

## 不同氮素水平下喷施顶端调节剂对烤烟 质体色素及其降解产物的影响

刘乐, 赵铭钦\*, 刘云, 卢叶, 张晓蕴, 赵进恒

(河南农业大学 a.烟草学院; b.国家烟草栽培生理生化基地, 河南 郑州 450002)

**摘要:**以吉烟9号为试材,研究了不同氮素用量和顶端调节剂对烤烟烟叶质体色素及其降解产物含量的影响。结果表明,不同氮素水平和顶端调节剂对烤后烟叶质体色素及其降解产物均有不同程度的影响,且二者对类胡萝卜素的互作效应达到显著水平或极显著水平。中氮处理满足了烟草生长发育对氮肥的需求,烟叶中叶绿素、类胡萝卜素含量均较高,其降解产物含量也较高。顶端调节剂可能提高了烟株的生理活性,促进了质体色素类物质的降解转化,尤其是顶端调节剂B处理中,新植二烯和类胡萝卜素降解产物含量远高于其他处理。不同处理相比较,由于两因素存在交互作用,以T<sub>8</sub>(中氮+顶端调节剂B)处理,烤后烟叶中质体色素类降解产物含量最高,烟叶品质较好。

**关键词:** 烤烟; 质体色素; 叶绿素; 类胡萝卜素

中图分类号: S572.01 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)03-0285-04

带格式的: 加宽量 4.5 磅

带格式的: 加宽量 1.1 磅

## Effect of spraying apical regulator on chloroplast pigment and its degradation products in flue-cured tobacco under conditions of varied nitrogen rate

LIU Le, ZHAO Ming-qin\*, LIU Yun, LU Ye, ZHANG Xiao-yun, ZHAO Jin-heng

(a.College of Tobacco Science; b. National Tobacco Cultivation, Physiology and Biochemistry Research Center, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Taking the flue-cured tobacco variety Jiyan No.9 as material, the combined effects of varied nitrogen volume and apical regulator on chloroplast pigment and the content of its degradation products in flue-cured tobacco leaf were determined. Results suggested that both of the treatments, namely different nitrogen volume and apical regulator, significantly affected chloroplast pigment and the content of its degradation products in post-cured tobacco leaf, additionally, the combined effects of the treatments mentioned above on carotenoid reached to extremely significant level. Findings were: 1) The content of chlorophyll, carotenoid and their decomposition products in tobacco leaf of medium nitrogen rate treatments were relatively higher and could meet the demand for nitrogen element during growth and development of tobacco; 2) Apical regulator probably enhanced the physiological activity of tobacco plant and promoted the degradation and conversion of chloroplast pigment. The content of neophytadiene and the degradation products of carotenoid in treatment of apical regulator B, particularly, evidently higher than that of other ones. Comparison of different treatments, as existing interactive action between two factors, the treatment of T<sub>8</sub>, namely medium nitrogen volume coupled with apical regulator B, could achieve the highest content of chloroplast pigment degradation products in post-cured tobacco and also relatively better tobacco character.

**Key words:** flue-cured tobacco; chloroplast pigment; chlorophyll; carotenoid

烟草质体色素(叶绿素和类胡萝卜素)不具有香味特征,但通过降解、转化可以形成致香成分<sup>[1]</sup>,可占到中性挥发性物质总量的85%~96%<sup>[2]</sup>。氮肥的类型、形态和用量<sup>[3-4]</sup>等对烟草质体色素的变化有重要

收稿日期: 2010-01-27

基金项目: 吉林烟草工业有限责任公司重大科技攻关项目(JY2006012)

作者简介: 刘乐(1985—),女,河南沁阳人,硕士研究生,主要从事烟草质量评价及烟用香料研究; \*通讯作者, mqzhao999@tom.com

影响。同时,在烟草生长过程中通过一定的调控措施有效改善烟叶品质和提高其工业可用性的研究<sup>[5-9]</sup>也越来越多。目前,不同氮素水平下喷施调节剂对烟叶质体色素及其降解产物影响的研究鲜见报道。笔者对此进行了研究,以期为提高烟叶生产水平和完善植物生长调节物质使用技术提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验于2008年在吉林省延边朝鲜族自治州敦化市雁鸣湖镇杨木村进行。供试土壤为暗棕壤,质地为粘土,土壤碱解氮、速效磷和速效钾含量分别为45.77、40.70、315.21 mg/kg,有机质含量为40.15 g/kg,pH值为5.72。供试烤烟品种为吉烟9号。采取低起垄、深栽烟、高培土的栽培措施,于5月17日移栽,在旺长期(6月30日)遇旱进行一次灌溉,其他管理措施同常规栽培。

