

# 白肋烟不同叶位叶片中性香气成分 和生物碱含量的变化

史宏志<sup>1</sup>, 谢子发<sup>2</sup>, 李志<sup>1</sup>, 尹文文<sup>1</sup>, 杨兴有<sup>2</sup>, 刘国顺<sup>1</sup>, 鲁喜梅<sup>1</sup>

(1. 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 2. 四川省达州烟草公司 四川 达州 635000)

**摘要:**以白肋烟达白1号非烟碱转化株为材料,在2种留叶数(每株18-24片)条件下研究了不同叶位叶片晾制后生物碱和中性香气成分含量的变化。结果表明,烟碱和仲胺类生物碱含量均随叶位增高而增加,少留叶烟株不同部位生物碱含量均高于多留叶烟株,且上下部位间变幅相对较小。中性香气成分含量呈现不同变化趋势,少留叶烟株各叶位巨豆三烯酮含量高于多留叶烟株,且表现为随叶位升高而增加,多留叶烟株巨豆三烯酮含量以中部叶最高,上部叶含量呈显著降低。其他质体色素降解产物,除 $\beta$ -大马酮含量以中部及偏下部位烟叶较高外,一般表现为随叶位升高而增加。西柏烷类降解产物茄酮含量以中部叶含量较高,多留叶烟株各部位叶片,特别是上部叶茄酮含量高于少留叶烟株。苯丙氨酸降解产物苯乙醛和苯乙醇含量随叶位升高而显著增加。

**关键词:**白肋烟;叶位;留叶数;香气物质;生物碱

中图分类号:S572.01 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2008)06-0139-05

## Changes in Contents of Alkaloids and Neutral Aroma Components among Different Leaf Positions in Air-cured Burley Tobacco

SHI Hong-zhi<sup>1</sup>, XIE Zi-fa<sup>2</sup>, LI Zhi<sup>1</sup>, YIN Wen-wen<sup>1</sup>,

YANG Xing-you<sup>2</sup>, LIU Guo-shun<sup>1</sup>, LU Xi-mei<sup>1</sup>

(1. National Tobacco Cultivation and Physiology and Biochemistry Research Center of

Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2. Dazhou Tobacco Company of Sichuan, Dazhou 635000, China)

**Abstract:** Burley hybrid Dabai 1 non-converters were used to investigate the changes in contents of alkaloids and neutral aroma components among different leaf positions in air-cured leaves at two leaf number treatments (18-leaves per plant and 24-leaves per plant). GC/MS and GC were used respectively to analyze the contents of neutral aroma components and alkaloids. Results showed that contents of nicotine and secondary amine alkaloids increased linearly with leaf position, and the differences between top and bottom leaves were less for 18-leaf plants than for 24-leaf plants. Contents of neutral aroma components showed different changing trends. The contents of megastigmatricone in all leaves were higher for 18-leaf plants than for 24-leaf plants and increased with leaf position; For 24-leaf plants, the contents of megastigmatricone was highest in middle stalk position. Except for  $\beta$ -damascone which was abundant in the middle leaf position, all other carotenoid catabolites had increasing trends with leaf position. The content of solanone, the cembratriendiol catabolite, was the highest in middle leaves, and was higher for 24-leaf plants than for 18-leaf plants. The contents of phenyl ethyl alcohol and phenyl acetaldehyde increased significantly with leaf position.

**Key words:** Burley tobacco; Leaf position; Leaf number; Aroma components; Alkaloids

白肋烟是世界第二大烟草类型,为混合型卷烟的重要原料。优质白肋烟要求风格程度高,香气量大,香气质纯,生理强度适宜,杂气较少,化学成分组

成合理,有害物质含量低<sup>[1]</sup>。白肋烟生长发育和品质形成受遗传因素、生态条件、栽培措施和调制环境的综合影响,其中不同部位的叶片由于光照、营养条

收稿日期:2008-03-24

基金项目:四川省烟草公司2007科技项目(SCYC2007-5-3)

