

## $\alpha$ -萘乙酸对干旱和复水处理下大豆幼苗生长和光合作用的影响

梁 鹏,邢兴华,周 琴,韩亮亮,田一丹,张国正,邢 邯,江海东

(南京农业大学 农业部作物生理生态重点开放实验室,国家大豆改良中心,江苏 南京 210095)

**摘 要:**以大豆品种南农 99-6 为材料,通过盆栽试验研究了  $\alpha$ -萘乙酸对干旱和复水处理下大豆幼苗生长和光合作用的影响。结果表明:干旱抑制了大豆的生长,植株的生物量和叶面积的增长速率降低,叶片相对含水量、叶绿素含量、净光合速率、气孔导度、胞间  $\text{CO}_2$  浓度和蒸腾速率等生理指标急剧下降。复水后大豆生长状况得到改善,植株的生物量和叶面积的增长速率变大,叶片相对含水量、叶绿素含量、净光合速率、气孔导度、胞间  $\text{CO}_2$  浓度和蒸腾速率迅速回升,并在试验的最后阶段接近正常对照的水平。 $\alpha$ -萘乙酸预处理,使干旱处理后大豆幼苗生物量和叶面积的增长速率下降变缓,叶片相对含水量、叶绿素含量、光合参数等生理指标的降低幅度变小,复水后加快了各项生理指标的恢复速度,较干旱处理更快恢复到正常水平,可见 NAA 能有效增强大豆幼苗的抗旱能力。

**关键词:** $\alpha$ -萘乙酸;干旱;复水;大豆幼苗;生长;光合作用

**中图分类号:**S565.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-9841(2011)01-0050-06

## Effect of NAA on Growth and Photosynthetic Characteristic of Soybean Seedling under Drought and Re-watering

LIANG Peng, XING Xing-hua, ZHOU Qin, HAN Liang-liang, TIAN Yi-dan, ZHANG Guo-zheng, XING Han, JIANG Hai-dong

(Key Laboratory of Crop Physiology and Ecology Ministry of Agriculture, National Center for Soybean Improvement, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu, China)

**Abstract:** Soybean (*Glycine max* var. Nannong99-6) was used to study the effects of  $\alpha$ -naphthaleneacetic acid (NAA) on growth and photosynthetic characteristic of seedling under drought and re-watering with pot experiment. The results showed that drought inhibited the growth of soybean seedling. The increasing rate of biomass and leaf area decreased. Leaf relative water content, chlorophyll content, photosynthesis rate ( $P_n$ ), stomata conductance to  $\text{CO}_2$  ( $G_s$ ), intercellular  $\text{CO}_2$  concentration ( $C_i$ ) and transpiration rate ( $Tr$ ) all decreased sharply. After re-watering, the increasing rate of biomass and leaf area increased. chlorophyll content, leaf relative water content,  $P_n$ ,  $G_s$ ,  $C_i$  and  $Tr$  all increased rapidly and almost restored to the normal level at the final stage of experiment. Pre-treatment of NAA alleviated the decrease of the increasing rate of biomass and leaf area, leaf relative water content, chlorophyll content,  $P_n$ ,  $G_s$ ,  $C_i$  and  $Tr$  during drought stress time. And after re-watering, it also promoted the restore of soybean and increased physiological index as compared with drought treatment. It showed that NAA could effectively enhance the ability of drought resistance in soybean at seedling stage.

**Key words:** NAA; Drought; Re-watering; Soybean seedling; Growth; Photosynthetic characteristic

我国是一个缺水严重的国家,干旱、半干旱地区约占国土面积的一半以上。而非干旱的农业区,季节性干旱也常常对农业生产造成严重危害<sup>[1]</sup>。大豆根系不发达且需水量多,在豆类作物中对干旱最为敏感<sup>[2]</sup>。干旱胁迫能够降低大豆叶绿素含量<sup>[3]</sup>,抑制光合作用<sup>[4-6]</sup>,引起生物量和产量的下降<sup>[7]</sup>。因此干旱已成为大豆高产稳产的重要限制因素<sup>[8]</sup>。 $\alpha$ -萘乙酸是一种类生长物质,不仅能提高植物光合作用,扩大、诱导形成不定根,促进细胞分裂,加速生长发育<sup>[9-11]</sup>,而且能增强植物抗旱、抗寒

