

打顶后棉花倒四叶内源激素的变化及与早衰的关系

李莉^{1,2,3}, 田长彦^{1,2}, 黄子蔚¹, 王平^{1,2},
陈冠文⁴, 王强⁵, 李中军⁶

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011;

2. 中国科学院绿洲生态与荒漠环境重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830011;

3. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193; 4. 新疆农垦科学院, 新疆 石河子 830046;

5. 浙江大学宁波理工学院生物与制药工程系, 浙江 宁波 315100; 6. 新疆农二师 30 团 3 连, 新疆 库尔勒 841006)

摘 要:测定新疆石河子垦区棉花打顶后倒四叶内源激素含量的变化,分析激素在不同时间段的变化。结果表明:(1)打顶能改变倒四叶中 IAA(生长素)、CTK(细胞分裂素)和 ABA(脱落酸)含量的变化趋势,并在 72 h 内和对照有显著差异。(2)打顶后涂抹 NAA(萘乙酸)不能完全取代 IAA 的作用,但能明显改变 IAA、CTK 和 GA3(赤霉素)含量的变化规律,保持 ABA 含量的稳定。(3)棉花倒四叶中各激素的比值在含量上存在相互制约的动态平衡关系;外用生长素能降低衰老激素和生长激素中的比值;打顶打破了这种平衡关系,大幅度增加了 ABA/IAA 和 ABA/CTK 的比值,这可能是打顶能促进棉花早衰的生理原因。

关键词:打顶;棉花;倒四叶;内源激素;早衰

中图分类号:S562.01 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7601(2010)03-0162-07

棉花的打顶技术即解除顶端优势,是棉花管理中的一项促进早熟、提高产量的重要农艺措施。许多实践也证明,适时打顶能收到良好的效果,过早或过晚打顶都有害无利。但与此同时,我们在生产实践中也发现,打顶是一项费工费时的手工作业方式,而且技术标准难以操作^[1,2],棉花打顶后,也出现了棉花早衰的现象。早熟棉的生物酶活性和抗氧化能力都比早衰棉强,并能保证高产、优质的特性,而早衰棉严重影响着棉株的抗性、产量和品质。所以说早熟和早衰存在遗传的正相关,与丰产、优质、抗性存在遗传的负相关^[3-6]。

棉花的全部生育过程都受到植物激素的调节和控制,没有激素,棉花就不能生长发育。各种激素合成的多寡又受许多外界因素的影响,而外界因素间的变化又不一定与棉花各生育阶段的需要相吻合。打顶后,植物的各项生理指标的变化和激素的变化是分不开的。所以,对打顶和激素关系的研究是有一定的理论依据。对打顶后,激素是如何变化,又如何调节作物的生长,对作物的养分配分会产生怎样的影响,持续的时间是多久,以及打顶后,棉花内源激素和早衰的关系等方面的研究不多。尽管棉花打顶与棉花源库关系尚未得到深入研究,烟草近年的

一些研究进展值得借鉴。烟草打顶以后导致钾在植物体内重新分配,50%以上的钾元素通过韧皮部回流到根部,导致烟叶含钾量降低。烟草的根尖在打顶后的 12~31 d ABA 的含量增加,变化和 IAA 趋势相反^[7-9]。萘乙酸涂抹打顶后的烟草植株顶部切面提高了根系吸收钾的能力和叶片钾的含量^[10]。棉花倒四叶是棉花生长旺盛、功能最强的叶片,它所含有的 ABA 基本上是棉花根部产生,而 ABA 含量的变化能反应出叶片衰老的趋势^[11],因而,有必要在通过对打顶后棉株体内激素变化趋势的研究,从植物生理的角度来进一步探讨植物衰老与激素的关系及其相互作用机理。同时,也可为生产中采用适宜激素类物质和方法来调控植物的衰老进程,探索棉田管理新途径,最终为防治后期早衰,实现棉花的优质、高产、高效提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

本试验安排在石河子垦区炮台镇,供试土壤为壤土,供试的棉花品系为中早熟品系——炮台一号。试验设 3 个处理:打顶(D),不打顶(CK),打顶后涂抹浓度为 10^3 mg/L 萘乙酸(T)。3 次重复,9 个小区

收稿日期:2009-12-20

基金项目:新疆自治区科技支疆项目(200840102-08);中国科学院农业项目(KZCX2-XB2-03-02);农业部公益性行业科研专项(200803030);IPNT 加拿大国际植物营养研究所北京办事处资助

