

## 植物生长调节剂对大豆氮代谢相关生理指标以及产量和品质的影响

郑殿峰, 宋春艳

(黑龙江八一农垦大学 农学院, 黑龙江 大庆 163319)

**摘要:**在大田栽培条件下,以垦农4号为材料,在始花期叶面喷施不同植物生长调节剂,比较大豆叶片中游离氨基酸含量、硝态氮含量、可溶性蛋白含量和硝酸还原酶活性的变化差异,研究叶面喷施植物生长调节剂6-苄基腺嘌呤(6-BA)、脱落酸(ABA)对大豆氮代谢相关生理指标以及对大豆产量品质的调控效应。结果表明:叶面喷施6-BA和ABA分别提高了大豆叶片中游离氨基酸含量、硝态氮含量、可溶性蛋白质含量和硝酸还原酶活性。综合分析表明,R1期叶面喷施植物生长调节剂6-BA、ABA调控了大豆叶片中氮代谢相关生理指标,极显著提高了大豆单株粒数、粒重等产量构成因素,其中6-BA还能够极显著提高大豆籽粒中脂肪含量。

**关键词:**植物生长调节剂;大豆;氮代谢

**中图分类号:**S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2011)01-0109-04

## Effects of Plant Growth Regulators(PGRs) on Nitrogen Metabolism Related Indicators and Yield in Soybean

ZHENG Dian-feng, SONG Chun-yan

(College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, Heilongjiang, China)

**Abstract:** Sprayed different plant growth regulator on Kennong 4 in early flowering season and compared the changing deviations of free amino acids, nitrate-nitrogen, soluble protein and NR activities in leaves. The regulation effect of 6-BA and ABA on nitrogen metabolism, yield and quality of soybean were studied. The results showed that sprayed 6-BA and ABA on leaves regulated the nitrogen metabolism, enhanced the contents of free amino acids, nitrate-nitrogen, soluble protein and NR activities and very significantly improved seeds number per plant and seeds weight. 6-BA could significantly increase the fat content in soybean seeds.

**Key words:** Plant growth regulator; Soybean; Leaf; Carbon metabolism

植物生长调节剂在调控植物氮代谢相关生理指标方面有极其重要的作用,多效唑能够增加大豆叶片蛋白质含量<sup>[1]</sup>。DTA-6和DTA-6+GA<sub>3</sub>能够提高大豆的根系活力和硝酸还原酶活性及硝态氮含量<sup>[2]</sup>。硝酸还原酶是植物体内将硝态氮转化为氨态氮的第一个关键酶,也是限速酶<sup>[3-4]</sup>。其活性高低反映了植物体氮代谢状况<sup>[5]</sup>,可以作为品种选育和营养诊断的生理生化指标<sup>[6]</sup>。大豆根系吸收固定的氮素主要以硝态氮的形式向上运输。叶片中硝态氮含量直接反应作物体内硝态氮积累与代谢情况,是作物的氮素营养、氮素同化利用与再利用状况的重要指标<sup>[7]</sup>。可溶性蛋白是植物所有蛋白组中最活跃的一部分,包括各种酶原、酶分子和代谢调节物含量变化,是反应叶片功能及衰老的可靠性指标之一<sup>[8]</sup>。因此,研究植物生长调节剂对大豆氮代谢相关生理指标的调控效应以及促进植物生长调节剂在大豆上的应用都具有重

要意义。

6-苄基腺嘌呤(6-BA)是人工合成的细胞分裂素类化合物,具有促进细胞分裂、调控营养物质运输、促进植物新陈代谢等功能<sup>[9-10]</sup>。6-BA能提高玉米叶片中硝酸还原酶活性<sup>[11]</sup>,提高青花菜花球产量<sup>[12]</sup>,还能够显著提高小麦籽粒蛋白质含量<sup>[13]</sup>。脱落酸(ABA)是一种以异戊二烯为基本单位组成的含15个碳的倍半萜羧酸。通常脱落酸被认为是一种胁迫激素和生长抑制物质,其可在植物营养生长阶段的逆境(干旱、高温等)响应中起作用。与糖和生长素相似,高或低浓度的ABA对生长发育的调节作用是很可能相反的<sup>[14-15]</sup>。这说明ABA对生长发育的调节作用远比传统意义上的看法更加复杂。现以垦农4号为材料,探讨了6-苄基腺嘌呤和脱落酸对大豆氮代谢相关生理指标及产量和品质的影响,旨在为植物生长调节剂在大豆栽培上的应用提供理论依据。

