

叔胺类活性物质对玉米、大豆
苗期叶片光合及激素的调控机理

顾万荣◇著

叔胺类活性物质

对玉米、大豆

苗期叶片光合及激素的调控机理

顾万荣◇著

图书在版编目(CIP)数据

叔胺类活性物质对玉米、大豆苗期叶片光合及激素的
调控机理 / 顾万荣著. -- 哈尔滨 : 黑龙江大学出版社,
2013. 10

ISBN 978 - 7 - 81129 - 660 - 0

I. ①叔… II. ①顾… III. ①植物生长调节剂 - 影响
- 玉米 - 苗期 - 光合作用 - 研究②植物生长调节剂 - 影响
- 大豆 - 苗期 - 光合作用 - 研究 IV. ①Q945. 11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 248558 号

叔胺类活性物质对玉米、大豆苗期叶片光合及激素的调控机理
SHUANLEI HUOXING WUZHI DUI YUMI DADOU MIAOQI YEPIAN GUANGHE JI
JISU DE TIAOKONG JILI

顾万荣 著

责任编辑 张永生 高 媛
出版发行 黑龙江大学出版社
地 址 哈尔滨市南岗区学府路 74 号
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 720 × 1000 1/16
印 张 13.75
字 数 203 千
版 次 2013 年 10 月第 1 版
印 次 2013 年 10 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978 - 7 - 81129 - 660 - 0
定 价 32.00 元

本书如有印装错误请与本社联系更换。

版权所有 侵权必究

黑龙江省普通高等学校
优秀学术著作出版资助项目

前 言

使用植物生长活性物质影响植物内源激素系统的平衡和物质代谢,从而调控作物的生长发育,实现作物生产的高产、优质、低耗,是一项可以有效开发良种遗传潜力、克服环境障碍、改善品质、提高产量及作物生产力的重要技术资源。叔胺类活性物质是一类具有高生物活性、低分子量特性的胺类化合物,以 DCPTA[2-(3,4-二氯苯氧基)三乙胺]和 DTA-6(己酸二乙氨基乙醇酯)为此类典型活性物质的代表。叔胺类活性物质 DCPTA 和 DTA-6 对作物具有增产、改善品质及抗病、抗逆的生理功能,已广泛应用在蔬菜、花卉、林木及大田作物的研究中。

《叔胺类活性物质对玉米、大豆苗期叶片光合及激素的调控机理》一书的出版是叔胺类活性物质研究的理论和实践需要。本书以玉米(C_4 作物)和大豆(C_3 作物)为材料,阐述了叔胺类活性物质 DCPTA 和 DTA-6 对不同类型作物的光合及激素的调控机理,明确了 DCPTA 和 DTA-6 处理对玉米和大豆苗期叶片光合特性、叶绿素荧光特性、内源激素、氧自由基代谢、光合关键酶、碳氮代谢生理及物质积累等调控机制的影响,以期为进一步在生产上开发和利用此类物质提供理论和实践依据。感谢中国农业大学作物化学控制研究中心的所有老师以及东北农业大学农学院的魏焜教授、杨德光教授对于本书的关心和支持。希望本书的出版能为中国作

物化学控制研究奉献微薄的力量！本书在撰写过程中难免存在疏漏，望读者不吝赐教，共同探讨作物化学控制研究的理论和应用技术！本书的出版得到了黑龙江省普通高等学校优秀学术著作出版资助项目的资助，特此感谢！

顾万荣

2013 年 2 月 28 日

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 叔胺类活性物质 DCPTA 研究及应用现状	1
1.2 叔胺类活性物质 DTA -6 研究及应用现状	6
1.3 我国叔胺类活性物质 DCPTA 和 DTA -6 合成生产情况及应用 前景	12
1.4 作物化学控制研究进度及展望	14
1.5 研究目的和意义	36
第 2 章 DCPTA 和 DTA -6 对玉米和大豆幼苗生长的影响	38
2.1 材料与方法	38
2.2 结果与分析	40
第 3 章 DCPTA 和 DTA -6 对玉米和大豆叶片光合及 叶绿素荧光特性的调控	47
3.1 材料与方法	48
3.2 结果与分析	51
3.3 小结	77
第 4 章 DCPTA 和 DTA -6 对玉米和大豆叶片物质代谢 及相关生理特性的影响	78
4.1 材料与方法	78