作者简介:李莉(1975—),女,四川金塘县人,助研,在读博士,主要从事棉花栽培、生理及土壤肥料的研究。E-mail: lili@ms.xjb.ac.cn。

区,小区面积为 25 m²。

1.2 试验方法和分析方法

试验区采用宽膜覆盖栽培,其田间管理与常规滴灌田相同。4月25号播种,5月11号出苗,中耕。5月24号定苗,6月28日进入开花期,7月10号打顶,9月开始采摘收获。

棉花取样部位为棉株的倒四叶。取样时间:打顶(7月10号12:00)为0 h,打顶后每隔12 h取一次样,取6次后,又隔48 h取最后一次样。每重复取3株,将3株的倒四叶叶片混合,作为激素测定的备样。

植物激素的提取和 HPLC 定量分析,参照阮晓和王强的提取和分析方法^[12]。样品野外冷藏保存。将叶片在液氮中研磨致干,于4℃加入250μL的甲醇超声震荡提取过夜,12 000 r/min 离心10 min,弃沉淀。上清液真空冷冻干燥,30 μL的10%乙腈溶解,HPLC 鉴定和分析溶液中植物激素的种类和浓度。

HPLC 分析条件:Shimadzu class VP5.0 溶剂输送泵, Shimadzu LC10TAVP 自动进样器, Shimadzu LC10ATVP PDA(发光陈列二极管)紫外检测器, Shimadzu temperature control module 控制体系温度30℃; Shim pack CLC-C8,0.15 m×6.0φ 不锈钢柱;系统压力:156 kg/cm;流速1.5 mL/min,分析时间30 min;检测波长为250 nm;注动相 A:10% CH₃CN。HPLC 分析的时间程序(见表1)。

表1 HPLC 分析的时间程序
Table 1 The time procedure of HPLC analysis

时间 Time(min)	功能 Function	数值 Data
0.01	Oven. T	30
0.01	B. cone.	10
0.01	Dector	250
14	B. cone.	45
22	B. cone.	60
28	B. cone.	60
28.01	B. cone.	10
30	Stop	

HPLC 分析用的植物激素标准物质赤霉素(GA₃),3-吲哚乙酸(IAA),脱落酸(ABA),细胞分裂素(CTK),萘乙酸(NAA)均为色谱纯的试剂,购自Aldrich公司。植物激素的峰通过标准物质外标法定量。其他化学试剂均为分析纯,水为双蒸馏。所有试剂药品和样品上柱前均通过0.45 μm的有机膜。测试结果:植物激素 C8-HPLC 分析色谱峰6.354 min 赤霉素(GA₃);9.965 min 3-吲哚乙酸(IAA);

11.189 细胞分裂素(CTK);17.763 min 脱落酸(ABA);23.769 min 萘乙酸(NAA)。

2 结果与分析

2.1 棉株打顶后倒四叶内源激素变化动态

2.1.1 生长素 IAA 含量的动态变化 棉花打顶期间,不同处理 IAA 的变化有很明显的差异,不打顶处理(CK)的 IAA 表现出明显的昼夜变化的双峰趋势:夜间的 IAA 含量大于白天。但这种差异随着叶片的生长而逐渐缩小。打顶(D)处理,12 h 后 IAA 含量下降之后开始上升,48 h 后达到最高值,又开始下降。打顶后涂抹萘乙酸(T)处理在36 h前,变化趋势和对照相反,白天的 IAA 含量要大于夜晚,36 h 后,表现出和打顶处理相似的双峰曲线,但其峰值变幅比打顶的要超出0.5到1倍(见图1)。

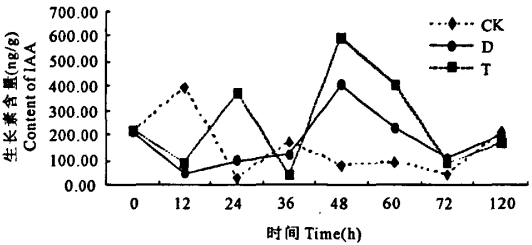


图1 不同处理 IAA 的昼夜变化趋势
Fig.1 The change tendency of the IAA of three kinds treatment the round the clock

2.1.2 细胞分裂素 CTK 含量的动态变化 CK 叶片中 CTK 的变化表现出明显的双峰曲线,夜间的 CTK 含量要大于白天。与 IAA 变化相似,表现出昼夜变化趋势。D 处理的 CTK 变化趋势与 IAA 相似。处理 T 的 CTK 含量在逐渐上升,36 h 达到最高值后下降,变幅比打顶的要超出3~9倍,72 h 后对照和打顶处理的棉花倒四叶中 CTK 的含量相近(见图2)。