收稿日期:2010-09-20

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2006BAD21B01);黑龙江省“十一五”科技攻关资助项目(GA06B101-1-1)。

第一作者简介:郑殿峰(1969-),男,教授,博士生导师,现主要从事作物化控方面的研究。E-mail: dianfeng69@gmail.com。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验于2009年在黑龙江省大庆市林甸县吉祥村进行,土壤为草甸黑钙土,0~20 cm耕层土壤基础养分状况为:碱解氮 $192.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,有效磷 $4.10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效钾 $210.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,有机质 $2.85\%$ ,pH 7.80,盐总量 $0.12\%$ 。选用双高大豆品种垦农4号为材料,供试调节剂为 $16 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的6-苄基腺嘌呤(6-BA)和 $8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的脱落酸(ABA)。调节剂采用大田叶面喷施方式,以清水为对照(CK),于初花期(R1期)进行叶面喷施,每个处理按 $750 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的剂量喷施。6行区,行长5 m,行距0.65 m。随机区组设计,3次重复。播种时间为5月上旬,机播,密度为 $30 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,以尿素 $44.4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,二铵 $133.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,磷酸钾 $67.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,作为基肥。常规田间管理。

### 1.2 测定项目与方法

于7月11日(R1期)进行叶面喷施植物生长调节剂6-BA和ABA,7月20日系红绳,红绳系于全展倒三叶下方的茎上,7月21日取样,以后每10 d取一次样。每次取样时取红绳标记处向上的第一片复叶,用以研究植物生长调节剂对系统内叶片氮代谢相关生理指标的影响。测定生理指标包括游离氨基酸含量、硝态氮含量、可溶性蛋白质含量和硝酸还原酶活性。游离氨基酸采用张宪政的方法<sup>[16]</sup>。硝态氮采用张志良的方法<sup>[17]</sup>。可溶性蛋白质采用考马斯亮蓝法测定<sup>[18]</sup>。硝酸还原酶采用活体法<sup>[19]</sup>。产量采用长度样点法,品质用谷物分析仪进行测定。

### 1.3 数据分析

采用Excel和DPS进行数据处理和方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 植物生长调节剂对氮代谢相关生理指标的影响

2.1.1 叶片游离氨基酸含量 叶面喷施植物生长调节剂后,大豆叶片中游离氨基酸含量变化规律如图1所示。两处理和CK叶片中游离氨基酸含量变化表现各不相同。喷药后10~30 d,两处理和CK叶片中游离氨基酸含量迅速下降,两处理的游离氨基酸含量低于CK,至喷药后30 d 6-BA和ABA处理的游离氨基酸含量下降到最低,喷药后40 d CK的游离氨基酸含量下降到最低,而后上升。喷药后30~50 d 6-BA处理的游离氨基酸含量呈先上升后下降趋势,ABA处理的游离氨基酸含量逐渐升高,但两处理的游离氨基酸含量都高于CK,由此可见此阶段两处理对大豆叶片中游离氨基酸的增加都表现为促进作用。喷药

后50~60 d ABA处理叶片中游离氨基酸含量最高,CK次之,6-BA最低。可见此段时间ABA能提高大豆叶片中游离氨基酸含量,6-BA对游离氨基酸含量的积累则表现为抑制作用,方差分析得ABA的调控效果与CK达显著水平。

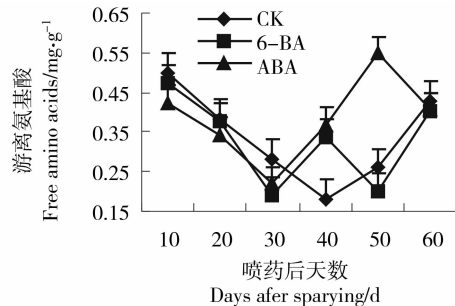


图1 PGRs对大豆叶片游离氨基酸含量的影响  
Fig.1 Effects of PGRs on free amino acids content of soybean leaves

2.1.2 叶片硝态氮含量 大豆根系吸收固定的氮素主要以硝态氮的形式向上运输。叶片中硝态氮含量直接反应作物体内硝态氮积累与代谢情况,是作物的氮素营养、氮素同化利用与再利用状况的重要指标<sup>[7]</sup>。由图2可以看出6-BA和CK叶片中硝态氮含量在喷药后10~30 d呈先升高后降低趋势,ABA处理的硝态氮含量呈先降低后升高趋势,CK和6-BA叶片中硝态氮含量在喷药后30 d降到最低,但ABA的硝态氮含量仍呈上升趋势。喷药后40~50 d两处理和CK的硝态氮含量均呈下降趋势,喷药后50~60 d两处理和CK叶片中硝态氮含量均升高,喷药后30~60 d 6-BA和ABA处理叶片中硝态氮含量均高于CK,6-BA和ABA的硝态氮含量分别较CK增加46.44%~84.97%和45.57%~83.16%。可见6-BA和ABA在喷药后期能提高大豆叶片中硝态氮含量,方差分析得两处理与CK达显著水平。

