

植物生长调节剂对大豆氮代谢相关指标 及产量品质的调控

宋莉萍¹, 刘金辉², 郑殿峰¹, 冯乃杰¹

(1. 黑龙江八一农垦大学农学院化控研究室, 黑龙江 大庆 163319; 2. 大庆多田野进口吊车大修厂, 黑龙江 大庆 163355)

摘 要: 在大田条件下, 以合丰 50 和垦农 4 号大豆 (*Glycine max*) 为材料, 研究了在 V3 期叶面喷施 DTA-6、S₃₃₀₇ 和 TIBA 三种植物生长调节剂对大豆氮代谢相关指标及产量品质的影响。结果表明, V3 期叶喷 TIBA、S₃₃₀₇ 和 DTA-6 提高了大豆 NR 活性, 提高了全氮、可溶性蛋白、NO₃⁻-N 和游离氨基酸含量, 增强了叶片合成能力, 促进大豆生殖生长阶段叶片的氮代谢; V3 期叶喷 TIBA、S₃₃₀₇ 和 DTA-6 能够有效提高大豆的产量, 而 S₃₃₀₇ 和 DTA-6 对大豆蛋白总量也有一定的促进作用。三种植物生长调节剂对氮代谢和产量品质的综合调控效果为 S₃₃₀₇ > DTA-6 > TIBA > CK。

关键词: 大豆; 植物生长调节剂; 氮代谢; 产量; 品质

中图分类号: S482.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)05-0050-05

氮素是植物生长发育所必需的矿质元素之一, 比其他营养因子对植物生长和产量的限制作用更明显^[1,2]。氮素通过调节上百个基因, 包括 K⁺ 转运、硝态氮(NO₃⁻-N) 转运、硝酸还原酶(NR) 和亚硝酸还原酶(NiR) 以及其他代谢相关的酶基因, 能够影响植物诸多的生理过程^[3]。氮代谢是植物体内最基本的代谢过程, 大豆的氮代谢过程对大豆的生长发育、产量形成及植株体的生命活动有重要的作用^[4,5]。

大豆中可溶性蛋白、硝态氮、游离氨基酸的含量以及硝酸还原酶的活力是反映氮代谢的重要生理指标^[6]。大豆氮代谢活动直接或间接的参与和影响植株的生长发育, 因此提高大豆氮代谢, 对于提高大豆产量品质, 减少肥料施用量具有重要意义。

近年来, 在作物栽培上, 国内外对大豆叶片氮代谢研究报道主要集中在大量元素如氮、磷、钾对氮代谢的影响^[7], 微量元素如钼、硼对氮代谢关键酶影响以及根瘤固氮对氮代谢的影响^[8,9] 等方面。随着化学调控技术的发展, 植物生长调节剂在大豆生产中所占的位置越来越重要, 人们开始了有关化学调控技术对氮代谢的调控的研究如油菜素内酯、烯效唑、多效唑等^[10,11], 但未进行深入研究。植物生长物质能够调控伤流液中氮代谢相关指标, 已有研究证实, 喷施植物生长物质可以提高根系伤流量, 提高根系中氨基酸含量, 促进合成物质向地上部分的输送, 增加根系伤流中氨基酸、硝态氮、铵态氮以及无机离子

的含量^[12~14]。赵黎明^[15] 等通过叶面喷施 SOD_M、DTA-6 和氯化胆碱 3 种植物生长调节剂, 比较了大豆叶片中同化物代谢的差异, 结果表明: SOD_M 和 DTA-6 处理明显提高了叶片中的可溶性蛋白质、硝态氮以及游离氨基酸含量, 而调节剂 Cc 则表现不明显。

