

## 花期追施氮肥对不同株型黑豆品种生殖生长期叶片生理生化特性的影响

陈振武, 钱 朗, 王海英, 张惠君

(沈阳农业大学 农学院, 辽宁 沈阳 110866)

**摘 要:** 选用沈黑 3 号(直立型)和辽黑 1 号(半蔓生型)2 个黑豆品种为材料, 设置  $0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  (N0)、 $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  (N1)、 $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  (N2) 和  $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  + 叶面喷施  $22.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  (N3) 4 个追施氮肥处理, 探讨了花期追施氮肥对不同株型黑豆品种叶片生理生化特性的影响。结果表明: 不同施氮处理并没有显著改变黑豆叶片不同生育期叶绿素含量、净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间  $\text{CO}_2$  浓度等的变化规律, 辽黑 1 号的各光合生理指标明显高于沈黑 3 号。不同施氮处理间的叶绿素含量和净光合速率呈现明显的差异, 而叶片蒸腾速率、气孔导度和胞间  $\text{CO}_2$  浓度差异不显著。在开花期、结荚期和鼓粒期, 随着施氮量的增加, 2 个黑豆品种的 SOD、POD 和 CAT 活性均逐渐增强; 辽黑 1 号叶片的 SOD、POD 和 CAT 活性均高于沈黑 3 号。不同施氮处理相比较, N2 对生理指标影响大于 N3, 而 N3 对生化指标影响大于 N2; 品种间比较, 辽黑 1 号优于沈黑 3 号。

**关键词:** 黑豆; 株型; 氮肥; 光合特性; 保护酶活性

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2010)04-0623-04

## Effect of Nitrogen Fertilizer on Leaf Physiological and Biochemical Traits of Black Soybean during Reproductive Stage

CHEN Zhen-wu, QIAN Lang, WANG Hai-ying, ZHANG Hui-jun

(College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, Liaoning, China)

**Abstract:** Erect black soybean variety of Shenhei No. 3 and semi-rampancy variety of Liaohei No. 1 were used as materials. Four nitrogen fertilizer application levels,  $0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  (N0),  $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  (N1),  $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  (N2) and  $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  plus leaf spraying  $22.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  (N3), were set. Photosynthetic traits of chlorophyll content (CC), net photosynthetic rate ( $P_n$ ), transpiration rate ( $Tr$ ), stomatal conductance ( $Cond$ ) and intercellular carbon dioxide concentration ( $C_i$ ) as well as protective enzymes of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CAT) at reproductive stage were determined. The purpose of this study was to discuss the effects of different nitrogen fertilizer levels on physiological and biochemical characteristics in different black soybean varieties. Nitrogen treatment didn't change the changing trend of the tested photosynthetic indexes, the CC,  $P_n$ ,  $Tr$ ,  $Cond$  and  $C_i$  of Liaohei No. 1 were significantly higher than those of Shenhei No. 3. CC and  $P_n$  varied significantly between nitrogen treatments, while no distinctive difference were found for  $Tr$ ,  $Cond$  and  $C_i$ . With the increment of nitrogen amount, SOD, POD and CAT of both cultivar showed increasing trend. SOD, POD and CAT activity of Liaohei No. 1 were higher than those of Shenhei No. 3. In conclusion, N3 had more influences on photosynthetic traits, while N2 shows more effects on protective enzymes. Besides, Liaohei No. 1 performed better than Shenhei No. 3.

**Key words:** Black soybean; Plant type; Nitrogen fertilizer; Photosynthesis characteristic; Protective enzymes activities

黑豆属豆科作物, 因种皮颜色黑而得名, 为一年生草本植物。黑豆除与黄大豆一样含有丰富的粗蛋白外, 还含有人体必需的矿物质, 因此具有较高的药用保健价值和农业增值潜力<sup>[1-2]</sup>。前人研究表明, 施用氮肥能促进大豆生长, 提高大豆产量<sup>[3-4]</sup>, 适量施加氮肥能增加大豆叶片过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)的活性, 进而增强大豆的抗逆性<sup>[5-6]</sup>; 花期追施适量氮肥, 能明显提高莱用大豆品种植株花后的叶绿素含量、光合速率和荚果

