

孙雨琦, 赵园园, 周迪, 等. 国内外不同产区和类型雪茄烟烟草特有亚硝胺及生物碱含量分析 [J]. 中国烟草学报, 2020, 26 (5).
SUN Yuqi, ZHAO Yuanyuan, ZHOU Di, et al. Analysis on TSNAs and alkaloid contents in different types of cigar tobacco from different regions at home and abroad [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2020, 26 (5). doi: 10.16472/j.chinatobacco.2020.029

国内外不同产区和类型雪茄烟烟草特有亚硝胺 及生物碱含量分析

孙雨琦¹, 赵园园¹, 周迪¹, 钟秋², 王俊², 周骏³, 曾代龙⁴,
秦艳青⁵, 刘德水³, 杨兴有⁵, 李晶晶¹, 陈勇², 史宏志¹

1 河南农业大学国家烟草栽培生理生化研究基地/烟草行业烟草栽培重点实验室/烟草农业减害研究中心,
郑州市金水区文化路95号 450002;

2 四川省烟草公司德阳市公司, 四川省德阳市什邡回镇青雀路30号 618400;

3 上海烟草集团北京卷烟厂有限公司, 北京市通州区万盛南街99号 100024;

4 四川中烟工业有限责任公司长城雪茄烟厂, 四川省德阳市什邡经济开发区华山路南段128号 618400;

5 中国烟草总公司四川省公司, 成都市高新区世纪城路936号 600041

摘 要: 为明确国内外不同产区雪茄烟叶生物碱组成和含量、烟草特有亚硝胺 (TSNAs) 含量水平及相关关系, 本试验收集了国内外 55 个茄芯、茄衣和茄套烟叶样品, 并分产区和类型进行分析。结果表明, 不同产区雪茄烟样品生物碱含量样本间变异性均较大, 烟碱含量为 0.66%~10.02%, 降烟碱含量为 0.04%~0.79%, 烟碱转化率为 2.07%~28.01%。除国内产区雪茄烟叶生物碱含量相对较高外, 其他产区生物碱含量无显著差异, 茄芯烟叶总生物碱含量高于茄衣和茄套。各产区和各类型雪茄烟叶烟碱向降烟碱转化问题均较为突出。不同产区雪茄烟样品总 TSNAs 含量范围为 1.46 $\mu\text{g/g}$ ~25.75 $\mu\text{g/g}$, 以 NNN 含量最高, 在 0.63 $\mu\text{g/g}$ ~20.91 $\mu\text{g/g}$ 之间, 变异性较大。相关分析表明烟叶烟碱转化率较高是造成目前雪茄茄芯、茄衣、茄套烟叶总 TSNAs 和 NNN 含量较高的主要原因, 针对烟碱转化性状进行品种改良, 对生物碱组成进行优化是实现优质低害中式雪茄烟叶生产的重要途径。

关键词: 雪茄烟; 烟草特有亚硝胺; 生物碱; 烟碱转化

烟草特有亚硝胺 (tobacco-specific nitrosamine, TSNA) 是烟草生物碱和亚硝酸盐发生亚硝化反应生成的化合物, 在烟叶和烟气中都有存在, 现已证实的有 8 种^[4], 其中最主要的 4 种为 N-亚硝基降烟碱 (NNN), 4-(甲基亚硝胺)-1-(3-吡啶基)-1-丁酮 (NNK), N-亚硝基假木贼碱 (NAB) 和 N-亚硝基新烟碱 (NAT)^[5]。有研究表明, NNN 和 NNK 具有一定的致癌性和致突变性^[6-7]。NNK 又被确定为影响卷烟烟气危害性最重要的 7 有害成分指标之一^[8]。因此认为, TSNA 的含量和组成直接影响烟草制品的安全性。史宏志等发现不同产地的烟叶样品中, 白肋

烟烟叶的 TSNAs 含量最高, 香料烟次之, 烤烟则远低于白肋烟和部分香料烟^[9]。而目前关于不同产区雪茄烟叶 TSNAs 含量和雪茄烟安全性的研究较少, 摸清国内外雪茄烟叶中烟草特有亚硝胺的现状, 对于客观评价和进一步提高雪茄烟叶产品的安全性具有重要意义。

生物碱是形成 TSNAs 的主要前体物之一^[10]。烟草中生物碱的组成主要有四种, 分别为烟碱、降烟碱、新烟草碱和假木贼碱^[11]。一般情况下, 烟碱占总生物碱含量的 94% 以上, 降烟碱含量低于总生物碱含量的 3.5%^[12]。然而, 烟叶群体中, 一些烟株由于发生基因突变而产生烟碱去甲基能力, 导致烟碱转化为

基金项目: 四川省烟草公司“降低雪茄烟叶 TSNAs 关键技术研究及应用” (SCYC201915)