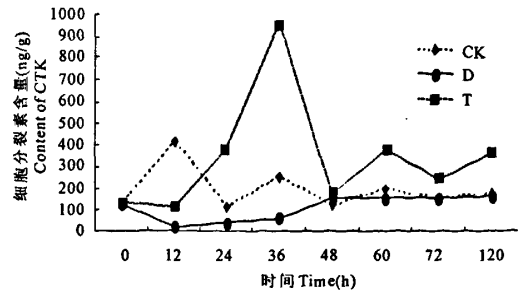


图2 三个处理 CTK 的昼夜变化趋势
Fig.2 The change tendency of the CTK of three kinds treatment the round the clock

2.1.3 脱落酸 ABA 含量的动态变化 图 3 表明: CK 和 T 处理的脱落酸含量的变化都比较平稳, 72 h 后才略有上升。D 处理的 ABA 含量在 24 h 前与 CK 变化一致, 但在 24 h 后急剧上升, 48 h 达到高峰, 以后缓慢下降, 其含量变化的幅度是处理 CK 和 T 的 5 倍(见图 3)。

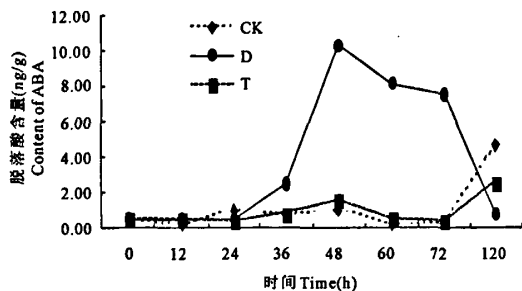


图 3 三个处理 ABA 的昼夜变化趋势

Fig.3 The change tendency of the ABA of three kinds treatment the round the clock

2.1.4 赤霉素 GA_3 含量的动态变化 棉花叶片 GA_3 的变化趋势为: CK 和 D 处理均为一条变化幅度比较小的平缓曲线, 但 D 处理的赤霉素含量低于对照。处理 T 的赤霉素含量在 24 h 和 48 h 有两个高峰出现。48 h 后下降, 72 h 达到最低值, 其变化幅度是 CK 和 D 处理的 4~10 倍。72 h 后三个处理的棉花倒四叶中 GA_3 的含量顺序为: CK > D > T(见图 4)。

2.1.5 NAA 含量的动态变化 棉花叶片中 NAA 的变化趋势为: 处理 T 的 NAA 含量变化为打顶后一直在上升, 在 24 h 达到最高值, 24 h 后, NAA 的含量开始逐渐下降(见图 5)。

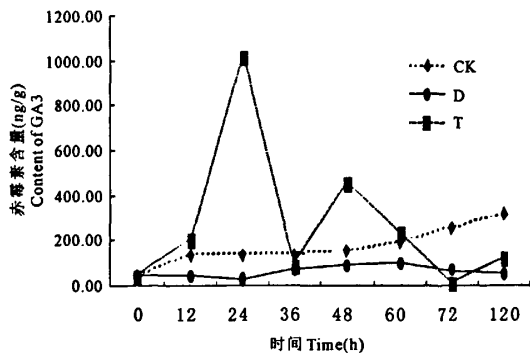


图 4 三个处理 GA_3 的昼夜变化趋势

Fig.4 The change tendency of the GA_3 of three kinds treatment the round the clock

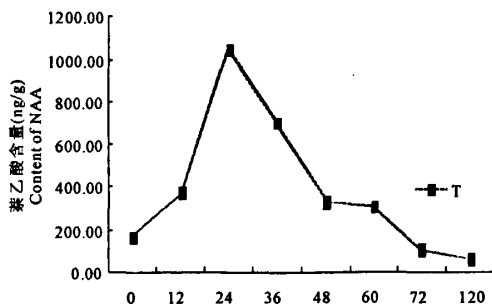


图 5 处理 T 的 NAA 的昼夜变化趋势

Fig.5 The change tendency of the NAA of T treatment the round the clock

2.2 激素间比值变化动态

2.2.1 CTK/IAA 三个处理比值变化趋势 对照 CK 的 CTK/IAA 的比值变化有明显的双峰曲线。打顶 (D) 处理的 CTK/IAA 的比值呈现下降趋势, 比值比对照低 1.6~2.8 倍, 3 d 后比值变化趋势和对照相同。处理 T 的比值变化趋势和对照有相同趋势, 但比值比对照要低 1.4~2.1 倍(见图 6)。