植物生长调节剂对大豆固氮能力具有明显的调控作用, 这可能由于植物生长调节剂影响了植物体的内源激素的平衡, 从而调控了大豆植株的生长及根瘤的固氮作用, 也可能是通过调节剂诱导了植物生长发育过程中的碳氮代谢, 来起到对大豆根系和根瘤固氮能力间接调控的作用^[16~23]。本试验通过 V3 期叶面喷施植物生长调节剂, 观测分析 3 种植物生长调节剂对大豆氮代谢及产量品质的调控作用, 旨在为生产上合理应用植物生长调节剂提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2009 年 5 月在黑龙江八一农垦大学大豆试验基地(大庆市林甸县宏伟乡吉祥村) 进行, 大田常规密度, 供试大豆品种为垦农 4 号(简称 K4)、合丰 50(简称 H50), 供试的植物生长调节剂分别为三碘苯甲酸(简称 TIBA)、烯效唑(简称 S₃₃₀₇) 和 2-N, N-二乙氨基乙基己酸酯(简称 DTA-6)。试验以大

收稿日期: 2011-03-17

作者简介: 宋莉萍(1981—), 女, 在读博士研究生。E-mail: songliping0921@163.com。

通讯作者: 郑殿峰(1969—), 男, 博士, 教授, E-mail: zdfnj@263.net。

豆叶面喷施植物生长调节剂为处理,清水为对照(简称 CK),随机区组设计,3 次重复,每个小区面积为 20 m²。TIBA、烯效唑和 DTA-6 浓度分别为 200、100 mg/L 和 50 mg/L;在大豆达到 V3 期(主茎自初生叶节开始的三个节发育完全,2 复叶)时进行叶面喷施处理。在整个生育期间,适时除草和防治病虫。

取样:在 H50 大豆喷施 20 d 后,每 10 d 取大豆倒三功能叶,经液氮速冻处理后,于 -40℃ 低温冰箱中保存,用于酶活性和生理指标测定。

1.2 测定项目及方法

全氮含量的测定:采用半微量凯氏定氮法,全氮 = 蛋白质含量/6.25

硝酸还原酶活性测定:采用活体法测定^[24]。

可溶性蛋白含量的测定:采用考马斯亮蓝法。

硝态氮含量测定:采用邹琦方法^[24]。

游离氨基酸含量测定:采用茚三酮法。

脂肪、粗蛋白质含量:采用瑞典 foss 公司生产的 Infracat 1255x 型近红外分析仪直接测定。

2 结果与分析

2.1 植物生长调节剂对硝酸还原酶(NR)活性的影响

如图 1 所示,V3 期叶面喷施植物生长调节剂后,各处理大豆 NR 活性呈逐渐降低的趋势,在取样的整个时期,各处理 NR 活性均高于对照,方差分析表明,喷药后 20~40 d,TIBA 处理与对照差异不显著,喷药后 50~60 d,TIBA 处理 NR 活性显著高于对照;S₃₃₀₇ 处理 NR 活性在整个取样时期内都显著高于对照;喷药后 20~50 d,DTA-6 处理 NR 活性显著高于对照,喷药后 60 d,DTA-6 处理 NR 活性与对照差异不显著。

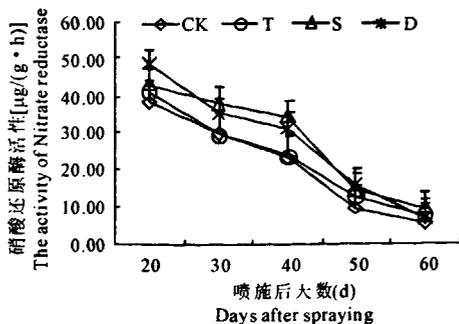


图 1 植物生长调节剂对大豆硝酸还原酶活性的影响
Fig.1 Effects of PGRs on the activity of Nitrate reductase in soybean