作者简介:史宏志(1963-),男,河南滑县人,教授,博士,主要从事烟草栽培生理研究。

件不同,生长发育、外观品质和化学成分含量都有显著差异。叶片自下而上一般表现为厚度和比叶重逐渐增加,结构由疏至密,总氮、烟碱含量呈增加趋势,碳水化合物含量和糖碱比则呈相反变化<sup>[2,3]</sup>;感官评吸一般表现为随叶位增加,烟叶香气量提高,但上部叶刺激性变强,香气质有下降趋势<sup>[4]</sup>。通过烟株群体的合理配置,确定适宜的留叶数,改善栽培条件和营养环境,促进不同部位烟叶的均衡发展是实现烟叶优质稳产的重要手段。有关不同部位叶片差异化方面的研究,以往多集中在农艺性状测定和常规化学成分分析,而且一般部位划分粗放,缺乏对不同叶位叶片香气物质、生物碱含量变化规律的深入研究,特别是在不同留叶数条件下不同部位叶片生长发育、化学成分含量的变化规律有不同的特点,需要进一步揭示。烟叶的香气品质如香气量、香气质、香型等是多种香气成分相互作用而形成的<sup>[3]</sup>,了解不同留叶数下不同部位烟叶各种香气成分的变化规律,对进一步认识香气物质组成和比例与烟叶香味品质的关系有重要意义。

我国白肋烟生产比较集中,主要分布在湖北恩施、四川达州、重庆万州、云南宾川四地,生产上留叶数不合理是突出问题,如四川白肋烟留叶数普遍偏多,多在24片以上,不利于叶片充分发育和香气品质提高,也造成上下部位叶片质量性状差异过大。本试验分别在单株留叶18、24片2个留叶数条件下全面研究了各叶片的叶面积、生物碱和中性香气成分含量变化规律,旨在丰富烟草香味学理论,并为生产上合理确定留叶数,促进各部位烟叶香气品质和风格程度的提高提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料与设计

试验于2007年在四川达州烟草研究所进行,品种为达白1号,试验地面积300 m<sup>2</sup>,5月15日移栽,密度18 000株/hm<sup>2</sup>。试验设2个处理,分别为每株留叶18、24片,3次重复。

### 1.2 取样方法

烟株在打顶后挂牌定株,并取样进行生物碱含量和烟碱转化率测定<sup>[9]</sup>,确保所选烟株为正常的非转化株。按照统一成熟标准整株采收,烟株挂牌后挂在晾房自然晾制,调制结束后自下而上按叶位取样,每株留叶18片叶处理分2~3,5~6,8~9,11~12,14~15,17~18叶组,每株留叶24片叶处理分2~3,5~6,8~9,11~12,14~15,17~18,20~21,

23~24叶组。对每片叶分别测定叶长、宽和叶面积。烟叶去梗后,在60℃温度下烘干,样品按叶组混合后粉碎待测。

### 1.3 香气物质含量的测定

前处理采用水蒸气蒸馏—二氯甲烷溶剂萃取法。在500 mL圆底烧瓶中加入10.000 g烟样,1.0 g柠檬酸,500  $\mu$ L内标(302  $\mu$ g/mL硝基苯),再加入350 mL蒸馏水。安装同步蒸馏萃取装置,从冷凝管上方加入40 mL二氯甲烷于250 mL烧瓶中,待开始沸腾时进行同时蒸馏萃取,装置中开始出现分层时开始计时。2.5 h后,收集250 mL烧瓶中的有机相,加入10 g左右无水硫酸钠摇匀至溶液澄清,转移有机相到鸡心瓶,水浴浓缩有机相1 mL左右。所得分析样品由GC/MS鉴定结果和NIST库检索定性。

采用美国HP5890 II-5972气质连用仪对烟叶样品进行定性分析。GC/MS分析条件:色谱柱hp-5(60 m $\times$ 0.25 mm.i.d. $\times$ 0.25  $\mu$ m d.f.);载气及流速,He 0.8 mL/min;进样口温度250℃;传输线温度280℃;离子源温度177℃;升温程序:50℃(5min) $\xrightarrow{5^\circ\text{C}/\text{min}}$ 120℃(5 min) $\xrightarrow{5^\circ\text{C}/\text{min}}$ 180℃(5 min) $\xrightarrow{6^\circ\text{C}/\text{min}}$ 250℃(15 min);分流比和进样量1:15,2  $\mu$ L;电离能70 eV;电离方式EI;质量数范围50~500 amu。采用NIST02谱库检索定性。假定相对校正因子为1,采用内标法定量。