4.2 结果与分析	82
4.3 小结	100
第5章 DCPTA 和 DTA -6 对大豆和玉米叶片内源激素的影响	101
5.1 材料与方法	101
5.2 结果与分析	103
5.3 小结	111
第6章 讨论	112
6.1 DCPTA 和 DTA -6 对玉米和大豆植株生长的调控	112
6.2 DCPTA 和 DTA -6 对玉米和大豆叶片光能利用效率的调控	113
6.3 DCPTA 和 DTA -6 能有效延缓玉米和大豆叶片的衰老	114
6.4 DCPTA 和 DTA -6 对玉米和大豆叶片激素信号系统的作用 机理	115
6.5 DCPTA 和 DTA -6 应用的广谱性及对不同作物效应的 差异	117
6.6 研究展望	118
参考文献	119
附 录	138
缩略词表	212
图表索引	213

第 1 章 概述

1.1 叔胺类活性物质 DCPTA 研究及应用现状

叔胺类活性物质是一类调节光合作用、具有生物活性和低分子量的化合物(Yokoyama 等,1977)。其中 2-(3,4-二氯苯氧基)三乙胺[2-(3,4-dichlorophenoxy) triethylamine, 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,其化学结构式如图 1-1 所示。叔胺类活性物质 DCPTA 和 DTA-6 对作物具有增产、改善品质及抗病、抗逆的生理功能,已广泛应用在蔬菜、花卉、林木及大田作物上。

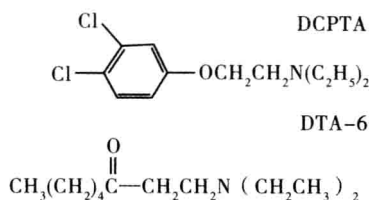


图 1-1 DCPTA 和 DTA-6 的结构式

国外对 DCPTA 及其类似物的研究始于 20 世纪 70 年代。叔胺类化合物已经被证明能够促进萜类化合物的生物合成,在银胶菊、

柑橘、番茄、棉花、兰云杉和柚子等植物中均有所研究 (Yokoyama 等, 1977, 1982, 1984, 1986, 1990; Gausman 等, 1985; Sanderson 等, 1988; Wilson 等, 1990; Keithly 等, 1990; Meerow 等, 1994)。化学结构式分析表明, 具有类似 $R - CH_2CH_2 - N - (CH_2CH_3)_2$ 结构的化合物具有生物活性。

研究表明, DCPTA 的类似物 MPTA 能够诱导柠檬树中番茄红素的生成。叔胺类活性物质通过调控类胡萝卜素生物合成相关基因的表达影响其生物合成, 并诱导某些特定的生物途径, 对四萜类物质的生物合成相关酶类有直接作用 (Poling 等, 1977; Gausman 等, 1985)。

DCPTA 处理有助于种子萌发和幼苗生成, 在作物上可以将其用于处理种子。在萝卜种子等方面的研究表明, 适宜浓度的 DCP-TA 浸种有利于提高种子的活力和根系的生长 (Keithly 等, 1992; Arnold, 1995)。叔胺类活性物质能够调控叶绿体发生和其结构的变化, 促进净光合速率、光合产物代谢及分配, 协调营养生长和生殖生长, 这在多种作物中都得到证实。Keithly 等 (1990) 发现 DCP-TA 处理促进了番茄叶片和根部在指数生长期的生长。研究发现, 用 6 mg/L 浓度的 DCPTA 和 6.4 mg/L 浓度的 2-(3,5-异丙基苯氧基) 三乙胺处理缙草, 其产量可增加 40%。Keithly 等 (1990) 发现预先用 10 mg/L DCPTA 处理兰云杉种子后, 种植后比对照增产 12% ~ 17.5%。