可溶性糖含量等生理指标<sup>[7]</sup>。关于氮肥对黑豆品种影响的研究报道较少, 该文以不同黑豆品种为试材, 探讨了不同施氮量对黑豆品种叶片光合生理和生化特性的影响, 旨在为黑豆高产高效栽培提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

供试品种为有限结荚习性的直立型黑豆品种

收稿日期: 2010-01-14

基金项目: 辽宁省科技厅资助项目(2006201008)。

第一作者简介: 陈振武(1953-), 男, 教授, 研究方向为作物栽培生理。E-mail: chenchenwu2003@163.com。

沈黑3号和半蔓生型的黑豆品种辽黑1号。供试肥料为辽河牌尿素(含氮量46%)。

## 1.2 试验设计

试验于2007~2008年在沈阳农业大学试验地进行。前茬作物是玉米,地势平坦,土壤肥沃,地力均一。土壤0~40 cm耕层养分含量为速效氮 $98.00 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-2}$ 、速效钾 $57.88 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-2}$ 、速效磷 $69.16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-2}$ 、有机质1.2%。

试验设 $0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  (N0)、 $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  (N1)、 $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  (N2)和 $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  + 叶面喷施 $22.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  (N3)4个施氮处理。播前整地时施有机肥 $15 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,不施种肥,各处理的氮肥在开花期以追肥方式施入。试验采用随机区组排列,5行区,行长5 m、行距60 cm,小区面积 $15 \text{ m}^2$ ,种植密度 $15 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,3次重复。4月28日播种,9月20日收获,常规田间管理。

## 1.3 测定项目与方法

**1.3.1 光合生理指标的测定** 在不同株型黑豆品种的开花期、始荚期、始粒期、鼓粒期和鼓粒后期,选取各处理主茎倒数第3片叶,利用活体叶绿素仪 (SPAD504)测定叶绿素含量,利用 Li-6400 光合仪测定净光合速率( $P_n$ )、蒸腾速率( $Tr$ )、气孔导度( $Cond$ )和胞间 $\text{CO}_2$ 浓度( $C_i$ )等生理指标,3次重复。各指标均在晴朗天气的上午9:00~11:00测定。

**1.3.2 生化指标的测定** 在不同株型黑豆品种的开花期、结荚期和鼓粒期剪取各处理的倒数第3片叶,将剪下的叶片装于塑封袋内,带回实验室冷冻于 $-70^\circ\text{C}$ 低温冰柜内,用于测定生化指标。其中,SOD的测定参考邹琦的方法<sup>[8]</sup>;POD的测定参考张宪政的邻甲氧基苯酚法<sup>[9]</sup>;CAT的测定参考张宪政的高锰酸钾滴定法<sup>[9]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施氮处理对黑豆叶片光合生理指标的影响

**2.1.1 叶绿素含量** 从图1可知,不同株型黑豆品种的叶绿素含量随生育期的推进均呈单峰曲线变化,沈黑3号在始粒期最高,辽黑1号在鼓粒期最高。并且辽黑1号的叶绿素含量明显高于沈黑3号( $P < 0.01$ )。各施氮处理在开花期、始荚期均提高了2个品种的叶绿素含量,其中N2处理的叶绿素含量高于其它施氮处理;在鼓粒后期,各施氮处理均降低了2个黑豆品种的叶绿素含量。

**2.1.2 净光合速率( $P_n$ )** 从图2可以看出,不同株型黑豆品种的光合速率呈双峰曲线变化。施氮

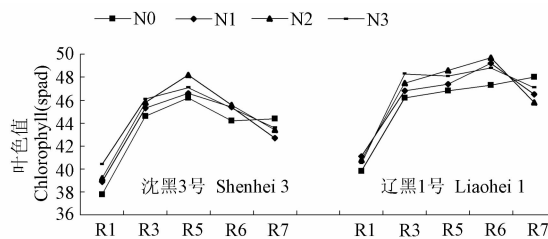


图1 施氮对不同株型黑豆叶片叶绿素含量的影响

Fig.1 Effect of nitrogen fertilizer on chlorophyll content of different plant-type black soybean

处理间净光合速率表现为 $N1 > N2 > N3 > N0$ ;不同品种间净光合速率相比较,沈黑3号在N1处理下的始荚期达到最大值;而辽黑1号在N3处理下达到较大值。总体来看,辽黑1号的净光合速率极显著( $P = 0.0043 < 0.01$ )高于沈黑3号;各品种的净光合速率在不同施肥处理间均达到显著水平( $P < 0.05$ )。