### 1.4 生物碱含量测定

生物碱测定采用气相色谱法。样品经烘干后粉碎,每样品称取100 mg,加0.5 mL 2 mol/L NaOH湿润,再加5 mL乙醚振荡1 h提取生物碱;气相色谱仪为Agilent-6890,检测器为FID,具体操作和参数设定按Burton等<sup>[7]</sup>的方法进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 白肋烟不同部位叶片的叶面积

烟株打顶去除了顶端优势,改变了营养物质的分配方向,对叶片生长有显著的促进作用。图1为2个留叶数下不同部位叶片叶面积的变化。由图1可知,2个处理烟株均表现为随着叶位的增高,叶面积先逐渐增加,达到高峰后又逐渐下降,但顶叶叶面积与相邻叶片相比又有所增大。留叶数为18片的烟株各部位叶面积均大于留叶数为24片的烟株,特别是中部以上叶片,且上部叶片叶面积下降幅度小;留叶数为24叶烟株的上部叶叶面积下降明显,表明留叶数偏多,造成养分供应不良,特别对上部叶片发育影响较大。

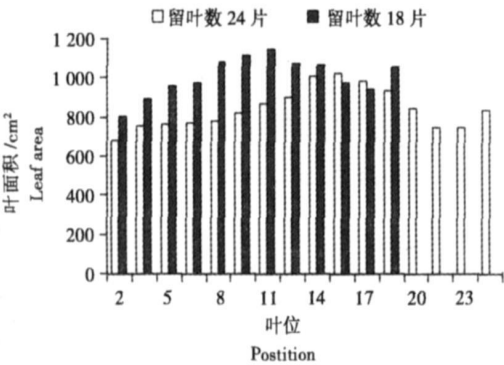


图1 不同留叶数烟株不同部位叶面积

Fig.1 Leaf area of leaves from different stalk positions for plants with different number of leaves

2.2 留叶数对白肋烟叶片生物碱含量的影响

生物碱是决定烟叶品质最重要的一类化学成

分,其含量和组成对白肋烟风格程度、生理强度和香味品质都有重要影响<sup>[2,8,9]</sup>。

表1结果表明,随着叶位的增高,烟叶烟碱含量显著增加,仲胺类的降烟碱、新烟草碱、假木贼碱含量以及总生物碱含量表现相似的变化规律。少留叶与多留叶相比,各部位烟叶生物碱含量均明显增加。另外,增加留叶数使烟株顶叶和脚叶生物碱差异加大,留叶数为24片烟株23~24叶组的烟碱含量是2~3叶组的443%,而留叶数为18片烟株17~18叶组的烟碱含量是2~3叶组的276%。由于所测烟株均经过鉴定为非烟碱转化株,烟碱占总生物碱的比例达到93%以上,新烟草碱大于降烟碱居第2位,假木贼碱含量最低。

表1 不同留叶数下叶片的生物碱含量

Tab.1 Alkaloid content in air-cured leaves at different leaf numbers %

留叶数 Leaf number	叶位 Leaf position	烟碱 Nicotine	降烟碱 Norricotine	假木贼碱 Anabesine	新烟草碱 Anatabine	总生物碱 Total alkaloid
18	17~18叶	6.30	0.12	0.03	0.22	6.67
	14~15叶	5.40	0.10	0.03	0.17	5.77
	11~12叶	5.17	0.11	0.03	0.20	5.51
	8~9叶	3.86	0.11	0.02	0.17	4.15
	5~6叶	2.99	0.09	0.02	0.13	3.22
	2~3叶	2.28	0.09	0.01	0.13	2.51
24	23~24叶	5.50	0.09	0.02	0.13	5.74
	20~21叶	4.11	0.07	0.02	0.10	4.30
	17~18叶	4.23	0.07	0.02	0.12	4.44
	14~15叶	3.25	0.07	0.01	0.10	3.43
	11~12叶	2.74	0.05	0.01	0.08	2.89
	8~9叶	2.43	0.05	0.01	0.09	2.58
	5~6叶	2.21	0.04	0.01	0.08	2.34
	2~3叶	1.24	0.03	0.01	0.05	1.33