Yokoyama 开创了对叔胺类活性物质 DCPTA 及其类似物的研究。1977 年, Yokoyama 研究小组用 5 000 mg/L 的 DCPTA 和 5 000 mg/L 2-二乙氨基乙醇对 4 个月的温室银胶菊幼苗进行叶面喷洒, 处理后 3 星期处理组的橡胶含量比对照组增加 5 倍, 而 5 000mg/L 的 DCPTA 对银胶菊的生长没有危害。据此结果, 他们认为 DCPTA 的作用可能与基因控制机理有关, 即 DCPTA 改变了银

胶菊中异戊二烯类的生物合成途径,同时发表文章预测 DCPTA 可能对合成烃的植物如橡胶树、蒲公英及绿玉树有类似的作用。1979 年 Yokoyama 等人的专利中报道,5 000 mg/L DCPTA, 125 mg/L Ortho X-77 溶液对银胶菊进行叶面喷洒后,橡胶的含量大大提高。Madhavan 等(1988)研究认为,喷洒 DCPTA 和低温处理一样都有利于银胶菊中橡胶的积累。Dastoor 等(1981)用 DCPTA 喷洒苗期的银胶菊,引起植株内类异戊二烯含量的提高,而且浓度为 10 mg/L 的 DCPTA 会抑制胼胝的生成,同时促进幼芽的生长,更高的浓度反而会促进胼胝的生成。Dastoor 等(1981)还发现在生长培养基中加入 10 mg/L 的 DCPTA 能够强烈刺激银胶菊茎的生长。Benedict 等(1983)研究认为 DCPTA 处理后,银胶菊中甲羟戊酸激酶、焦磷酸异戊烯基酯异构酶和橡胶转移酶的含量提高了 1.5 ~ 3 倍,促进了橡胶的积累。Hayman 等(1983)报道,温室银胶菊移植后,用 DCPTA 按一定配比(250 mg/L DCPTA + 0.3% Ortho X-77 + 500 mg/L 2-二乙氨基乙醇)处理 5 个月,发现橡胶含量在 4 个月 after 提高 50% 左右。

Davies(1995)在菜用大豆上的研究表明,DCPTA 的浓度及菜豆的生长期决定了其所产生的效果。用 550 mg/L 的 DCPTA 喷洒 14 d 的菜豆叶片后,其叶片光合作用受到强烈抑制,与对照相比叶绿素 a 和 b 减少了 30% ~ 35%。而浓度为 55 ~ 230 mg/L 的 DCP-TA 喷施后,其对菜豆叶片的光合作用无影响。15 mg/L DCPTA 处理能提高菜豆叶片的生物产量,使叶片鲜重增加 22%,干重增加 23%。

