

DCPTA 和 DTA-6 对大豆叶片光合及叶绿素荧光特性的调控

顾万荣, 李召虎, 翟志席, 段留生, 张明才

(中国农业大学农学与生物技术学院农学系, 农业部作物栽培与耕作学重点开放实验室, 北京 100094)

摘 要:叔胺类活性物质是一类具有高生物活性和低分子量特性的生物活性物质, 其中 DCPTA 和 DTA-6 是该类化合物的典型代表。目前有关叔胺类活性物质的研究仅在生理效应上, 未能揭示叔胺类活性物质对作物生长发育的调控, 特别是对光合作用的调控, 从而限制了叔胺类活性物质进一步推广应用。以大豆中黄 13 为材料, 在温室和盆栽条件下, 研究叶面喷施叔胺类活物质 DCPTA 和 DTA-6 对大豆苗期叶片光合特性、光合关键酶以及叶绿素荧光特性的调控机制。结果表明: DCPTA 和 DTA-6 处理提高了大豆叶片光合速率、蒸腾速率、气孔导度和叶绿素含量, 降低了细胞间隙 CO_2 浓度和叶绿素 a/b 值; 提高了 PEPC 羧化酶和 RuBP 羧化酶活性; 提高了大豆叶片 PS II 最大光化学效率 (F_v/F_m)、PS II 有效电子产量 ($\Phi\text{PS II}$) 和光化学淬灭 (qP), 降低了非光化学淬灭系数 (qN); 提高了大豆株高和生物量; DCPTA 和 DTA-6 处理的适宜浓度分别为 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

关键词:植物生长调节剂; DCPTA; DTA-6; 大豆; 光合作用; 叶绿素荧光

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2008)05-0777-06

Regulation of DCPTA and DTA-6 on Photosynthesis and Chlorophyll Fluorescence Parameters of Soybean Leaves

GU Wan-rong, LI Zhao-hu, ZHAI Zhi-xi, DUAN Liu-sheng, ZHANG Ming-cai

(Key Laboratory of Crop Cultivation and Farming System, Ministry of Agriculture, College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Tertiary Amines substance is a kind of high bioactive regulators with low molecular weight. DTA-6 and DCPTA are the two representative tertiary compounds, which has various influences on physiological process in plants. Up to now, most work were focused the physiological effect and little has been known about the mechanism of the promotive effect of DTA-6 on plant photosynthesis, which prevent them into practical application. The objective of this work was to find the photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of DTA-6. The effect of DCPTA and DTA-6 on photosynthesis, photosynthetic key enzyme and chlorophyll fluorescence parameters of soybean (cv. Zhonghuang 13) leaves, was studied in pots under greenhouse. DCPTA and DTA-6 were sprayed on leaves at seedling about the first fully explanted leaves, and with water spraying as control. The results indicated the height and biomass were significantly increased by DCPTA and DTA-6. The photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance and chlorophyll content were increased, and the intercellular CO_2 concentration and chlorophyll a/b were decreased by the application of DCPTA and DTA-6. The activities of PEPCase and RuBPCase, maximal photochemical efficiency of PS II (F_v/F_m), effective quantum yield of PS II ($\Phi\text{PS II}$), photochemical quenching coefficient (qP) were significantly promoted by the application of DCPTA and DTA-6, but non-photochemical quenching coefficient (qN) was declined. The optimum concentration for soybean was $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ DCPTA and $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ DTA-6.

Key words: Plant growth regulator; DCPTA; DTA-6; Soybean; Photosynthesis; Chlorophyll fluorescence

近年来, 植物生长物质在农业上的应用更为广泛, 因其投入少、见效快、效果显著, 已成为一项经

济实用的生产技术, 在作物生产中的作用越来越重要。叔胺类活性物质是一类具有高生物活性和低分

收稿日期: 2008-03-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30500306); 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2006AA10A213); 国家科技支撑计划资助项目(2006BAD521B01-3)。