等抗逆能力<sup>[12-13]</sup>。试验以大豆为材料,研究  $\alpha$ -萘乙酸对干旱和复水处理下大豆幼苗生长和光合作用的影响及其机理,为大豆的抗旱栽培提供理论依据和技术支持。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

供试大豆品种为南农 99-6 (*Glycine max* var. Nannong99-6)。

收稿日期:2010-11-11

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划重点资助项目(2009BADA8B02);江苏省重点科技支撑与自主创新示范工程资助项目(BE2008618)。

第一作者简介:梁鹏(1983-),男,在读硕士,研究方向为大豆生理生态。E-mail: 40889261@qq.com。

通讯作者:江海东(1968-),男,副教授,博士,主要从事作物生理生态研究。E-mail: hdjiang@njau.edu.cn。

## 1.2 试验设计

试验于2010年6月在南京农业大学牌楼试验站进行,将南农99-6大豆种子直播于直径20 cm,高15 cm的塑料盆中,每盆6粒,三叶期定苗,每盆留苗3株。五叶期取长势一致的大豆幼苗进行处理,叶面分别喷施清水(T0)和浓度为 $80 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (T80)的 $\alpha$ -萘乙酸(NAA),喷施量以叶片滴液为限。之后停止浇水,处理后5 d傍晚恢复浇水,此后每日正常浇水至试验结束,以每日正常浇水的植株为对照(CK),每个处理3次重复。分别在处理0、5、10、15和20 d的上午取样,测定生物量、叶片相对含水量、叶绿素、光合参数等指标。在喷施NAA和清水之后取样测定离体叶片失水速率。

## 1.3 测定项目与方法

生物量测定:每处理选取3株大小一致的植株,按根、茎、叶分样,称重后 $105^\circ\text{C}$ 杀青30 min, $80^\circ\text{C}$ 烘干至恒重后称干重。

叶面积的测定:用LI-3100叶面积仪测定。

叶绿素测定:参照李合生<sup>[14]</sup>的方法。

光合参数测定:用Li-6400(Li-CorInc,美国)便携式光合作用测定系统测定。选择晴天上午测定净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、胞间 $\text{CO}_2$ 浓度( $C_i$ )和蒸腾速率( $T_r$ )。

叶片相对含水量的测定:将叶片称重后,放入装有蒸馏水的封口袋中,放入 $4^\circ\text{C}$ 冰箱中浸泡24 h后称重(饱和质量),烘干,计算相对含水量<sup>[15]</sup>。叶片相对含水量 $=[(\text{鲜质量}-\text{干质量})/(\text{饱和质量}-\text{干质量})] \times 100\%$ 。

离体叶片失水速率的测定:将叶片称重后,用透明胶带粘于横拉的铁丝上,使叶片保持离体失水状态,3 h和6 h后再次测定叶片质量,之后烘干,计算得出叶片离体失水速率<sup>[15]</sup>。 $0 \sim 3 \text{ h}$ 离体叶片失水速率 $= (\text{鲜质量}-\text{失水3 h后质量})/(\text{干质量} \times 3)$ , $3 \sim 6 \text{ h}$ 离体叶片失水速率 $= (\text{失水6 h后质量}-\text{失水3 h后质量})/(\text{干质量} \times 3)$ 。

## 1.4 数据处理

采用Excel 2003软件处理试验数据,采用DPS软件的LSD法对试验数据进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 $\alpha$ -萘乙酸对干旱和复水处理下大豆幼苗生长的影响

2.1.1 株高 由图1可知,各处理的株高均随时间呈上升趋势。干旱处理的株高略低于正常对照。喷施NAA后,株高略有提高,但各处理间差异均不显著。

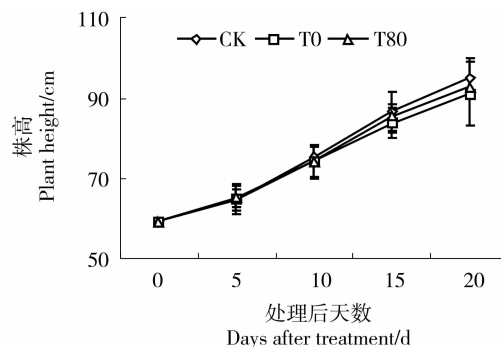


图1  $\alpha$ -萘乙酸对干旱和复水处理下大豆幼苗株高的影响

Fig. 1 Effect of NAA on plant height of soybean seedling under drought and re-watering