作者简介: 孙雨琦 (1995—), 在读硕士研究生, 主要从事烟草栽培生理研究, Tel: 15226055270, Email: 1119163550@qq.com

通讯作者: 史宏志 (1963—), 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事烟草栽培生理研究, Tel: 13613830281, Email: shihongzhi88@163.com

收稿日期: 2020-02-17; **网络出版日期:** 2020-09-29

降烟碱,造成生物碱组成发生显著变化,这不仅影响烟叶的香味品质和满足感,还会因为降烟碱极易与亚硝酸发生亚硝化反应导致亚硝基降烟碱(NNN)和总TSNAs含量升高^[13-15]。关于烟碱转化方面的研究主要集中在白肋烟上^[16-18],而对于雪茄烟叶生物碱组成的分析及其与烟草特有亚硝胺关系则鲜有报道。国内雪茄烟市场广阔,但目前仍然处于起步阶段^[19]。要进一步促进行业雪茄烟高质量发展,应充分考虑雪茄烟叶优质和安全问题。本试验系统研究了国内外不同产区雪茄烟叶TSNAs、生物碱的含量并对其相关性进行了分析,这对于明晰国内外雪茄原料生物碱和TSNAs的整体水平以及含量差异具有重要意义,以便于后期采取更有针对性的措施降低雪茄烟叶和制品的健康风险。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验收集了55个雪茄烟叶样品,均为各个产区主栽品种于2019年发酵后的中部叶。试验过程中对样品进行分类,其中按产区分为中美洲(多米尼加10个、古巴8个)、南美洲(巴西7个)、东南亚(印尼13个)、中国(四川德阳6个、四川达州5个、海南4个、湖北来凤2个),计为4个产区;按雪茄类型分为茄芯(29个)、茄衣(13个)、茄套(13个),计为3种类型。

1.2 化学分析方法

1.2.1 生物碱测定

采用气相色谱法,将雪茄烟样品于50℃烘干后粉碎,过250 μm筛。每样品称取200 mg,烟末置于15 mL旋盖培养试管中,加入内标溶液(7.5 μg/μL正十六烷内标溶液)100 μL,10%NaOH溶液1.5 mL,甲基叔丁基醚3 mL,旋紧旋盖,充分振荡5 min后,室温放置(24±2) h后提取上层清液通过Agilent 7890A型气相色谱-氢火焰离子化检测器(美国Agilent Technologies公司)定量分析4种生物碱(烟碱、降烟碱、假木贼碱、新烟草碱)的含量并以其含量之和作为总生物碱含量。烟碱转化率(%)=[降烟碱含量/(烟碱含量+降烟碱含量)]×100。

1.2.2 TSNAs测定

雪茄烟样品中的TSNAs由上海烟草集团有限责任公司北京卷烟厂进行测定,采用SPE-液相色谱质谱联用(SPE-LC-MS/MS)法[SPE-LC: Symbiosis (Pico), Spark Holland(上海仪真分析仪器有限公司); MS/MS: triplequad5500, ABSciex(上海爱博才思分析仪器贸易有限公司)]。称取1.0 g烟样,

置50 mL锥形瓶中,加入40 μL的4种氘代TSNAs(内标)溶液(5000 ng/mL)和30 mL的100 mmol/L乙酸铵水溶液,在室温下振荡(200 r/min,萃取60 min),萃取液过0.45 μm水相滤膜后使用LC-MS/MS检测TSNAs含量(质量分数),NNN、NNK、NAT和NAB含量之和为TSNAs总量。

1.3 数据处理

运用Excel 2010对原始数据进行标准化处理,运用DPS 7.05进行相关分析,用LSD法比较均值差异的显著性,采用Excel 2007绘图制表。

2 结果分析

2.1 雪茄烟生物碱含量及变异

2.1.1 不同产区雪茄烟生物碱含量状况及变异分析

从4个产区的生物碱含量来看(图1),国内外产区的样品均以烟碱含量最高,为0.66%~10.02%,平均值2.69%;假木贼碱含量最低,均在0.07%以下;降烟碱、新烟草碱含量均在0.80%以下;烟碱转化率为2.07%~28.01%,平均值7.66%,变化范围较广。

由表1可知,国内外产区之间的样品降烟碱含量无显著差异,国内产区样品的烟碱和总生物碱含量显著高于南美洲和东南亚;假木贼碱和新烟草碱含量显著高于国外3个产区;烟碱转化率显著低于南美洲,但与中美洲、东南亚无显著差异。除中美洲和东南亚产区的假木贼碱以外,各个产区的主要生物碱及总生物碱含量的变异系数均在40%以上,变异性较大。国内外产区雪茄样品的烟碱转化率变异系数均在70%以上,且各个产区内均有烟碱转化率高于15%的雪茄样品,因此认为雪茄烟叶普遍存在烟碱向降烟碱转化的问题。