### 1.2 试验设计

试验采用双因素裂区设计<sup>[10]</sup>,主区设3个水平,分别为高氮、低氮、中氮,副区设3个水平,分别为顶调剂A、顶调剂B、顶调剂C,共9个处理。肥料种类为烟草专用肥(N、P、K质量比为8:10:23)、硫酸钾(K<sub>2</sub>O为52%)、硝酸磷(N为26.5%,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>为11.5%)、有机肥(N、P、K≥7%),有机质含量≥50%)和硝酸钾(N为13.5%,K<sub>2</sub>O为45.5%)。所有肥料70%作基肥开沟条施,30%作穴肥,移栽时与土壤充分混匀。每个处理重复3次,共27个小区,每个小区面积为66.66 m<sup>2</sup>,即T<sub>1</sub>:高氮+顶调剂A;T<sub>2</sub>:高氮+顶调剂B;T<sub>3</sub>:高氮+顶调剂C;T<sub>4</sub>:低氮+顶调剂A;T<sub>5</sub>:低氮+顶调剂B;T<sub>6</sub>:低氮+顶调剂C;T<sub>7</sub>:中氮+顶调剂A;T<sub>8</sub>:中氮+顶调剂B;T<sub>9</sub>:中氮+顶调剂C。高、中、低水平氮分别为80.00、72.50、65.00 kg/hm<sup>2</sup>,各处理间磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)和钾(K<sub>2</sub>O)用量一致,分别为60.75、219.00 kg/hm<sup>2</sup>。3种顶端调节剂是在2007年试验基础上进行配制的以油菜素内酯为主,辅以3种营养元素的复合配方<sup>[11]</sup>(均以促进烤烟生长发育的生物活性物质为主)。喷施方法为:打顶后2~3 d选无风晴天17:00以后喷施,稀释500倍后喷施上部5片叶,以叶面、叶背喷湿润为标准,每种药液喷施后,将药械用清水洗净再用,以防相互

影响。

大田成熟叶片采用三段式烘烤工艺进行烘烤,各处理烟叶烘烤后选用中橘三(C3F)烟叶样品进行质体色素和香气成分分析。

### 1.3 测定指标及方法

(1) 质体色素含量的测定。烟叶中质体色素的测定参照邹琦<sup>[12]</sup>的方法进行。

(2) 中性香味物质的提取及定性定量分析。在同时蒸馏萃取装置的一端接盛有10 g烟样(过0.25 mm筛)、1 g柠檬酸、350 mL蒸馏水和0.5 mL内标的500 mL圆底烧瓶,使用恒温电热套进行加热;装置的另一端接盛有40 mL二氯甲烷的250 mL圆底烧瓶,该端烧瓶置于恒温(60℃)水浴锅中加热,同时蒸馏萃取2.5 h。萃取完成后,加入10 g无水硫酸钠干燥有机相,然后于60℃水浴中浓缩至1 mL左右即得烟叶精油。

经处理制备得到的分析样品,由GC/MS(HP5890-5972气质联用仪)分析和NIST库检索定性。GC/MS分析条件:色谱柱为HP-5(60 m×0.25 mm×0.25 μm);载气为He;流速为0.8 mL/min;进样口温度为250℃;传输线温度为280℃;离子源温度为177℃;升温至240℃(初温50℃,恒温2 min后,以2℃/min的速率升至120℃,5 min后2℃/min的速率升至240℃,保持30 min);分流比1:15;进样量2 μL;电离能70 eV;质量数范围50~500 amu;MS谱库NIST02。采用内标法定量。

全部试验数据处理采用SPSS12.0<sup>[13]</sup>统计软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同氮素水平下喷施顶端调节剂对烤后烟叶质体色素的影响

#### 2.1.1 对烤后烟叶叶绿素含量的影响

从表1可以看出,氮素水平和顶端调节剂对叶绿素含量的影响均达到显著水平,并且在低氮水平下,调节剂A、B与调节剂C差异显著。高氮水平下烤后烟叶叶绿素含量最高,与低氮水平有显著差异,而与中氮水平差异不显著,其中以T<sub>8</sub>(中氮+调节剂B)含量最高,为77.19 μg/g,小于80 μg/g,处于优质烟叶要求范围之内<sup>[14]</sup>。

表 1 不同处理烤后烟叶中质体色素的含量

Table 1 Content changes of chromoplast pigment under different treatment in flue-cured tobacco leaf <span style="float:right">μg/g</span>						
处理	叶绿素总量			类胡萝卜素含量		
	顶调剂 A	顶调剂 B	顶调剂 C	顶调剂 A	顶调剂 B	顶调剂 C
高氮	55.42aA	52.55aB	48.80aA	276.24aA	272.03aA	279.77aA
低氮	30.34aB	37.11aB	26.01aA	220.78cB	253.61aB	235.21bB
中氮	62.67aA	77.19aA	31.76bA	222.83bB	252.02aB	221.93bC