Keithly 等(1990)报道,DCPTA 通过促进番茄幼果中光合产物向淀粉方向的积累,从而提高库的储存和再生能力,改善果实品质。Keithly 等(1992)报道,10 mg/L DCPTA 处理萝卜种子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,为增加萝卜产量和改善品质奠定了基础。James 等(1991)用 DCPTA 处理后,菠菜叶肉细胞的叶绿体横切面比对照增加了 25%~40%,但对于叶绿体总数和含量,处理与对照基本一致。进一步研究发现,DCPTA 处理增加了叶绿体中类囊体的体积和基质的含量,显著提高了每克鲜叶和单位面积叶片中的叶绿素含量,但叶片叶绿素 a(Chla)和叶绿素 b(Chlb)之比未发生变化,表明 DCP-TA 处理后叶绿素的积累是叶绿体体积增大的结果,而不是单一地提高 Chla 或 Chlb 的合成的结果,用电泳分析法发现 DCPTA 处理提高了类囊体膜上每毫克叶绿素中捕光色素复合体 LHCP II(light harvesting chloroplast protein II)的含量。用 10 mg/L DCPTA 处理离体菠菜叶片,发现 RuBPCase 酶的活性增加,叶绿体中的叶绿素含量也相应增加。目前,DCPTA 对观赏植物的施用效果也有研究,如 Keithly 等(1991)的研究表明,DCPTA 可以减少观赏植物从种植到成熟的时间。Keithly 等(1990)用 0.1 mg/L DCPTA 处理菊花种子可以增强菊花幼苗活力,促进根的发育,增加根干重和花芽数量;Sanderson 等(1988)在蝴蝶兰中也得到了相似的结果。Sankhla 等(1985)报道,DCPTA 能够增加甜菜根的 β -花青苷溢出物。Gausman 等(1985)用 12.5 mg/L DCPTA 处理棉花能够大大增加棉花叶片的光合作用,使棉花植株对 CO_2 的吸收增加 21%;21.5 mg/L DCPTA 处理时,叶和茎干重增加 69%,植株高度增加 36%,茎直径增加 27%,经 DCPTA 处理后的棉花植株比对照提前开花,且棉蕾和棉铃增多。Devlin 等(1985)认为 DCPTA 对小麦的生长有影响,1.5 mg/L 的 DCPTA 能刺激小麦根的生长,使其增加 15%,更高浓度则抑制其生长。Devlin 等(1985)报道,用 1 500 mg/L DCPTA 处理玉米幼苗,发现 DCPTA 能够抑制玉米叶中的叶绿素及类胡萝卜素的合成。Hedin 等(1988)用 80 mg/L DCPTA 喷洒玉米,发现其

营养成分提高了,即增加了蛋白质、脂肪、游离糖含量,降低亚油酸和亚麻油酸的比例,同时植株的抗虫害和抗寒的能力也增强了。Hartz 等(1995)发现 DCPTA 可以使马铃薯和胡椒的产量提高 30% 左右,Yokoyama 等(1986)研究发现 DCPTA 可以提高柠檬香精油的产量。

我国学者从上个世纪 90 年代开始展开对 DCPTA 及其类似物效应的研究,以便能够将此类物质应用到我国农业生产中。叶向阳等(1991)的研究表明 100 mg/L DCPTA 处理柠檬树能增加柠檬的净重和根重。叶秀莲等(1995)研究了在大豆生长的几个时期喷施不同浓度的 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,发现在初花期喷施 40 ~ 60 mg/L DCPTA 效果显著,并进行了大田示范。叶秀莲等(1995)以 3,4 - 二氯苯胺为原料采用催化缩合法合成得到 DCPTA,并在棉花、大豆作物上进行了喷施 DCPTA 的应用研究,结果大豆增产 20%,棉花增产 17.15%。

程相春等(2002)报道,100 mg/L DCPTA 喷施甜菜幼苗可以显著提高产糖量,增幅达到 19.67%。DCPTA 在棉花、杜仲、大豆、甜菜、玉米、小麦、油菜、烤烟等植物上的作用均有研究(曹景萍等,1993;马小军等,1995;杨秀凤等,1996;程相春等,2002;李丽等,2006)。黄升谋等(2006)报道喷施 DCPTA 能显著提高杂交水稻二优培九的产量,其原因是提高了弱势粒的结实率和充实度,对强势粒的结实率和充实度无显著影响。

1.2 叔胺类活性物质 DTA-6 研究及应用现状

1.2.1 DTA-6 对作物产量和品质的影响

厦门大学化学系开发出广谱的植物生长促进剂 DTA-6。DTA-6 在多种作物上存在明显的生理效应、形态效应和经济效应。目前,我国广大科研工作者对 DTA-6 展开的工作较多,且获得了重要成果,并在生产上得到大规模的推广使用。

