

叔胺类物质 DCPTA 和 DIA-6 的生理功能及在农业中的应用

顾万荣 李召虎 张明才* (中国农业大学作物化学控制研究中心, 北京 100193)

摘要 介绍叔胺类物质 DCPTA 和 DIA-6 的生理功能以及它们在农业中的研究进展。

关键词 叔胺类物质; DCPTA; DIA-6; 生理功能

中图分类号 S48 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)28-12105-03

Physiological Functions of Tertiary Amines DCPTA and DIA-6 and Their Applications in Agriculture

GU Wanrong et al (Research Center for Crop Chemical Control, China Agricultural University, Beijing 100193)

Abstract The physiological functions of tertiary amines DCPTA and DIA-6 and their research progresses in the agriculture were introduced.

Key words Tertiary amines; DCPTA; DIA-6; Physiological function

叔胺类物质是一类调节光合作用、具有生物活性和低分子量特性的化合物^[1]。其中2-(3,4-二氯苯氧基)-三乙胺(DCPTA)和己酸二乙氨基乙醇酯(DIA-6)是该类化合物的典型代表,DCPTA和DIA-6的化学结构如图1所示。叔胺类物质DCPTA和DIA-6对作物具有增产、改善品质及抗病、抗逆的生理功能,已广泛应用于蔬菜、花卉、林木及大田作物上。

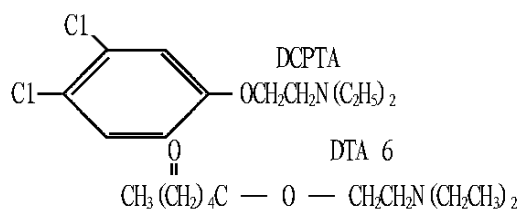


图1 DCPTA 和 DIA-6 结构式

Fig.1 The structural formula of DCPTA and DIA-6

1 DCPTA 的研究和应用

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、柚子观赏植物等中均有所研究^[2-5]。研究认为,具有 R—CH₂CH₂—N—(CH₂CH₃)₂ 化学式的组合具有生物活性^[6]。

Yokoyama 开创了对 DCPTA 及其类似物的研究,研究人员用 5 g/L DCPTA 和 5 g/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 21 d,处理组的橡胶含量比对照组增加 5 倍,而 5 g/L DCPTA 对银胶菊的叶子和生长都没有危害。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,同时预言 DCPTA 可能对生成烃的植物如橡胶树、蒲公英及绿玉树有类似的作用^[1]。

用 DCPTA 喷洒苗期的银胶菊,发现处理后会引引起植株内类异戊二烯含量增多,10 ng/L DCPTA 促进幼芽生长的同时,会抑制胼胝的生成,而更高的浓度只能促进胼胝的生成^[7]。在生长培养基中加入 10 ng/L DCPTA 能强烈刺激银胶菊茎的生长^[7]。DCPTA 处理银胶菊后,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 1.5~3.0 倍,橡胶量增加^[8]。温室银胶菊移植后,用 DCPTA 按一定配方

(250 ng/L DCPTA + 0.3% ORTHOX-77 + 500 ng/L 2-二乙氨基乙醇)处理 5 个月,发现橡胶含量在 4 个月后增加 50%^[9]。研究认为,喷洒 DCPTA 可以和低温一样有利于银胶菊中橡胶的积累^[10]。

在菜用大豆上,DCPTA 的处理浓度及菜豆的生长期决定了其所产生的效果。用 550 ng/L DCPTA 喷洒 14 d 的菜豆叶片,叶片光合作用受到强烈抑制,与对照相比,Chl a 和 Chl b 减少了 30%~35%。而浓度为 55~230 ng/L DCPTA 喷施后对菜豆叶片的光合作用无影响。15 ng/L DCPTA 处理能增加菜豆叶片的生物产量,使叶片鲜重增加 22%,干重增加 23%^[11]。DCPTA 抑制光合作用与叶绿体超微结构的褪绿和畸变有关,在暗处用 DCPTA 处理离体叶片,则发现它能阻止叶绿素的褪绿,因此推测 DCPTA 可能具有抗衰老的特性^[12]。DCPTA 通过促进番茄幼果中光合产物向淀粉方向积累,从而增强了库的储存和再生能力,改善果实品质^[4]。