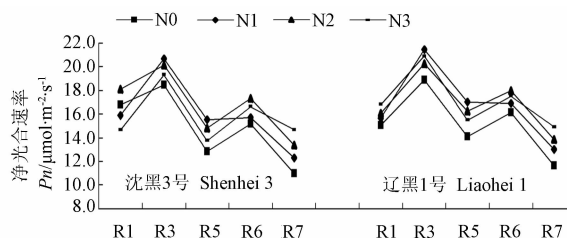


图2 施氮对不同黑豆叶片净光合速率的影响

Fig.2 Effect of nitrogen fertilizer on  $P_n$  of different plant-type black soybean

**2.1.3 蒸腾速率( $Tr$ )** 从图3可以看出,不同株型黑豆品种的蒸腾速率从始花期到鼓粒后期呈逐渐降低的变化趋势,2个品种间的蒸腾速率差异显著( $P = 0.021 < 0.05$ ),但2个品种各生育时期不同施氮处理间的蒸腾速率差异均不显著( $P > 0.05$ )。

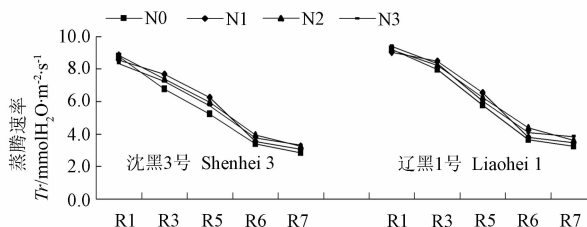


图3 施氮对不同株型黑豆叶片蒸腾速率变化的影响

Fig.3 Effect of nitrogen fertilizer on  $Tr$  of different plant-type black soybean

**2.1.4 气孔导度( $Cond$ )** 从图4可以看出,不同株型黑豆品种的气孔导度从始花期到鼓粒后期呈逐渐降低的变化趋势;辽黑1号的气孔导度显著( $P = 0.036 < 0.05$ )高于沈黑3号;辽黑1号和沈黑3号不同施氮处理的气孔导度整体表现为 $N2 > N3 > N1 > N0$ ,但2个品种各生育时期不同施氮处理间的

气孔导度差异均不显著( $P > 0.05$ )。

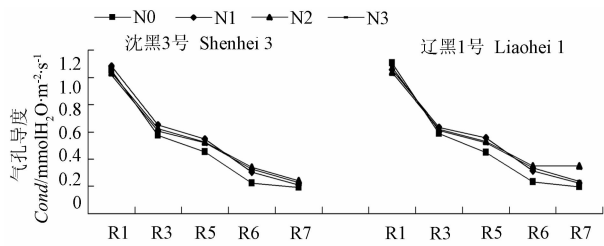


图4 施氮对不同株型黑豆叶片气孔导度的影响  
Fig.4 Effect of nitrogen fertilizer on Cond of different plant-type black soybean

2.1.5 胞间CO<sub>2</sub>浓度(Ci) 由图5可以看出,不同株型黑豆品种的胞间CO<sub>2</sub>浓度从始花期到鼓粒后期呈逐渐降低的变化趋势;辽黑1号的胞间CO<sub>2</sub>浓度显著( $P = 0.047 < 0.05$ )高于沈黑3号;辽黑1号和沈黑3号不同施氮处理的气孔导度整体表现为N2 > N3 > N1 > N0,但2个品种各生育时期不同施氮处理间的胞间CO<sub>2</sub>浓度差异均不显著( $P > 0.05$ )。

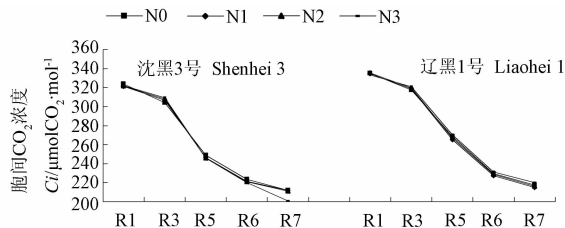


图5 施氮对不同株型黑豆叶片胞间二氧化碳浓度的影响  
Fig.5 Effect of nitrogen fertilizer on Ci of different plant-type black soybean