2.1.2 不同类型雪茄烟生物碱含量状况及变异分析

按雪茄烟类型对生物碱含量进行分析(图2),茄芯、茄衣、茄套样品的烟碱含量分别在1.92%~10.02%、0.66%~2.36%、1.03%~2.43%之间,总生物碱含量分别在2.02%~10.90%、0.73%~3.20%、1.30%~2.70%之间,降烟碱、假木贼碱、新烟草碱含量均低于1.00%。各类型雪茄样品的烟碱转化率在2.07%~28.01%之间,平均值为7.66%。

结合表2可知,不同类型雪茄样品的降烟碱含量无显著差异,而茄芯样品的烟碱、假木贼碱、新烟草碱、总生物碱含量均显著高于茄衣、茄套。茄衣样品的烟碱转化率显著高于茄芯、茄套,而茄芯与茄套间的烟碱转化率无差异显著。三种不同类型雪茄样品的降烟碱及烟碱转化率变异系数均在60%以上,烟碱转化率变异幅度较大。

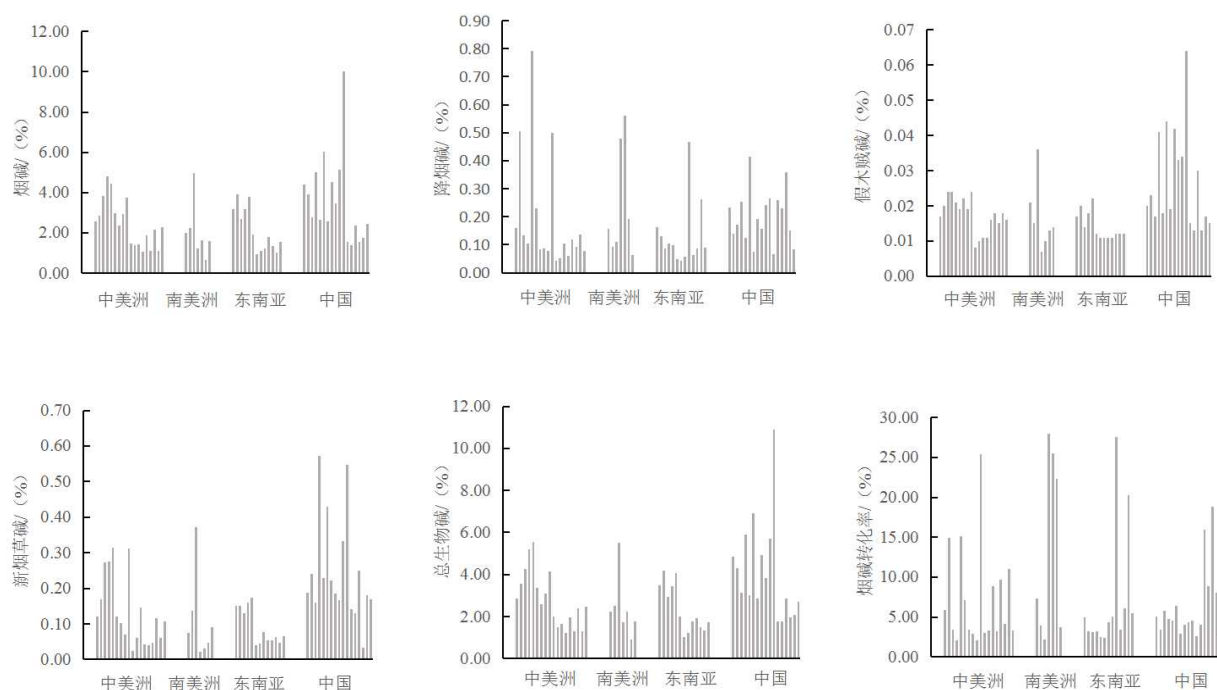


图 1 不同产区雪茄烟生物碱含量

Fig. 1 Contents of alkaloids in cigars from different production areas

表 1 不同产区雪茄样品生物碱含量变异情况

Tab. 1 Variation of alkaloids contents in cigar samples from different production areas