DCPTA 处理能促进种子萌发和幼苗建成,在生产上可将 DCPTA 作种子处理或喷施植株叶片。在萝卜等种子上的研究表明,10 ng/L DCPTA 浸种有利于提高种子的活力和根系的生长,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,为增加萝卜产量和改善品质奠定了基础^[6]。用 6.0 ng/L DCPTA 和 6.4 ng/L 2-(3,5-异丙基苯氧基)-三乙胺处理缙草,其产量可增加 40%^[13]。

叔胺类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,这在多种作物上已得到证实。用 DCPTA 处理菠菜,其叶肉细胞的叶绿体横切面比对照增加了 25%~40%,叶绿体类囊体的体积和基质的含量增加,显著提高了每克鲜叶和单位面积叶绿素含量,但叶片 Chl a/b 未发生变化,表明 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 Chl a 或 Chl b 的合成。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 (Chloroplast protein II) 含量^[12]。

DCPTA 在观赏植物上也有研究,0.1 ng/L DCPTA 喷施可增强菊花幼苗活力,促进根发育,增加根干重和花芽数量^[6],在蝴蝶兰中也得到了相似的结果^[14]。12.5 ng/L DCPTA 处理棉花后,能够增强棉花叶片的光合作用,使棉花植株对 CO₂ 的吸收增加 21%;21.5 ng/L DCPTA 处理时,叶和茎干重增加

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

作者简介 顾万荣(1980-),男,江苏仪征人,博士研究生,研究方向:作物化学控制。* 通讯作者。

收稿日期 2008-07-15

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早开花, 且棉花蕾和铃增多^[2]。DCPTA 的类似物 MPTA 能够诱导柠檬树中番茄红素的生成, DCPTA 可以诱导棉花子叶中类胡萝卜素的积累, 这一过程涉及基因的转录与翻译^[2,15]。DCPTA 处理可使马铃薯和胡椒的产量提高30%^[16]。

我国从20世纪90年代开展 DCPTA 及其类似物效应的研究, 已在棉花、杜仲、大豆、甜菜、玉米、小麦、水稻、油菜、烤烟等作物上有许多研究^[17-21]。100 ng/L DCPTA 盐酸盐处理柠檬树后, 柠檬的净重和根重增加^[22]。在棉花、大豆上喷施 DCPTA, 大豆增产20%, 棉花增产17%, 且对大豆而言, 初花期喷施40~60 ng/L DCPTA 效果更加显著^[23]。100 ng/L DCPTA 喷施甜菜幼苗可显著提高产糖量, 增幅达20%^[19]。

2 DIA-6 研究及应用现状

DIA-6 最先是厦门大学化学系开发出的一种 DCPTA 类似物, 是一种新型、广谱的植物生长促进剂。研究表明, DIA-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 DIA-6 开展的研究较多, 且取得了重要成果, DIA-6 已在生产上得到大规模的推广使用。

2.1 DIA-6 对作物产量和经济器官的影响 20 ng/L DIA-6 喷施处理可提高草莓单株结果数、单株产量、单果重, 促进提早成熟。DIA-6 处理可提高大白菜、菠菜、蕹菜、萝卜、白菜、黄瓜、番茄、辣椒、茄子和西瓜的产量^[24-26]。在甜豌豆品种“甜脆蜜”中试验表明, 45 ng/L DIA-6 拌种和6叶期叶面喷施20 ng/L DIA-6, 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, 增幅达50%。在花生、羊草等上试验得到了相似的结果^[27-32]。DIA-6 在果树上的应用也有报道, 20 ng/L DIA-6 喷施板栗“九家种”后, 能显著促进果实增大, 对板栗生长和结果均有明显促进作用^[33]。

