此可见,盛花期和初荚期喷施特定中浓度的稀土元素效果最好,但其差异显著性不大,因此在此时期喷施稀土镧对品质的影响小于苗期和初荚期喷施。

2.2 稀土铈对大豆品质的影响

2.2.1 黑河 43 由图 3 可知,与 CK 相比,初花期、鼓粒期各喷施 1 次 200,300,400 mg·L⁻¹ CeCl₃ 处理的蛋白质含量均明显升高,且 200 mg·L⁻¹ 处理的含量最高,为 40.6%,增加 0.7%。500 mg·L⁻¹ 处理最低,为 39.8%,减少 1.2%。而各处理的脂肪含量均低于 CK,其中 400 mg·L⁻¹ CeCl₃ 处理最低,为 21.1%,降幅为 0.8%。由此可见,初花期和鼓粒期喷施稀土元素铈对大豆籽粒中的蛋白质含量、脂肪含量和蛋脂总量与对照相比均无明显差异,品质变化不大。

黑河 43 于鼓粒期喷施 1 次稀土铈,与 CK 相

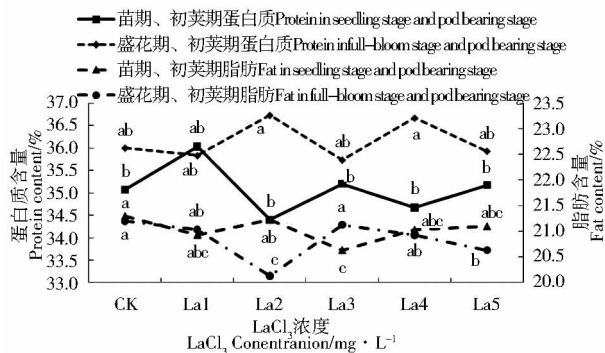


图2 稀土 La 对大豆东选 12-dn01 蛋白质与脂肪含量的影响

Fig. 2 Effect of Lanthanum on protein and fat content of soybean Dongxuan12-dn01

比,各处理下蛋白质含量均增加,其中 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ CeCl_3 处理的蛋白质含量最高,为 40.8% ,增加 2.0% 。 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ CeCl_3 处理的脂肪含量高于 CK,为 21.5% ,增加 0.2% ;而其他各处理均低于 CK。 $200, 400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ CeCl_3 处理的脂肪含量最低,为 21.3% ,降幅为 0.5% 。说明鼓粒期喷施稀土元素铈,在中低浓度的条件下对大豆籽粒中蛋白质含量、脂肪含量和蛋脂总量与 CK 相比均无明显差异,但高浓度的 CeCl_3 作用下有提高蛋白质含量的趋势。

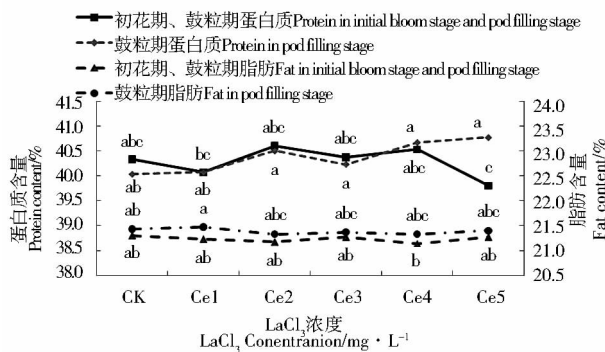


图3 稀土 Ce 对大豆黑河 43 蛋白质与脂肪含量的影响

Fig. 3 Effect of Cerium on protein and fat content of soybean Heihe 43

2.2.2 东选 12-dn01 由图 4 可知,大豆东选 12-dn01 于苗期、初荚期各喷施 1 次稀土铈,与 CK 相比, $100, 400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ CeCl_3 处理的蛋白质含量均高于 CK,其中 $400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理最高,为 37.2% ,增加 6.0% ; $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ CeCl_3 处理的蛋白质含量最低,为 34.7% ,降幅为 1.0% 。所有稀土铈处理的脂肪含量均减少, $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ CeCl_3 处理脂肪含量最低,为 20.6% ,减少 3.4% 。说明苗期、初荚期特定浓度的稀土溶液处理对于植物的正常生长发育能够产生正向的适应性生理反应,使其品质提高。其他处理

