

植物生长物质对烤烟上部叶生长生理、质体色素及其降解产物的影响

韩富根, 董祥洲, 王初亮, 沈 铮, 王校辉

(河南农业大学 国家烟草栽培生理生化研究基地, 河南 郑州 450002)

摘要: 以烤烟品种云烟 87为材料, 通过田间试验研究烟株打顶后喷施植物生长活性制剂 1- 3号 (T1- T3)对烤烟上部叶光合特性、质体色素及其降解产物的影响。结果表明, 处理上部叶的光合速率增加, 蒸腾速率降低, 水分利用效率得到提高, 进而促进了叶绿素的适度降解同时抑制类胡萝卜素的过度降解。调制后各处理叶绿素降解产物新植二烯含量由高到低依次为 T2、T4(CK)、T3、T1; 类胡萝卜素降解产物总量由高到低依次为 T2、T3、T1、T4(CK)。T2在打顶后 40 d叶绿素含量适中、类胡萝卜素含量较高, 且调制后能够充分降解, 其挥发性致香物质总量也最高。初步认为植物生长活性制剂 2号对烤烟的生理调控效果较优。

关键词: 烤烟; 植物生长物质; 水分利用效率; 质体色素; 降解产物

中图分类号: S572. 01 文献标志码: A 文章编号: 1000- 2286(2010) 06- 1109- 06

Effects of Plant Growth Substances on Chromoplast Pigment and Its Degraded Products and WUE in Flue-cured Tobacco Upper Leaves

HAN Fu-gen¹, DONG Xiang-zhou¹, WANG Chu-liang¹,
SHEN Zheng¹, WANG Xiao-hu¹

(National Research Center for Tobacco Cultivation and Physiology and Biochem, Zhengzhou 450002, China)

Abstract After topping the effect of plant growth substances on the leaf and synthetic characteristics chromoplast pigment and degraded product contents of flue-cured tobacco upper leaves was studied according to the field experiment. The results showed that plant growth substances can raise the photosynthetic rate of the leaf at the upper part and reduce transpiration rate for the improvement of water-using efficiency. And it promotes the degradation of chlorophyll moderately as well as inhibited the degradation of carotenoids excessively. The order of contents of neoplytadiene degraded by chlorophyll was T2> T4(CK) > T3> T1. The order of contents of the products degraded by carotene was T2> T3> T1> T4(CK). 40 days after topping T2 had the highest contents of chlorophyll and carotene, which can be fully degraded, and its total content of volatile aroma matter after leaf curing was the highest, too. It was preliminarily thought that the Preparation No. 2 could better promote the physiological and control function of flue-cured tobacco.

Key words flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum*); Plant growth substance; water utilization ratio; chromoplast pigment; degraded products

收稿日期: 2010- 05- 12 修回日期: 2010- 06- 30

基金项目: 吉林省烟草工业有限责任公司重大科技攻关项目 (JY2006012)

作者简介: 韩富根 (1953-), 男, 副教授, 主要从事烟草化学品质评价研究, E-mail: hlsh118@163.com

烤烟是叶用经济作物,打顶这一必不可少的农艺措施去除了烟株顶端,打破了烟株原有的源库关系,上部叶同时充当了源和库两方面的作用^[1],从而使烟株体内同化产物和矿质养分的分配发生变化^[2]。导致上部叶干物质积累较多,落黄成熟较缓慢,烘烤技术较难掌握,烤后烟叶较厚,身份较重,组织结构不够疏松;烟碱含量偏高,钾素含量较低质量较差,化学成分不够协调;感官评吸刺激性较大,杂气较重,香气质较差,香气量不足,工业可用性较低^[3-5]。从生理学的观点看,上部叶产量和质量的形成是源与库相互作用的结果,其实质则取决于打顶后烟株自身的生理代谢。外源物质对烤烟的生长发育和物质代谢具有重要的作用^[6-7],利用其协调烟株体内代谢平衡是解决烤烟生产中一些问题的有效途径之一。Jiang F等^[8]研究结果表明,许多植物生长物质在低浓度时可提高烟株体内的烟碱含量,反之则降低其烟碱含量;韩锦峰等^[9]也有类似结论;洪丽芳等^[10]和赵正雄等^[11]在烟株打顶后用生长素处理茎断面有利于不同部位烟叶钾素含量的提高;杨怀玉等^[12]进一步研究了打顶后生长调节剂处理可一定程度上代替烟株顶端作用的机理;关于外源物质对烤烟生长发育、生理特性、营养代谢、若干化学成分的调控等方面的研究也有大量报道^[2,9-10,13]。质体色素包括叶绿素和类胡萝卜素,是一类本身不具有香味特征,但通过降解、转化可形成致香成分的物质^[14]。质体色素含量的高低不仅决定烟叶成熟品质,烤后烟叶的色泽,且其在调制、陈化过程中的降解产物与烟叶的香气质和香气量密切相关^[15]。因此,烤烟致香物质前体物与其香味物质形成关系一直是人们关注的热点问题,但有关外源物质对烤烟上部叶水分利用效率和质体色素降解产物影响的研究尚少见报道。本文在大田条件下研究烟株打顶后喷施植物生长物质对烤烟上部叶水分利用效率、质体色素含量动态变化及其降解产物的影响,旨在为烤烟生产合理调控措施提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与试验基本情况