2.1.2 生物量 由图2可知,各处理的根干重均随时间呈上升趋势。干旱处理第5、10和15天根干重较正常对照分别下降了14.03%、21.86%和13.64%。第20天根干重则较正常对照有所增加。喷施NAA后,在第5、10、15和20天大豆根干重较干旱处理分别增加了20.67%、25.59%、29.08%和6.46%,且第15天开始超过正常对照。

各处理的茎干重均随时间呈上升趋势。干旱处理抑制了茎的生长,茎干重明显低于正常对照。处理第5、10、15和20天茎干重较正常对照分别下降了13.70%、33.50%、31.87%和12.63%。其中第5、10和15天的差异达显著水平。喷施NAA后,大豆茎干重较干旱处理显著增加。处理后第5、10、15和20天的茎干重较干旱处理分别增加了7.14%、26.32%、31.72%和11.65%,其中第10和15天的差异达显著水平。

叶干重和全株干重的变化趋势与茎干重的变化趋势基本一致,而喷施NAA处理的叶和全株干重在15 d后超过正常对照,但差异不显著。

2.1.3 根冠比 由图3可知,正常对照的根冠比随时间增加呈下降趋势,而干旱处理的根冠比随时间呈先上升后下降的趋势。干旱处理的根冠比较正常对照显著增加,第5、10、15和20天根冠比较正常对照分别增加了12.53%、16.59%、21.28%和25.03% ( $P < 0.05$ )。喷施NAA后,根冠比较干旱处理显著下降,处理后第5、10、15和20天的根冠比较干旱处理分别下降了3.14%、7.01%、8.87%和9.10%,其中第10、15和20天差异达显著水平。

2.1.4 叶面积 由图4可知,各处理的叶面积均随时间呈上升趋势。干旱处理抑制了叶的生长,叶面积明显低于正常对照。处理第5、10、15和20天叶面积比正常对照分别下降了26.87%、28.75%、29.90%和26.91% ( $P < 0.05$ )。喷施NAA后,叶面

