

DPC 与 DTA-6 复配对转基因抗虫棉根系功能的调控

田晓莉, 谭伟明, 李召虎, 王保民, 何钟佩, 段留生*

(中国农业大学农学与生物技术学院作物化学控制研究中心, 北京 100094)

摘要:以双价转基因抗虫棉 sGK321 为供试品种,在田间种植条件下研究了 DPC 与 DTA-6 复配对抗虫棉根系功能的调控作用。结果表明,与单独应用 DPC 相比,DPC 与 DTA-6 复配可以更加有效地提高转基因抗虫棉的根系活力、增强根系合成氨基酸和细胞分裂素的能力、增强根系吸收和运输 NO_3^- 的能力。DPC 及其与 DTA-6 的复配剂均降低了根系对 Pi 和 K 的吸收及运输,这可能与抗虫棉的 Pi, K 体内利用效率提高有关。经韧皮部运向根系的蔗糖增加是 DPC 与 DTA-6 复配后改善转基因抗虫棉根系功能的物质基础。

关键词:DPC; DTA-6; 复配; 抗虫棉; 根系

中图分类号:S562 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2005)-04-0218-05

The Effects of Mixture of DPC and DTA-6 on Root Function of Transgenic Insect-Resistant Cotton

TIAN Xiao-li, TAN wei-ming, LI Zhao-hu, WANG Bao-min, HE Zhong-pei, DUAN Liu-sheng*

(Center of Crop Chemical Control, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Transgenic insect-resistant cotton cultivars senesced prematurely more often than conventional cultivars in the North China Plain, which was likely related to its poor root function. We have found that mixture of DPC (mepiquat chloride) and DTA-6 (diethyl am inoethyl hexanoate) could improve the root development of transgenic insect-resistant cotton at seedling stage. The objective of this research is to further investigate the effect of mixture of DPC and DTA-6 on root function of transgenic insect-resistant cotton cultivar sGK321 from square stage to mass boll-forming stage under field condition. Compared with single application of DPC, mixture of DPC and DTA-6 improved the root function of sGK321 more effectively. For example, it had stronger root activity, synthesized more amino acids and cytokinin, uptaked and transported more NO_3^- . However, DPC and mixture of DPC and DTA-6 decreased the uptake and transportation of Pi and K, which was possibly attributed to the higher use efficiency of them in plant. The increase of sugar allocated to root through phloem was responsible for the enhancement of root function of sGK321 by mixture of DPC and DTA-6. The results suggested that the application of mixture of DPC and DTA-6 could be used to prevent premature senescence of transgenic insect-resistant cotton.

Key words: DPC; DTA-6; mixture; insect-resistant transgenic cotton; root

我国 2004 年转基因抗虫棉的种植面积已占棉花播种面积的 55.4%, 其中在黄河流域棉区已基本普及^[1]。但转基因抗虫棉的早衰问题比较突

出, 成为当前制约我国棉花优质、高产、稳产的限制因素之一^[2-4]。大多数研究认为, 除病虫害引起的棉花早衰外, 其他因素引起的早衰, 关键原因均

收稿日期: 2005-07-15 作者简介: 田晓莉(1968-), 女, 副教授

基金项目: 国家 863 计划(2001AA246062, 2003AA246060), 农业结构调整重大专项(04-07-01A), 天津市与中国农大合作项目(04030)

在根系,亦即前期根系发育不良是造成棉株后期早衰的主要原因^[5-6]。

DTA-6(2-N,N-二乙氨基乙基己酸酯)是一类广谱性植物生长促进剂,在低浓度(1~40 mg·L⁻¹)下对多种植物具有调节和促进生长的作用,DTA-6 可以促进棉花幼苗的生长^[7-12,21]。DTA-6 及其类似物还可提高多种作物的根系活力^[10-12]。针对转基因抗虫棉对植物生长延缓剂 DPC(缩节安)比较敏感的问题将 DPC 与 DTA-6 复配,使苗期根系和地上部协同生长,促进了转基因抗虫棉的早发^[22]。本试验在此基础上继续探讨二者复配对转基因抗虫棉蕾期~吐絮期根系功能的影响,为缓解转基因抗虫棉的早衰问题提供可行的方法和理论依据。