2007年在河南省襄城县汾陈乡大磨张村进行试验,供试烤烟品种为云烟 87。试验地土壤为中壤,0~20 cm 耕层 pH 7.48 有机质 11.45 g/kg 全氮 0.72 g/kg 碱解氮 55.0 mg/kg 速效磷 (P_2O_5) 18.0 mg/kg 速效钾 (K_2O) 135 mg/kg 地势平坦,前茬为红薯。施肥量为施纯氮 45 kg/hm², N、 P_2O_5 、 K_2O 质量比为 1:1.5:3,其中 50% 氮素由腐熟芝麻饼肥提供,无机氮肥中氨态氮和硝态氮各占 1/2,于烟田起垄时双开沟条施。烟苗于当年 5 月 17 号移栽,行距 1.2 m,株距 0.5 m,种植密度为 1.653×10^4 株/hm²;其它按当地优质烤烟栽培技术进行管理。

1.2 试验设计

试验共设 4 个处理: T1 植物生长活性制剂 1 号; T2 植物生长活性制剂 2 号; T3 植物生长活性制剂 3 号; T4 以喷施清水为对照 (CK)。植物生长活性剂均为在 2006 年试验基础上进行配制的复方配方,均以促进烤烟叶片扩展的植物活性物质为主。按随机区组设计,每个处理 3 次重复,各小区选长势一致的烟株 50 棵。烟株在中心花开放时进行打顶,并在打顶当天 16:00 时,每种植物生长活性剂 (处理) 原液稀释 500 倍后进行喷施,每个处理 50 株,喷施烟株上部 5 片叶,以叶面叶背湿露为度。喷施时用薄膜将烟株周围封闭,以防相互干扰。

1.3 取样及测定方法

喷施当天 (记为 0 d) 之后每隔 8 d 在各处理中选取 5 株烟株进行采样 (共 6 次)。采样部位为倒 3 叶位叶,质体色素的测定参考邹琦^[16]的方法进行。光合特性的测定用美国产 CI-301PS 便携式光合测定系统,于喷施后 15 d 在田间活体同步测定顶部倒 3 位烟叶的净光合速率 (P_n)、蒸腾速率 (T_r)、水分利用效率 (WUE) (用 P_n/T_r 表示)^[17]。烟叶成熟后分部位采收,按照三段式烘烤工艺调制后,按 42 级烤烟分级标准 (GB2635-92) 分级,每处理取上橘二 (B2F) 烟叶各 1 kg 用以测定烟叶致香物质含量。

香气物质提取:先使用减压蒸馏和萃取装置气蒸,之后用 CH_2Cl_2 萃取,一次获得香气物质。将 20 g 样品和 80 mL 水放于烧瓶,加热氮气流速为 45 mL/min 获得馏分用 CH_2Cl_2 蒸馏辅助挥发,得约 1 mL 用于测定。GC/MS 定性条件:质谱仪为 VG-70SE (英国 VG 公司);气相色谱仪为 HP-5890 (日本岛津公司);毛细管柱为 OV-101 (25 mL × 0.25 mm, I.D. WCOT);载气为 He 气化室温度 250 °C,分离器温度 250 °C,离子源温度 200 °C,电子轰击电压 70 eV,化学电离反应气体为异丁烷,注室温度 50 °C 保持