雪茄产区	项目	生物碱 /%					
		烟碱	降烟碱	假木贼碱	新烟草碱	总生物碱	烟碱转化率
中美洲	平均值	2.47ab	0.19a	0.02b	0.13b	2.80ab	7.17ab
	最大值	4.81	0.79	0.02	0.31	5.57	25.42
	最小值	1.06	0.04	0.01	0.02	1.22	2.07
	变异系数 /%	47.11	108.69	28.32	72.60	47.45	86.46
南美洲	平均值	2.05b	0.24a	0.02b	0.11b	2.41b	13.29a
	最大值	4.98	0.56	0.04	0.37	5.50	28.01
	最小值	0.66	0.06	0.01	0.02	0.91	2.16
	变异系数 /%	67.94	84.58	57.97	110.95	60.44	85.99
东南亚	平均值	2.12b	0.13a	0.01b	0.09b	2.36b	7.05b
	最大值	3.90	0.47	0.02	0.17	4.20	27.54
	最小值	0.95	0.04	0.01	0.04	1.05	2.44
	变异系数 /%	50.91	89.07	27.28	54.86	47.38	109.55
中国	平均值	3.61a	0.20a	0.03a	0.25a	4.09a	6.33b
	最大值	10.02	0.42	0.06	0.57	10.90	18.79
	最小值	1.37	0.07	0.01	0.03	1.77	2.59
	变异系数 /%	60.05	47.68	57.2	59.29	57.33	71.22
全部	平均值	2.69	0.18	0.02	0.16	3.05	7.66
	最大值	10.02	0.79	0.06	0.57	10.90	28.01
	最小值	0.66	0.04	0.01	0.02	0.91	2.07
	变异系数 /%	61.30	84.51	53.59	79.81	58.95	92.98