则无明显差异,苗期、初荚期各喷施 $400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ CeCl_3 对改善大豆品质作用最好,而脂肪含量除在低浓度 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ CeCl_3 减少外,其他浓度均无明显差异。

东选 12-dn01 大豆于盛花期、初荚期各喷施 1 次稀土后,与 CK 相比, $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ CeCl_3 处理的蛋白质含量高于 CK,为 36.9% ,增加 2.5% ; $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ CeCl_3 处理的蛋白质含量最低为 35.1% ,降幅为 2.5% 。稀土所有处理的脂肪含量均减少,其中 $400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ CeCl_3 处理的脂肪含量最低,为 20.6% ,较 CK 减少 2.7% 。由此可见,盛花期、初荚期喷施中浓度的稀土元素铈效果最好,但在此时期喷施稀土 Ce 对品质的影响小于苗期和初荚期喷施。

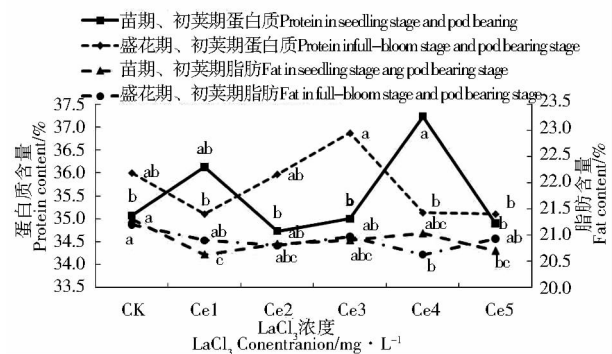


图4 稀土 Ce 对大豆东选 12-dn01 蛋白质与脂肪含量的影响

Fig. 4 Effect of Cerium on protein and fat content of soybean Dongxuan12-dn01

3 结论与讨论

通过分析可知大田条件下,黑河 43 于初花期、鼓粒期 2 次喷施比鼓粒期 1 次喷施效果明显,而中浓度 LaCl_3 与 CeCl_3 比高、低浓度 LaCl_3 与 CeCl_3 的效果好,且同等浓度的 LaCl_3 比 CeCl_3 的效果好,初花期、鼓粒期喷施 $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ LaCl_3 处理蛋白质含量最高,可使蛋白质含量增加 1.7% 。无论稀土喷施 2 次还是 1 次,各处理之间大豆籽粒脂肪含量大多无显著差异。而东选 12-dn01,苗期、初荚期比盛花期、初荚期处理增加蛋白质效果明显,同等浓度条件下的 CeCl_3 比 LaCl_3 的效果好,中浓度 CeCl_3 比高、低浓度 CeCl_3 的效果好,苗期、初荚期的 $400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ CeCl_3 处理蛋白质含量最高,较 CK 增加 6.0% 。然而脂肪含量,无论哪个时期喷施稀土元素,在大豆籽粒中均有一定程度的降低。

稀土元素能够提高作物的品质与产量的重要原因之一是它能够促进叶绿体蛋白质的合成^[12],可

以促进光合作用^[13-15]。大豆蛋白质含量增加的原因可能是稀土元素促进了光合作用,在一定程度上促进了氮元素的吸收,提高了硝酸还原酶活力^[16],加速了氮元素的还原和同化,因此,稀土元素对于提高蛋白质含量有着普遍作用。

综上所述,稀土对大豆蛋白质含量的影响大于对脂肪含量的影响,与之前的试验结果相同^[17],这使采取稀土调控措施改善大豆蛋白质营养成为可能。大豆黑河43初花期和鼓粒期各喷施1次200 mg·L⁻¹LaCl₃,大豆东选12-dn01苗期和初荚期各喷施1次400 mg·L⁻¹CeCl₃是有利于蛋白质含量提高的最佳浓度。