1 min, 再以 5 °C /min 速度升到 220 °C 保持 10 min, 载气流量为 0.8 mL/min, 直接获得分子量及质谱片段图谱, 由谱库及质谱解析规律获得定性结果。气相色谱定量条件: 色谱仪为 HP-5890 (日本岛津公司); 检测器为 FID; 载气为 He; 毛细管柱为 OV10L, FID 温度 250 °C, 气化室温度 240 °C, 分流比 1:25, 柱温 50 °C 保持 2 min, 再以 3 °C /min 速度升到 170 °C 保持 30 min, 之后以 3 °C /min 速度升到 220 °C, 各组分相对含量以其峰面积所占总峰面积的百分比表示。

2 结果与分析

2.1 植物生长物质对烤烟上部叶光合特性的影响

2.1.1 植物生长物质对烤烟上部叶净光合速率的影响 植物生长物质对烤烟上部叶净光合速率 P_n 有十分明显的影响 (图 1)。由图 1 可知, 对照与处理在烤烟圆顶期净光合速率 P_n 日变化共同点均表现为“单峰”曲线特征, 09:00 对照与处理均处于最低值, 不同点是对照峰值出现在 15:00, 其他峰值均出现在 13:00, 并且在测定时段内, 各处理净光合速率 P_n 均高于对照, 以 T1 最明显。表明喷施植物生长物质能提高烤烟上部烟叶净光合速率。

2.1.2 植物生长物质对烤烟上部叶蒸腾速率日变化的影响 对照与处理在烤烟圆顶期蒸腾速率 T_r 日变化与净光合速率 P_n 日变化趋势基本一致, 也呈“单峰”曲线特征, 单峰最大值出现在 13:00~15:00 (图 2)。由图 2 可知, 除 T2 外, 09:00 对照和处理蒸腾速率 T_r 差异不明显, 13:00 出现蒸腾抑制, 在测定时段内处理蒸腾速率 T_r 均低于对照, 以 T2 最为明显。表明打顶后喷施植物生长物质处理可以降低烤烟上部叶片的气孔导度, 抑制其蒸腾速率, 叶片保水能力增强, 提高了叶片的光合作用效率。

2.1.3 植物生长物质对烤烟上部叶水分利用效率日变化的影响 由图 3 可知, 打顶后喷施植物生长物质处理 (除 T1 在 09:00 外) 烤烟上部叶水分利用效率 (WUE) 在全天测定时段内均高于对照, 以 T2 效果最好, 对照和处理上部叶水分利用