宋宏峰等(1999)报道,DTA-6 可以提高草莓单株结果数、单株产量、单果重,并使其提早成熟,其中以 20 mg/L 效果最佳。程日庆(2003)报道,DTA-6 处理可以提高大白菜、黄瓜、茄子、芹菜和西瓜的单果重和产量,增产分别为 35.04%、11.20%、17.10%、18.62% 和 30.10%。梁广坚等(1998),郑先福等(2004)在菠菜、莼菜、萝卜和白菜等其他蔬菜上均证实 DTA-6 的增产作用。郑先福等(2004)报道,5~20 mg/L DTA-6 均可增加番茄和辣椒的单株花果数和产量,其中番茄在 15 mg/L DTA-6 处理下效果最好,提高单株花果数和增产分别为 48.51% 和 25.2%,而辣椒的最佳浓度为 10 mg/L,提高单株花果数和增产分别为 63.04% 和 37.72%。在果树上的应用也有报道,张文元等(2001)研究发现,用 20 mg/L DTA-6 喷施板栗“九家种”后,能显著促进果实增大,对板栗生长有明显促进作用。张明才等(2001)在甜豌豆品种“甜脆蜜”中的研究表明 45 mg/L DTA-6 拌种和六叶期 20 mg/L DTA-6 叶面喷施,能显著提高甜豌豆单株生产能力,且单位面积产量均高于清水对照,增产幅度可达 50% 左右。在花生、羊草等的研究上得到了相

同的结果(张明才等,2003;周天等,2004)。王辉等(2005)报道,DTA-6可以增加水稻有效穗和千粒重,提高产量,可以增产9%~10%。王俊平等(2003)对苜蓿的研究表明,DTA-6处理后叶片粗蛋白含量比对照增加了39.2%,茎秆中粗蛋白比对照增加了33.5%,叶片中含硫氨基酸和必需氨基酸总量增加,茎秆中含硫氨基酸和必需氨基酸总量降低。

Yokoyama等(1982)用10 $\mu\text{g/L}$ DTA-6处理胡萝卜后,其胡萝卜素含量增加53.3%。陈敏资(1995)的研究表明,5 mg/L DTA-6可以促进紫罗兰早开花、延长花期、花数增多、花艳叶绿、增长花茎,提高了观赏价值以及作为切花的应用价值。梁广坚等(1998)用40 mg/L DTA-6处理菠菜能显著提高叶片维生素C和可溶性糖含量,从而改善了菠菜的品质,提高了菠菜的商品价值。林永顺等(1998)的研究表明,30 mg/L DTA-6处理甜菊叶片后,甜菊苷(SS)总含量在14 d时比对照提高了38%,而且丽鲍迪苷(RA)占丽鲍迪苷(RA)与甜菊苷总含量的71%,比对照提高1倍以上,提高了甜菊苷含量和质量。沈明山等(1999)认为适宜浓度的DTA-6处理能提高甜菊叶片总糖苷含量并影响不同糖苷组分所占的比例。张明才等(2001)研究发现DTA-6处理后,甜豌豆的主要营养物质如可溶性糖、可溶性蛋白和游离氨基酸的含量均有显著提高。谭显平等(2004)报道DTA-6虽然对果糖和蔗糖没有显著效应,但是可以提高果糖、蔗糖和纤维含量。胡子有等(2000)认为高效生长调节剂DTA-6可高效保花、保果、防裂果、减少柑橘生产的大小年差异,并使柑橘果实外表光亮、个均、皮薄、味美、早熟,使柑橘生产真正实现高产与优质,是取代目前常用的2,4-D、赤霉素等最理想的保花保果剂。黄钧如等(2000)研究发现,40 mg/L DTA-6喷施蜜橘后,可以减少裂果和落果,提高座果率,使果皮变薄,提高品质。此外,DTA-6在花卉和草坪方面也有研究。吕建洲等

(1999)研究发现,5 mg/L DTA-6 可以使瓜叶菊株型紧凑,叶子厚,开花期早且长,花数增多,花色艳丽,大大提高了瓜叶菊的观赏价值;同时在圆柏上也得到了类似的结果(吕建洲等,2000)。王俊平等(2003)发现 DTA-6 处理后苜蓿叶片粗蛋白含量比对照增加了 39.2%,茎秆中粗蛋白含量比对照增加了 33.5%,提高了苜蓿叶片中含硫氨基酸和必需氨基酸总量,降低了茎秆中含硫氨基酸和必需氨基酸总量。