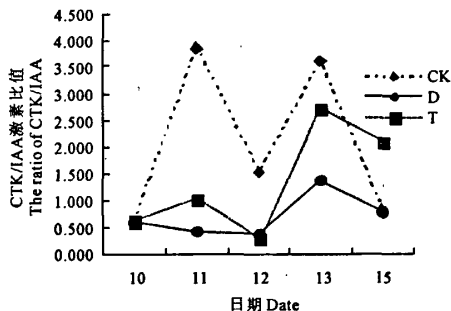
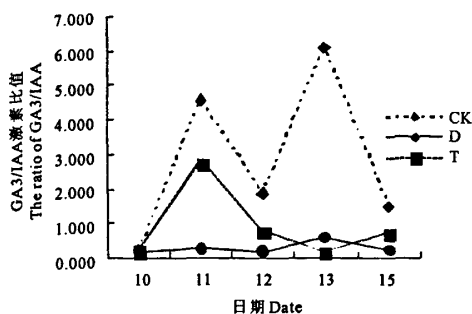
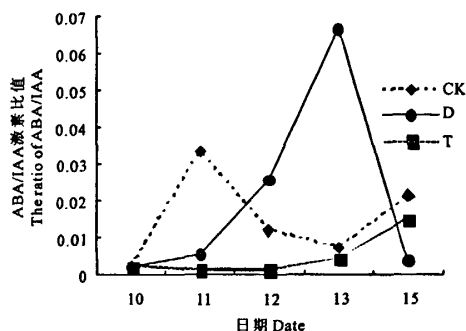


图 6 CTK/IAA 的比值

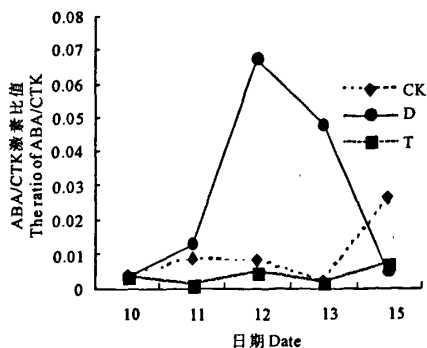
Fig.6 The ratio of CTK/IAA

2.2.2 GA_3 /IAA 三个处理比值变化趋势 对照 CK 的 GA_3 /IAA 的比值有明显的双峰曲线。打顶后, 赤霉素和生长素的比值变小。3 d 后比值变化趋势和对照相同, 但最高的比值比对照低 10 倍左右。处理 T 的比值变化在 3 d 前和对照有相同趋势变化, 3 d 后, 比值变化趋势和对照相反, 最高比值比对照低 2.2 倍(见图 7)。

2.2.3 ABA/IAA 三个处理比值变化趋势 对照 CK 的 ABA/IAA 的比值, 呈一定幅度的上下波动曲线。打顶 D 处理的比值在 72 h 前, 呈直线上升趋势, 最高值比 CK 和 T 高出 2~4 倍; 处理 T 的比值变化一直比较平稳, 虽呈上升的趋势, 但比值比其它两处理要低(见图 8)。

图7 GA_3/IAA 的比值Fig.7 The ratio of GA_3/IAA 图8 ABA/IAA 的比值Fig.8 The ratio of ABA/IAA

2.2.4 ABA/CTK 三个处理比值变化趋势 CK 和 T 处理的 ABA/CTK 的比值变化幅度不大。D 处理的比值呈急剧上升的趋势,其比值比 CK 高 8.4 倍,比 T 处理高 11.2 倍,2 d 后开始下降(见图 9)。

图9 ABA/CTK 的比值Fig.9 The ratio of ABA/CTK

3 讨论

3.1 生长素 IAA 的变化规律

对照 CK 倒四叶中的 IAA 在花铃期有昼夜的变化趋势,这和叶片白天生理作用比较强烈,IAA 的输

运比较高,夜间叶片的生理作用比较缓慢,IAA 聚积在叶片中,致使含量升高有关^[13~15]。

打顶的处理 D 和涂抹 NAA 的处理和对照在 72 h 内变化趋势有很明显的差异,有很明显的差异变化趋势,打顶对棉花倒四叶中的 IAA 运移产生了影响,叶片中 IAA 表现出下降的趋势,48 h 后逐渐上升。表明打顶减少了 IAA 进入叶片,也降低了叶片向外运输 IAA 的能力,这种作用的持续时间约为 48 h,48 h 后开始上升,72 h 后,三个处理的变化趋势开始相似,但在含量的绝对值有高低差异。这可能和棉花是多头棉,去顶后,棉花其它果枝尖仍然可以产生 IAA,逐渐消除去顶的影响所致,这还有待考证。打顶后第 6 d 测得的 IAA 绝对值含量值低于对照,叶片的生长强度低于对照,将促进叶片的衰老进程。