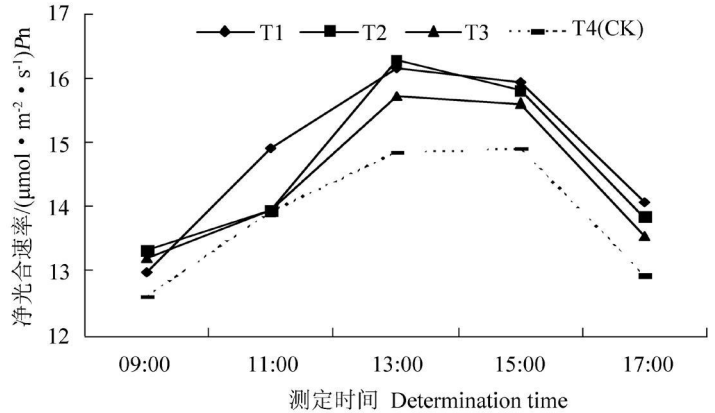


图 1 植物生长物质对烤烟上部叶净光合速率的影响

Fig. 1 Effect of plant growth substance on P_n of flue-cured tobacco upper leaf

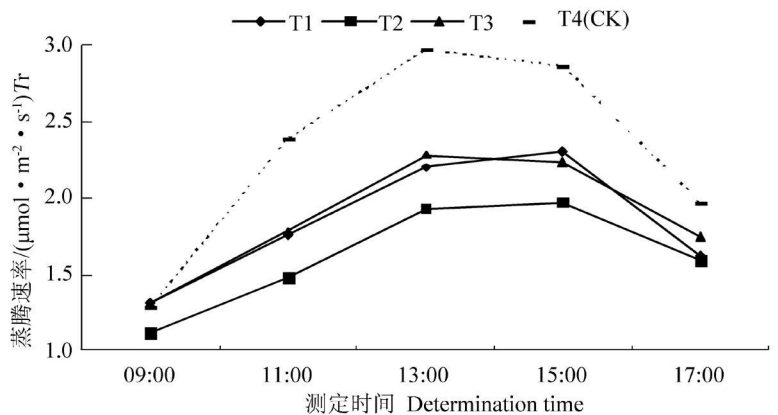


图 2 植物生长物质对烤烟上部叶蒸腾速率的影响

Fig. 2 Effect of plant growth substance on T_r contents of flue-cured tobacco upper leaf

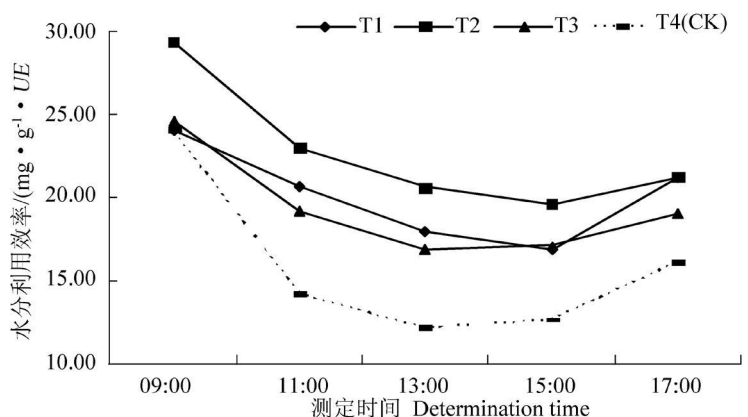


图 3 植物生长物质对烤烟上部叶水分利用效率的影响

Fig. 3 Effect of plant growth substance on WUE contents of flue-cured tobacco upper leaf

效率日变化均表现出先下降后升高的趋势,其中 T1、T2 最低值出现在 15:00, T3 和对照最低值出现在 13:00。表明喷施植物生长物质可以提高烤烟上部叶片水分利用效率,对改善我国旱区烟叶生产具有重要意义。

2.2 植物生长物质对烤烟上部叶质体色素含量动态变化的影响

2.2.1 植物生长物质对烤烟叶绿素含量动态变化的影响 由图 4 可知,处理随生育期延长,叶绿素含量逐渐降低。打顶当天 T3 叶绿素含量较低,其他处理差异不明显。0~40 d 整个生育期,CK 叶绿素含量均高于喷施植物生长物质。0~16 d 各处理叶绿素含量急剧下降;在打顶后 16~40 d T2 和 T3 叶绿素降解速度有所减缓;打顶后 24~40 d T1 叶绿素降解较快;在打顶后 40 d 叶绿素含量由高到低依次为 T4(CK)、T2、T3、T1。表明喷施不同植物生长物质不同程度促进了烤烟成熟期叶绿素的降解,其中植物活性制剂 1 号作用效果更明显。

2.2.2 植物生长物质对类胡萝卜素含量动态变化的影响 由图 5 可知,处理烤烟上部叶类胡萝卜素含量随生育期推进呈下降趋势,与叶绿素含量的变化规律相似。0~16 d 处理烟叶类胡萝卜素下降速率较对照快;16 d 后各处理下降速率有所降低,其中 T2 下降速率最慢;打顶后 40 d 处理烟叶类胡萝卜素含量均高于对照, T1、T2、T3 分别较 CK 高 19.44%、47.22%、30.56%。表明喷施植物生长物质抑制了烤烟类胡萝卜素的下降,其中植物活性制剂 2 号效果更明显。