2.2 DIA-6 对作物品质的影响 5 ng/L DIA-6 可促进紫罗兰早开花、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^[34]。用40 ng/L DIA-6 处理菠菜能显著提高叶片 Vc 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^[25]。30 ng/L DIA-6 处理甜菊叶片后, 甜菊糖苷总含量在14 d 时比对照提高了38%, 而且丽鲍迪苷(RA) 占丽鲍迪苷(RA) 和甜菊苷(SS) 的总含量达71%, 比对照提高1倍以上, 提高了甜菊糖苷含量和质量^[35]。适宜浓度 DIA-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比例^[36]。40 ng/L DIA-6 喷施蜜橘后, 其坐果率增加, 果皮变薄, 品质大为提高^[37]。此外, DIA-6 在花卉和草坪方面也有研究。如5 ng/L DIA-6 可使瓜叶菊株型紧凑, 叶子厚绿包盆, 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^[38]; 同时在圆柏上得到了类似的结果^[39]。DIA-6 处理苜蓿后, 叶片粗蛋白含量比对照增加了39%, 茎秆中粗蛋白比对照增加了34%, 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^[40]。

2.3 DIA-6 对作物生长发育的影响

2.3.1 DIA-6 对作物碳、氮代谢的调控。 吕建洲等发现,

DIA-6 处理后的圆柏叶片, Chl a、Chl b 含量均高于对照, 其中以 Chl 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, 同时提高了叶片氮素代谢关键酶硝酸还原酶的活性; 在瓜叶菊的研究中也得到了相同的结果, 并且光合速率和叶绿素含量是同步提高的^[39]。用不同浓度的 DIA-6 溶液对水稻浸种, 在长至2叶1心时发现10 μg/L 处理后水稻幼苗的根干重、根冠比、发根力显著高于对照, 叶片的叶绿素含量高于对照^[41-42]。徐秋曼等在水稻和小麦上的研究结果相似^[43-44]。用 DIA-6 浸泡稻种, 水稻幼苗的根长、根鲜重、株高、株鲜重增加^[41,45]。在野大麦2叶期喷施较低质量浓度(5, 10 ng/L) 的 DIA-6, 可显著促进幼苗生长和叶绿素含量的提高; 4叶期喷施较高质量浓度(20, 30, 40 ng/L) 的 DIA-6, 可显著提高野大麦幼苗的生物量, 其中20和30 ng/L 的处理, 幼苗生物量分别提高55%和60%, 光合作用能力分别提高13%和18%^[32]。DIA-6 可以使早熟禾和黑麦草混合草坪叶片叶绿素含量增加, 呼吸速率提高, 促进了光合作用, 提高了碳代谢和能量代谢, 有利于干物质的积累, 同时叶片中蛋白质、DNA、RNA 及核酸总量比对照增加, 硝酸还原酶和过氧化物酶活性提高, 有利于草坪氮代谢的加强。

利用电镜技术研究 DIA-6 处理细胞结构的变化, 可从细胞水平探讨 DIA-6 对作物生长发育的作用。30 ng/L DIA-6 可促进幼叶中类囊体片层的分化, 增加成叶中基粒数目和基粒片层的垛叠, 这些结构的变化维持2周以上, 基粒片层的垛叠可更有效地收集光能, 加速光反应, 促进光合作用, 提高同化碳源的能力, 并使排列在类囊体膜上的酶形成一个长的代谢传送带, 使代谢顺利进行, 还可提高细胞内线粒体数目, 内膜上嵴发达, 使呼吸代谢加强, 为提高合成能力提供更充足的能量^[36]。适宜浓度的 DIA-6 可能通过影响叶绿体、线粒体、微体等细胞器, 改变糖基转移酶的活性, 提高叶片细胞物质合成和能量代谢能力。这些研究为探讨 DIA-6 的作用机理提供了一定的理论基础。