有研究证明,外用 NAA 促进内源 IAA 的生成^[16,17],处理 T 外用 NAA 使得 IAA 在白天积累和夜间运输能力都增加,但 NAA 并不能完全取代内源 IAA 的作用,叶片昼夜变化趋势和对照相反,同时外源激素的应用持续时间也在 72 h 后开始消失。

3.2 细胞分裂素 CTK 的变化规律

处理 CK 的 CTK 变化趋势和 IAA 变化趋势相同,白天倒四叶中的含量要低于夜间^[18]。植物体内的 CTK 大多是根部产生并向上运输,有研究也证明叶片白天活动要强于夜间^[17],所以这种趋势变化和叶片白天分解 CTK 的能力要大于夜间,同时 CTK 在植物体内的分布调节有一定的关系,同时使得 CTK 有白天低夜晚高的趋势存在。

处理 D 的倒四叶中 CTK 的变化表明:顶部的 IAA 对根部产生的 CTK 的运输和分配有一定的影响,打顶后叶片中的 CTK 含量有下降的趋势。有研究结果证明,顶尖的去除使得棉花侧芽、腋芽的 CTK 含量增加^[14,19,20]。但棉花打顶后,茎内的生长素含量下降,却降低了叶片中 CTK 的含量,使得叶片的活性降低,促进叶片衰老。48 h 后打顶对叶片内 CTK 含量的影响趋势变化开始减弱。

有研究表明 NAA 可以取代 IAA 消除去顶的对侧芽的作用^[21],外用 NAA 是无极性的,它可以运输到叶片中去,并且对叶片的生长有一定的促进作用^[21,22],并促进 CTK 在叶片中的积累。处理 T 叶片中的 CTK 变化呈现上升的趋势,这表明外源 NAA 对叶片内的 CTK 的含量变化影响不能起到像内源 IAA 的作用从而产生较明显的昼夜变化。48 h 后,处理 T 的 CTK 的含量变化趋势开始和对照、D 相似,但含量要比对照 CK 及处理 D 要高,说明,使用外源的 NAA 对叶片中的 CTK 含量还是有一定的促进作用,

促进了根部的 CTK 运输到叶片中去,延缓叶片的衰老。

3.3 脱落酸 ABA 的变化规律

对照 CK 和处理 T 叶片内 ABA 的含量变化比较平稳。ABA 的产生一般为棉花根部和衰老的叶片^[11],打顶后涂抹萘乙酸对棉花倒四叶内脱落酸的影响与不打顶处理相同,表明外用萘乙酸对叶片中脱落酸的影响明显,使得叶片中脱落酸的含量稳定,抑制叶片的衰老进程。

有研究证实打顶改变的 IAA 在茎间的含量,使得茎间 IAA 含量下降,IAA 的减少会增加根部在向叶片运输 ABA,叶片中的 ABA 逐渐增加^[23-26],处理 D 的 ABA 含量也表现为增加趋势,打顶后叶片的衰老激素大于生长激素,促进了叶片的衰老,72 h 后作用开始下降,这可能和棉花其它顶尖恢复 IAA 运输的作用所致。

3.4 赤霉素 GA₃ 的变化规律

处理 CK 和处理 D 的 GA₃ 含量变化幅度比较平缓,趋势相似。说明打顶对棉花叶片中的 GA₃ 趋势变化的影响不显著,棉花赤霉素的绝对值含量大小发生改变,处理 D 赤霉素含量总体比对照要低,这可能和打顶后 IAA 的减少对叶片产生的 GA₃ 或是根部产生的 GA₃ 的量^[17]有影响。小麦叶片的研究表明,IAA 延缓叶片衰老的作用可能通过影响 GA₃ 和 CTK 而致^[27]。