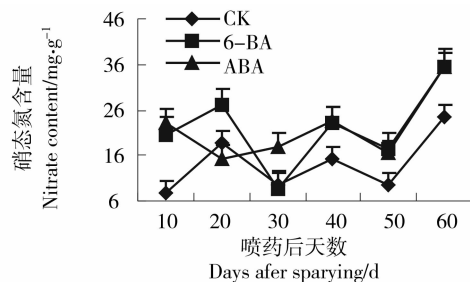


图2 PGRs对大豆叶片中硝态氮含量的影响  
Fig.2 Effects of PGRs on nitrate content of soybean leaves

2.1.3 叶片可溶性蛋白质含量 可溶性蛋白质是植物所有蛋白组分中最活跃的一部分,包括各种酶原、酶分子和代谢调节物含量变化,是反映叶片功能及衰老的可靠性指标之一<sup>[13]</sup>。叶面喷施植物生长调节剂后,大豆叶片中可溶性蛋白质含量变化规

律如图 3 所示。调节剂和 CK 处理叶片中的可溶性蛋白质含量变化规律基本保持一致,整体呈“上升-下降-上升-下降”趋势,喷药后 10~50 d ABA 处理的可溶性蛋白质含量较 CK 增加 1.11%~18.96%;喷药后 30~50 d 6-BA 处理的可溶性蛋白含量较 CK 增加 6.79%~12.05%。表明在喷药前期 6-BA 和 ABA 处理都能促进大豆叶片中可溶性蛋白含量的增加,方差分析得 ABA 的调控作用更显著。喷药后 50~60 d 两处理的可溶性蛋白含量降低速率较 CK 的降低速率大。表明此阶段 6-BA 和 ABA 可能促进了大豆叶片中可溶性蛋白的高效转化。

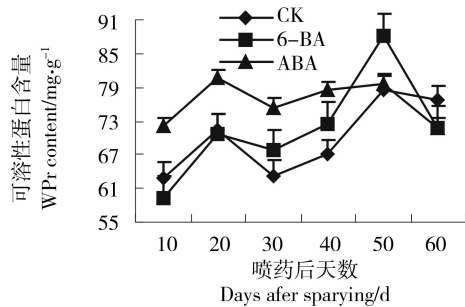


图 3 PGRs 对大豆叶片可溶性蛋白含量的影响

Fig. 3 Effects of PGRs on WPr cotent of soybean leaves

2.1.4 叶片硝酸还原酶活性 从图 4 可以看出,经叶面喷施不同植物生长调节剂后,大豆叶片中硝酸还原酶活性变化规律有所不同,CK 的硝酸还原酶

活性随取样时期的推移逐渐下降,两处理的硝酸还原酶活性则表现为先下降后上升再下降的趋势,喷药后 45~60 d ABA 的硝酸还原酶活性均高于 6-BA 处理和 CK,其中较 CK 增加 36.20%~164.85%,表明 ABA 对大豆叶片中硝酸还原酶活性有一定调控作用,且效果较 6-BA 更佳。6-BA 的硝酸还原酶活性在喷药后 50~60 d 高于 CK,较 CK 增加了 64.27%,表明此阶段 6-BA 能够提高叶片中硝酸还原酶活性。

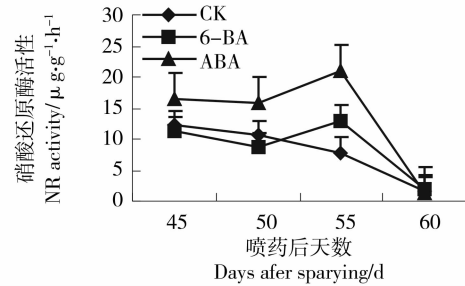


图 4 PGRs 对大豆叶片硝酸还原酶活性的影响

Fig. 4 Effects of PGRs on NR activity of soybean leaves

## 2.2 植物生长调节剂对大豆产量结构的调控

表 1 表明,叶面喷施植物生长调节剂对大豆产量结构有一定调控作用。6-BA 极显著提高了大豆株荚数、粒数、粒重和产量,ABA 极显著提高大豆单株粒数、粒重和产量,两处理对百粒重无显著性影响。