2.3 留叶数对白肋烟叶片中性香气成分含量的影响

叶位不同造成叶面积和叶片营养状况的差异,对香气前体物的形成和降解以及调制后烟叶的香气成分含量产生影响。表2、3分别是留叶数18、24片烟株不同部位叶片晾晒后叶片主要中性香气成分的含量,其中茄酮、巨豆三烯酮、β-大马酮、糠醛、5-甲基-2-糠醛、苯乙醛、苯乙醇、苯甲醇、三羟基-β-二氢大马酮等由于含量相对较高或香味阈值较低,对烟叶的香气贡献较大<sup>[5]</sup>。结果表明,茄酮含量以中部叶含量较高,中部以上烟叶茄酮含量有降低趋势,特别在少留叶时趋势更为明显。总体而言,多留叶烟株各部位叶片茄酮含量高于少留叶烟株,尤其是多留叶烟株顶叶的茄酮含量显著高于少留叶烟株。茄酮是腺毛分泌物西柏烷类的主要降解产物,叶片大小直接影响到腺毛的密度<sup>[10]</sup>。少留叶烟株的叶片相对较大,尤其是上部叶扩展充分,腺毛密度降低,可能是造成腺毛分泌物及其降解产物含量下降的

原因。

巨豆三烯酮的4个同分异构体是中性香气成分中含量最丰富的质体色素降解产物,由叶黄素降解形成,对烟叶香味有重要贡献。结果表明,少留叶烟株不同部位叶片巨豆三烯酮含量表现为随叶位的增高而逐渐增加,且均以14~15叶位叶片含量最高。留叶数24片烟株的巨豆三烯酮含量以中部叶含量最高,随着叶位的进一步增高,巨豆三烯酮含量呈明显的下降趋势。此外,少留叶烟株各部位总体巨豆三烯酮含量水平高于多留叶烟株。β-大马酮含量以中部和中部偏下部位烟叶较高,随着叶位的增高,含量呈下降趋势,尤以多留叶烟株更为显著。其他质体色素降解产物如β-二氢紫罗兰酮、香叶基丙酮、氧化异佛尔酮在不同叶位间变化相对较小,随叶位升高,一般表现有增加趋势。比较不同部位烟叶总类胡萝卜素降解产物的变化可知(图2),多留叶烟株的中部叶和少留叶烟株的上部叶含量最高,且少留叶烟株的总类胡萝卜素含量总体高于多留叶烟株。

新植二烯是叶绿素降解产物, 虽然含量较高, 但香气阈值较高, 本身只具有微弱香气, 在调制和陈化过程中, 可进一步降解转化为其他低分子的香气成分<sup>[3]</sup>。