2.2.3 外源物质对烤烟上部叶质体色素降解产物的影响 由表 1 可知,不同植物生长物质处理烟叶类胡萝卜素降解产物的含量各不相同。T1 处理烟叶 β-大马酮、香叶基丙酮、巨豆三烯酮的 3 种同分异构体等 5 种类胡萝卜素降解产物含量较高; T2 和 T3 处理烟叶分别以法尼基丙酮和芳樟醇含量较高; T4(CK) 处理烟叶其余 3 种类胡萝卜素降解产物含量较高,分别是 6-甲基-5-庚烯-2-酮、巨豆三烯酮-1,3-羟基-B-二氢大马酮。类胡萝卜素降解产物总量由高到低表现为 T2>T3>T1>T4(CK)。T1 烟叶类胡萝卜素降解产物总量接近对照, T2 和 T3 均明显高于对照,表明植物活性制剂 2 号和 3 号提高类胡萝卜素降解产物含量效果较明显。

叶绿素降解产物新植二烯含量(表 1)的高低顺序依次为 T2>T4(CK)、T3>T1。新植二烯占挥发性香气物质总量的比例范围在 61.47%~76.01%,其中 T3 最高, T4(CK) 最低。与对照相比, T2 能提高叶绿素降解产物新植二烯的含量,而 T1 和 T3 处理烟叶新植二烯的含量均低于对照。新植二烯占挥发性香气物质总量的 60% 以上,因此,喷施植物生长物质烟叶致香物质总量的变化和新植二烯含量的变化趋势基本一致,由高到低依次为 T3>T1>T2>T4(CK)。

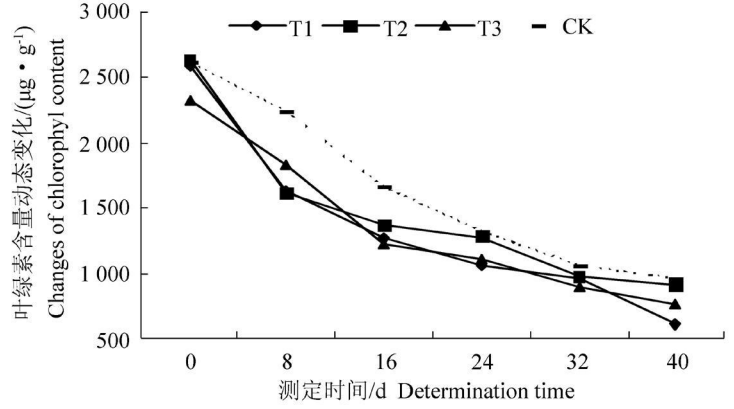


图 4 植物生长物质对烤烟上部叶叶绿素含量变化的影响

Fig. 4 Effect of plant growth substance on chlorophyll contents of flue-cured tobacco upper leaf

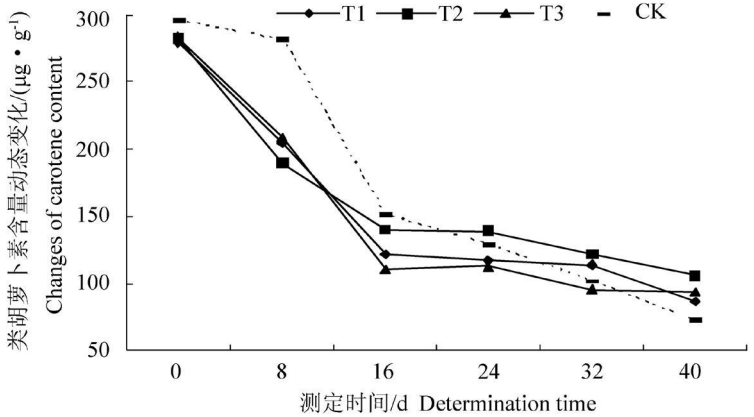


图 5 植物生长物质对烤烟上部叶类胡萝卜素含量变化的影响

Fig. 5 Effect of plant growth substance on carotenoids contents of flue-cured tobacco upper leaf

表 1 植物生长物质对烤烟质体色素降解产物的影响

Tab 1 Effect of plant growth substance on degraded products of chloroplast pigment of flue-cured tobacco upper leaf