2.3.2 DIA-6 对作物逆境及抗性的调控。 吕建洲等研究表明, DIA-6 处理后的植株叶片过氧化物酶活性增加, 瓜叶菊叶片细胞内电解质和可溶性糖均比对照明显减少, 提高了抗冷性, 同时处理组的瓜叶菊叶片未发现白粉病和灰霉病^[38]。36 h 4 低温处理2叶1心期水稻, 发现用 DIA-6 浸种后的水稻存活率高于对照, 叶片电导率低于对照, 从而减轻了低温对质膜的影响, 抗寒性提高^[42]。发现 DIA-6 处理后的叶片过氧化氢酶活性高于对照, 提高了作物的抗性^[34]。DIA-6 属于细胞分裂素类植物生长调节剂, 目前研究表明, 细胞分裂素类物质一方面直接参与作物中各种物质和能量代谢的调控, 另一方面通过与其他激素的相互作用, 并参与基因表达和信号转导的调控, 在转录和翻译水平上影响着植物生理状况与形态建成, 包括抗逆性的增强, 对植物抗性的提高具有广泛而深刻的影响。5 ng/L DIA-6 浸种可不同程度地缓解0.1~20.0 μg/L 的胺苯磺隆对水稻的伤害^[45], DIA-6 浸种处理后, 水稻幼苗 CAT 活性显著提高, DIA-6 还可提高低温处理后水稻幼苗的存活率, 阻止电解质渗漏, 减缓低温对幼苗叶绿素的破坏, 明显提高可溶性蛋白质含量^[41]。有报

道表明,SHK 6(含有DTA-6 的复配剂)可显著提高干旱条件下叶片POD、SOD 酶活性,促进叶片游离脯氨酸和可溶性糖积累,降低MDA 含量和减小叶片相对电导率,增强大豆的抗旱性^[30]。

2.3.3 DTA-6 对作物激素及基因表达的调控。生长调节剂作为外源激素,可调控相关基因表达,诱导产生新的基因、蛋白质和酶,以至于代替某些基因行使功能,对作物实施基因诱导和表达调控。在紫罗兰上用5 mg/L 喷施处理后7 d,IAA 含量较对照增加21%,14 d 后增加26%^[34]。用DTA-6 处理圆柏后,其叶片中IAA 含量显著高于对照,顶端优势明显,认为DTA-6 是通过调节植株体内内源激素来改变植株形态的。Tournaire 等报道,矮牵牛在低细胞分裂素浓度下作继代培养时,产生蛋白质P21 和P17。其中P21 与硫醇蛋白酶高度同源,而P17 与马铃薯、番茄中的阴离子过氧化物酶高度同源^[46]。Mtsu 证明细胞分裂素可在植物体内形成细胞分裂素结合蛋白复合体(CBP130),改变SAH SAM 比率,从而调节植物体内的甲基化和脱甲基化过程,而核内DNA 的甲基化可调节基因表达,叶绿体内蛋白质的甲基化调节叶绿素的合成及基因表达^[47]。DTA-6 属于细胞分裂素类植物生长调节剂,其是否能够诱导相关基因、蛋白及酶的表达还在进一步研究中。以鲁豆11 号为试验材料,利用植物生长调节剂SHK 6 拌种和分枝期叶面喷施,显著提高各生育期伤流液中IAA、GAs 和CTKs 含量,而生育前期SHK 6 处理的ABA 含量显著低于对照,生育后期显著促进了ABA 的运输量^[30]。

3 结语

叔胺类物质DCPTA 和DTA-6 都属于植物生长调节剂类物质,它们的生理功效已经在农业生产中得到充分体现。通过使用植物生长调节剂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,使得作物生产实现高产、优质、低耗的目的,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。