2.2 不同施氮处理对黑豆叶片生化指标的影响

2.2.1 超氧化物歧化酶(SOD) 从表1可知,在各取样时期,随着施氮量的增加,沈黑3号和辽黑1号叶片的SOD活性整体呈增加趋势。辽黑1号的SOD活性高于沈黑3号。不同施氮处理间,沈黑3号和辽黑1号SOD活性差异均显著( $P < 0.05$ )。

2.2.2 过氧化物酶(POD) 从表2可知,随着施氮量增加2个黑豆品种叶片POD活性在开花期、结荚期和鼓粒期逐渐增加,鼓粒期达到最大。不同施氮处理后,沈黑3号和辽黑1号POD活性都表现为N3 > N2 > N1 > N0。辽黑1号的POD活性高于沈黑3号。沈黑3号不同施氮处理间POD活性差异显著( $P = 0.028 < 0.05$ ),辽黑1号不同施氮处理间POD活性差异也显著( $P = 0.045 < 0.05$ )。

2.2.3 过氧化氢酶(CAT) 从表3可知,随着施氮量的增加,2个黑豆品种在各测定时期的叶片CAT活性都呈逐渐上升的趋势。辽黑1号的CAT活性高于沈黑3号。沈黑3号不同施氮处理间CAT活性差异显著( $P = 0.048 < 0.05$ ),辽黑1号不同施氮处理间

CAT活性差异也显著( $P = 0.041 < 0.05$ )。

表1 施氮对不同株型黑豆叶片SOD活性的影响  
Table 1 Effect of nitrogen fertilizer on SOD activity of different plant-type black soybean/U · g<sup>-1</sup> FW

品种 Cultivar	处理 Treatment	开花期 Flowering	结荚期 Podding	鼓粒期 Graining
沈黑3号 Shenhei 3	N0	471.20	515.97	621.59
	N1	490.94	642.49	623.06
	N2	600.53	507.60	624.89
	N3	602.37	510.54	625.35
辽黑1号 Liaohei 1	N0	610.53	631.10	687.68
	N1	625.97	673.73	627.76
	N2	607.49	678.43	645.04
	N3	609.64	679.26	646.53

表2 施氮对不同株型黑豆叶片POD活性的影响  
Table 2 Effect of nitrogen fertilizer on POD activity of different plant-type black soybean /ΔA470 · g<sup>-1</sup> FW · min<sup>-1</sup>

品种 Cultivar	处理 Treatment	开花期 Flowering	结荚期 Podding	鼓粒期 Graining
沈黑3号 Shenhei 3	N0	6.49	15.47	27.80
	N1	12.82	19.35	27.92
	N2	15.53	18.52	28.23
	N3	17.46	18.94	28.55
辽黑1号 Liaohei 1	N0	9.01	17.48	29.60
	N1	20.56	18.42	27.18
	N2	21.98	20.63	27.23
	N3	23.13	21.25	27.67

表3 施氮对不同株型黑豆叶片CAT活性的影响  
Table 3 Effect of nitrogen fertilizer on CAT activity of different plant-type black soybean /mgH<sub>2</sub>O<sub>2</sub> · g<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>

品种 Cultivar	处理 Treatment	开花期 Flowering	结荚期 Podding	鼓粒期 Graining
沈黑3号 Shenhei 3	N0	13.18	15.63	7.20
	N1	15.24	15.97	8.40
	N2	17.80	17.21	8.53
	N3	18.94	17.84	8.59
辽黑1号 Liaohei 1	N0	12.65	14.28	10.65
	N1	16.86	17.00	13.26
	N2	18.21	18.88	11.77
	N3	20.78	20.35	11.85

3 结论

不同施氮处理并没有显著改变黑豆叶片不同生育期叶绿素含量、净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间CO<sub>2</sub>浓度等的变化规律。其中叶片气孔导度和胞间CO<sub>2</sub>浓度在开花期达到最大值,净光合速率在始荚期达到最大值。并且辽黑1号的叶绿素含量、净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间CO<sub>2</sub>浓度显著高于沈黑3号。不同施氮处理间的叶绿