注：同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

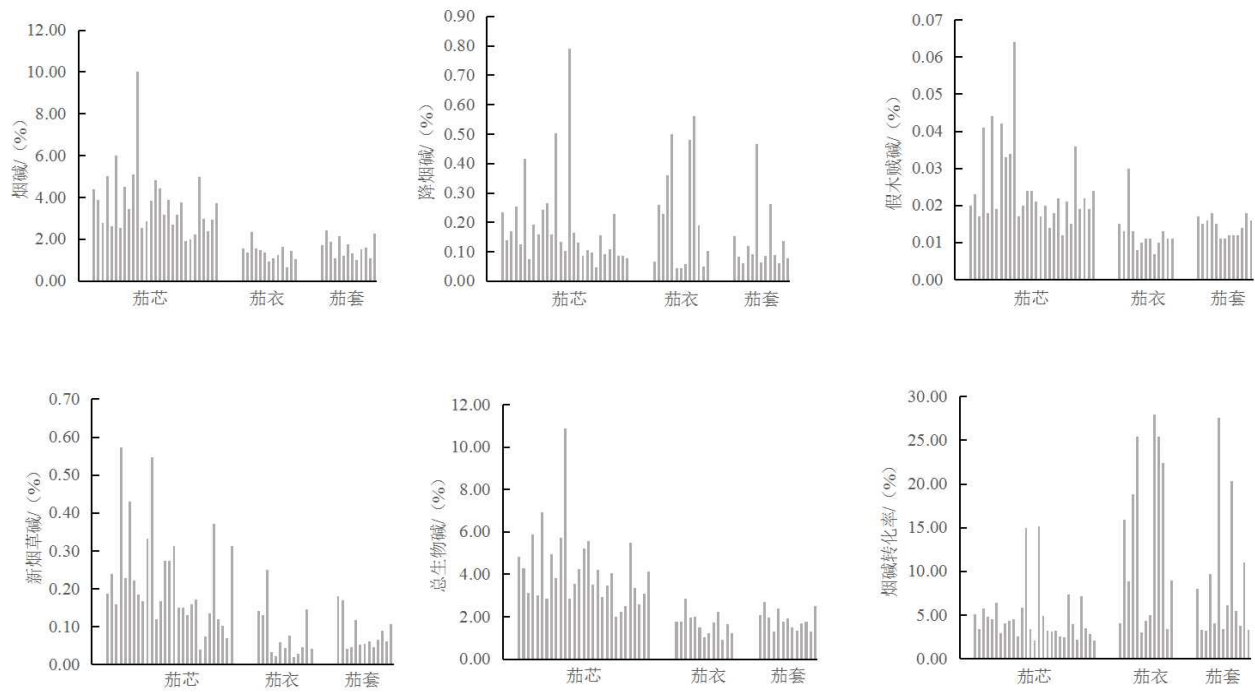


图 2 不同类型雪茄烟生物碱含量

Fig. 2 Contents of alkaloids in different types of cigar samples

表 2 不同类型雪茄样品生物碱含量变异情况

Tab. 2 Variation of alkaloid content in different types of cigar samples

雪茄类型	项目	生物碱 /%					
		烟碱	降烟碱	假木贼碱	新烟草碱	总生物碱	烟碱转化率
茄芯	平均值	3.75a	0.19a	0.02a	0.22a	4.19a	4.77b
	最大值	10.02	0.79	0.06	0.57	10.90	15.12
	最小值	1.92	0.05	0.01	0.04	2.02	2.07
	变异系数 /%	42.61	81.97	45.75	59.59	42.41	67.00
茄衣	平均值	1.37b	0.23a	0.01b	0.08b	1.69b	13.35a
	最大值	2.36	0.56	0.03	0.25	3.20	28.01
	最小值	0.66	0.04	0.01	0.02	0.73	3.04
	变异系数 /%	29.90	84.35	53.08	84.41	31.43	71.92
茄套	平均值	1.63b	0.13a	0.01b	0.08b	1.86b	8.41b
	最大值	2.43	0.47	0.02	0.18	2.70	27.54
	最小值	1.03	0.06	0.01	0.04	1.30	3.17
	变异系数 /%	28.64	84.20	17.85	55.36	24.47	89.17
全部	平均值	2.69	0.18	0.02	0.16	3.05	7.66
	最大值	10.02	0.79	0.06	0.57	10.90	28.01
	最小值	0.66	0.04	0.01	0.02	0.73	2.07
	变异系数 /%	61.30	84.51	53.59	79.81	58.95	92.98

2.2 雪茄烟 TSNA_s 含量及变异

2.2.1 不同产区雪茄烟 TSNA_s 含量状况及变异分析

从 4 个产区的 TSNA_s 含量来看 (图 3), 国内外各个产区样品 NNN 的含量为 0.63 μg/g~20.91 μg/g, 平均值为 4.06 μg/g; NAT 的含量为范围在 0.21 μg/g~8.64 μg/g,

平均值为 1.94 μg/g; NAB 和 NNK 的含量均在 1.30 μg/g 以下; 总 TSNA_s 的含量为 1.46 μg/g~25.75 μg/g, 平均值为 6.47 μg/g。从 TSNA_s 组成来看, NNN 和 NAT 所占 TSNA_s 的比例相对较高, 是 TSNA_s 中的主要成分。

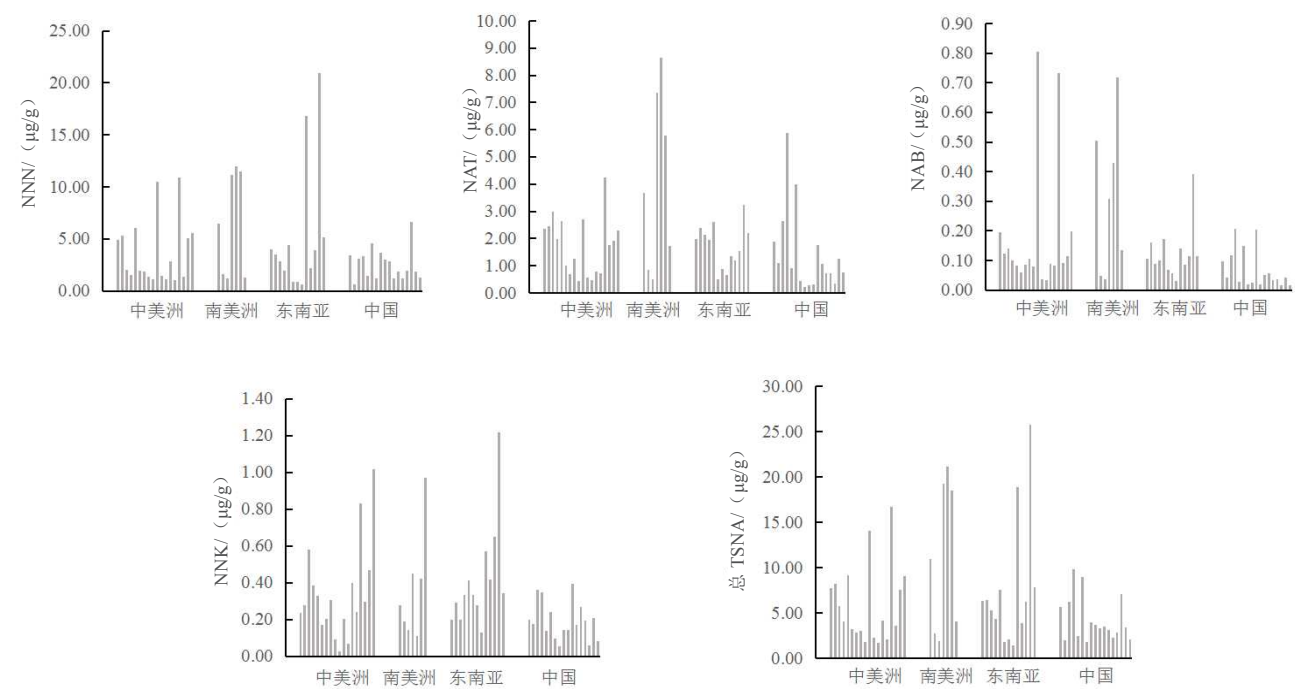


图 3 不同产区雪茄烟 TSNAs 含量

Fig. 3 TSNAs content of cigars from different producing areas

表 3 不同产区雪茄样品 TSNAs 含量变异情况

Tab. 3 Variation of TSNAs contents in cigar samples from different production areas