参考文献

- [1] 贺爱国,彭福元. 稀土在作物上应用研究进展[J]. 湖南农业科学,2007(3):97-99. (He A G, Peng F Y. Rare earth research progress on crops [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2007 (3): 97-99.)
- [2] Diatlof E, Asher C J, Smith F W. Effect of rare earth elements on the growth and mineral nutrition of plants[C]. Rare Earth in Agriculture Seminar,1995:11-23.
- [3] 李靖梅,梁婵娟,周青. 稀土铈对大豆幼苗光合作用影响[J]. 中国油料作物学报,2007,29(1):90-92. (Li J M, Liang C J, Zhou Q. Effect of cerium on photosynthesis in young soybean plants [J]. Chinese Journal of Oil Crop Science, 2007, 29(1): 90-92.)
- [4] Boerma H R, Specht J E. Soybeans: Improvement, production, and uses[M]. 3rd ed. ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin 53711 USA, 2004:62-93.
- [5] 耿晓东,文斌. 稀土对红叶石楠幼苗光合效率及相关生理特性的影响[J]. 现代农业科技,2007(10):12-13. (Geng X D, Wen B. Rare earth on photinia photosynthetic efficiency and related physiological characteristics [J]. Anhui Agriculture, 2007 (10): 12-13.)
- [6] 彭安,庞欣. 稀土对植物抗逆作用的自由基机制[J]. 环境化学,2002,21(4):313-317. (Peng A, Pang X. The free radical mechanism of rare earth elements in anti-adversity for plants[J]. Environmental Chemistry, 2002, 21(4): 313-317.)
- [7] 王晓燕,张彩英,贾晓艳. 河北省大豆品种脂肪酸组成与含量分析[J]. 河北农业大学学报,2007,30(2):15-18. (Wang X Y, Zhang C Y, Jia X Y. Analysis of fatty acids composition and content in soybean varieties in Hebei province[J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2007, 30(2): 15-18.)
- [8] 黄初女,金东淳. 浅谈大豆蛋白质品质改良[J]. 吉林农业科学,2006,31(1):37-40. (Huang C N, Jin D C. Discussion soybean protein quality improvement[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 2006, 31(1): 37-40.)
- [9] 张勇,秦樊鑫. 稀土在植物学中的应用[J]. 贵州农业科学,2010,38(6):137-140. (Zhang Y, Qin F X. Application of rare earth elements in botany[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2010, 38(6): 137-140.)
- [10] 熊晓晖,曾辉,张仲芳. 稀土元素在我国果树生产中的应用[J]. 江西园艺,2005(4):4-5. (Xiong X H, Zeng H, Zhang Z F. Rare earth in our fruit production application[J]. Jiangxi Horticulture, 2005(4): 4-5.)
- [11] 宋柏权,赵黎明,林思宇,等. R5期喷施植物生长调节剂对不同品质类型大豆籽粒氨基酸组分的影响[J]. 大豆科学,2012,31(6):1024-1026. (Song B Q, Zhao L M, Lin S Y, et al. Effects of plant growth regulators(PGRs) sprayed at R5 on the amino acid components in soybean seeds[J]. Soybean Science, 2012, 31(6): 1024-1026.)
- [12] 聂呈荣,黎振兴. 稀土对花生光合作用和氮素代谢的影响[J]. 广东农业科学,1996(5):25-27. (Nie C R, Li Z X. Rare earth on peanut photosynthesis and nitrogen metabolism [J]. Guangdong Agriculture Science, 1996(5): 25-27.)
- [13] He Y W, Loh C S. Cerium and Lanthanum promote floral initiation and reproductive growth of *Arabidopsis thaliana* [J]. Plant Science, 2000, 159(1): 117-124.
- [14] Smith F W, Asher C J. Rare earth elements and plant growth III Responses of corn and soybean to low concentrations of cerium in dilute, continuously flowing nutrient solutions[J]. Journal of Plant Nutrition, 1995, 18(10): 1991-2003.
- [15] 任红玉,刘曦,朱晓鑫,等. 镧和铈对大豆开花期叶绿素含量的影响[J]. 中国稀土学报,2013,31(3):363-367. (Ren H Y, Liu X, Zhu X X, et al. Effect of Lanthanum and Cerium on chlorophyll content in soybean efflorescence[J]. Journal of the Chinese Society of Rare Earth, 2013, 31(3): 363-367.)
- [16] 王宪泽. 稀土农用的效果、影响因素及其作用的生理基础[J]. 稀土,1994,15(1):47-49. (Wang X Z. Agricultural effects, rare agricultural effects, influencing factors and their role in the physiological basis[J]. Chinese Rare Earths, 1994, 15(1): B47-49.)