2.1.2 对烤后烟叶类胡萝卜素含量的影响

在高氮水平下，顶端调节剂的影响未达到显著水平，而在低氮和中氮水平下，顶端调节剂B对类胡萝卜素含量的提高作用最大。不同顶端调节剂处理下，均表现为高氮处理烟叶的类胡萝卜素含量最高，且与低氮、中氮处理差异显著或极显著。不同处理相比较，T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>烟叶中胡萝卜素含量较高，T<sub>5</sub>、T<sub>8</sub>次之，T<sub>4</sub>最低。

2.2 不同氮素水平下喷施顶端调节剂对烤后烟叶质体色素降解产物的影响

2.2.1 对烤后烟叶叶绿素降解产物含量的影响

新植二烯是叶绿素降解的主要产物<sup>[15]</sup>。试验结果(表 2)表明，新植二烯含量从高到低的处理依次为

T<sub>8</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>6</sub>、T<sub>1</sub>、T<sub>9</sub>、T<sub>7</sub>、T<sub>5</sub>、T<sub>4</sub>。新植二烯占质体色素降解产物总量的 57.45%~77.40%，以 T<sub>3</sub>最高，T<sub>4</sub>最低。新植二烯含量、质体色素降解产物总量和新植二烯占质体色素降解产物总量的比例，三者的变化趋势在各主因素间是一致的，尤其是前两者的变化趋势完全一致。在不同的氮肥处理条件下，顶端调节剂对新植二烯含量的影响明显不同。高氮条件下，新植二烯的含量较高，顶端调节剂对新植二烯含量的提高有一定作用；低氮条件下新植二烯含量最低；中氮条件下，顶端调节剂B对新植二烯含量的提高作用最为明显，而顶端调节剂A和C的作用不明显。

表 2 不同处理烤后烟叶质体色素降解产物的含量

Table 2 Content changes of products degraded by chromoplast pigment under different treatment in flue-cured tobacco leaf										
类别	降解产物	含量/(μg·g <sup>-1</sup> )								
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
叶绿素	新植二烯	563.14	746.42	867.26	246.21	346.06	683.01	465.87	1 324.00	498.04
	挥发性香气物质	801.04	992.90	1 120.54	428.55	591.46	962.80	694.06	1 896.15	731.22
类胡萝卜素	巨豆三烯酮 1	0.58	1.02	1.22	1.05	0.99	1.28	1.10	3.66	1.15
	巨豆三烯酮 2	1.86	3.55	4.07	4.12	3.08	4.38	3.83	13.03	3.80
	巨豆三烯酮 3	0.39	0.82	1.13	1.12	0.93	1.00	0.79	2.45	0.72
	巨豆三烯酮 4	2.05	5.92	7.77	0.35	5.71	6.72	5.79	18.38	5.28
	二氢猕猴桃内酯	0.90	2.26	2.40	1.76	3.05	2.18	1.74	4.12	1.03
	β-大马酮	23.48	25.02	29.60	27.08	22.23	26.84	19.57	48.16	21.94
	香叶基丙酮	2.90	2.94	2.55	3.13	2.08	2.58	1.62	1.40	1.56
	6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.47	0.67	0.82	0.65	1.01	0.75	0.80	1.85	0.72
	法尼基丙酮	3.32	9.60	10.64	12.38	13.50	11.47	7.52	21.23	7.17
	氧化异佛尔酮	—	—	—	—	0.15	0.12	—	0.44	—
	3-羟基-β-二氢大马酮	0.10	0.42	0.77	5.29	2.56	0.56	0.75	0.56	0.29
	总量	36.05	52.23	60.96	56.92	55.27	57.89	43.52	115.28	43.66

2.2.2 对烤后烟叶类胡萝卜素类降解产物含量的影响

试验结果(表 2)表明，不同氮素水平及顶端调节剂对烤烟类胡萝卜素降解产物含量有很大影响，总量从高到低的处理依次为T<sub>8</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>6</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>9</sub>、T<sub>7</sub>、T<sub>1</sub>，检测出来的类胡萝卜素降解产物共有

11 种，其中有 9 种(巨豆三烯酮 1、巨豆三烯酮 2、巨豆三烯酮 3、巨豆三烯酮 4、二氢猕猴桃内酯、β-大马酮、6-甲基-5-庚烯-2-酮、法尼基丙酮、氧化异佛尔酮)以T<sub>8</sub>含量最高，另外 2 种(香叶基丙酮和 3-羟基-β-二氢大马酮)以T<sub>4</sub>含量最高。氧化异佛尔酮除在处理T<sub>5</sub>、T<sub>6</sub>和T<sub>8</sub>中检测到数据外，其他处理均