雪茄产区	项目	TSNA				
		NNN	NAT	NAB	NNK	TSNAs
中美洲	平均值	3.69ab	1.74b	0.18ab	0.34ab	5.95b
	最大值	10.95	4.23	0.81	1.02	16.74
	最小值	1.02	0.45	0.03	0.03	1.70
	变异系数/%	84.10	61.27	125.63	74.66	72.31
南美洲	平均值	6.47a	4.08a	0.31a	0.37ab	11.22a
	最大值	11.95	8.64	0.72	0.97	21.13
	最小值	1.23	0.50	0.04	0.11	1.91
	变异系数/%	78.64	79.68	82.14	80.85	74.94
东南亚	平均值	5.25ab	1.74b	0.13b	0.41a	7.53ab
	最大值	20.91	3.22	0.39	1.22	25.75
	最小值	0.66	0.51	0.03	0.13	1.46
	变异系数/%	119.25	46.41	71.15	67.95	93.30
中国	平均值	2.56b	1.43b	0.07b	0.19b	4.25b
	最大值	6.66	5.89	0.21	0.40	9.82
	最小值	0.63	0.21	0.02	0.06	1.79
	变异系数/%	60.05	105.55	92.52	53.27	57.80
全部	平均值	4.06	1.94	0.15	0.32	6.47
	最大值	20.91	8.64	0.81	1.22	25.75
	最小值	0.63	0.21	0.02	0.03	1.46
	变异系数/%	101.98	89.97	119.73	76.61	86.47

由表 3 可知，国内产区样品的 NNN、NAT、NAB 及总 TSNAs 含量显著低于南美洲，但与中美洲、东南亚无显著差异。国内产区样品的 NNK 含量显著低于东南亚，但与中美洲、南美洲无显著差异。此外，国内外各个产区样品的 NNN、NAT、NAB、NNK 及总 TSNAs 含量变异系数均在 45% 以上，变异幅度较大。

2.2.2 不同类型雪茄烟 TSNAs 含量状况及变异分析

按雪茄类型对 TSNAs 含量进行分析（图 4），茄芯、茄衣、茄套样品的 NNN 含量分别在 0.63 μg/g~6.52 μg/g、0.66 μg/g~11.95 μg/g、1.02 μg/g~20.91 μg/g 之间，NAT 含量分别在 0.21 μg/g~5.89 μg/g、0.35 μg/g~8.64 μg/g、0.74 μg/g~4.23 μg/g 之间。从总 TSNAs 含量来看，茄芯样品为 1.77 μg/g~10.97 μg/g，平均值 4.98 μg/g；茄衣样品为 1.46 μg/g~21.13 μg/g，平均值 7.69 μg/g；茄套样品为 2.08 μg/g~25.75 μg/g，平均值 8.55 μg/g。

由表 4 可知，茄套样品的 NNN 含量显著高于茄芯样品，NNK 含量显著高于茄芯、茄衣样品；而三种不同类型样品的 NAT、NAB 及总 TSNAs 含量均无显著差异。三种类型雪茄样品 NNN、NAT、NAB、NNK 及总 TSNA 含量变异系数均在 45% 以上，变异幅度较大。