处理 T 的赤霉素变化很剧烈,这和 NAA 进入叶片中,促进叶片的生理生长,使得叶片产生赤霉素的量增加,两个高峰值都出现在白天,这和白天生理活动旺盛有关。48 h 后,叶片中的赤霉素下降,这也许和棉花是多头株型有关,顶部的去除作用也只能维持到 72 h。但处理 D 和处理 T 的赤霉素含量的绝对值比对照 CK 要低,可见打顶对赤霉素的抑制是存在的。赤霉素的减少,也加速了叶片的衰老进程。

3.5 萘乙酸 NAA 的变化规律

对 NAA 的作用,目前研究多集中在外源激素 NAA 的应用效果和规律上,其对内源的影响研究还很少,也有研究表明外源 NAA 的作用和 IAA 的作用有相似^[20],但因为它在植物体内运移无极性,所以 NAA 的作用也并不能完全取代 IAA 发挥作用。本研究表明,打顶后涂抹 NAA,对叶片中的 IAA、CTK、ABA、GA₃ 含量的变化有影响,这说明,NAA 在取代 IAA 作用上,有不相似的作用,在棉花上,它有本身的特性在内,并且 NAA 的作用也随着时间的推进,作用逐渐减弱。

3.6 棉花打顶后各激素的比值变化规律

3.6.1 CTK 和 IAA 的比值探讨 对照 CK 的比值表明在棉花进入花铃期以后,细胞分裂素和生长素的比值有相对的变化存在,CTK 增长时 IAA 表现在下降,但到 CTK 增加到一定值时,IAA 又有上升的趋势,CTK 又开始下降,表明 IAA 和 CTK 在含量上有相互制约平衡的关系存在^[12]。打顶后的 IAA 含量降低,但 CTK 的含量也下降,这表明去顶后 IAA 和 CTK 含量都下降,使得 CTK 和 IAA 的比值下降,3 d 以后,比值的变化的趋势和对照相同。T 处理的比值变化,表明打顶后涂抹 NAA 增加了叶片中 CTK,使得 CTK/IAA 的比值提高。外用萘乙酸能降低去顶后 IAA 和 CTK 含量降低的影响,但它并不能完全取代 IAA 作用,只能减轻,这和研究 NAA 可以取代 IAA 解除顶端优势的作用是有差异的^[21]。3 d 后比值变化趋势和对照也相同,这和激素的变化的结果是一致的。

3.6.2 GA₃ 和 IAA 的比值探讨 打顶使得叶片中的赤霉素和生长素的相互制约平衡的关系发生了变化,生长素和赤霉素含量下降。同时打顶后使用外源的 NAA 也使得棉花叶片的赤霉素含量有所增加,使得比值增加,但因为 NAA 也可以促进 IAA 的产生,所以比值在上升后下降明显。

打顶后,ABA 和 IAA 的比值在打顶后的 4 d 内,一直在上升,这表明打顶后生长素下降,衰老激素 ABA 在增加。处理 T 的比值变化一直比较平稳,比值最低,表明外用 NAA 对衰老激素 ABA 有一定的抑制作用。而打顶丧失的顶端优势加速了叶片的衰老。

ABA 和 CTK 的比值图,我们可以看到对照和处理 T 的变化趋势比较平稳,打顶后脱落酸和细胞分裂素的比值在 3 d 内,表现出明显上升。有研究证明,脱落酸和细胞分裂素的比值增大,叶片衰老的程度就加深^[11,28,29],这表明打顶加速了棉花叶片衰老。处理 T 的 ABA 和 CTK 的比值变化平稳,但总体上比值比处理 D 和对照要低,这表明,NAA 抑制了叶片中的 ABA 含量,降低了叶片衰老的进程。

以上结果分析表明,棉花去除顶端后,促进植物成熟和衰老的激素有增加的趋势,而保持植物生长的激素有下降的趋势。打顶后棉花衰老至死亡是比较长的时间,持续时间可达 2~3 月,棉花多头对棉花衰老的影响和后期的衰老过程、激素变化和养分的流动对植物生长的影响也还需要进一步探讨。同时外源生长素可以减缓衰老激素的程度,但生产实践中,实施激素的浓度、实施方式和时间都是值得深

人探讨和研究的。

参考文献:

- [1] 陈冠文,李莉,祁亚琴.新疆棉花红叶早衰特征及其原因探讨[J].新疆农垦科技,2007,(6):8—10.
- [2] 李宏琪.新疆棉花可持续发展面临的问题与对策[J].中国棉花,2001,28(12):6—8.
- [3] 董合忠,李维江,任桂杰.棉花花芽分化过程中 IAA 含量与过氧化物酶活性变化趋势的研究[J].棉花学报,1999,11(6):303—305.
- [4] 喻树迅,黄祯茂,姜瑞云,等.不同短季棉品种衰老过程生化机理的研究[J].作物学报,1994,20(5):629—636.
- [5] 喻树迅,黄祯茂,姜瑞云,等.短季棉种子叶荧光动力学及 SOD 酶活性的研究[J].中国农业科学,1993,26(3):14—20.
- [6] 喻树迅,范术丽,原日红,等.清除活性氧酶类对棉花早熟不早衰特性的遗传影响[J].棉花学报,1999,11(2):100—105.
- [7] 郑宪滨,曹一平,张福锁.不同供钾水平下烤烟体内钾的循环、累积和分配[J].植物营养与肥料学报,2000,6(2):166—172.
- [8] 冀宏杰,李春俭,徐慧,等.打顶后 NAA 处理对烟草生长烟叶中钾和烟碱浓度的影响[J].中国农学通报,2008,24(12):274—279.
- [9] 刘卫群,丁永乐,张联合.烤烟打顶前后根系激素水平与物质代谢关系初探[J].植物生理学通讯,2002,38(4):330—332.
- [10] 郭丽琢.苯乙酸对烟草生长及钾钙吸收的影响[J].甘肃农业科技,2003,(7):40—42.
- [11] 沈富富,喻树迅,范术丽.棉花叶片衰老过程中激素和膜脂过氧化物的关系[J].植物生理与分子生物学报,2003,29(6):589—592.
- [12] 阮晓,侯平,王强.新疆6种红景天属植物中微量元素和氨基酸含量分析[J].光谱与光谱分析,2001,21(4):542—544.
- [13] 段留生,张一,何钟佩,等.生长素、细胞分裂素在棉花幼苗根系顶端优势的调控作用[J].棉花学报,2001,13(6):330—333.
- [14] 段留生,何钟佩.源库关系改变对棉叶内源激素的影响[J].西北植物学报,1999,19(6):116—121.
- [15] 张德顺.植物体内物质运输研究,生长素和氮素营养对物质转运的影响[J].植物生理学报,1964,1(1):34—47.
- [16] 马庆虎,崔澄.乙酸、激动素和伤害对绿豆子叶愈伤组织形成的作用以及和色氨酸、吲哚乙酸生物合成的关系[J].植物学报,1987,28(3):276—282.
- [17] 胡哲森.植物生长调节剂及其应用[M].北京:中国林业出版社,1997.
- [18] 李晓萍,胡文玉.光和激素在叶片衰老中的作用[J].植物学报,1990,32(12):957—965.
- [19] 任桂杰,董合忠,陈永持.棉花花芽分化时期茎尖内源激素的变化[J].西北植物学报,2002,22(2):321—326.
- [20] 田晓莉,杨培珠,何钟佩,等.棉花根冠关系的研究——根系伤流液及叶片内源激素的变化[J].中国农业大学学报,1999,4(5):92—97.
- [21] 李春俭.豌豆茎尖切除对茎和子叶中细胞分裂素含量的影响[J].植物生理学通讯,1996,22(3):291—295.
- [22] 李春俭. IAA 极性运输的自动抑制及其在组织中的代谢[J].中国农业大学学报,1997,2(5):21—24.
- [23] 邹焱,苏以荣.打顶及施用植物生长调节剂对烟草内源激素的影响[J].烟草科技,2008,(10):50—57.
- [24] 郭栋梁,李玲.ABA对植物侧根发生的调节(综述)[J].亚热带植物科学,2008,37(1):67—69.
- [25] 王金祥,严小龙,潘瑞焱.不定根形成与植物激素的关系[J].植物生理学通讯,2005,41(2):133—142.
- [26] 宋丽莉,倪海星.顶端优势与植物激素[J].晋东南师范专科学校学报,2000,(3):26—28.
- [27] 朱中华,段留生,冯雪梅,等.内源激素对小麦叶片衰老调控的系统分析[J].作物学报,1998,24(2):176—181.
- [28] 赵平,林克惠,郑毅.氮钾营养对烟叶衰老过程中内源激素与叶绿素含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,11(3):379—384.
- [29] Marschner H. Mineral Nutrition of Higher Plant[M]. London: Academic Press, 1986:673—676.