本试验结果表明, 在 2 个留叶数处理中新植二烯均表现为中上部叶片含量最高, 下部叶含量最低。

表 2 留叶数 18 片烟株不同叶位叶片晾制后中性香气物质的含量

Tab. 2 Contents of neutral aroma constituents in air-cured leaves from different stalk position for plants with 18 leaves $\mu\text{g/g}$						
香气成分 Aroma components	2~3 叶	5~6 叶	8~9 叶	11~12 叶	14~15 叶	17~18 叶
糠醛 Furfural	18.13	19.75	20.27	20.15	24.70	21.30
糠醇 Furfural alcohol	1.39	1.10	0.99	0.87	2.30	1.78
2-乙酰基呋喃 2-acetyl furan	0.31	0.24	0.21	0.19	0.23	0.15
5-甲基-2-糠醛 5-methyl-2-furfural	3.01	3.69	2.89	2.39	3.28	4.36
苯甲醛 Benzaldehyde	1.25	1.33	1.49	1.91	1.35	2.04
6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-methyl-5-hepten-2-one	0.54	0.36	0.39	0.38	0.38	0.40
6-甲基-5-庚烯-2-醇 6-methyl-5-hepten-2-ol	0.33	0.24	0.30	0.29	0.28	0.27
3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮 3,4-dimethyl-2,5-furandione	0.64	0.40	0.41	0.32	0.93	0.74
苯甲醇 Benzyl alcohol	8.67	7.48	5.79	3.65	8.90	4.64
苯乙醛 Phenyl acetaldehyde	8.75	7.01	7.84	8.51	13.66	13.14
2-乙酰吡咯 2-acetyl pyrrole	0.18	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14
芳樟醇 Linalool	0.88	0.92	1.04	1.37	1.35	1.29
苯乙醇 Phenyl acetaldehyde	4.92	3.69	4.09	8.80	16.87	13.90
氧化异佛尔酮 Keto-isophorone	0.26	0.24	0.25	0.27	0.30	0.25
吲哚 Indole	4.10	4.29	4.20	4.38	4.51	4.13
茄酮 Solanone	102.23	153.01	166.40	199.30	139.16	87.54
$\beta$ -大马酮 $\beta$ -damascone	18.23	21.53	21.48	21.39	19.24	15.95
香叶基丙酮 Geranyl acetone	1.29	1.37	1.45	1.61	1.73	2.16
$\beta$ -二氢紫罗兰酮 $\beta$ -dihydro-ionone	1.81	1.90	2.00	1.68	2.62	2.28
巨豆三烯酮 1 Megastigmatrienol 1	3.40	2.48	3.14	3.46	3.49	3.31
巨豆三烯酮 2 Megastigmatrienol 2	12.38	15.89	19.56	19.93	23.64	20.80
巨豆三烯酮 4 Megastigmatrienol 4	8.28	11.16	13.10	15.10	17.65	16.17
3-氧化- $\alpha$ -紫罗兰醇 3-oxo- $\alpha$ -ionol	1.33	0.87	0.76	0.72	0.73	0.58
新植二烯 Neophytadiene	480.36	404.30	573.40	674.60	657.19	594.26
法尼基丙酮 Farnesyl acetone	3.42	3.92	3.37	3.67	5.05	4.75