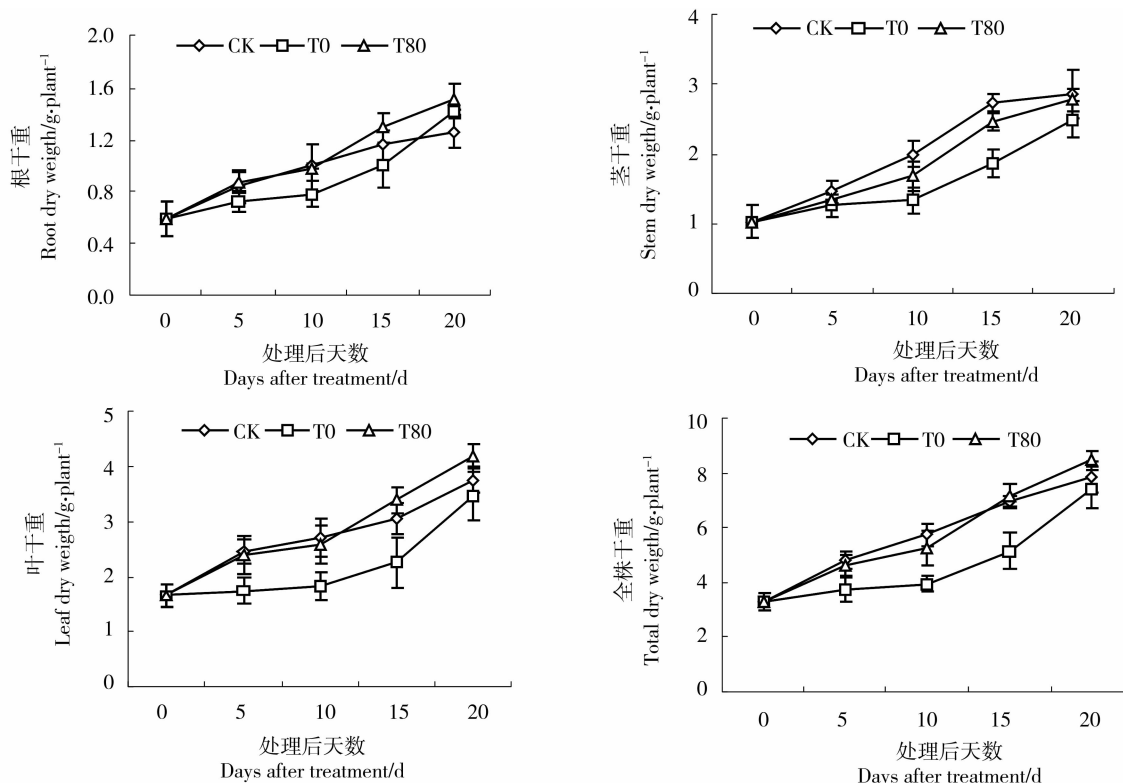


图2  $\alpha$ -萘乙酸对干旱和复水处理下大豆幼苗生物量的影响

Fig. 2 Effect of NAA on biomass of soybean seedling under drought and re-watering

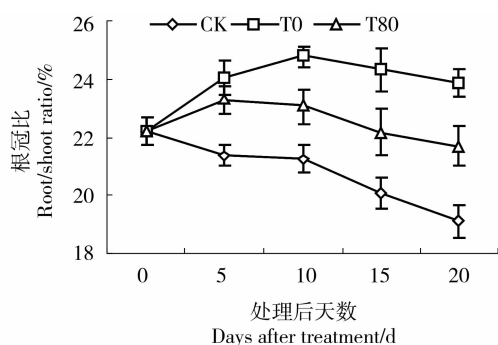


图3  $\alpha$ -萘乙酸对干旱和复水处理下大豆幼苗根冠比的影响

Fig. 3 Effect of NAA on ratio of root/shoot of soybean seedling under drought and re-watering

积较干旱处理显著增加,处理后第5、10、15和20天的叶面积较干旱处理分别增加了16.63%、14.57%、27.79%和14.39%,其中第15和20天差异达显著水平。

## 2.2 $\alpha$ -萘乙酸对干旱和复水处理下大豆幼苗叶片叶绿素含量和光合生理特性的影响

2.2.1 叶绿素含量 由图5可知,正常对照的叶绿素a含量始终保持在一个稳定的水平。干旱处理明显降低了叶片叶绿素a含量。干旱处理第5、10、15和20天叶片叶绿素a含量较正常对照分别下降了17.54%、8.45%、5.19%和2.86%,其中第5、10和15天差异达显著水平。喷施NAA后,叶绿素a含量较干旱处理显著增加,处理后第5、10、15和20天

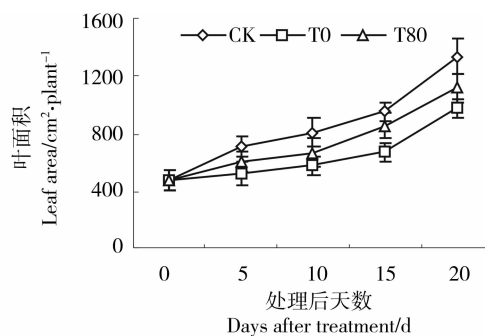


图4  $\alpha$ -萘乙酸对干旱和复水处理下大豆幼苗叶面积的影响

Fig. 4 Effect of NAA on leaf area of soybean seedling under drought and re-watering

的叶片叶绿素a含量较干旱处理分别增加了10.92%、5.64%、2.99%和1.47%,其中第5、10和15天差异达显著水平。

正常对照的叶绿素b含量始终保持在一个稳定的水平。干旱处理明显降低了叶片叶绿素b含量。干旱处理第5、10、15和20天叶绿素b含量较正常对照分别下降了47.88%、26.15%、18.09%和15.09% ( $P < 0.05$ )。喷施NAA后,叶绿素b含量较干旱处理显著增加。处理后第5、10、15和20天的叶绿素b含量较干旱处理分别增加了60.89%、26.04%、16.28%和11.11%,其中第5和10天差异达显著水平。