Influence of decapitation on endogenous hormone of inverse fourth leaf and premature senility of cotton

LI Li^{1,2,3}, TIAN Chang-yan^{1,2}, HUANG Zi-wei¹, WANG Ping^{1,2},
CHEN Guan-wen⁴, WANG Qiang⁵, LI Zhong-jun⁶

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography CAS, Urumqi 830011, China;

2. Key Laboratory of Oasis Ecology and Desert Environment, Chinese Academy Sciences, Urumqi 830011, China;

3. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

4. Xinjiang Academy of Farming Science, Shihezi 830046, China;

5. Ningbo Institute of Technology, Zhejiang University, Ningbo, Zhejiang 315100, China;

6. Company 3 of Regiment 30, Xinjiang Production & Construction Group, Kuerle 841006, China)

Abstract: We studied the influence of decapitation on endogenous hormone in inverse fourth leaf of cotton and analyzed hormone change in different period of time after the decapitation. The results show as follows: (1) After decapitation, the tendency of content of IAA, CTK and ABA hormone in cotton inverse fourth leaf plant changes, and has a no-

table discrepancy of the change tendency in 72 hours compared to CK. (2) The NAA can not completely replace IAA, but can change remarkably the tendency of the content of IAA, CTK and GA 3 to keep the stability of ABA content. (3) It is suggested that there is restrictive relationship among different hormones in cotton inverse fourth leaf; NAA can lower the ratio of hormone of premature senility and growth. After decapitation, the balance relation of hormones in cotton inverse fourth leaf is broken, and the ratios of ABA/IAA and ABA/CTK are greatly increased in inverse fourth leaf, and all these become the physiological reason of cotton premature senility.

Keywords: decapitation; cotton; inverse fourth leaf; endogenous hormone; premature senility

(上接第 122 页)

参考文献:

- [1] 刘海龙,高艳丽.红枣施用沼液试验报告[J].中国沼气,2007,25(3):34—35.
- [2] 刘勇,胡俊林,刘善军,等.施用沼液对柑桔生长与结果的影响[J].中国沼气,1999,17(3):33—34.
- [3] 史作亮,赵体顺,赵天榜,等.林业技术手册[M].郑州:河南科学技术出版社,1988:82—83.
- [4] 李建军,袁向前,马丽,等.沼肥在果树生产中的综合应用[J].河南林业科技,2009,29(1):61—63.
- [5] 虞方伯,何健,管晓进,等.沼气发酵残余物的综合利用及其在现代农业生产中的意义[A].王锡吾.沼气产业化发展研讨会论文选编[C].2005:58—62.
- [6] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis [J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982,33:317—345.
- [7] Nijs I, Ferris R, Blum H, et al. Stomatal regulation in a changing climate: A field study using free air temperature increase (FATI) and free air CO₂ enrichment (FACE)[J]. Plant, Cell and Environment, 1997,20:1041—1050.
- [8] 毛培利,曹帮华,宋绪忠,等.干旱胁迫下刺槐无性系光合生理适应性研究[J].浙江林业科技,2007,27(4):34—37.
- [9] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis [J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982,33:317—345.

Influence of different application ways of biogas waste fertilizer on photosynthetic characteristics and water use efficiency of *Zizyphus Jujube*

CHAI Zhong-ping¹, WANG Xue-mei², SUN Xia¹, JIANG Ping-an¹, HE Qian¹

(1. College of Pratacultural and Environmental Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

Abstract: Study is made on photosynthetic characteristics and water use efficiency of *Zizyphus Jujube* under different application ways of biogas waste fertilizer(ex-root, spray, smearing, dropping). The results show that Chl content, LAI and Pn have similar variation tendency under different application ways of biogas waste fertilizer, and they show an order of spray application of liquid manure > smearing trunk > contrast with chemical fertilizer > dropping fertilization > ex-root fertilization. The daily average values of Tr and Gs show dropping fertilization of liquid manure > spray application > contrast with chemical fertilizer > ex-root fertilization > smearing trunk. The daily average value of Ci shows ex-root fertilization of liquid manure > dropping fertilization > contrast with chemical fertilizer > smearing trunk > spray application, but the daily average value of Ls shows spray application of liquid manure > smearing trunk > contrast with chemical fertilizer > dropping fertilization > ex-root fertilization. The daily average value of WUE shows smearing trunk of liquid manure > spray application > contrast with chemical fertilizer > dropping fertilization > ex-root fertilization. The effect of spray application is the best.

Keywords: biogas waste fertilizer; *Zizyphus Jujube*; photosynthetic characteristics; water use efficiency