2.2 植物生长调节剂对大豆叶片全氮含量的影响

由图 2 可知,V3 期叶面喷施植物生长调节剂后,各处理大豆叶片全氮含量大体呈逐渐下降的趋

势。除喷药后 40 d 的 TIBA 处理外,各处理全氮含量曲线一直处于 CK 上方。喷药后 20 d,TIBA、S₃₃₀₇ 和 DTA-6 处理全氮含量分别比 CK 增加了 2.70%、7.59% 和 4.89%;喷药后 40 d,各处理及对照全氮含量大小表现为 S₃₃₀₇ > DTA-6 > TIBA > CK;喷药后 60 d,各处理全氮含量分别比 CK 增加 9.01%、20.56% 和 19.72%。

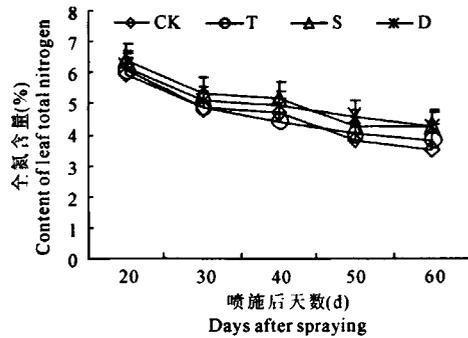


图 2 植物生长调节剂对大豆叶片全氮含量的影响
Fig.2 Effects of PGRs on the content of leaf total nitrogen in soybean

2.3 植物生长调节剂对大豆可溶性蛋白含量的影响

由图 3 可知,V3 期叶面喷施植物生长调节剂后,大豆叶片可溶性蛋白含量呈先升高后降低的趋势,除喷药后 40 d 的 TIBA 处理外,各处理在各个时期的可溶性蛋白含量均高于对照。方差分析表明,喷药后 20 d 和 50 d,各处理可溶性蛋白含量差异达极显著,喷药后 30 d,S₃₃₀₇ 处理和 DTA-6 处理可溶性蛋白含量显著高于对照,喷药后 40 d,S₃₃₀₇ 处理可溶性蛋白含量与对照相比差异达极显著水平,喷药后 60 d,S₃₃₀₇ 处理和 DTA-6 处理可溶性蛋白含量显著高于对照。

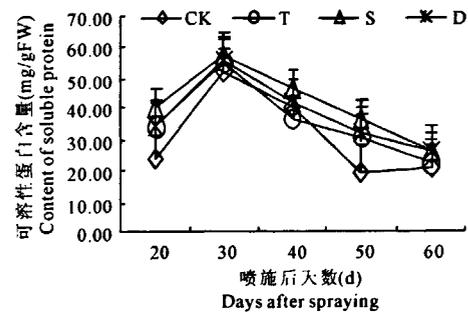


图 3 植物生长调节剂对大豆可溶性蛋白含量的影响
Fig.3 Effects of PGRs on the content of soluble protein in soybean

2.4 植物生长调节剂对大豆硝态氮含量的影响

由图 4 可知,V3 期叶面喷施植物生长调节剂后,大豆叶片硝态氮含量呈先升高后降低的趋势。整体上看,除喷药后 30 d 的 TIBA 处理外,各处理硝

态氮含量曲线基本上处于 CK 上方。喷药后 20 d, TIBA、S₃₃₀₇ 和 DTA-6 处理硝态氮含量分别比 CK 增加了 50.92%、22.85% 和 53.95%; 喷药后 40 d, 各处理及对照硝态氮含量大小表现为 S₃₃₀₇ > DTA-6 > TIBA > CK; 至喷药后 60 d, 各处理硝态氮含量分别比 CK 增加 2.73%、60.03% 和 30.74%。可见, V3 期叶面喷施植物生长调节剂, 提高了大豆叶片硝态氮含量, 其中 S₃₃₀₇ 处理作用效果最佳, DTA-6 次之。