致香物质种类 Aroma constituents type	致香物质 Aroma constituents	处理 Process			
		T1	T2	T3	T4(CK)
类胡萝卜素降解产物 Carotenoids degradation products	6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-methyl-5-hepten-2-one	0.25	0.10	0.20	0.32
	β -大马酮 β -damascenone	29.95	28.75	27.54	27.78
	香叶基丙酮 Geranyl acetone	15.52	12.58	15.43	13.76
	巨豆三烯酮-1 Megastignone-1	1.09	0.48	1.13	2.80
	巨豆三烯酮-2 Megastignone-2	16.86	14.23	12.90	13.19
	巨豆三烯酮-3 Megastignone-3	2.85	2.03	2.33	2.23
	3-羟基- β -二氢大马酮 3-oh- β -dihydro damascone	0.92	2.32	3.13	4.97
	巨豆三烯酮-4 Megastignone-4	18.46	15.49	13.77	13.63
	法尼基丙酮 Farnesyl acetone	35.90	58.56	56.41	43.01
	芳樟醇 Linalool	2.01	1.55	2.46	1.98
	小计 Subtotal	123.81	136.09	135.30	123.67
叶绿素降解产物 Chlorophyll degradation products	新植二烯 Neophytadiene	385.65	808.02	447.54	638.45
	总量 Total	627.31	1063.09	657.11	865.46

3 结论与讨论

(1) 光合作用是地球上最重要的化学反应之一, 是烟叶产量和品质提高的基础。然而, 由于种种因素的限制, 植物的光合作用常常不能高效进行。本试验结果表明, 烟叶 P_n 和 T_r 日变化表现特征处理和对照基本一致, 都为单峰曲线, 但处理烟叶 P_n 和 T_r 达到峰值的时间与对照不尽一致, 均无“午休”现象。相比之下, 尽管 T2 和 T3 烟叶 P_n 在 11:00 与对照接近, 但这 2 个处理其余测定时间内烟叶 P_n 均明显高于对照; T1 则全天测定时间内烟叶 P_n 均高于对照, 这就决定了全天测定时间内烟叶 P_n 总量处理也高于对照, 原因可能是其烟叶叶绿素含量对光能的有效利用。同理分析, 全天测定时间内烟叶 T_r 总量处理低于对照 (图 2), 因而处理 WUE 日平均值说高于对照。说明这些处理不仅可以提高光合功能, 还可以使烟叶光合和水分生理得到改善。

(2) 叶绿素是进行光合作用的重要色素, 叶绿素含量的高低反映了叶片生理功能的强弱, 其降解产物与烟叶的香气物质和品质有密切关系^[18]。试验结果表明, 0~40 d 处理叶绿素含量均低于对照, 24~40 d 其差距变小, 40 d 时 T2 与对照叶绿素含量较接近, T1 叶绿素含量最低 (图 4)。而叶绿素的降解产物新植二烯含量与各处理叶绿素含量表现不完全一致, 对照烟叶叶绿素含量保持在较高水平, 但其新植二烯含量低于 T2、T1 和 T3 烟叶田间叶绿素降解较多, 其新植二烯含量也较低。这可能是对照烟叶叶

绿素降解充分,新物质的合成代谢受到影响,而 T1 和 T3 烟叶叶绿素降解太快,烟株不耐衰老,最终导致新植二烯含量较低。T2 处理平衡了烟株的库源关系,使叶片色素适度降解,有利于烟叶外观及内在质量的最终形成,其降解产物新植二烯的含量较高也证明了这点。

(3) 类胡萝卜素在植物体内具有重要的生物功能,保护叶绿素分子,使其不至于被光氧化而破坏;抑制或消除活性氧自由基的伤害,防止脂质过氧化^[19]。类胡萝卜素降解产生的香味物质域值相对较低,刺激性较小,香气质较好,对烟叶香气贡献率较大^[19]。本试验研究结果表明,0~16 d 对照类胡萝卜素含量高于喷施外源物质处理;16~40 d 对照类胡萝卜素降解较快;40 d 时各处理类胡萝卜素含量均高于对照,其中以 T2 处理含量最高。类胡萝卜素含量与类胡萝卜素降解产物总量由高到低依次为 T2、T3、T1、T4(CK),表明喷施植物生长物质能不同程度抑制烟株在成熟期类胡萝卜素的过度降解。各处理在大田期类胡萝卜素含量较高,经过适当的调制后,能充分降解转化为香气物质,对烟叶品质形成具有重要意义,其中以 2 号制剂作用效果更明显。