1 材料和方法

试验于 2002 年在中国农业科学院原子能研究所内进行,供试品种为转基因抗虫棉 SGK321。5 月 22 日播种,公顷密度为 4.5 万。小区面积为 6.0 m×3.9 m。播种前每公顷浇水 500 m³,底肥施磷酸二铵 450 kg、尿素 150 kg、硫酸钾 225kg。盛花期(07-25)追施尿素 150 kg、磷酸二铵 75 kg·hm⁻²。花铃期浇水 1 次,8 月 1 日打顶,8 月 10 日整枝一次。

试验设清水对照(CK)、DPC、DPC+DTA-6(复配型)3 个处理,各处理的时间和剂量见表 1。试验采用随机区组设计,重复 5 次。

表 1 处理设置及处理方法

Table 1 Approach for application of plant growth regulators in cotton

处理	处理时间	有效成分浓度 / (mg·L ⁻¹)		药液量 / (kg·hm ⁻²)
		DPC	DTA-6	
清水对照 CK	蕾期	0	0	150
	初花期	0	0	300
	盛花期	0	0	450
DPC	蕾期	50	0	150
	初花期	100	0	300
	盛花期	150	0	450
DPC+DTA-6	蕾期	50	20	150
	复配型			
复配型	初花期	100	20	300
	盛花期	150	20	450

1.1 根系活力的测定

分别于蕾期(06-27)、盛花期(07-27)和结铃盛期(08-07)选择各处理生长发育一致的棉株 3~5 株,挖取 20 cm×20 cm×40 cm 土体内根系,冲洗

干净泥土,选取直径小于 4 mm 侧根,剪碎待测。

根系活力采用 α-萘胺氧化法^[13]测定。

1.2 根系伤流液的收集及成分测定

分别于初花期后(07-17)、盛花期(07-27)、结铃盛期(08-07)、结铃后期(08-20)和吐絮期(09-02)选择各处理生长发育一致的棉株 3~5 株,连续收集伤流液 12 h(18:00-6:00),记录体积后将其放置在 -37℃ 低温冰箱中保存待测。

游离氨基酸采用水合茚三酮显色法测定,硝态氮含量参考李合生^[14]的方法测定,磷元素采用钼锑抗试剂比色法^[14]测定,钾元素采用原子分光光度法(SpectrAA-50/55)测定,Z+ZR 用 ELISA 法测定^[13]。

1.4 运向根系的同化物的收集和测定

取样时间同 1.2,选择各处理生长发育一致的棉株 3~5 株,用 EDTA(5 mmol·L⁻¹)法收集运向根系的韧皮部汁液。收集液中蔗糖含量采用苯二酚法^[14]测定,根据收集部分的茎皮宽度与主茎周长来计算棉株运往根系的蔗糖流量(μg·株⁻¹·h⁻¹)。

2 结果与分析

2.1 DPC 与 DTA-6 复配对抗虫棉根系活力的影响

图 1 结果表明,DPC 和复配型调节剂均显著提高了 sGK321 的根系活力,其中复配型的提高幅度大于 DPC 单独处理,这一点在盛花期表现尤为明显,DPC 处理的根系活力提高了 13.95%,而复配型的提高幅度达到 30.04%。

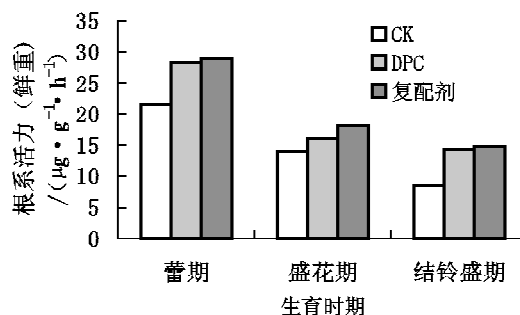


图 1 DPC 与 DTA-6 复配对抗虫棉 sGK321 根系活力的影响
Fig. 1 Effect of mixture of DPC and DTA-6 on the root activity of sGK321