作者简介: 顾万荣(1980-), 男, 博士研究生, 研究方向为作物化学控制。

通讯作者: 张明才, 讲师。E-mail: zmc1214@163.com。

子量特性的生物活性物质^[1],其中2-(3,4-二氯苯氧基)-乙基-二乙胺(2-diethylaminoethyl-3,4-dichlorophenylether, DCPTA)和己酸二乙氨基乙醇酯(diethyl aminoethyl hexanoate, DTA-6)是该类化合物的典型代表^[2]。目前叔胺类活性物质作为生长调节物质,在大宗作物上特别是在蔬菜、花卉、林木及大田作物上的应用取得一定的成效。如 Keithly 等^[3]研究报道,10 mg·L⁻¹ DCPTA 浸种处理萝卜可提高萝卜幼苗的相对生长速率,增加根、胚轴长度,增加叶面积,从而增加了根、茎、叶以及植株的干重,促进幼苗子叶生长和番茄红素的积累;叶秀莲等^[4]研究了不同浓度的增产胺(DCPTA)对大豆植株、农艺性状、产量、产量结构、蛋白质、脂肪含量的影响,发现40~60 mg·L⁻¹ DCPTA 在初花期喷施效果显著;张明才等^[5]在甜豌豆品种“甜脆蜜”中试验表明45 mg·L⁻¹ DTA-6 拌种和六叶期20 mg·L⁻¹ DTA-6 叶面喷施,能显著提高甜豌豆单株生产能力,单位面积产量均高于清水对照,增产幅度可达50%左右。但是有关叔胺类活性物质的研究仅在生理效应上,未能揭示叔胺类活性物质对作物生长发育的调控,特别是对光合作用的调控,从而限制了叔胺类活性物质应用潜力的挖掘,不利于其更好的在农业生产中发挥作用。因此,利用大豆为材料,研究叔胺类活性物质对大豆光合作用调控效应,为叔胺类活性物质在大豆以及其他作物上的合理应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料和设计

以大豆品种中黄13为材料,于2006年和2007年在中国农业大学农学院试验基地温室进行盆栽试验。塑料盆的直径25 cm,高30 cm。盆栽基质采用花土(营养土)和蛭石按体积比为6:4混匀,每盆装15 kg 基质。每盆播种8粒,出苗后定为4株。

调节剂(DCPTA 和 DTA-6 由郑州化工集团提供的98%可湿性粉剂)叶面喷施在大豆第一片三出复叶完全展开时进行,其中DCPTA 浓度设为10、20、50、80 和100 mg·L⁻¹,DTA-6 的浓度设为5、10、20、40 和100 mg·L⁻¹,以清水处理为对照,喷施处理中加0.02% Tween-20。每个处理重复3次,各处理10盆,其中6盆在喷后第9天进行生理测定和取样,4盆在处理第30天进行植株性状和生物量考查。

1.2 光合作用参数的测定

采用便携式光合系统测定仪LI-6400(LI-COR Lincoln, USA)测定大豆第一片三出复叶的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间二氧化碳浓度,每个处理测定时重复6次。测定条件,光强为1 000 μmol·m⁻²·s⁻¹,温度30℃,CO₂ 浓度450 μmol·L⁻¹。

1.3 叶绿素荧光的测定

采用PAM-2100 便携式叶绿素荧光仪测定大豆第一片三出复叶的荧光相关参数。测定前叶片暗适应20 min,先照射测量光,强度为0.01 μmol·m⁻²·s⁻¹,测初始荧光F₀,再打开饱和脉冲光(强度大于6 000 μmol·m⁻²·s⁻¹),测最大荧光F_m。光合作用达到稳态后得到荧光参数F_s。再进行饱和脉冲光处理,测光下最大荧光(F_m)。PS II 最大光化学量子产量F_v/F_m、PS II 光化学能量转换的有效量子产量ΦPS II、光化学淬灭(qP)和非光化学淬灭(qN)由仪器自动给出。