综上所述,烟株打顶后喷施植物生长物质可促进烤烟生育后期叶片叶绿素含量发生变化,引起烟叶对光能的有效利用发生变化^[20],进而使圆顶期烟叶光合和水分生理特性得到改善,最终导致 40 d 烟叶叶绿素适度降解,同时抑制了类胡萝卜素的过度降解。这样增加了烤烟质体色素降解产物含量和致香物质总量,各处理以喷施植物活性制剂 2 号效果较优。喷施植物生长物质的有关处理这种作用效果可能是通过影响植株体内源激素的平衡而实现的。因而喷施植物生长物质对烟株内源激素、烟叶产量和品质的影响如何,还需要进一步深入研究。

参考文献:

- [1] Phillips I D J. Apical dominance[J]. Annual Review Plant Physiology, 1975, 26: 341-367.
- [2] Jiang F, Li C J, Jeschke W D, et al. Effect of top excision and replacement by 1-naphthylacetic acid on partition and flow of potassium in tobacco plants[J]. Journal of Experimental Botany, 2001, 52: 2143-2150.
- [3] Leymonie J P, Etoumeaud E. Fertilizer and tobacco[J]. Tob Reporter, 1996(4): 69-72.
- [4] Evans H J. In potassium in biochemistry and physiology[J]. Proc Collq Int Potash Inst, 1971(8): 13-29.
- [5] 孙福山, 陈江华, 刘建利. 烟叶收购质量现状与改善等级结构技术探讨[J]. 中国烟草学报, 2002, 8(2): 29-33.
- [6] 徐增汉, 王能如, 何孔松, 等. 植物生长物质对烟草源库的作用[J]. 安徽农业科学, 2002, 30(1): 118-121, 123.
- [7] 赵明, 李少昆, 王志敏, 等. 论作物源的数量、质量关系及其类型划分[J]. 中国农业大学学报, 1998, 3(3): 53-58.
- [8] Jiang F, Li C J, Jeschke W D, et al. Effect of top excision and replacement by 1-naphthylacetic acid on partition and flow of potassium in tobacco plants[J]. Journal of Experimental Botany, 2001, 52: 2143-2150.
- [9] 韩锦峰, 赫冬梅, 刘华山, 等. 不同植物激素处理方法对烤烟内烟碱含量研究[J]. 中国烟草学报, 2001, 7(2): 22-25.
- [10] 洪丽芳, 付利波, 苏帆, 等. 生长素对烟株钾的分配和积累的影响[J]. 作物学报, 2003, 29(3): 457-461.
- [11] 赵正雄, 杨宇虹, 张福锁, 等. 不同顶端调控措施对烟株内钾素积累和分配规律的影响[J]. 烟草科技, 2002(6): 37-39.
- [12] 杨怀玉, 李春俭. 顶端调控对烤烟生长、主要矿质养分吸收和分配特性的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(9): 1846-1852.
- [13] 李强, 李章海, 冯勇刚, 等. 打顶后施用 NAA 对烤烟钾素累积及分配的影响[J]. 烟草科技, 2007, 240(7): 51-54, 64.
- [14] 史宏志, 韩锦峰, 官春云. 烟叶香气前体物在成熟和调制过程中的变化[J]. 作物研究, 1996, 10(2): 22-25.
- [15] 杨虹琦, 周冀衡, 罗泽民, 等. 不同产区烤烟中质体色素及降解产物的研究[J]. 西南农业大学学报, 2004, 26(5): 640-642.
- [16] 邹琦主编. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 31-39.
- [17] Biehuizen J F, Slatyerno. Effect of atmospheric concentration of water vapor and CO₂ on determining transpiration-photosynthesis relationships of cotton leaves[J]. Agricultural Meteorology, 1965: 259-270.
- [18] Shigenaga M K, Hagen T M, Ames B N. Oxidative damage and mitochondrial decay in aging[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1994(91): 10771-10778.
- [19] 周冀衡, 杨虹琦, 林桂华, 等. 不同烤烟产区烟叶中主要挥发性香气物质的研究[J]. 湖南农业大学学报, 2004, 30(1): 20-23.
- [20] 韩富根, 张凤侠, 刘世亮, 等. 外源物质对烤烟上部叶生长发育及化学成分的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 3(2): 142-146.