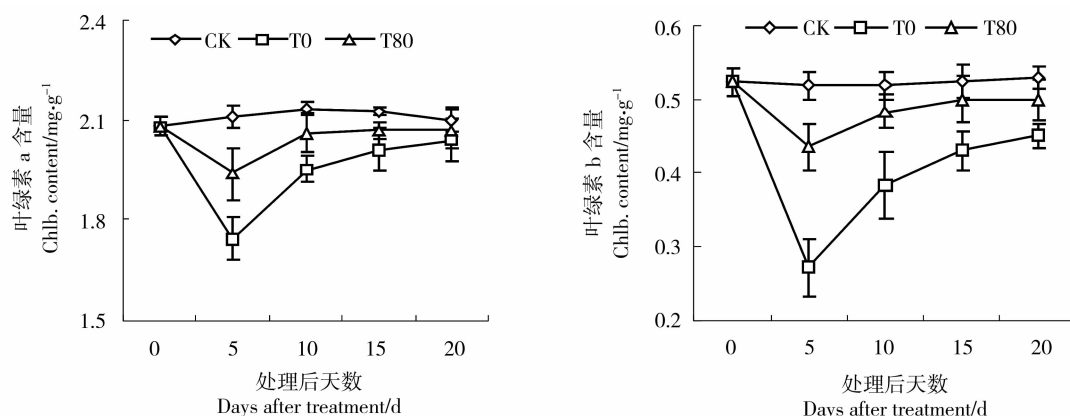
图 5  $\alpha$ -萘乙酸对干旱和复水处理下大豆幼苗叶片叶绿素含量的影响

Fig. 5 Effect of NAA on chlorophyll content of soybean seedling under drought and re-watering

2.2.2 光合生理特性 由图 6 可知,第 5 天干旱处理的叶片净光合速率、气孔导度、胞间  $\text{CO}_2$  浓度和蒸腾速率分别较正常对照下降了 89.57%、96.48%、41.42% 和 86.92% ( $P < 0.05$ )。复水后干旱处理的各项光合参数快速上升并接近正常对照

的水平。第 5 天 NAA 处理叶片净光合速率、气孔导度、胞间  $\text{CO}_2$  浓度和蒸腾速率分别较干旱处理增加了 108.19%、187.79%、15.71% 和 141.94% ( $P < 0.05$ )。复水后 NAA 处理的各项光合参数较干旱处理略有提高,但差异不显著。

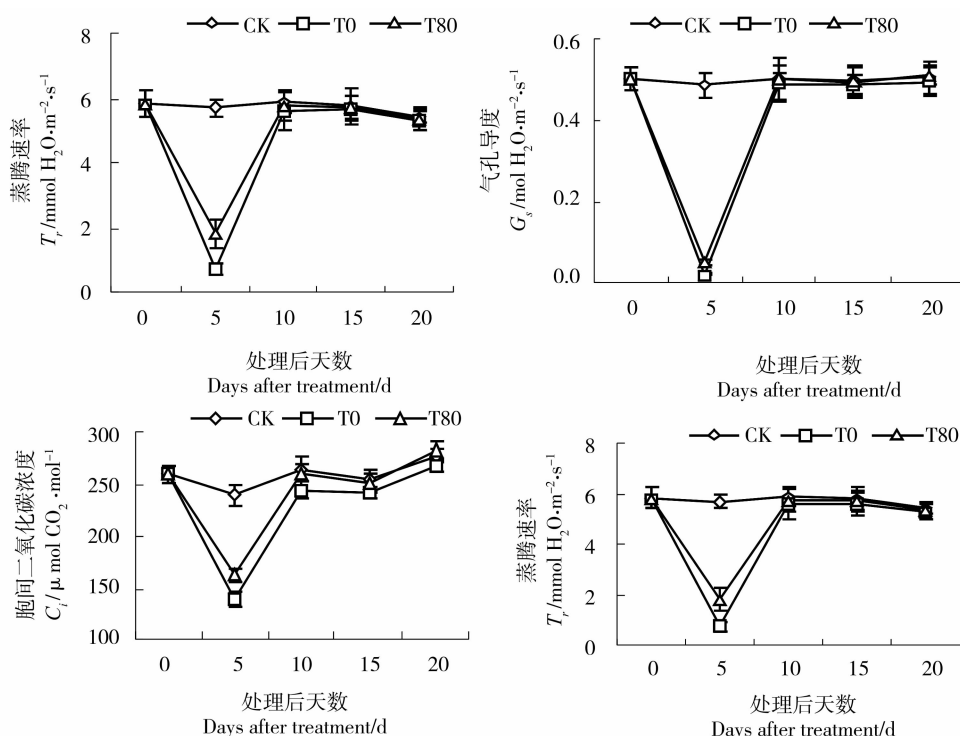
图 6  $\alpha$ -萘乙酸对干旱和复水处理下大豆幼苗叶片光合生理特性的影响