表 3 留叶数 24 片烟株不同叶位叶片晾制后中性香气物质的含量

Tab. 3 Contents of neutral aroma constituents in air-cured leaves from different stalk position for plants with 24 leaves $\mu\text{g/g}$								
香气成分 Aroma components	2~3 叶	5~6 叶	8~9 叶	11~12 叶	14~15 叶	17~18 叶	20~21 叶	23~24 叶
糠醛 Furfural	14.14	22.39	24.14	22.15	19.52	19.72	19.94	23.97
糠醇 Furfural alcohol	1.45	3.82	4.85	2.62	2.00	2.14	1.30	2.49
2-乙酰基呋喃 2-acetyl furan	0.22	0.20	0.32	0.27	0.21	0.17	0.12	0.14
5-甲基-2-糠醛 5-methyl-2-furfural	3.71	4.24	3.60	4.19	5.16	3.70	6.10	6.03
苯甲醛 Benzaldehyde	1.02	1.65	1.51	1.52	1.14	1.67	2.96	2.54
6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-methyl-5-hepten-2-one	0.38	0.31	0.37	0.34	0.37	0.32	0.42	0.43
6-甲基-5-庚烯-2-醇 6-methyl-5-hepten-2-ol	0.23	0.50	0.42	0.31	0.25	0.26	0.22	0.22
3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮 3,4-dimethyl-2,5-furandione	0.56	0.70	0.79	0.83	0.85	0.73	0.68	1.03
苯甲醇 Benzyl alcohol	6.75	17.30	19.56	9.97	10.16	8.15	4.51	6.01
苯乙醛 Phenyl acetaldehyde	9.07	10.86	8.60	8.14	8.28	14.01	20.15	26.65
2-乙酰吡咯 2-acetyl pyrrole	0.09	0.18	0.21	0.18	0.14	0.11		0.10
芳樟醇 Linalool	0.60	0.97	1.05	1.15	1.13	1.46	1.52	1.38
苯乙醇 Phenyl acetaldehyde	5.01	10.40	10.95	11.85	9.77	12.61	15.00	25.03
氧化异佛尔酮 Keto-isophorone	0.21	0.37	0.38	0.28	0.23	0.26	0.29	0.23
吲哚 Indole	3.89	4.36	4.50	4.31	4.22	3.86	4.06	3.92
茄酮 Solanone	97.90	181.70	217.80	220.02	175.02	146.32	154.80	119.62
$\beta$ -大马酮 $\beta$ -damascone	15.20	20.38	20.75	20.40	18.06	19.02	16.40	13.64
香叶基丙酮 Geranyl acetone	1.20	1.26	1.22	1.20	0.86	1.58	1.65	1.32
$\beta$ -二氢紫罗兰酮 $\beta$ -dihydro-ionone	1.34	2.03	2.34	2.20	2.27	2.36	2.56	2.45
巨豆三烯酮 1 Megastigmatrienol 1	1.69	2.34	2.85	2.32	2.43	2.72	2.70	2.17
巨豆三烯酮 2 Megastigmatrienol 2	12.02	16.81	17.99	20.25	18.45	16.95	16.70	12.87
巨豆三烯酮 4 Megastigmatrienol 4	7.74	11.71	12.36	13.13	13.99	15.19	12.38	9.40
3-氧化- $\alpha$ -紫罗兰醇 3-oxo- $\alpha$ -ionol	0.57	0.73	0.85	0.62	0.61	0.53	0.52	0.62
新植二烯 Neophytadiene	292.30	503.10	538.40	600.30	799.20	767.29	661.90	452.97
法尼基丙酮 Farnesyl acetone	3.71	4.23	5.95	5.11	5.24	4.64	5.26	3.74

糖类的降解产物糠醛、糠醇、5-甲基-2-糠醛、2-乙酰基呋喃等含量在不同叶位间含量差异较小, 无明显的变化规律。苯丙氨酸代谢产物苯乙醛、苯乙醇含量从第 5 叶位开始随叶位升高而显著增加, 2 种留叶数烟株表现相似的变化规律, 均以偏上部位叶片含量最高, 表明二者含量与烟叶氮素代谢水平有一定的关系。此外苯甲醇和苯甲醛含量随部位变化的趋势不明显。

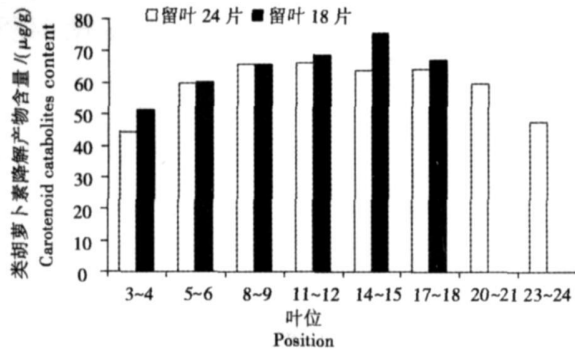


图 2 不同叶位叶片类胡萝卜素降解产物总量变化

Fig. 2 Changes in total contents of carotenoid catabolites in leaves from different stalk position

### 3 结论与讨论

白肋烟不同叶位叶片的生长发育、生物碱和中性香气物质含量有较大差异, 且随留叶数的不同表现不同的规律和特点。生产中留叶数不合理是一个突出问题, 留叶数过多造成养分分散, 叶片不能充分发育, 加大不同部位间质量性状的差异, 不利于促进优良品质的形成。本试验表明, 随着叶位的增加, 单叶面积表现先增加又降低的趋势, 留叶数 18 片烟株上部叶片降低幅度较小, 而多留叶烟株上部叶面积显著减小。随叶位的升高, 烟碱和仲胺类生物碱含量直线增加, 顶叶生物碱含量最高, 少留叶烟株不同部位生物碱含量均高于多留叶烟株, 且部位间最大差值小于多留叶烟株, 表明多留叶易于扩大不同部位间生物碱含量的差异性。