1.4 叶绿素含量的测定

叶绿体色素含量测定:参照赵世杰等^[6]的方法,以80%的丙酮暗处浸提48 h,用UV-1601 分光光度计测定光吸收值。

1.5 PEPC 和 RuBPC 活性的测定

酶的提取按 Sayre 等的方法^[7]进行。取叶片鲜样0.5 g,加少量石英砂和3 mL 预冷的提取液进行研磨提取。提取液中包含100 mmol·L⁻¹ Tris-HCl (pH7.8),10 mmol·L⁻¹ MgCl₂,1 mmol·L⁻¹ EDTA,20 mmol·L⁻¹ β-巯基乙醇,10% (W/V) glycerin 和1% PVP。过滤,滤液在4℃ 15 000 r·min⁻¹ 离心10 min,上清液用作酶活测定。

PEPC 活性用 Blanke 等的酶偶联法^[8]测定:反应体系为1 mL,反应混合液包含50 mmol·L⁻¹ Tris-HCl (pH7.8),10 mmol·L⁻¹ MgCl₂,0.25 mmol·L⁻¹ EDTA,5.0 mmol·L⁻¹ NaHCO₃,2.0 mmol·L⁻¹ DTT,0.1 mmol·L⁻¹ NADH,4 units MDH,2.0 mmol·L⁻¹ PEP,加酶液启动反应,在 Varian100 分光光度计上追踪340 nm 波长下光密度的下降,测定时间为3 min。

RuBPC 活性的测定参考 Racker 方法^[9]。反应混合液(总体积3.2 mL)组成:100 mmol·L⁻¹ Tris-HCl 缓冲液(pH 8.0)、100 mmol·L⁻¹ MgCl₂、50 mmol·L⁻¹ 腺嘌呤核苷三磷酸(ATP)、50 mmol·L⁻¹ 二硫苏糖醇(DTT)、2.0 mmol·L⁻¹ NADH、1.0

mmol·L⁻¹ EDTA- Na 各 0.3 mL,200 μmol·L⁻¹ NaHCO₃ 0.1mL,蒸馏水 1.0 mL,3-磷酸甘油酸激酶(PGK)/3-磷酸甘油醛脱氢酶(GAP- GDH)(15u/15u)0.1 mL,酶提取液 0.1 mL,30℃恒温水浴保温 10 min,于 340 nm 下测吸光度值 E0,最后加入 9.0 mmol·L⁻¹ 1,5-二磷酸核酮糖(RuBP)0.1mL 启动反应,立刻每隔 10~15s 间隔测定光吸收的变化。

1.6 数据处理与统计分析

结果以测定的平均值表示,数据的统计分析采用 SAS 软件处理。

2 结果与分析

2.1 DCPTA 和 DTA-6 对大豆叶片光合速率及相关参数的调控

DCPTA 和 DTA-6 各浓度处理(除 100 mg·L⁻¹ 外)均提高了叶片光合速率、蒸腾速率和气孔导度,降低了胞间 CO₂ 浓度(表 1)。从浓度效应分析,DCPTA 和 DTA-6 各处理间的叶片光合速率、蒸腾速率和气孔导度均呈现单峰曲线变化,其中峰值出现在 20 mg·L⁻¹ DCPTA 处理和 10 mg·L⁻¹ DTA-6 处理,且与对照差异均达显著水平,比对照分别增加了

表 1 DCPTA 和 DTA-6 对大豆叶片光合速率及相关参数的影响

Table 1 Effects of DCPTA and DTA-6 on photosynthetic rate and its correlative parameters of soybean leaves