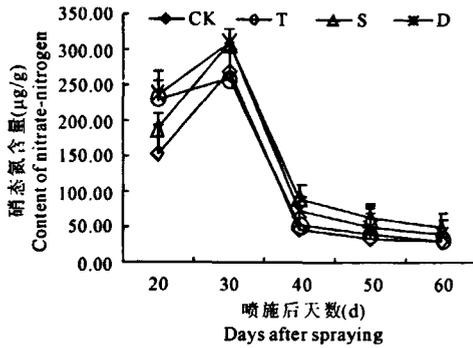


图 4 植物生长调节剂对大豆叶片硝态氮含量的影响

Fig.4 Effects of PGRs on the content of nitrate-nitrogen in soybean

2.5 植物生长调节剂对大豆游离氨基酸含量的影响

由图 5 可知, V3 期叶面喷施植物生长调节剂后, 大豆叶片游离氨基酸含量呈先降低后期又有所升高的趋势, 其中喷药后 20 d, TIBA、S₃₃₀₇ 和 DTA-6 处理游离氨基酸含量分别比 CK 增加了 19.41%、56.55% 和 35.55%; 喷药后 30 d, 各处理及 CK 游离氨基酸含量大小表现为 S₃₃₀₇ > DTA-6 > TIBA > CK; 至喷药后 60 d, 各处理分别比 CK 增加 25.57%、40.02% 和 45.86%。方差分析可知, TIBA 处理在喷药后 50 d 与 CK 差异达显著水平; S₃₃₀₇ 处理和 DTA-

6 处理游离氨基酸含量在喷药后 20 d、30 d、50 d 和 60 d 显著高于 CK; 可见, V3 期叶面喷施植物生长调节剂可有效提高大豆叶片游离氨基酸含量, 其中 S₃₃₀₇ 处理作用效果最佳, DTA-6 次之。

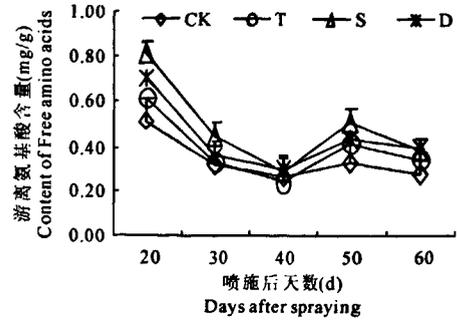


图 5 植物生长调节剂对大豆叶片游离氨基酸含量的影响

Fig.5 Effects of PGRs on the content of Free amino acids in soybean

2.6 植物生长调节剂对大豆产量和品质的影响

2.6.1 植物生长调节剂对大豆产量的影响 由表 1 可以看出, V3 期叶面喷施植物生长调节剂提高了 K4 大豆产量, TIBA、S₃₃₀₇ 和 DTA-6 处理分别比对照增加了 3.30%、21.76% 和 13.34%, 方差分析表明, S₃₃₀₇ 和 DTA-6 处理产量与 CK 相比差异达显著水平; V3 期叶面喷施植物生长调节剂对 H50 大豆产量的影响与 K4 大豆类似, 三种调节剂分别增产 7.79%、18.83% 和 10.42%, S₃₃₀₇ 和 DTA-6 处理产量极显著高于 CK, 而 TIBA 与对照差异不显著。可见, V3 期叶面喷施植物生长调节剂对大豆产量的提高有促进作用, 其中 S₃₃₀₇ 处理作用效果最佳, DTA-6 次之, TIBA 作用不明显。

表 1 植物生长调节剂对 K4 和 H50 大豆产量的影响

Table 1 Effects of PGRs on yield of K4 and H50 soybean

品种 Varieties	处理 Treatments	产量 Yield(kg/hm ²)			平均 Average	增产率(%) Increase yield
		I	II	III		
K4	CK	1806.40	1812.40	1952.69	1857.16cB	0
	TIBA	1995.23	1905.75	1854.36	1918.45cB	3.30
	S ₃₃₀₇	2207.44	2331.83	2244.34	2261.20aA	21.76
	DTA-6	2173.00	2074.77	2067.13	2104.97bA	13.34
H50	CK	2070.28	1991.92	1930.31	1997.50cC	0
	TIBA	2133.71	2127.91	2197.65	2153.09bC	7.79
	S ₃₃₀₇	2333.68	2372.17	2415.14	2373.66aA	18.83
	DTA-6	2240.95	2207.25	2169.00	2205.73bB	10.42

注: 同一列大小写字母分别表示差异达 0.05 和 0.01 水平显著, 下同。

Note: Values followed by a different lowercases or capitals within the same column are significantly different at 0.05 and 0.01 probability level, respectively. The same as bellow.