DTA-6 为我国有独立知识产权、安全高效的化合物。国内外有结构类似物生理活性的报道,但尚未形成完善的生产应用技术。中国农业大学作物化学控制研究中心开展《安全高效植物生长调节剂DTA-6 的应用开发及机理研究》课题,完善了植物生长调节剂DTA-6 的生产工艺,具备规模化生产的技术条件;系统研究了DTA-6 在我国主要大田作物上的应用效果,建立了主要大田作物上的生产应用技术;并从碳水化合物、脂类、蛋白质等物质和信息等方面研究了其作用机理。经试验示范,生产效果稳定,增产10%以上,产品品质改善,并能增加作物对逆境的抵抗能力。

DTA-6 可以直接做成各种液剂和粉剂,浓度可根据需要而调配,操作简便,不需要特殊的助剂、操作工艺和特殊设备;或者做成增效剂与肥料、杀菌剂、杀虫剂复配使用,或做除草剂解毒剂使用。如DTA-6 与甲哌鎓(DPC)协调使用,利用植物生长调节剂间的复合效应,克服了使用多效唑等产品防倒但不增产、使用不安全等缺陷,研制成功了80%胺鲜酯·甲哌鎓可溶性粉剂,在大豆分枝期~初花期叶面喷施,具有显著的抗倒伏和增产效果。