Fig. 6 Effect of NAA on photosynthetic parameters of soybean seedling under drought and re-watering

### 2.3 $\alpha$ -萘乙酸对干旱和复水处理下大豆幼苗叶片水分的影响

2.3.1 相对含水量 由图 7 可知,正常对照的叶片相对含水量始终保持在一个稳定的水平。干旱处理降低了叶片的相对含水量,在复水中后期叶片相对含水量才恢复到接近正常对照的水平。干旱处

理第 5、10、15 和 20 天叶片相对含水量较正常对照分别下降了 64.21%、8.70%、1.05% 和 0.54%,其中第 5 和 10 天的差异达显著水平。喷施 NAA 后,叶片相对含水量较干旱处理有所增加,处理第 5、10、15 和 20 天的叶片相对含水量较干旱处理分别增加了 85.29%、10.71%、1.06% 和 0.54%,其中第

5 和 10 天差异达显著水平。

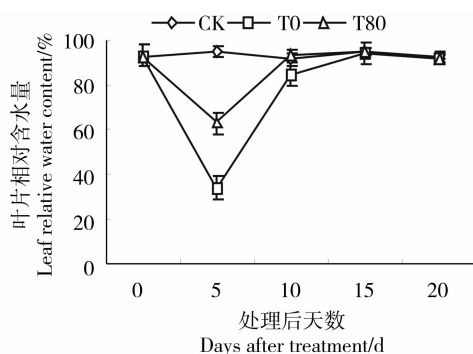


图7  $\alpha$ -萘乙酸对干旱和复水处理下大豆幼苗叶片相对含水量的影响

Fig.7 Effect of NAA on leaf relative water content of soybean seedling under drought and re-watering

2.3.2 离体叶片失水速率 如表1所示,各处理的离体叶片失水速率均随时间呈下降趋势。喷施NAA后,离体叶片失水速率下降。在0~3 h, NAA处理的离体叶片失水速率较清水处理下降了22.99% ( $P < 0.05$ )。在3~6 h, NAA处理的离体叶片失水速率较清水处理略有下降,但差异不显著。

表1  $\alpha$ -萘乙酸对大豆幼苗离体叶片失水速率的影响

Table 1 Effect of NAA on water loss rate of excised-leaf of soybean seedling

处理 Treatment	离体叶片失水速率 Water loss rate of excised-leaf/% 0 ~ 3 h	3 ~ 6 h
T0	39.0a	22.7a
T80	30.1b	22.5a

a,b 表示差异达到显著水平 ( $\alpha = 0.05$ )。

Values within a column followed by different lowercase letters are significant different at 0.05 probability level.

### 3 结论与讨论

干旱胁迫必然会引起植株叶片相对含水量的下降,叶片相对含水量是反映植株水分状况的重要参数<sup>[16]</sup>。石永红等<sup>[17]</sup>指出植株叶片相对含水量在干旱胁迫时下降的越小,抗旱性越强。该研究结果显示,干旱胁迫显著降低了叶片的相对含水量,即使在恢复浇水的前期也没有恢复到正常对照水平。而喷施NAA后,离体叶片失水速率显著低于清水处理的植株,表明喷施NAA提高了大豆幼苗的保水力,从而有效缓解了叶片相对含水量的下降,复水后叶片相对含水量较快恢复到正常对照水平。可见喷施NAA能够减少水分的散失,提高大豆幼苗的抗旱能力。