2.6.2 植物生长调节剂对大豆产量的影响 表 2 所示的为 V3 期叶面喷施植物生长调节剂对两个品

种大豆品质的影响。由表可知, S₃₃₀₇和 DTA-6 处理提高了 K4 大豆籽粒蛋白和脂肪含量, 而 TIBA 处理籽粒脂肪含量则低于对照, 整体上看, 各处理与对照间的差异不显著; 各处理显著提高了大豆籽粒的蛋白和脂肪总量。H50 大豆与 K4 大豆相似, S₃₃₀₇和 DTA-6 处理提高了大豆籽粒蛋白和脂肪含量, TIBA

处理蛋白和脂肪含量稍低于对照, 但差异均未达到显著水平; S₃₃₀₇和 DTA-6 处理提高了大豆籽粒蛋白和脂肪总量, 差异达显著水平。可见, V3 期叶面喷施 S₃₃₀₇和 DTA-6 提高了大豆籽粒品质, 而 TIBA 处理未见效果。

表2 植物生长调节剂对 K4 和 H50 大豆品质的影响 (%)

Table 2 Effects of PGRs on yield of K4 and H50 soybean

处理 Treatment	K4			H50		
	蛋白 Protein	脂肪 Oil	蛋脂总量 Total of protein and oil	蛋白 Protein	脂肪 Oil	蛋脂总量 Total of protein and oil
CK	40.65aA	20.20aA	60.85bA	36.26aA	22.87aA	59.13abA
TIBA	42.33aA	20.10aA	62.44aA	36.03aA	22.70aA	58.73bA
S ₃₃₀₇	41.62aA	21.13aA	62.75aA	36.33aA	23.23aA	59.57aA
DTA-6	42.97aA	20.50aA	63.17aA	36.36aA	23.13aA	59.49aA

3 讨论

氮素代谢在植物的生命活动中具有重要作用, 大豆植物体内氮代谢的状况和水平对其生长发育、产量和品质都有明显的影响。有关氮代谢的研究在作物生产中所占的位置越来越重要。

张明才等研究了植物生长调节剂 SHK-6 号对大豆叶片氮素代谢调控的效应, 结果表明: SHK-6 处理提高了叶片蛋白质含量; 增加了叶片中可溶性蛋白含量和游离氨基酸含量; 提高了各生育时期大豆主茎叶片中硝酸还原酶活性和硝态氮含量; 同时, 肽酶活性在初花期和盛荚期 SHK-6 处理均比对照低^[25]。张海峰等研究了新型植物生长调节剂 SHK-6 对大豆株型产量品质的形成及其生理基础的影响, 结果表明: 于分枝期叶面喷施 SHK-6 显著改善了叶片生理功能, 明显提高了叶片可溶性蛋白含量、硝态氮、硝酸还原酶的活性; 显著提高伤流中的硝态氮、氨态氮的含量^[13]。陈新红等通过在大豆生长发育不同时期喷施不同浓度的多效唑处理的研究表明: 经多效唑处理, 大豆叶片蛋白质含量均高于对照; 始花期喷不同浓度多效唑, 其硝酸还原酶活性与对照相比, 均有不同程度的增加^[26]。从本研究结论可以看出, V3 期叶喷植物生长调节剂可以有效的提高大豆叶片中全氮、可溶性蛋白质、硝态氮及游离氨基酸含量, 试验结论与张鑫等^[27]的研究结论基本一致。