参考文献

- [1] YOKOYAMA H, HAYMAN E P, HSU W J. Chemical induction of rubber in guayule plant[J]. Science, 1977, 197: 1076 - 1077.
- [2] GAUSMAN H W, BURDJ D, QUISENBERRY J. Effect of 2-dethylaminoethyl-3,4-dichlorophenylether on cotton plant (*Gossypium hirsutum*) growth and phenology[J]. Bio-Technology, 1985, 3(3): 255 - 257.
- [3] WILSON C W, SHAW P E, YOKOYAMA H. Effect of GA and 2-(3,4-dichlorophenoxy)-triethylamine on maturation in grapefruit peel oil and total peel oil content[J]. J Agric Food Chem, 1990, 38(3): 656 - 659.
- [4] KEITHLY J H, YOKOYAMA H, GAUSMAN H W. Promotive effects of DCPTA on seedling development and growth of radish[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1992, 117(2): 294 - 297.
- [5] MEEROW A W, SVENSON S E, KANE M E. DCPTA suppresses growth and flowering of anemone[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1994, 29: 1149 - 1150.
- [6] KEITHLY J H, KOBAYASHI H, YOKOYAMA H. Effect of 2-(3,4-dichlorophenoxy)-triethylamine (DCPTA) on the growth and development of blue spruce[J]. Plant Growth Regulator, 1990, 18(2): 55 - 61.
- [7] DASTOOR M N, SCHUBERT W W. Preliminary results of vitro propagation of guayule[J]. J Agric Food Chem, 1981, 29(3): 686 - 688.
- [8] BENEDICT C R, REBACH P H, MADHAVAN S, et al. Effect of 2-(3,4-dichlorophenoxy)-triethylamine on the synthesis of cis-polyisoprene in guayule plants (*Parthenium argentatum* Gray)[J]. Plant Physiology, 1983, 72: 897 - 899.
- [9] HAYMAN E, YOKOYAMA H, GOLDS. Effect of bioregulators on the accumulation of rubber in guayule[J]. J Agric Food Chem, 1983, 31: 1120 - 1121.
- [10] SOUNDARARAJAN MADHAVAN. Simulation of isopentenyl pyrophosphate incorporation into polyisoprene in extracts from guayule plants (*Parthenium argentatum* Gray) by low temperature and 2-(3,4-Dichlorophenoxy)-triethylamine[J]. Plant Physiology, 1989, 89: 506 - 511.
- [11] KEITHLY J H, YOKOYAMA H, GAUSMAN H W. Effect of 2-dethylaminoethyl-3,4-dichlorophenylether (DCPTA) on growth and development of sugarbeet[J]. Plant Science, 1990, 68: 57 - 64.
- [12] JAMES H, KEITHLY J H, YOKOYAMA H. Regulation of crop growth and yield by tertiary amine bioregulators[C]// GAUSMAN H W. Plant biochemical regulator. New York: Plenum Press, 1991: 223 - 246.
- [13] FOERSIER W, BECKER H. Effect of plant bioregulators on the production of indole derived terpenoids in *Valeriana wallichii* and *Fedra cornucopiae* cell suspension cultures[J]. Bio Science, 1987, 42(1/2): 33 - 40.
- [14] SANDERSON K C, YOKOYAMA H, HEARN W H. Effect of pre-propagation immersion of cuttings in DCPTA on growth and flowering of chrysanthemums[J]. Plant Growth Regulator Bulletin, 1988, 16(2): 8 - 9.
- [15] POIUNG S M, HSU W J, KOEHRN F J. Chemical induction of β -carotene biosynthesis[J]. Phytochemistry, 1977, 16(5): 551 - 555.
- [16] HARIZ T K, KES L J, BAOMEUR A. DCPTA ineffective as a production acid on field grown tomato and pepper[J]. Horticultural Science, 1995, 30(1): 78 - 79.
- [17] 马小军. 2-二乙氨基乙基3,4-双氯苯基醚对杜仲生长和杜仲胶含量的影响[J]. 国外医药:植物药分册, 1995(2): 56 - 59.
- [18] 杨秀凤, 武振亮, 刘天麟, 等. 增产胺(DCPTA)及其类似物对棉花生长效应的影响[J]. 南开大学学报:自然科学版, 1996, 29(3): 40 - 44.
- [19] 程相春, 董继贵. 增产胺在甜菜上的应用研究[J]. 应用科技, 2002, 29(5): 61 - 63.
- [20] 李丽, 张锦韬. DCPTA 与SS307 对烤烟根系脱氢酶活性和叶绿素含量的影响[J]. 湖南文理学院学报:自然科学版, 2006, 18(4): 45 - 48.
- [21] 黄升谋, 邹应斌. 杂交水稻结实率和充实度的化学调控[J]. 中国农学通报, 2006, 22(6): 195 - 197.
- [22] 叶向阳, 郭奇珍. DCPTA 及其类似物的研究进展[J]. 世界农药, 1991(3): 13 - 15.
- [23] 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.
- [24] 程日庆. 生长调节剂——植物龙在蔬菜上的使用效果[J]. 福建热作科技, 2003, 28(1): 5 - 6.
- [25] 梁广坚, 李芸瑛, 邵玲. DTA-6 和BR+CA-3 对菠菜生长和光合速率的影响[J]. 园艺学报, 1998, 25(4): 356 - 360.
- [26] 郑先福, 孟磊, 蒋媛媛, 等. 己酸二乙氨基乙醇酯的合成及应用研究[J]. 河南农业大学学报, 2004, 38(1): 93 - 104.
- [27] 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.
- [28] 张明才, 何钟佩, 田晓莉, 等. 植物生长调节剂BR 和SHK6 对大豆生物产量和根瘤固氮活性的激素调控研究[J]. 大豆科学, 2004, 23(2): 96 - 100.
- [29] 张明才, 何钟佩, 田晓莉, 等. 新型植物生长调节剂SHK6 对大豆产量与蛋白品质的化学调控[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(1): 26 - 30.

层内部的疏水区与膜蛋白互相作用,保证色素吸收的光能能引起光合电子的产生和传递以及光合磷酸化的正常进行。类囊体膜对环境胁迫极为敏感,其结构与功能的改变是植物对环境胁迫最初与最基本的反应^[8],而脂肪酸是类囊体膜的重要组成部分。对 Pokkali(耐盐)和 Peta(盐敏感)2种水稻幼苗类囊体膜脂肪酸组成的测定结果表明,其脂肪酸主要由14 0、16 0、16 1、18 0、18 1、18 2、18 3等7种脂肪酸组成。各组分的比例决定着膜的流动性,其中饱和脂肪酸中16 0含量最高,不饱和脂肪酸中以18 3含量最高。