2.2 DPC 与 DTA-6 复配对抗虫棉根系伤流量的影响

如图 2 所示,sGK321 的根系伤流量呈单峰曲线变化,于盛花期达到高峰后迅速下降,两个处

理的伤流量在盛花期也达到较高水平,但之后并未下降而是继续缓慢上升,于结铃盛期达到高峰。DPC 处理在结铃盛期的提高幅度较大,而复配型调节剂在各生育时期均表现出明显的促进作用。

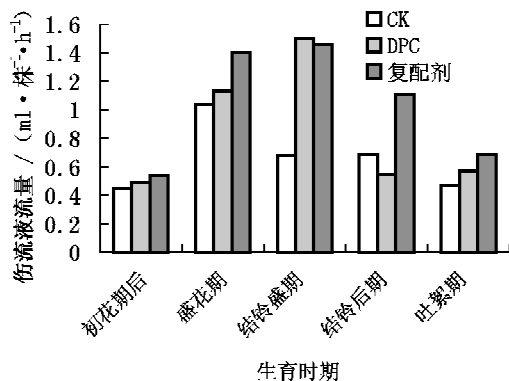


图 2 DPC 与 DTA-6 复配对抗虫棉 sGK321 根系伤流量的影响
Fig. 2 Effect of mixture of DPC and DTA-6 on capacity of root sap of sGK321

2.3 DPC 与 DTA-6 复配对抗虫棉根系伤流液中游离氨基酸、NO₃⁻ 及 Pi、K 流量的影响

表 2 DPC 与 DTA-6 复配对抗虫棉根系伤流液中游离氨基酸、NO₃⁻ 及 Pi、K 流量的影响

Table 2 Effect of mixture of DPC and DTA-6 on capacity of amino acids, NO₃⁻, Pi, K in root sap / (μg · 株⁻¹ · h⁻¹)

项目	处理	生育时期				
		初花期后	盛花期	结铃盛期	结铃后期	吐絮期
游离氨基酸流量	CK	375.00	1659.00	575.00	354.00	125.00
	DPC	513.00	1800.00	764.00	301.00	163.00
	复配型	525.00	2310.00	877.00	677.00	170.00
NO ₃ ⁻ 流量	CK	53.19	96.04	98.06	122.75	43.28
	DPC	38.64	76.78	129.83	87.51	46.35
	复配型	60.67	113.05	142.11	163.29	64.55
Pi 流量	CK	15.13	26.43	12.96	12.91	9.21
	DPC	18.52	12.30	11.05	6.20	3.66
	复配型	8.82	8.09	9.06	9.64	5.64
K 流量	CK	86.18	167.81	144.93	110.92	23.49
	DPC	59.17	78.52	76.88	73.70	7.83
	复配型	29.16	45.85	97.34	102.62	7.12

2.4 DPC 与 DTA-6 复配对抗虫棉根系伤流液中玉米素+玉米素核苷(Z+ZR)流量的影响

如图 3 所示,根系伤流液中的 Z+ZR 流量呈单峰曲线变化,峰值出现在盛花期。调节剂处理未改变 Z+ZR 的变化趋势,但将峰值出现时间推迟到了结铃盛期。DPC 和复配型对初花期后和吐絮期伤流液中 Z+ZR 流量的影响不大,而在盛花期~结铃后期表现出显著的促进作用(盛花期的 DPC 处理除外),其中复配型的促进作用强于 DPC。

由表 2 可知,伤流液中游离氨基酸流量呈典型的单峰曲线变化,于盛花期达到峰值。DPC 和复配型处理均可增加游离氨基酸的流量,其中复配型的增加幅度大于 DPC,如盛花期和结铃盛期复配型的增加幅度分别为 39.24% 和 52.52%,而 DPC 的增加幅度分别为 8.50% 和 32.87%。

伤流液中 NO₃⁻ 的流量在初花期后较低,盛花期~结铃后期维持在较高水平,至吐絮期大幅度下降。复配型处理使不同生育时期的硝态氮流量提高了 14.06%~49.15%,而 DPC 处理仅在结铃盛期表现出提高作用。伤流液中的 Pi、K 流量也呈单峰曲线变化,峰值也出现在盛花期。DPC 和复配型处理后,Pi、K 流量动态没有表现出明显的规律,但在吐絮期均大幅度下降;与对游离氨基酸和 NO₃⁻ 的调控效果不同,两个处理均明显降低了伤流液中的 Pi、K 流量(初花期后 DPC 处理除外),其中复配型在初花期后~盛花期的降低幅度大于 DPC。