1.2.2 DTA-6 对作物生长发育的影响

1.2.2.1 DTA-6 对作物碳氮代谢的调控

吕建洲等(2000)发现 DTA-6 处理后的圆柏叶片,叶绿素 a, 叶绿素 b 的含量均高于对照,其中以叶绿素 b 含量的提高尤为明显,促进了光合作用和干物质积累,植株的株高及冠幅均不同程度高于对照,叶片中蛋白质和核酸含量增加,同时也提高了叶片氮素代谢关键酶——硝酸还原酶的活性。徐秋曼等(1998,2001)用适宜浓度 DTA-6 处理后,水稻和小麦幼苗具有矮化效应。吕建洲等(1999)在瓜叶菊上的试验表明,DTA-6 处理后的叶面积比对照小,但厚度明显增加,叶片的净光合速率增加,可比对照提前一周开花,增加了开花数,延长了花期,并且光合速率和叶绿素含量是同步提高的。张子龙等(2001)将水稻种子用不同浓度的 DTA-6 溶液浸泡,在长至二叶一心时,发现 10 $\mu\text{g/L}$ 处理后水稻幼苗的苗根干重、根冠比和发根力显著高于对照,叶片的叶绿素含量高于对照。徐秋曼等(1998,2001)在水稻和小麦上的研究也有相似的效果。刘祥英等(2005)也用 DTA-6 浸泡水稻种子,测量水稻幼苗的根长、根鲜重、株高、株鲜重,其结果与张子龙等(2001)的研究结

果一致。周天等(2004)在二叶期喷施较低质量浓度(5 mg/L, 10 mg/L)的DTA-6,可显著促进野大麦幼苗生长和叶绿素含量的提高;四叶期喷施较高质量浓度(20 mg/L,30 mg/L,40 mg/L)的DTA-6,可显著提高野大麦幼苗的生物量,其中20 mg/L和30 mg/L的处理,幼苗生物量分别提高55.1%和59.6%;光合作用能力分别提高12.8%和18.1%。董秀云等(2001)的研究表明,喷施DTA-6使早熟禾和黑麦草混合草坪叶片叶绿素a、b分别比对照提高76.49%、22.68%,呼吸速率提高20.79%,促进了光合作用,提高了碳代谢和能量代谢,十分有利于干物质的积累。此外叶片中蛋白质、DNA、RNA及核酸总量分别比对照提高30.54%、1.82%、29.67%及2.16%,这为提高叶绿素含量和生长量提供了物质基础。硝酸还原酶和过氧化物酶分别比对照提高45.43%和10.65%,硝酸还原酶活性的提高有利于草坪对氮肥的吸收和利用,加强氮代谢、碳代谢和能量代谢,并为叶绿素、蛋白质和核酸含量的提高提供了物质基础。董秀云等(2001)在草坪上喷洒8%DTA-6的研究表明,草坪高度、叶宽度、叶面积和叶厚分别比对照提高18.02%、5.26%、26.32%和7.31%。文言(1999)的研究表明,DTA-6能够促进玉米种子萌发和幼苗生长。关于DTA-6对于作物根系的影响,张明才等(2001,2003,2004,2005,2006,2007)先后均进行了报道。张明才等(2001)研究发现,DTA-6处理提高了甜豌豆根系还原力和叶片叶绿素含量,在鲜荚采收期,叶绿素含量与对照的净增量达到最大,这为籽粒充实所需的较多同化产物提供了物质保障;同时,张明才等(2003)用20 mg/L DTA-6喷施花生发现,反映根系活性的重要生理指标:根系还原力和根系伤流量均有显著增加。同时,研究表明,DTA-6还通过调节植株的叶片生理功能来达到早产、高产、改善品质和提高植株抗逆能力的目的。张明才等(2005)用SHK-6(主要成分为80%二乙氨基乙基