盐胁迫下,LSFA变化趋势与16 0组分变化相同,这与饱和脂肪酸中16 0含量最高有关。Pokkali中LSFA增加使生物膜易形成凝胶态,发生质膜的相分离,能使双层膜的流动性变小;对NaCl的透性也变小;利用稳态荧光极化法可直接测定膜的流动性,表明盐胁迫导致膜流动性下降。生物膜为适应盐胁迫通过降低双层膜的流动性来减少对NaCl的透性^[9],这也是Pokkali抵御盐胁迫的一种方式。Kuper等^[10]认为脂肪酸饱和度增加虽然降低了膜流动性和膜结合酶活性并提高了膜相变温度,但脂肪酸饱和度增加,可增加水分子通过膜的能力,从而有效地吸收和输导水分。随着盐胁迫浓度的增加和时间的延长,Pokkali和Peta脂肪酸饱和度水平上升,100 mmol/L和200 mmol/L NaCl处理的第6天及第8天Pokkali饱和度分别上升了28.0%、45.0%和49.2%、83.1%,而Peta分别上升了21.1%、36.0%和26.6%、34.4%,这些差异可能导致盐胁迫后Peta中Na⁺和Cl⁻含量比Pokkali的高。

Mansour^[11]认为植物受盐害后脂肪酸的饱和度会发生明显增加,不饱和指数下降;McConn^[12]的研究表明,盐胁迫引起的小麦类囊体膜各类脂脂肪酸不饱和度的改变会严重影响类囊体膜的功能;Pastori和Tripp^[13]发现,脂肪酸不饱和度与品种的抗逆性有关。IUFA降低可能减慢了重新合成的D1蛋白装配到PSⅡ反应中心的速率,引起PSⅡ反应中心的光化学功能减弱^[14]。不饱和脂肪酸成份中以18 2、18 3的含

量最高,所以膜的流动性主要由18 2、18 3的含量决定,即可以从IUFA的数值得到反映,100 mmol/L、200 mmol/L NaCl处理下Pokkali和Peta的18:3组分和IUFA一直下降,100 mmol/L较200 mmol/L NaCl处理下降幅度小,但在相同的条件下,Pokkali较Peta的下降幅度小,这说明在不饱和脂肪酸指数方面Pokkali较Peta耐盐。