表 1 不同时期叶面喷施植物生长调节剂对大豆产量结构的调控

Table 1 Effects of leaf sparying on yield and yield structure of soybean grains at different growth stages

处理 Treatments	单株荚数 Pods number per plant	单株粒数 Seeds number per plant	单株粒重 Yield per plant/g	百粒重 100-seed weight/g	产量 Yield/kg·hm <sup>-2</sup>
CK	17.27 ± 1.21bB	34.97 ± 2.06bB	5.96 ± 0.10bB	17.00 ± 0.48bA	1788.41 ± 45.80bB
6-BA	21.10 ± 0.61aA	40.67 ± 0.51aA	7.27 ± 0.07aA	17.81 ± 0.63abA	2170.22 ± 86.25aA
ABA	19.80 ± 0.56aAB	39.50 ± 0.78aA	7.29 ± 0.29aA	18.52 ± 0.48aA	2168.92 ± 12.35aA

## 2.3 植物生长调节剂对大豆产量和品质的调控

从表 2 中可以看出,叶面喷施植物生长调节剂,对大豆品质影响有所不同。调节剂处理对籽粒中蛋白质含量无显著性影响,6-BA 极显著提高了大豆籽粒中脂肪含量,但却没有降低蛋白质含量,ABA 对籽粒中蛋白质和脂肪总的含量均没有显著影响。

表 2 不同时期叶面喷施植物生长调节剂对大豆品质的影响

Table 2 Effects of PRGs on quality of soybean grains at different growth stages

处理 Treatments	蛋白质含量 Protein content/%	脂肪含量 Oil content/%	蛋脂总量 Protein and oil/%
CK	40.73 ± 0.25aA	20.10 ± 0.12bB	60.83 ± 0.72aA
6-BA	41.10 ± 0.21aA	20.53 ± 0.06aA	61.63 ± 0.60aA
ABA	40.83 ± 0.54aA	20.37 ± 0.10aAB	61.20 ± 0.17aA

## 3 讨论

大豆是含氮量很高的作物,氮素参与大豆的主要生理代谢,在大豆产量形成和蛋白质积累中起着至关重要的作用<sup>[20]</sup>。氮素进入植株体后的代谢是一个十分重要的生理过程,它直接影响到大豆的产量和品质。相关报道指出<sup>[2]</sup>,DTA-6、GA<sub>3</sub> 和 DTA-6 + GA<sub>3</sub> 均可提高大豆根系可溶性蛋白含量。许艳丽等<sup>[21]</sup>试验证明,2,4-D 能够提高大豆产量。该研究表明,R1 期叶面喷施植物生长调节剂后,提高了大豆叶片中游离氨基酸含量、硝态氮含量、可溶性蛋白含量及硝酸还原酶活性,且 ABA 对硝酸还原酶活性的调控效应强于 6-BA。此外,6-BA 和 ABA 对大豆产量及品质均有不同程度的提高,可以证实叶