对于植物的生长和发育, 氮素的同化是十分重要的生理过程。许多研究表明硝酸还原酶(NR)活力的高低决定着硝酸盐同化为有机氮化合物的速度。Schrader 等^[28]研究表明 NR 为硝酸盐同化的限

速酶, 在植物氮代谢中起着关键作用。郑淑琴^[29]研究得出, 大豆叶片硝态氮和 NR 活性均表现为中期高, 前后期低的趋势。本试验结论表明 NR 活性在整个生育期呈逐渐下降的趋势, 与其结论稍有差别, 可能与不同土壤类型和气候状况及调节剂有关。

大豆产量的形成和子粒品质的改善受诸多因素的影响, 作为蛋白质食品, 其产量和品质的形成与氮素代谢有更为密切的关系。氮素代谢在植物的生命活动中具有重要作用, 大豆植物体内氮代谢的状况和水平对其生长发育、产量和品质都有明显的影响。本试验研究表明, V3 期叶喷植物生长调节剂提高了大豆产量, 对品质也有一定的改善, 这与赵黎明等^[30]研究结论相同。

参考文献:

- [1] Cassman K C, Kropf M J, Caunt J, et al. Nitrogen use efficiency of rice reconsidered: what are the key constraints[J]. *Plant Soil*, 1993, 155/156: 359—362.
- [2] Crawford N M, Class D M A. Molecular and physiological aspect of nitrate uptake in plants[J]. *Trends Plant Sci*, 1998, 3: 389—395.
- [3] Wang Y H, Garvin D F, Kochian L V. Nitrate-induced genes in tomato roots. Array analysis reveals novel genes that may play a role in nitrogen nutrition[J]. *Plant Physiol*, 2001, 127: 345—359.
- [4] Markus L, Alberto S, Peter S. Root development of maize as observed with Minir-hizotrons in Lysimeters[J]. *Crop Science*, 2000, 40(6): 1665—1672.
- [5] 孙广玉, 张荣华, 黄忠文. 大豆根系在土层中分布特点的研究[J]. *中国油料作物学报*, 2002, 24(1): 45—48.
- [6] 张玉先, 祁倩倩, 罗 奥, 等. 锰对大豆氮代谢相关指标及产量品质的影响[J]. *中国油料作物学报*, 2009, 31(4): 486—491.
- [7] 郑淑琴. 钾对大豆生理效应及产量和品质的影响[J]. *黑龙江农业科学*. 2001, (4): 1—4.