素含量和净光合速率呈明显差异,而不同施氮处理间的叶片蒸腾速率、气孔导度和胞间  $\text{CO}_2$  浓度差异不显著。在开花期、结荚期和鼓粒期,随着施氮量的增加,2 个黑豆品种的 SOD、POD 和 CAT 活性均逐渐增强;辽黑 1 号叶片的 SOD、POD 和 CAT 活性均高于沈黑 3 号。不同施氮处理相比较,N2 对生理指标影响大于 N3,而 N3 对生化指标影响大于 N2;品种间比较,辽黑 1 号优于沈黑 3 号。

### 参考文献

- [1] 洪池. 中华名贵豆-药黑豆[J]. 农村科技开发,1995,25(4): 31. (Hong C. China rare bean and drug-black bean[J]. Rural Technology Development,1995,25(4):31.)
- [2] 覃初贤. 桂西黑大豆资源主要性状观察和品质分析[J]. 广西农业科学,1995(4):158-160. (Tan C X. Main character observation and quality analysis of black soybean resources in Guixi[J]. Guangxi Agricultural Sciences,1995(4):158-160.)
- [3] 王丹英,汪自强. 播期、密度、氮肥用量对菜用大豆产量和品质的效应[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2001,27(1):69-72. (Wang D Y, Wang Z Q. Effect of planting date, plant density and nitrogen application rate on yield and quality of vegetable soybean[J]. Journal of Zhejiang University (Agriculture. & Life Science),2001,27(1):69-72.)
- [4] 刘丽君,孙聪姝,刘艳,等. 氮肥对大豆结瘤及叶片氮素积累的影响[J]. 东北农业大学学报,2005,36(2):133-137. (Liu L J, Sun C S, Liu Y, et al. Effects of nitrogen on nodule-forming and nitrogen concentration in soybean leaves[J]. Journal of Northeast Agricultural University,2005,36(2):133-137.)
- [5] 张瑞朋,佟斌,傅连舜,等. 氮肥对不同来源大豆品种叶片保护酶的影响[J]. 大豆科学,2009,28(5):833-836. (Zhang R P, Tong B, Fu L S, et al. Effects of top-dressing nitrogen on protective enzymes of soybean leaves from different regions[J]. Soybean Science,2009,28(5):833-836.)
- [6] 张建新,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.)
- [7] 黄正来,武立权,韩立德. 花期追施氮肥对菜用大豆 AC10 生理指标及产量影响的研究[J]. 激光生物学报,2005,14(3):193-196. (Huang Z L, Wu L Q, Han L D. Effect of dressing nitrogen on physiological index and yield vegetable of soybean variety AC<sub>10</sub> at anthesis[J]. Acta Laser Biology Sinica,2005,14(3):193-196.)
- [8] 邹琦. 植物生理实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000:208-211. (Zou Q. Plant physiology experimental guide [M]. Beijing:China Agriculture Press,2000:208-211.)
- [9] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:农业出版社,1992:217-220. (Zhang X Z. Crop physiology research methods [M]. Beijing:Agricultural Publishing House,1992:217-220.)

## 欢迎订阅 2011 年《中国生态农业学报》

《中国生态农业学报》由中国科学院遗传与发育生物学研究所和中国生态经济学会主办,中国科学院主管,科学出版社出版。

《中国生态农业学报》主要报道农业生态学、生态学、农业资源与环境保护、农业生态经济学及生态农业建设等领域创新性研究成果。适于从事农业生态学、生态学、生态经济学以及环境保护等领域科技人员、高等院校有关专业师生,农业及环境管理工作者和基层从事生态农业建设的技术人员阅读与投稿。

《中国生态农业学报》国内外公开发行,国内刊号 CN13-1315/S,国际刊号 ISSN1671-3990。双月刊,国际标准大 16 开本,192 页,每期定价 35 元,全年 210 元。邮发代号:82-973,全国各地邮局均可订阅。漏订者可直接汇款至编辑部补订(需另加邮资 24.00 元)。

地址:(050021) 河北省石家庄市槐中路 286 号《中国生态农业学报》编辑部

电话:(0311) 85818007 传真:(0311) 85815093

网址: <http://www.ecoagri.ac.cn> E-mail: [editor@sjziam.ac.cn](mailto:editor@sjziam.ac.cn)