| 处理浓度 | | 光合速率 | 蒸腾速率 | 气孔导度 | 胞间 CO ₂ 浓度 |
|--------------------------------|-----|---|--|---|---|
| Treatment/mg · L ⁻¹ | | Photosynthetic rate | Transpiration rate | Gs | Ci |
| | | /μmol CO ₂ · m ⁻² · s ⁻¹ | /μmol H ₂ O · m ⁻² · s ⁻¹ | /mol H ₂ O · m ⁻² · s ⁻¹ | /μmol CO ₂ · mol ⁻¹ |
| DCPTA | 0 | 13.6 b | 1.49 e | 0.24 c | 223 a |
| | 10 | 13.9 b | 2.25 b | 0.26 b | 217 a |
| | 20 | 19.4 a | 2.46 a | 0.32 a | 216 a |
| | 50 | 17.9 a | 2.05 c | 0.31 a | 218 a |
| | 80 | 15.1 b | 1.84 d | 0.28 b | 216 a |
| | 100 | 14.7 b | 1.70 d | 0.28 b | 217 a |
| DTA - 6 | 0 | 13.6 c | 1.49 d | 0.24 c | 223 a |
| | 5 | 15.0 b | 1.82 c | 0.27 bc | 201 b |
| | 10 | 20.1 a | 2.14 a | 0.38 a | 143 c |
| | 20 | 16.3 b | 1.92 b | 0.28 b | 158 c |
| | 40 | 15.2 b | 1.88 bc | 0.27 bc | 173 bc |
| | 100 | 12.6 c | 1.79 c | 0.26 bc | 207 b |

表中字母代表 5% 差异显著水平,下同。

Values followed by a different latter was significantly different at the 0.05 level on the levels of LSD test. The same below.

42.6%、65.1%、33.3% 和 47.8%、43.6%、58.3%。而胞间 CO₂ 浓度的变化与其相反,呈现“V”曲线,最低峰出现在 20 mg·L⁻¹ DCPTA 处理和 10 mg·L⁻¹ DTA-6 处理,分别比对照减少了 3.2% 和 55.9%,其中 10 mg·L⁻¹ DTA-6 处理与对照差异显著。

2.2 DCPTA 和 DTA-6 对大豆叶片色素含量的调控

从叶绿素含量分析,DCPTA 和 DTA-6 处理提高了叶片叶绿素总量、叶绿素 a 和叶绿素 b 的含量,其各处理间的变化与叶片光合速率的变化一致,均呈现单峰曲线,且峰值也出现在 20 mg·L⁻¹ DCPTA 和 10 mg·L⁻¹ DTA-6 处理,其中各峰值与对照的差异均达到显著(表 2)。而叶绿素 a/b 比值的变化与叶

表 2 DCPTA 和 DTA-6 对大豆叶片叶绿素的影响

Table 2 Effects of DCPTA and DTA-6 on chlorophyll contents of soybean leaves /mg·g⁻¹ FW

| 处理浓度 | 叶绿素总量 | 叶绿素 a | 叶绿素 b | 叶绿素 a/b 比值 | |
|--------------------------------|-------------------|---------|---------|---------------|--------|
| Treatment/mg · L ⁻¹ | Total chlorophyll | Chl a | Chl b | Chl a/b ratio | |
| DCPTA | 0 | 2.94 b | 1.96 c | 0.99 b | 1.99 a |
| | 10 | 3.03 b | 1.98 b | 1.05 ab | 1.88 b |
| | 20 | 3.12 a | 1.99 a | 1.12 a | 1.78 c |
| | 50 | 3.07 ab | 1.99 a | 1.08 ab | 1.84 b |
| | 80 | 3.00 b | 1.98 bc | 1.03 b | 1.93 a |
| | 100 | 2.95 b | 1.96 c | 0.99 b | 1.98 a |
| DTA-6 | 0 | 2.94 c | 1.96 c | 0.99 d | 1.99 a |
| | 5 | 2.98 c | 1.97 bc | 1.01 c | 1.95 a |
| | 10 | 3.13 a | 2.01 a | 1.12 a | 1.80 b |
| | 20 | 3.08 b | 1.99 b | 1.09 b | 1.82 b |
| | 40 | 2.98 c | 1.97 b | 1.00 c | 1.96 a |
| | 100 | 2.96 c | 1.97 bc | 0.99 c | 1.98 a |