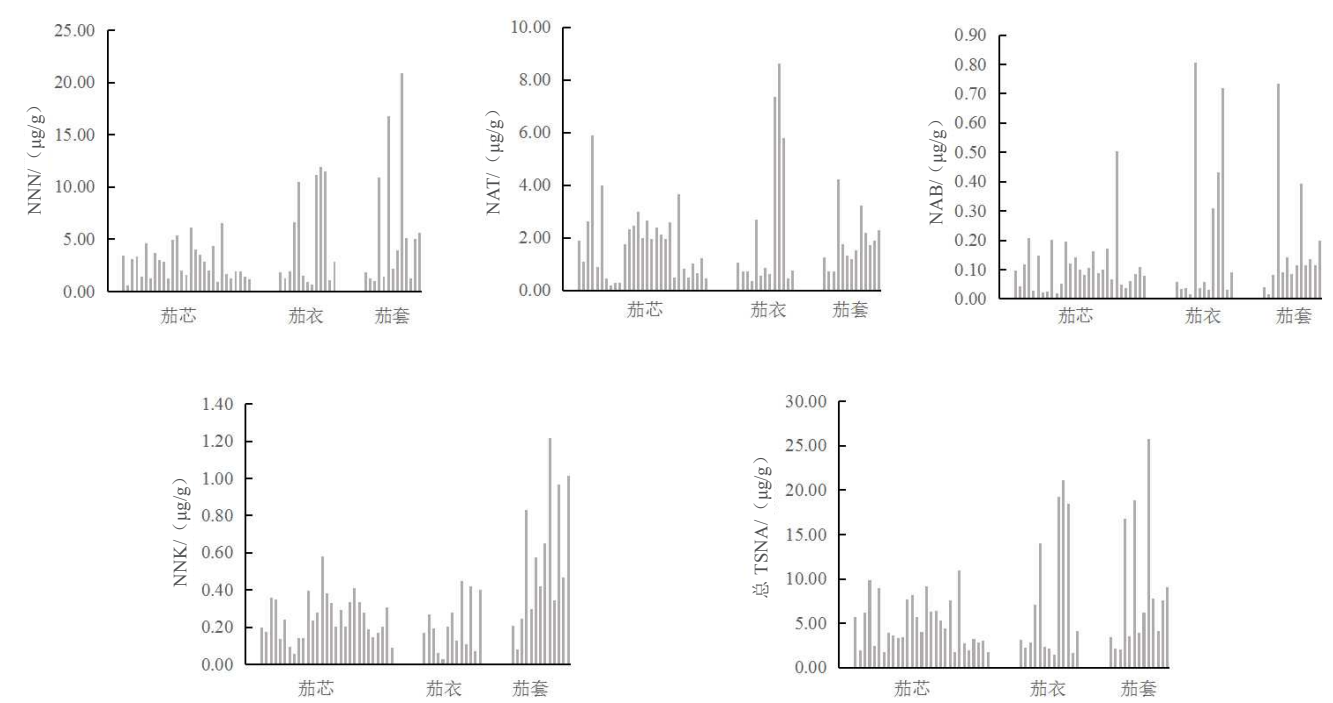


图 4 不同类型雪茄烟 TSNAs 含量

Fig. 4 TSNAs content in different types of cigar samples

表 4 不同类型雪茄样品 TSNAs 含量变异情况

Tab. 4 Variation of TSNAs content in different types of cigar samples

雪茄类型	项目	TSNAs				
		NNN	NAT	NAB	NNK	TSNAs
茄芯	平均值 /(μg/g)	2.83b	1.79a	0.11a	0.25b	4.98a
	最大值 /(μg/g)	6.52	5.89	0.50	0.58	10.97
	最小值 /(μg/g)	0.63	0.21	0.02	0.06	1.77
	变异系数 /%	57.06	73.42	84.10	46.71	54.31
茄衣	平均值 /(μg/g)	4.91ab	2.36a	0.20a	0.21b	7.69a
	最大值 /(μg/g)	11.95	8.64	0.81	0.45	21.13
	最小值 /(μg/g)	0.66	0.35	0.02	0.03	1.46
	变异系数 /%	95.24	123.32	135.78	66.03	98.72
茄套	平均值 /(μg/g)	5.96a	1.86a	0.17a	0.56a	8.55a
	最大值 /(μg/g)	20.91	4.23	0.73	1.22	25.75
	最小值 /(μg/g)	1.02	0.74	0.02	0.08	2.08
	变异系数 /%	107.47	52.63	109.77	62.48	86.21
全部	平均值 /(μg/g)	4.06	1.94	0.15	0.32	6.47
	最大值 /(μg/g)	20.91	8.64	0.81	1.22	25.75
	最小值 /(μg/g)	0.63	0.21	0.02	0.03	1.46
	变异系数 /%	101.98	89.97	119.73	76.61	86.47

2.3 雪茄烟 TSNAs 与生物碱的关系

以烟碱转化率 5% 为分界线，将 55 个样品原料大致分为 24 个转化株和 31 个非转化株两部分，分别对其 TSNAs 与生物碱含量进行相关性分析（表 5），当烟碱转化率大于 5% 或小于 5% 时，雪茄烟降烟碱与 NNN、总 TSNAs 均呈显著正相关关系。当烟碱转化率小于 5% 时，烟碱转化率与 NNN、总 TSNAs 含量无显著相关关系；当烟碱转化率大于 5% 时，烟碱转化率与 NNN、总 TSNAs 含量呈极显著正相关关系，说明烟叶样本不同可直接影响 TSNAs 前体物对 TSNAs 形成的贡献，烟碱转化率较高的烟叶，烟碱转化对 TSNAs 形成的贡献度提高。

3 讨论

生物碱是雪茄烟叶核心化学成分，其组成和含量不仅直接影响雪茄烟叶香味品质和生理强度，而且作为烟草中重要的有害物质烟草特有亚硝胺合成的前体物，对雪茄烟叶调制和发酵过程中烟草特有亚硝胺的形成和积累起重要作用，因此，适宜的生物碱含量水平和合理的生物碱组成是优质低害雪茄烟叶生产的必然要求。本试验表明，国内外不同产区雪茄烟叶和茄芯、茄衣等不同用途雪茄烟叶生物碱含量样本间差异性均较大，特别是烟碱、降烟碱含量和烟碱转化率

表 5 不同分类雪茄烟 TSNA_s 与生物碱的相关系数Tab. 5 Correlation coefficient between TSNA_s and alkaloid of different cigar samples