- [8] 刘 鹏, 杨玉爱. 钼、硼对大豆氮代谢的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(4): 347—351.
- [9] 吴明才, 肖昌珍. 大豆钼素研究[J]. 大豆科学, 1994, 13(3): 245—251.
- [10] 陈新红, 蔡吉凤, 莫 庸. 多效唑对大豆某些生理生化特性的影响[J]. 新疆农业大学学报, 1998, 21(1): 60—64.
- [11] 肖 琳. 化学调控对夏大豆株型生理特性和产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 1998, 20(4): 56—60.
- [12] 董学会, 段留生, 何钟佩, 等. 30%己乙水剂对玉米根系生理活性的调控效应[J]. 作物学报, 2005, 31(11): 1500—1505.
- [13] 张海峰, 张明才, 翟志席, 等. SHK-6 对大豆株型、产量及其生理基础的调控[J]. 中国油料作物学报, 2006, 28(3): 287—292.
- [14] 张明才, 翟志席, 何钟佩, 等. 80% 胺酸酯·甲哌可溶性粉剂对大豆根系生理生化特性的调控[J]. 华北农学报, 2007, 22(1): 44—49.
- [15] 赵黎明, 郑殿峰, 杜吉到, 等. 植物生长调节剂对大豆叶片同化物及内源激素代谢的影响[J]. 大豆科学, 2008, 27(4): 593—598.
- [16] Aung L H. The Plant Root and Its Environment[M]. Charlottesville, Virginia: University Press of Virginia, 1974: 29—61.
- [17] Saase J M. Recent progress in brassinosteroids research[J]. Plant Physiol, 1997, 100: 696—701.
- [18] Fujioka S, Sakurai A. Biosynthesis and metabolism of brassinosteroids[J]. Plant Physiol, 1997, 100: 710—715.
- [19] Braun P, Wild A. The influence of brassinosteroids on growth and Parameters of photosynthesis of wheat and must and plants[J]. Plant Physiol, 1984, 116: 189—196.
- [20] Kalinch F N, ManadaVa N B, Todhunter J A. Relationship of nucleic acid metabolism to brassinolide induced responses in bean[J]. Plant Physiol, 1985, 120: 207—214.
- [21] Sairam P K. Effect of homobrassinolide application on plant metabolism and grain yield under irrigated and moisture stress conditions of two wheat varieties[J]. Plant Growth Regulation, 1994, 14: 173—181.
- [22] Vardhini V B, Rao S S R. Effect of brassinosteroids on growth, Metabolite content and yield of *Arachis hypogaea*[J]. Phytochemistry, 1998, 48: 927—930.
- [23] Vardhini V B, Rao S S R. Effect of brassinosteroids on nodulation and nitrogenase activity in Groundnut (*Arachis hypogaea* L.)[J]. Plant Growth Regulation, 1999, 28: 165—167.
- [24] 邹 琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [25] 张明才, 李召虎, 田晓莉, 等. 植物生长调节剂 SHK-6 对大豆叶片氮素代谢的调控效应[J]. 大豆科学, 2004, 23(1): 15—20.
- [26] 陈新红, 蔡吉凤, 莫 庸. 多效唑对大豆某些生理生化特性的影响[J]. 新疆农业大学学报, 1998, 21(1): 60—64.
- [27] 张 鑫. 植物生长调节剂对大豆生长发育和氮代谢及产量品质的影响[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2010.
- [28] Schrader L E, Ritenour G L, Eilrich G L, et al. Some characteristics of nitrate reductase from higher plants[J]. Plant Physiol, 1968, 43: 930—940.
- [29] 郑淑琴. 钾对大豆生理效应及产量和品质的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2001, (4): 1—4.
- [30] 赵黎明. 花后 PGRs 对大豆生理代谢及产量和品质建成的调控[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2008.

Effect of different plant growth regulators on nitrogen metabolism-related indicators, yield and quality in soybean

SONG Li-ping¹, LIU Jin-hui², ZHENG Dian-feng¹, FENG Nai-jie¹

(1. College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319, China;

2. Daqing Tadano Import Crane Large-Scale Repair Shop, Daqing, Heilongjiang 163355, China)

Abstract: In the field planting conditions, The experiments researched the effects of three plant growth regulators (PGRs) of TIBA, S₃₃₀₇ and DTA on nitrogen metabolism-related indicators, yield and quality in soybean by spaying in V3 stage. 'Hefeng50' and 'Kennong4' (*Glycine max* (L.) Merr.), were selected as the experimental materials. The results showed that: The S₃₃₀₇ and DTA-6 increased the activity of Nitrate reductase in soybean leaves by spaying in V3 stage, increased synthesis of NO₃⁻-N and; but the effect was not significant to flowers; PGRs decreased abscission cellulose activity in pod and abscission pod by spaying at R3 stage, the regulation effect of TIBA was the best. Analysis showed that: The plant growth regulators decreased abscission cellulase activity, promoted flowers and pods development of soybean at V3, R1 and R3 stages, Conducive to increasing production. The comprehensive regulation effect is S₃₃₀₇ > DTA-6 > CK > TIBA.

Keywords: soybean; plant growth regulators; nitrogen metabolism; yield; quality