绿素含量有差异,其中 20 mg · L⁻¹ DCPTA 处理和 10 mg · L⁻¹ DTA-6 处理的比值均最小,而且与对照差异达到显著。

2.3 DCPTA 和 DTA-6 对大豆叶片 PEPCase 和 RuBPCase 活性的调控

从大豆叶片光合关键酶分析,DCPTA 和 DTA-6 处理提高了 RuBPCase 和 PEPCase 的活性,其中 DCPTA 仅在 20 mg · L⁻¹处理显著提高了 RuBPCase 的活性,而其他各处理与对照间差异未达到显著;而 DTA-6 个各处理(除 100 mg · L⁻¹和 5 mg · L⁻¹外)与对照比较差异均达到显著(表 3)。在 PEPCase 的活性上,DCPTA(除 100 mg · L⁻¹外)和 DTA-6 各处理与对照差异均达到显著,其中峰值均出现在 20 mg · L⁻¹DCPTA 处理和 10 mg · L⁻¹DTA-6 处理。

2.4 DCPTA 和 DTA-6 对大豆叶片叶绿素荧光参数的调控

从表 4 分析,DCPTA 和 DTA-6 处理提高了大豆叶片 PS II 最大光化学效率(Fv/Fm)、PS II 有效电子产量(ΦPS II)和光化学淬灭(qP),且均呈现单峰曲线。其中,DCPTA 处理浓度在 20 mg · L⁻¹下,PS II 最大光化学效率(Fv/Fm)、PS II 有效电子产量(ΦPS II)和光化学淬灭(qP)均达到最高,比对照分别增加了 11.9%、32.1%和 35.5%;DTA-6 处理浓度在 10 mg · L⁻¹下,PS II 最大光化学效率(Fv/Fm)、PS II

表 3 DCPTA 和 DTA-6 对大豆叶片 PEPCase 和 RuBPCase 活性的影响

Table3 Effects of DCPTA and DTA-6 on PEPCase and RuBPCase activities of soybean leaves

| 处理浓度 Treatment/mg · L ⁻¹ | PEPCase /μmol CO ₂ · h ⁻¹ · mg ⁻¹ protein | | RuBPCase /μmol CO ₂ h ⁻¹ · mg ⁻¹ · protein |
|--|---|--------|--|
| | | | |
| DCPTA | 0 | 4.21 b | 38.68 b |
| | 10 | 5.21 a | 41.01 b |
| | 20 | 5.19 a | 42.35 a |
| | 50 | 5.36 a | 41.26 b |
| | 80 | 5.12 a | 40.08 b |
| | 100 | 4.86 b | 39.68 b |
| DTA-6 | 0 | 4.21 c | 38.68 b |
| | 5 | 4.52 b | 38.68 b |
| | 10 | 4.67 a | 39.97 a |
| | 20 | 4.57 b | 39.68 a |
| | 40 | 4.58 b | 39.45 a |
| | 100 | 4.28 c | 38.74 b |

有效电子产量(ΦPS II)和光化学淬灭(qP)均达到最高,比对照分别增加了 8.5%、42.7%和 43.4%。光化学淬灭(qN)在 DCPTA 和 DTA-6 处理后叶片中非光化学淬灭值呈现“V”型曲线变化,其中 DCP-TA(20 mg · L⁻¹)和 DTA-6(10 mg · L⁻¹)处理显著低于对照和其他各处理,这一变化与 PS II 最大光化学效率(Fv/Fm)、PS II 有效电子产量(Yield)和光化学淬灭(qP)的变化相反。

表 4 DCPTA 和 DTA-6 对大豆叶片叶绿素荧光参数的影响

Table 4 Effects of DCPTA and DTA-6 on chlorophyll fluorescence parameters of soybean leaves