2.5 DPC 与 DTA-6 复配对抗虫棉根系伤流液中蔗糖流量的影响

地上部合成的同化产物通过韧皮部向下运输至根系,以满足根系发育及完成各项生理功能所需。如图 4 所示,运往根系的蔗糖呈单峰曲线变化,初花期后和盛花期的流量较低,至结铃盛期达到较高的峰值后下降。DPC 处理使初花期后和结铃后期的蔗糖流量分别增加了 25.04% 和 14.31%,而复配型增加了各个生育时期运往根系的蔗糖流量,增加幅度为 6.46%~63.82%。

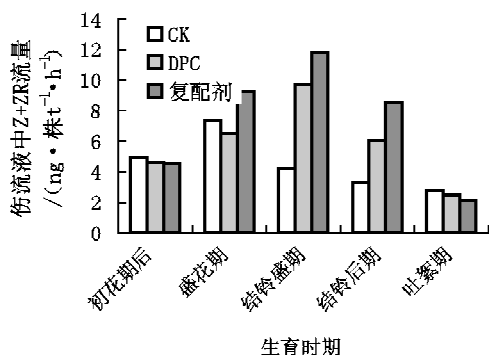


图 3 DPC 与 DTA-6 复配对抗虫棉 sGK321 根系伤流中 Z+ZR 的影响

Fig. 3 Effect of mixture of DPC and DTA-6 on capacity of Z+ZR in root sap

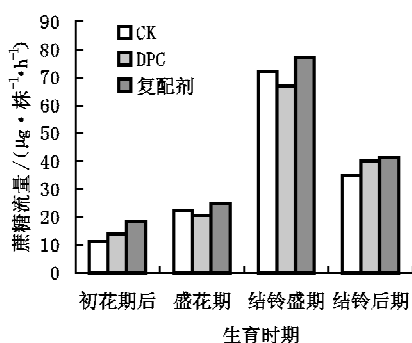


图 4 DPC 与 DTA-6 复配对抗虫棉 sGK321 运向根系的蔗糖流量的影响

Fig. 4 Effect of mixture of DPC and DTA-6 on sugar allocated to root through phloem

3 讨论

3.1 DPC 与 DTA-6 复配更好地提高了转基因抗虫棉的根系活力和功能

与单独应用 DPC 相比, DPC 与 DTA-6 复配提高转基因抗虫棉根系活力的效果更明显^[21-22]。如用 α -萘胺法测定, DPC 处理在盛花期的根系活力提高了 13.95%, 而复配型的提高幅度达到了 30.04%; 用伤流量表示根系活力, 复配型调节剂在各生育时期均表现出明显的促进作用, 优于 DPC 单独处理。

转基因抗虫棉由于需要额外合成抗虫蛋白, 因而氮代谢比较旺盛^[15-17]。复配型调节剂在促进根系合成氨基酸和吸收 NO_3^- 方面表现出更强的优势, 因此可能更好地满足抗虫棉氮代谢的需要。

Z+ZR(玉米素+玉米素核苷)是细胞分裂素(CTK)的主要活性组分, 主要在根系中合成, 然后通过木质部运向地上部, 促进产量器官的发育、延缓地上部的衰老。DPC 无论单独应用还是与 DTA-6 复配均可提高转基因抗虫棉盛花期~结

铃后期伤流液中的 Z+ZR 流量, 但复配型的提高幅度较大, 因而更有利于防止后期早衰。

研究发现, DPC 及其复配剂均明显降低了伤流液中的 Pi、K 流量(初花期后的 DPC 处理除外), 这与已有关于 DPC 促进根系吸收 Pi、K 的报道^[18-20]不同。由于 sGK321 经过处理后的产量和品质均得到提高和改善, 因此本试验中 DPC 及其复配剂可能提高了 sGK321 的体内 Pi、K 利用率, 这对改善转基因抗虫棉的钾营养、缓解抗虫棉的后期易早衰问题将有很大意义。复配剂是否在其他转基因抗虫棉品种上表现出相同的效应, 尚待研究。