未检测出,其中 $\beta$ -大马酮在各处理中含量均最高,占类胡萝卜素类降解产物总量的40.21%~65.13%, $T_1$ 的占比最高,为65.13%,这与 $T_1$ 中类胡萝卜素类降解产物的总量较少有关,并且类胡萝卜素类降解产物的总量与新植二烯的含量都是 $T_8$ 中的含量最高。

### 3 结论与讨论

叶绿素是烟叶成熟和调制过程中变化幅度较大的物质之一,其主要降解产物新植二烯不仅本身具有一定香气,而且可分解、转化成低分子香味成分<sup>[14]</sup>。类胡萝卜素的降解和热裂解产物可生成近百种香气化合物<sup>[16]</sup>。

本试验结果表明,不同氮素用量和顶端调节剂对提高烟叶中质体色素及其降解产物含量均有不同程度的影响。在 $T_1$ 处理中,叶绿素和类胡萝卜素的含量都较高,其降解产物新植二烯和类胡萝卜素类降解产物含量均不高。这可能是由于高氮促进了烟叶前期的生长发育,使色素类物质积累较多,但在烟叶成熟调制时降解不充分,生成的致香物质含量不高。而顶端调节剂则可能促进了烟株对养分的吸收和利用,从而提高了烟叶叶绿素向新植二烯方向的分解与转化以及类胡萝卜素的降解。由于氮素水平和顶端调节剂二者交互作用的存在,中氮+顶端调节剂B处理的新植二烯及类胡萝卜素类降解产物的含量最高,效果最好。这一结果说明,合理的施肥满足了烟株生长发育所需的养分,而顶端调节剂B则可能促进了肥料的充分吸收和合理利用。同时有研究<sup>[14]</sup>表明,烤烟中质体色素降解物并不是越高越好,而各组分间的协调性更为重要。

烟草是对氮素用量很敏感的植物,尤其是前期氮用量过低,烟叶旺长期供肥不足叶片发生少,严重时脱肥早衰,对烟叶的产量和质量均会造成不可挽回的影响。后期氮用量过低,则会造成烟草上部叶开片不充分,大大影响烟叶的品质。而后期氮用量过高,则会造成烟草贪青晚熟,不能及时成熟落黄,影响优质烟叶的形成。中氮用量不仅节约肥料,而且与烟草的需肥规律基本一致,有利于烟叶品质的提高。而不同的顶端调节剂可能提高了烟株的生理活性,并且促进了质体色素在烘烤过程中的转化

和降解,提高了香气物质的含量,对烟叶品质形成具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] Week W. Chemistry of tobacco constituents influencing flavor and aroma[J]. Rec Adv in Tob Sci, 1985(11): 175-200.
- [3] 介晓磊,黄向东,刘世亮,等. 不同氮素供应对烟草品质指标的影响[J]. 土壤通报, 2007, 38(6): 1150-1153.
- [4] 韩富根,沈铮,李元实,等. 施氮量对烤烟物理性状和香气质量的影响[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2009, 35(1): 53-57.
- [5] 韩德元. 植物生长调节剂:原理与应用[M]. 北京:科学技术出版社, 1997: 1-9.
- [6] 徐晓燕,武丽,张峰林,等. 植物生长调节剂对烤烟内源激素、烟碱、多酚含量的影响[J]. 中国烟草学报, 2007, 13(3): 61-63.
- [7] 吴华,陈琳. 不同化学调节剂对烤烟上部叶性状的影响[J]. 湖南农业科学, 2009(5): 43-45.
- [8] 邹焱,苏以荣. 打顶后施用植物生长调节剂对烤烟钾和烟碱的影响[J]. 中国烟草学报, 2009, 15(2): 75-79.
- [9] 宋鹏飞,韩富根,赵东方,等. 外源制剂对烤烟生长生理和产量、质量的调控效应[J]. 江西农业大学学报, 2008, 30(6): 1019-1023.
- [10] 盖钧镒. 试验统计分析[M]. 北京:中国农业出版社, 2000: 26-27.
- [11] 沈铮,韩富根,李元实,等. 植物生长调节剂对烤烟经济性状、化学成分及香气质量的影响[J]. 江西农业大学学报, 2009, 31(4): 639-643.
- [12] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京:中国农业出版社, 1997: 42-44.
- [13] 余建英,何旭宏. 数据统计分析与SPSS应用[M]. 北京:人民邮电出版社, 2003: 191-223, 269-273.
- [14] 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:自然科学版, 2004, 30(1): 20-23.
- [15] 赵铭钦,王文基,刘国顺,等. 不同成熟度对烤后烟叶中质体色素及其降解产物的影响[J]. 植物生理学通讯, 2009, 45(1): 8-12.
- [16] 景延秋,官长荣,张月华,等. 烟草香味物质分析研究进展[J]. 中国烟草科学, 2005(2): 44-48.

责任编辑: 姜 敏

英文编辑: 罗文翠