| 处理浓度 Treatment/mg · L ⁻¹ | PS II 最大光化学效率 Maximal photochemical efficiency of PS II | | PS II 有效电子产量 Effective quantum yield of PS II | | 光化学淬灭 Photochemical quenching coefficient | 非光化学淬灭 Non - photochemical quenching coefficient |
|--|---|----------|---|--|---|--|
| | Fv/Fm | | Φ _{PS II} | | qP | qN |
| | | | | | | |
| DCPTA | 0 | 0.715 c | 0.368 e | | 0.564 d | 0.564 a |
| | 10 | 0.767 b | 0.413 c | | 0.702 b | 0.493 b |
| | 20 | 0.800 a | 0.486 a | | 0.764 a | 0.401 d |
| | 50 | 0.775 ab | 0.442 b | | 0.748 a | 0.496 b |
| | 80 | 0.784 ab | 0.420 c | | 0.684 b | 0.454 c |
| | 100 | 0.718 c | 0.393 d | | 0.634 c | 0.523 b |
| DTA-6 | 0 | 0.715 d | 0.368 e | | 0.564 e | 0.564 a |
| | 5 | 0.754 b | 0.473 c | | 0.711 c | 0.491 c |
| | 10 | 0.776 a | 0.525 a | | 0.809 a | 0.466 d |
| | 20 | 0.733 c | 0.502 b | | 0.767 b | 0.483 c |
| | 40 | 0.761 a | 0.473 c | | 0.718 c | 0.497 c |
| | 100 | 0.721 d | 0.438 d | | 0.680 d | 0.532 b |

2.5 DCPTA 和 DTA-6 对大豆株高和生物量的调控

表 5 表明,DCPTA 和 DTA-6 处理可以显著提高大豆的株高、地上部干重、根干重和总干重。其中,DCPTA 处理浓度在 20 mg · L⁻¹下,株高和生物量均

达到最高,比对照分别增加了 17.2%和 29.5%,DTA-6 处理浓度在 10 mg · L⁻¹下,株高和生物量均达到最高,比对照分别增加了 19.3%和 35.3%。在最佳浓度的基础上,随着浓度的增加或降低株高和

生物量均呈现下降趋势。

3 讨论

大豆叶片的光合作用是其籽粒形成的物质基础,在形成作物产量的干物质中,90%~95%的有机物来自叶片的光合作用^[10]。因此光合作用是决定作物产量的最重要因素,光合能力大小直接影响作物产量的高低。已有研究表明大豆叶片的光

合速率与产量之间存在着显著的相关性^[11-12]。结果表明,DCPTA 和 DTA-6 处理显著提高了大豆叶片光合速率,改善了光合速率的相关参数,最终大豆植株的生物量显著增加,表明叔胺类活性物质如 DCPTA 和 DTA-6 能够提高大豆的产量和改善光合作用。研究结果与叔胺类活性物质在如花生、豌豆和菜豆等^[3,5,13]作物上的表现基本一致。

表5 DCPTA 和 DTA-6 对大豆株高和生物量的影响
Table 5 Effects of DCPTA and DTA-6 on heights and biomass of soybean

| 处理浓度 | | 株高 | 地上部干重 | 根干重 | 总干重 |
|--------------------------------|-----|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Treatment/mg · L ⁻¹ | | Height/cm | Shoot biomass | Root biomass | Total biomass |
| | | | /g · plant ⁻¹ | /g · plant ⁻¹ | /g · plant ⁻¹ |
| DCPTA | 0 | 33.7 c | 1.32 c | 0.24 c | 1.56 c |
| | 10 | 37.2 b | 1.47 b | 0.28 b | 1.75 b |
| | 20 | 39.5 a | 1.68 a | 0.34 a | 2.02 a |
| | 50 | 36.6 b | 1.49 b | 0.30 b | 1.79 b |
| | 80 | 35.7 bc | 1.45 b | 0.26 c | 1.71 b |
| | 100 | 34.2 c | 1.39 c | 0.25 c | 1.64 c |
| DTA-6 | 0 | 33.7 c | 1.32 c | 0.24 c | 1.56 d |
| | 5 | 37.3 b | 1.48 c | 0.30 b | 1.78 bc |
| | 10 | 40.2 a | 1.79 a | 0.32 a | 2.11 a |
| | 20 | 39.1 a | 1.61 b | 0.28 b | 1.89 b |
| | 40 | 36.6 b | 1.44 c | 0.26 c | 1.70 c |
| | 100 | 37.6 b | 1.59 b | 0.29 b | 1.88 b |