3.2 运向根系的同化物增加可能是 DPC 与 DTA-6 复配提高根系活力和功能的物质基础

经韧皮部运向根系的蔗糖在结铃盛期(08—07)达到峰值, 这与此时产量器官对同化产物的竞争减弱有关; 至于此后的下降, 主要由群体光合能力的下降导致。

¹⁴C 示踪研究^[20]表明, 棉花经 DPC 处理后, 分配到根系的同化产物增多, 本试验也发现 DPC 处理提高了部分生育时期运向根系的蔗糖流量, 而 DPC 与 DTA-6 复配增加了 sGK321 各个生育时期运往根系的蔗糖流量, 幅度为 6.46%~63.82%, 这可能是复配型调节剂显著提高抗虫棉根系活力及部分合成和吸收功能的物质基础。

综上所述, DPC 与 DTA-6 复配对解决目前转基因抗虫棉后期易早衰的生产问题是一条比较有效的、值得继续研究的途径。

参考文献:

- [1] 毛树春, 王香河, 李亚兵. 2004 年全国棉花品种和栽培技术分析[J]. 中国棉花, 2005, 32(4):3-6.
- [2] 沙安勤, 王宝银, 屠美英, 等. 2002 年兴化市棉花大面积早衰原因及防治措施[J]. 中国棉花, 2003, (9):38-39.
- [3] 王振华, 陈汝涌, 尹洪俊. 滨州市预防棉花早衰的几项措施[J]. 中国棉花, 2002, (10):43.
- [4] 黄殿成. 中棉所 29 早衰原因与防治措施[J]. 中国棉花, 2003, (9):42.
- [5] 张存信. 棉花早衰及其预防技术[J]. 天津农学院学报, 2003, 10(2):41-44, 56.
- [6] 杨青华, 王振俊. 棉花异常生育诊断与调控[J]. I. 棉花早衰及其预防. 河南农业科学, 2001, (8):16-17.
- [7] 陈敏资. 二烷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.
- [8] 梁广坚, 李芸瑛, 邵玲. DA-6 和 BR + GA₃ 对菠菜生长和光合速率的影响[J]. 园艺学报, 1998, 25(4): 356-360
- [9] 吕建洲, 张琴. 二烷氨基乙醇羧酸酯对瓜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.
- [10] 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(2)
- [11] 张子龙, 梁颖. DA-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.
- [12] 张明才, 何钟佩, 王玉琼, 等. 植物生长调节剂 DTA-6 在甜豌豆上的应用效果[J]. 农药学学报, 2001, 3(4): 53-58.
- [13] 何钟佩. 农作物化学控制实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1993.
- [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.
- [15] 董志强. Bt 棉氮素代谢特征与丰产性抗虫性协同表达的化学调控[D]. 中国农业大学, 2000.
- [16] 陈德华, 聂安全, 杨长琴, 等. Bt 棉毒蛋白表达特征与氮代谢关系及其化学调节的研究[J]. 中国棉花, 2003, 30(7): 10-12.
- [17] 陈后庆, 刘燕, 张祥, 等. Bt 转基因棉氮代谢生理变化的研究[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2004, 25(4): 20-24.
- [18] 何钟佩. 植物生长延缓剂 DPC 对棉花根系活力的生理作用[J]. 北京农业大学学报, 1988, 14(3): 235.
- [19] 杨青华, 唐予迪, 李伶俐, 等. DPC 系统化控对麦套春棉生理特性的影响[J]. 河南农业大学学报, 1996, 30(2): 164-167.
- [20] 浙江省农科院原子能所棉花生理研究组, 北京农业大学作物化学控制研究组. 用同位素示踪研究 DPC 对棉花生理作用的影响[J]. 北京农业大学学报, 1984, 10(4): 245-254.
- [21] 田晓莉, 谭伟明, 李召虎, 等. DPC 与 DTA-6 复配对转基因抗虫棉苗期生长发育的调控[J]. 棉花学报, 2006, 18(1): 3-7.
- [22] 谢志霞, 张一, 田晓莉, 等. 钙和生长素对棉花幼苗侧根发生的协同调控效应.[J]. 棉花学报, 2006, 18(2): 99-103. ●