中性香气成分含量随叶位的变化趋势比较复杂, 不同香气成分和采用不同留叶数可呈现出不同的变化趋势。腺毛分泌物降解产生的茄酮含量以中部叶含量较高, 多留叶烟株各部位叶片, 特别是上部叶茄酮含量高于少留叶烟株。这可能与 2 种留叶数条件下叶面积、腺毛密度和腺毛分泌物含量不同有关, 少留叶烟株叶片较大, 可导致茄酮的前体物质西柏烷类含量降低。有研究表明, 在增加施氮量时, 叶面积增大, 腺毛密度和类西柏烷类含量下降<sup>[10]</sup>。烟叶质体色素降解产物巨豆三烯酮等含量与烟叶营养水平和碳氮代谢强度有直接关系, 氮素供应充足, 光

合作用旺盛时质体色素形成较多, 施氮量与质体色素含量呈正相关<sup>[11, 12]</sup>。本试验结果表明, 少留叶烟株各部位总体含量水平高于多留叶烟株, 且表现为偏上部叶片含量较高, 这与少留叶烟株营养供应充分, 叶片发育良好有关。多留叶烟株巨豆三烯酮含量以中部叶最高, 上部叶含量呈显著降低。巨豆三烯酮是烟叶重要香气物质, 也是优质高香气烟叶的重要特征, 与香气量呈显著正相关关系, 因此, 在留叶过多时, 巨豆三烯酮等含量降低可能是造成烟叶香气不足的一个重要原因。其他质体色素降解产物, 除  $\beta$ -大马酮含量以中部和偏下部位烟叶较高外, 一般表现出随叶位升高而增加的趋势。苯乙醛和苯乙醇可由苯丙氨酸降解产生, 其含量随叶位升高而显著增加。以往人们常常把苯甲醇和苯甲醛均归为苯丙氨酸降解产物<sup>[5]</sup>, 本试验表明, 二者随部位间变化不明显, 但与苯乙醛和苯乙醇变化趋势明显不同, 因此其来源值得进一步探讨。

### 参考文献:

- [1] 刘国顺. 烟草栽培学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [2] 史宏志, 张建勋. 烟草生物碱 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [3] 王广山, 尹启生, 张树模, 等. 运用栽培技术调节白肋烟氮碱比提高其可用性研究 [J]. 烟草科技, 2001(6): 38—42.
- [4] 中国农业科学院青州烟草研究所. 中国烟草栽培学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005.
- [5] 史宏志, 刘国顺. 烟草香味学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [6] 史宏志, 于建军, 刘国顺. 烟草烟碱转化株早期诱导鉴定的有效性研究 [J]. 华北农学报, 2007, 22(3): 71—75.
- [7] Burton H R, Bush L P, Djordjevic M V. Influence of temperature and humidity on accumulation of tobacco-specific nitrosamines in stored burley tobacco [J]. J Agr Food Chem, 1989, 37: 1372—1377.
- [8] 史宏志, 凌爱芬, 刘国顺, 等. 白肋烟烟碱转化对烟叶中性和碱性香味成分含量的影响 [J]. 华北农学报, 2007, 22(5): 43—46.
- [9] 李超, 史宏志. 烟草烟碱转化及生物碱优化研究进展 [J]. 河南农业科学, 2007(6): 14—17.
- [10] Barrena R. Trichome type, density, and distribution on the leaves of certain tobacco varieties and hybrids [J]. Tobacco Science, 1966, 14: 157—160.
- [11] Cout W A, Elliot J M, Hendel J G. Influence of applied nitrogen fertilization on certain lipids terpenes and other characteristics of flue-cured tobacco [J]. Tobacco Science, 1984, 28: 69—72.
- [12] 史宏志, 韩锦峰. 氮素营养对烤烟脂类化合物含量和脂酶活性的影响 [J]. 中国烟草学报, 1997(4): 28—33.