叶绿素是绿色植物叶绿体内的主要光合色素,研究表明作物叶绿素含量与净光合速率密切相关^[14]。结果表明,DCPTA 和 DTA-6 处理显著提高了大豆叶片叶绿素总量、叶绿素 a 和叶绿素 b 的含量,降低了叶绿素 a/b 的比值,表明 DCPTA 和 DTA-6 处理提高了叶绿素 b 的合成。叔胺类活性物质提高叶片叶绿素含量的结果与其他作物上的表现是一致的,但叶绿素 a/b 的比值的变化与 James 等^[15]研究结果不同,他们用 DCPTA 处理菠菜叶,发现叶片中 Chla/b 未发生变化,认为 DCPTA 处理叶绿素积累是由于叶绿体体积增大的结果,而不是单一的提高 Chla 或 Chlb 的合成。

RuBP 羧化酶是决定 C₃ 植物光合碳代谢方向和效率的关键酶,其活性和含量限制了光合速率^[16],在一定范围内 RuBP 羧化酶活性与光合速率呈线性关系^[17]。郝乃斌等^[18]在大豆上研究发现,在饱和光强下, RuBP 羧化酶活性与光合效率呈正相关,光合效率与叶片中 RuBP 羧化酶含量也呈正相关,叶片中 RuBP 羧化酶含量与产量也密切相关。DCPTA 和 DTA-6 处理显著提高了大豆叶片 RuBPCase 的活

性,这与光合速率、植株生物量的变化是对应的。上述研究结果与 Keithly 等研究发现 DCPTA 处理显著提高了甜菜叶片 RuBP 羧化酶的活性是相同的。PEP 羧化酶虽然是 C₄ 植物同化 CO₂ 的关键酶,但却广泛地存在于 C₃ 植物中^[19]。因此 PEP 羧化酶在 C₃ 植物碳代谢中的作用不可忽视。研究发现 DCPTA 和 DTA-6 处理可以显著提高了大豆叶片 RuBPCase 的活性。

通过对大豆叶片叶绿素荧光参数的测定可以更深入地了解与电子传递有关的光合器官能力。研究表明,DCPTA 不同浓度处理均显著提高叶片中 PS II 最大光化学量子产量,DTA-6 也表现出类似的结果。同时,也显著提高了 ΦPS II 表示实际光化学量子产量和光化学淬灭系数 qP,降低非光化学淬灭系数 qN。以上结果表明叔胺类活性物质可以优化 PS II 反应的上调机制使得 ATP 和 NADPH 的产量能够配合卡尔文循环中对还原力的增加以达到平衡。

参考文献

[1] Yokoyama H, Hayman E P, Hsu W J, et al. Chemical bioinduction of rubber in guayule plant[J]. Science, 1977, 197: 1076-1077.