参考文献

- [1] 李青云,葛会波,胡淑明,等.盐胁迫下钙对草莓叶片脂肪酸含量及组成的影响[J].河北农业大学学报,2004,27(6):56-59.
- [2] GARDI MT, CONA A, GHKEN B, et al. Long-term drought stress induces structural and functional reorganization of photosystem [J]. *Harta*, 1996, 199:118-125.
- [3] ALLAKHMERDEV SI, KINOSHITA M, INABA M, et al. Unsaturated fatty acids in membrane lipids protect the photosynthetic machinery against salt induced damage in *Syngnathus* [J]. *Hart Physiol*, 2001, 125:1842-1853.
- [4] DUNAHAYT G, STAEHELIN L A, SHBERT M, et al. Structural, biochemical and biophysical characterization of four oxygen evolving photosystem from spiraea [J]. *BBA*, 1984, 764:179-193.
- [5] 陈志强.膜脂在类囊体膜不同功能区的分布及其与植物抗寒性的研究[D].中国科学院植物研究所,1991.
- [6] 刁丰秋,章文华,刘友良.盐胁迫对大麦叶片类囊体膜组成和功能的影响[J].植物生理学报,1997,23(2):105-110.
- [7] 马海艳,许亦农,高丽红.高温逆境对菜豆类囊体膜脂的影响[J].中国农学通报,2003,19(3):1-4.
- [8] WANG HC. Plant stress resistant physiology [J]. *Hart Physiology Communications*, 1981, 17:72-81.
- [9] WUJ, SEISKAR D M, GALLAGHER J L. Stress tolerance in the marsh plant *Spartanopers*: Impact of NaCl on growth and root plasma membrane lipid composition [J]. *Physiol Plant*, 1998, 102:307-317.
- [10] KUPER P J G. Water transport across membranes [J]. *Annual Review of Hart Physiology*, 1972, 23:157-172.
- [11] MANSOUR M M F, VAN HASSELT P R, KUPER P J C. Hasna membrane lipid alterations induced by NaCl in winter wheat roots [J]. *Physiol Hart*, 1994, 92:473-478.
- [12] MCCONN M, BROWSE J. Polyunsaturated membrane are required for photosynthetic competence in a mutant of *Arabidopsis* [J]. *Hart J*, 1998, 15:521-530.
- [13] PASTORI G M, TRIPP V. Fatty acid composition in water and oxygen stressed leaves of maize and wheat strains [J]. *Phytochemistry*, 1995, 40:45-48.
- [14] VIJAYAN P, BROWSE J. Photoinhibition in mutants of *Arabidopsis* deficient in thylakoid unsaturation [J]. *Hart Physiol*, 2002, 129:876-885.
- [15] 157.
- [30] 张明才,李召虎,田晓莉,等.植物生长调节剂SHK6对大豆叶片氮素代谢的调控效应[J].大豆科学,2004,23(1):15-20.
- [31] 周天,胡永军,周晓梅,等.DIA-6对野大麦幼苗光合作用和生长的影响[J].草业科学,2004,21(4):31-35.
- [32] 周天,胡勇军,王萍,等.新型植物生长调节剂DA6与TKE对羊草幼苗生长的影响[J].吉林农业大学学报,2004,26(3):242-244.
- [33] 张文元,廖汝玉.若干栽培技术对板栗生长和结果的影响[J].福建果树,2001(2):26-28.
- [34] 陈敏资.二烷基氨基乙醇羧酸酯对紫罗兰生理活性的影响[J].园艺学报,1995,22(2):201-202.
- [35] 林永顺,陈睦传,沈明山,等.DIA-6对甜菊叶片糖苷含量和组分影响研究[J].中国糖料,1998(3):12-15.
- [36] 沈明山,林永顺,陈睦传,等.DIA-6对甜菊叶片细胞超微结构的影响研究[J].中国糖料,1999(4):1-3.
- [37] 黄钧如,严润泉,王冬华.桔园喷施高效生长调节剂“飞扬”显奇效[J].江西园艺,2000(2):18.
- [38] 吕建洲,张琴,李桂琴,等.二烷基氨基乙醇羧酸酯对瓜叶菊生长及生理活性的影响[J].辽宁师范大学学报:自然科学版,1999,22(2):153-157.
- [39] 吕建洲,薛秀春,张爱莲.DIA-6对圆柏生长及生理活性的调控[J].木本植物研究,2000,20(1):73-78.
- [40] 王俊平,翟志席,何钟佩,等.DIA-6对紫花苜蓿粗蛋白和氨基酸含量的调控作用[J].中国农业大学学报,2003,8(3):25-28.
- [41] 张子龙,梁颖.DIA-6对水稻种子萌发和幼苗生长的影响[J].西南农业大学学报,2001,23(3):219-221.
- [42] 张子龙.DIA-6浸种对水稻幼苗生长及抗寒性的影响[J].贵州农业科学,2001,29(4):14-16.
- [43] 徐秋曼,陈宏,胡义文.二乙氨基乙基己酸酯的柠檬酸盐浸种对小麦幼苗生长的影响[J].植物生理学通讯,1998,34(4):261.
- [44] 徐秋曼,程景胜,高虹.DIA-6浸种对水稻幼苗的生理效应初探[J].天津师范大学学报:自然科学版,2001,21(2):57-60.
- [45] 刘祥英,柏连阳.DIA-6缓解胺苯磺隆对后茬水稻伤害的作用[J].现代农药,2005,4(3):31-35.
- [46] TOURNAIRE C. A thid protease and an anionic peroxidase are induced by lowering cytokinins during callus growth in petunia [J]. *Hart Physiology*, 1996, 11(1):159-168.
- [47] MIYU S. Cytokinin binding protein complex from tobacco leaves [J]. *J Plant Growth Regul*, 1996, 18:39-43.

(上接第12107页)