面喷施植物生长调节剂可以调控氮代谢的合成速度,达到提高产量和品质的最终目的。

## 参考文献

- [1] 陈钦高,孙志,王刚,等.多效唑在大豆上的应用效果[J].河南农业科学,1992(10):18-19. (Chen Q G, Sun Z, Wang G, et al. Application effects of PPP333 on soybean [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 1992(10):18-19.)
- [2] 张鑫,翟瑞常,郑殿峰,等.植物生长调节剂对大豆根系氮代谢相关指标的影响[J].大豆科学,2010,29(3):433-436. (Zhang X, Zhai R C, Zheng D F, et al. Effects of plant growth regulators (PGRs) on nitrogen metabolism related indicators in soybean roots [J]. Soybean Science, 2010, 29(3):433-436.)
- [3] Schrader L E, Ritenour G L, Eilrich G L, et al. Some characteristics of nitrate reductase from higher plant[J]. Plant Physiology, 1968, 43:930-940.
- [4] Dalling M J, Boland G, Wilson J H. Relation between acid proteinase activity and redistribution of nitrogen during grain development in wheat [J]. Functional Plant Physiology, 1976, 3: 721-730.
- [5] 高松洁,王文静,郭天财,等.不同穗型冬小麦品种灌浆期旗叶碳氮代谢特点及籽粒淀粉积累动态[J].作物学报,2003,29(3):427-431. (Gao S J, Wang W J, Guo T C, et al. C-N metabolic characteristics in flag leaf and starch accumulating developments in seed during grain filling stage in two winter wheat cultivars with different spike type [J]. Acta Agronomica Sinica, 2003, 29(3):427-431.)
- [6] 李豪喆.大豆叶片硝酸还原酶活性的研究[J].植物生理学通讯,1986(4):30-32. (Li H Z. Study on NR activity of soybean leaves [J]. Plant Physiology Communications, 1986(4):30-32.)
- [7] 宋海星,王学立,王开运.不同节位玉米叶片硝态氮含量及硝酸还原酶活性[J].陕西农业科学,2005(3):72-74. (Song H X, Wang L X, Wang K Y. The nitrate content and NR activity in joint positions of maize leaves [J]. Shaanxi Agricultural Sciences, 2005(3):72-74.)
- [8] 莱谢姆.植物衰老过程及调控[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1986. (Leshem Y Y. Plant senescent and regulation [M]. Shenyang: Liaoning Science and Technology Publishers, 1986.)
- [9] 张平,黄卫东.6-BA在植物体内及其在果树生产中的应用[M].北京:中国青年农业科学学术年报,1999:852-59. (Zhang P, Huang W D. The application of 6-BA in plant and orchards production [M]. Beijing: Academic Annual Report of China Youth Agricultural Science, 1999:852-59.)
- [10] 农业部农药检定所.农药电子手册[EB/OL].北京:农业部农药检定所,2006:18-24. (Institute for the control of agrochemicals, ministry of agriculture. Agrochemicals Electron Manual [EB/OL]. Beijing: Institute for the Control of Agrochemicals, Ministry of Agriculture, 2006:18-24.)
- [11] 董志强,解振兴,薛金涛,等.苗期叶面喷施6-BA对玉米硝酸还原酶活性的影响[J].玉米科学,2008,16(15):54-57. (Dong Z Q, Xie Z X, Xue J T, et al. The effect of 6-BA on NR of corn seedling by leaf spraying [J]. Journal of Maize Sciences, 2008, 16(15):54-57.)
- [12] 王廷芹,杨运英,杨暹.6-BA对青花菜叶绿素含量及品质、产量的影响[J].江西农业学报,2009,21(5):65-66. (Wang T Q, Yang Y Y, Yang L. Effects of cytokinin application on chlorophyll content, quality and yield of broccoli [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2009, 21(5):65-66.)
- [13] 张敏,戴廷波,姜东,等.6-BA对小麦花后C/N物质运转和籽粒品质的影响[J].南京农业大学学报,2006,29(4):6-10. (Zhang M, Dai T B, Jiang D, et al. Effects of 6-BA on carbon and nitrogen assimilate translocation after anthesis and quality formation in wheat [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2006, 29(4):6-10.)
- [14] Mitchell J W, Mandava N B, Worley J F. Brassins-A new family of plant hormones from pollen [J]. Nature, 1970, 22(5):1065.
- [15] Grove M D, Spencer G F, Rohwedder W K. A plant growth promoting steroid isolate from *Bbrassica napus* pollen [J]. Nature, 1979, 28(1):216-220.
- [16] 张宪政.作物生理研究法[M].北京:农业出版社,1992:153-155. (Zhang X Z. Study method of crop physiology [M]. Beijing: Agriculture Press, 1992:153-155.)
- [17] 张志良.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2003:169-170. (Zhang Z L. Experimental technology of plant physiology [M]. Beijing: Higher Educational Publishers, 2003:153-155.)
- [18] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:184-185. (Li H S. Technology and principle of plant technology [M]. Beijing: Higher Education Publishers, 2000:184-185.)
- [19] 邹琦.植物生理实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000:27-29. (Zou Q. Experimental technology of plant physiology [M]. Beijing: Agriculture Press of China, 2000:27-29.)
- [20] 刘晓冰,金剑,张秋英,等.不同大豆基因型氮素积累运转研究简报[J].大豆科学,2001,20(4):298-301. (Liu X B, Jin J, Zhang Q Y, et al. Nitrogen accumulation and translocation in different soybean varieties [J]. Soybean Science, 2001, 20(4):298-301.)
- [21] 许艳丽,李兆林,韩晓增,等.壮丰安对大豆生长发育及产量的调控研究[J].大豆科学,1999,18(4):355-360. (Xu Y L, Li Z L, Han X Z, et al. Research on the 2,4-D on development and yield of soybean [J]. Soybean Science, 1999, 18(4):355-360.)