植物生长发育的物质和能量主要来源于光合作用,叶绿素是植物进行光合作用的主要色素<sup>[18]</sup>。

干旱胁迫能够降低大豆叶绿素含量<sup>[3]</sup>,抑制光合作用<sup>[4-6]</sup>。周欢等<sup>[19]</sup>通过对一品红幼苗的研究指出,低浓度的NAA处理可有效缓解缺水对PS II反应中心活性的伤害,提高PS II原初光能转换效率和PS II潜在活性,促进光合作用的电子传递和光合原初反应,增强一品红幼苗对于干旱胁迫的适应。该研究结果显示,喷施NAA,大豆幼苗叶片叶绿素a和b的含量及各光合参数均较干旱处理有所提高。这可能是由于NAA缓解了叶片相对含水量的下降,从而减少了因缺水导致的叶绿素分解和对PS II反应中心活性的伤害。同时NAA处理增加了气孔导度,促进了叶肉细胞与外界的气体交换,也有利于光合作用的进行。

干旱对植物的影响最终反映到植物的生长上,生物量是大豆生长状况良好与否的重要指标。干旱胁迫抑制了大豆幼苗的生长,使大豆幼苗生物量和叶面积的增长速率下降<sup>[20-21]</sup>。该研究结果显示,喷施NAA,大豆幼苗生物量和叶面积的增长速率下降变缓。叶面积的提高有利于光合作用的进行,而光合作用的增强又有利于植株生物量的积累和叶面积的提高。根冠比下降也表明大豆地上部的干旱胁迫受到一定程度的缓解。

综上所述,喷施NAA,提高了大豆幼苗叶片相对含水量和叶绿素含量,促进了光合作用,有效的缓解了干旱对大豆幼苗的胁迫,从而改善了植株生长发育状况。

### 参考文献

- [1] 张立峰,魏义章. 干旱缺水地区农业发展策略—高寒半干旱区农牧业持续发展理论与实践[M]. 北京:气象出版社, 2001. (Zhang L F, Wei Y Z. The agricultural development strategy of water-deficient area-sustainable development theory and practice of agriculture and husbandry in arctic alpine semiarid area [M]. Beijing: Meteorology Press, 2001.)
- [2] 杨鹏辉,李贵全,郭丽,等. 干旱胁迫对不同抗旱大豆品种花荚期质膜透性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 127-129. (Yang P H, Li G Q, Guo L, et al. Effect of drought stress on plasma membrane permeability of soybean varieties during flowering-podding stage[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2003, 21(3): 127-129.)
- [3] 高蕾,刘丽君,董守坤,等. 干旱胁迫对大豆幼苗叶片生理生化特性的影响[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(8): 1-4. (Gao L, Liu L J, Dong S K, et al. Effect of drought stress on physiological and biochemical characteristics in leaves of soybean seedlings[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2009, 40(8): 1-4.)
- [4] 王磊,胡楠,张彤,等. 干旱和复水对大豆(*Glycine max*)叶片光合及叶绿素荧光的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(9): 3630-3636. (Wang L, Hu N, Zhang T, et al. Effects of drought