- [2] 张洪奎,陈明德,郭奇珍. DCPTA 的合成研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版),1995,34(4):588-590. (Zhang H K, Chen M D, Guo Q Z. The synthesis of 2-diethylaminoethyl-3,4-dichlorophylether[J]. Journal of Xiamen University(Natural Science), 1995,34(4):588-590.)
- [3] Keithly J H, Yokoyama H, Gausman H W. Regulation of crop growth and yield by tertiary amine bioregulators[J]. Hort Science, 1991,117:294-297.
- [4] 叶秀莲,杨成根,赵成美,等. 增产胺在大豆上的应用效果初报[J]. 农药,1995,34(8):14-17. (Ye X L, Yang C G, Zhao C M, et al. Preliminary reportage on effect of application DCPTA to soybean[J]. Pesticides, 1995,34(8):14-17.)
- [5] 张明才,何钟佩,李召虎,等. 植物生长调节剂 DTA-6 在甜豌豆上的应用效果[J]. 农药学报,2001,3(4):53-58. (Zhang M C, He Z P, Li Z H, et al. Effects of plant growth regulator DTA-6 on sweet pea [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2001,3(4):53-58.)
- [6] 赵世杰,刘华山,董新纯,等. 植物生理实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,1998:54,68. (Zhao S J, Liu H S, Dong X C, et al. The manual of plant physiology experiment[M]. Beijing: Agricultural and technological Press, 1998:54,68.)
- [7] Sayre R T, Kennedy R A. Photosynthetic enzyme activities and localization in Mollugoverticillata populations differing in the leaves of C₃ and C₄ cycle operation [J]. Plant Physiology, 1979, 64: 293-299.
- [8] Blanke M M, Ebert G. Phosphoenolpyruvate carboxylase and carbon economy of apple seedlings[J]. Journal of Experimental Botany, 1992,43:965-968.
- [9] Racker E. Ribulose diphosphate carboxylase from spinach leaves [M]// Colowick S P, Kaplan N O. Methods in Enzymology. Academic Press, 1962, 266-278.
- [10] 王金陵. 中国东北大豆[M]. 哈尔滨:黑龙江科学出版社, 1999. (Wang J L. Soybean of Northeast China[M]. Harbin: Technological Press of Heilongjiang, 1999.)
- [11] Specht J E, Hume D J, Kumudini S V. Soybean yield potential a genetic and physiological perspective [J]. Crop Science, 1999, 39: 1560-1570.
- [12] Jiang H F, Egli D B. Soybean seed number and crop growth rate during flowering [J]. Agronomy Journal, 1995, 87: 164-167.
- [13] 张明才,何钟佩,田晓莉,等. 植物生长调节剂 DTA-6 对花生产量、品质及其根系生理研究[J]. 农药学报,2003,5(4):47-52. (Zhang M C, He Z P, Tian X L, et al. Regulation of plant growth regulator DTA-6 on peanut yield and quality and its root physiology[J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2003,5(4):47-52.)
- [14] Turgeon R. The sink-source transition in leaves[J]. Annual Reviews in Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1989, 40: 119-138.
- [15] James H, Keithly J H, Yokoyama H. Regulation of crop growth and yield by tertiary amine bioregulators[M]// Gausman H W. Plant biochemical regulator, Marcel Dekker, New York, 1991:223-246.
- [16] Ford D M, Richard S. Photosynthesis and other traits in relation to chloroplast number during soybean leaf senescence [J]. Plant Physiology, 1988, 86: 108-111.
- [17] Makino A, Mac T, Chira K. Enzymic properties of ribulose 1,5-bisphosphocarbonylase-oxygenase purified from rice leaves[J]. Plant Physiology, 1985, 79: 57.
- [18] 郝乃斌,戈巧英,张玉竹,等. 高光效大豆光合特性的研究[J]. 大豆科学, 1989, 8(3):283-286. (Hao N B, Ge Q Y, Zhang Y Z, et al. Study on the photosynthetic characters of the high photosynthetic efficiency soybean [J]. Soybean Science, 1989, 8(3):283-286.)
- [19] 李卫华,卢庆陶,郝乃斌,等. 大豆叶片 C₄ 循环途径酶[J]. 植物学报, 2001, 43(8):805-808. (Li W H, Lu Q T, Hao N B, et al. C₄ pathway enzymes in soybean leaves[J]. Acta Botanica Sinica, 2001, 43(8):805-808.)

学术交流的平台 科技致富的帮手

邮发代号 14-150 单月刊 每册定价 6.00 元 全年 72.00 元

欢迎订阅《北方园艺》(月刊)

《北方园艺》是全国自然科学(中文)核心期刊、中国农业核心期刊、全国优秀农业期刊、黑龙江省优秀科技期刊,内容丰富、栏目新颖、技术实用、信息全面。

国内外公开发行,单月刊,每月 15 日出版,全国各地邮局均可订阅,邮发代号 14-150,或直接向编辑部汇款订阅,竭诚欢迎全国各地科研院所人员、大专院校师生,各省、市、县、乡、镇农业技术推广人员、农民科技示范户等踊跃订阅,订阅者请在汇款单附言栏内写清订购份数,收件人姓名及详细地址、邮编。

地址:黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路 368 号 黑龙江省农业科学院《北方园艺》编辑部

邮编:150086 电话:0451-86674276 E-mail:bfyybjb@163.com