- and re-watering on photosynthesis and chlorophyll fluorescence of the soybean leaf [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27 (9): 3630-3636. )
- [5] 王磊, 张彤, 丁圣彦. 干旱和复水对大豆光合生理生态特性的影响[J]. *生态学报*, 2006, 26 (7): 2073-2078. (Wang L, Zhang T, Ding S Y. Effect of drought and re-watering on photosynthetic physioecological characteristics of soybean [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26 (7): 2073-2078. )
- [6] 张恒月, 郭屹立, 王磊, 等. 干旱和复水对大豆叶片光合生理特性及产量的影响[J]. *河南大学学报(自然科学版)*, 2009, 39 (2): 183-188. (Zhang H Y, Guo Y L, Wang L, et al. Effect of drought and re-watering on leaf photosynthetic physiology characteristics and yield of soybean [J]. *Journal of Henan University (Natural Science)*, 2009, 39 (2): 183-188. )
- [7] Ohashi Y, Saneoka H, Fujita K. Effect of water stress on growth, photosynthesis and photo assimilate translocation in soybean and tropical pasture legume siratro [J]. *Soil Science and Plant Nutrition*, 2000, 46 (2): 417-425.
- [8] 山仑, 陈国良. 黄土高原旱地农业的理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 1993. (Shan L, Chen G L. The theory and practice of rainfed upland agriculture of loess Plateau [M]. Beijing: Science Press, 1993. )
- [9] Dolci M, Navissano G, Gay G, et al. Comparison among 18 Hexyl Esters of 1-Naphthylacetic Acid used on Grapevine [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, 47 (4): 1767-1770.
- [10] Murillo Pulgarin J A, Fernandez Lopez P, Garcia Bermejo L F, et al. Fast kinetic determination of 1-Naphthylacetic acid in commercial formulations, soils and fruit samples using stopped-flow fluorimetry [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51 (22): 6380-6385.
- [11] Streitwieser A, Husemann M, Kim J. Aggregation and reactivity of the Dilithium and Dicesium Enediolates of 1-Naphthylacetic Acid [J]. *Journal of Organic Chemistry*, 2003, 68 (21): 7937-7942.
- [12] 曲亚英, 郁继华, 陶兴林, 等. S3307 和 IBA + NAA 浸种对低温胁迫下甜椒幼苗抗冷性的影响[J]. *甘肃农业大学学报*, 2006, 41 (4): 52-55. (Qu Y Y, Yu J H, Tao X L, et al. Effect of seed soaked with S3307 and IBA + NAA on cold resistance of sweet pepper seedlings [J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2006, 41 (4): 52-55. )
- [13] 郑平生, 金芳, 燕丽萍. 几种外源激素对盐胁迫下草莓试管苗生长的影响[J]. *甘肃农业大学学报*, 2004, 39 (3): 277-280. (Zheng P S, Jin F, Yan L P. Effect of exogenous hormones on growth of strawberry test-tube plantlets in salt stress [J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2004, 39 (3): 277-280. )
- [14] 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. (Li H S. Principles and techniques of plant physiological biochemical experiment [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000 )
- [15] 白志英, 李存东, 孙红春. 干旱胁迫对小麦染色体代换系旗叶相对含水量和离体失水速率的影响[J]. *华北农学报*, 2008, 23 (1): 62-65. (Bai Z Y, Li C D, Sun H C. Effect of drought stress on relative water content and RWL of flag leaves in wheat chromosome substitution lines [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2008, 23 (1): 62-65. )
- [16] 赵祥, 侯志兵, 董宽虎, 等. 水分胁迫及复水对达乌里胡枝子酶促防御系统的影响[J]. *草地学报*, 2010, 18 (2): 199-204. (Zhao X, Hou Z B, Dong K H, et al. Effects of drought stress and rewatering on enzymatic defensive system in *Lespedeza davurica* (Laxm.) Schindl. [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2010, 18 (2): 199-204. )
- [17] 石永红, 万里强, 刘建宁, 等. 干旱胁迫对 6 个坪用多年生黑麦草品种抗旱性的影响[J]. *草地学报*, 2009, 17 (1): 52-57. (Shi Y H, Wan L Q, Liu J N, et al. Effects of PEG stress on the drought resistance of six turfgrass varieties of *Lolium perenne* L. [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2009, 17 (1): 52-57. )
- [18] 王敏, 张从宇, 马同富, 等. 大豆品种苗期抗旱性研究[J]. *中国油料作物学报*, 2004, 26 (3): 29-32. (Wang M, Zhang C Y, Ma T F, et al. Studies on the drought resistance of seedling in soybean [J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2004, 26 (3): 29-32. )
- [19] 周欢, 王承南, 谷战英, 等. NAA 对水分胁迫下一品红幼苗叶绿素荧光参数影响[J]. *林业科技开发*, 2009, 23 (1): 78-80. (Zhou H, Wang C N, Gu Z Y, et al. Effects of NAA on chlorophyll fluorescence parameters of *Euphorbia pulcherrima* seedlings under water stress [J]. *China Forestry Science and Technology*, 2009, 23 (1): 78-80. )
- [20] 张海燕, 焦碧婵, 李贵全. 大豆抗旱性鉴定指标评价的研究[J]. *大豆科学*, 2005, 24 (3): 183-188. (Zhang H Y, Jiao B C, Li G Q. Study on selecting targets in drought-resistant breeding of soybean [J]. *Soybean Science*, 2005, 24 (3): 183-188. )
- [21] 白伟, 孙占祥, 刘晓晨, 等. 苗期调亏灌溉对大豆生长发育和产量的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2009, 27 (4): 50-53. (Bai Y, Sun Z X, Liu X C, et al. Influence of seedling regulated deficit irrigation on growth and yield in soybean [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2009, 27 (4): 50-53. )