雪茄分类	TSNA	烟碱	降烟碱	假木贼碱	新烟草碱	总生物碱	烟碱转化率
烟碱转化率 (<5%)	NNN	0.17	0.38*	0.17	0.03	0.17	0.30
	NAT	0.26	0.37*	0.19	0.42*	0.28	0.16
	NAB	-0.03	0.05	-0.09	0.01	0.01	0.04
	NNK	-0.04	-0.10	-0.09	-0.10	-0.04	-0.07
	TSNA _s	0.22	0.39*	0.18	0.21	0.23	0.25
烟碱转化率 (>5%)	NNN	-0.30	0.44*	-0.35	-0.43*	0.24	0.96**
	NAT	-0.04	0.36	-0.05	-0.16	0.01	0.49**
	NAB	-0.23	0.36	-0.31	-0.36	-0.19	0.61**
	NNK	-0.28	0.30	-0.30	-0.40*	-0.24	0.54**
	TSNA _s	-0.28	0.45*	-0.32	-0.42*	0.27	0.90**
全部	NNN	-0.30*	0.55**	-0.25	-0.33*	-0.25	0.81**
	NAT	-0.04	0.48**	-0.06	-0.01	0.01	0.54**
	NAB	-0.27	0.29*	-0.19	0.30*	-0.24	0.55**
	NNK	-0.25	-0.05	-0.14	-0.18	-0.18	0.15
	TSNA _s	-0.25	0.56**	-0.21	-0.20	0.20	0.79**

注: * 表示显著水平 (5%), ** 表示极显著水平 (1%)。

Note: '*' indicated the significant level (5%), '**' indicated the extremely significant level (1%).

变异性极大, 表明雪茄烟叶烟碱向降烟碱转化问题突出。烟碱转化导致烟碱含量异常降低, 可显著影响雪茄烟叶香气呈现和风格特征, 降低生理满足感和醇厚度, 同时, 由于烟碱去甲基后形成的仲胺类降烟碱极易发生亚硝化反应形成 NNN, 可造成总 TSNA_s 水平大幅增加。本研究表明, 不同产地和不同用途雪茄烟叶 NNN 和总 TSNA_s 含量的样本间变异性也均较大, 相关分析表明, 降烟碱含量与 NNN 和总 TSNA_s 含量呈显著正相关关系, 说明烟碱转化导致的降烟碱含量增加是目前雪茄烟叶 NNN 和总 TSNA 含量水平增高的主要原因。

烟草特有亚硝胺的合成前体物是生物碱和亚硝酸, 这两类前体物的形成受遗传、栽培和生态因素的综合影响^[13]。从本试验结果看, 虽然不同产地雪茄烟叶的生态条件和栽培技术有较大差异, 但生物碱和烟草特有亚硝胺含量的地区间差异相对较小, 这可能是因为目前不同产区 and 不同用途雪茄烟叶存在的主要问题是烟碱转化性状的稳定性较差, 变异性较大, 因而掩盖了生态条件和栽培管理等方面可能造成的差异, 因此, 从目前来看, 针对烟碱转化性状对雪茄品种进行遗传改良, 对生物碱组成进行优化, 去除转

化株, 降低群体烟碱转化率是保证和稳定生物碱含量水平, 降低烟草特有亚硝胺含量的有效途径和紧迫任务。在此基础上, 可进一步探究生态环境和栽培、调制技术与烟草特有亚硝胺形成的关系, 确定雪茄烟叶进一步增质减害的技术途径。此外, 本试验对品种分析有一定局限性, 因此, 可能品种的实质性影响会被掩盖。下一步我们将在鉴别转化株的基础上, 选用同一品种的非转化株进行设计, 比如用同一品种的非转化株系或同一转化水平的株系在不同生态区进行种植, 这样可以消除烟碱转化的影响和干扰, 更科学地比较和分析生态因素对生物碱和 TSNA_s 的影响, 也可进一步分析不同用途烟叶的真实差异。本试验也表明, 采用烟碱转化率不同的样本进行分析, 发现烟碱转化率与 TSNA 形成的相关性不尽相同, 表明降烟碱对 TSNA 形成的贡献不同, 与 Cai 等^[20]的研究一致。因此, 在解决雪茄烟叶烟碱转化问题后, 仍有新的课题值得研究。雪茄烟叶一般采用晾制方式进行调制, 而且需要经过独特的发酵过程, 关于烟叶调制过程中 TSNA 的形成机理目前研究的较为清楚^[18, 21, 22], 但在雪茄烟调制过程中 TSNA 的形成规律, 特别是发酵过程中 TSNA 形成机理尚需深入研究。

4 结论

不同产地和不同用途雪茄烟叶生物碱组成和含量、烟碱转化率样本间差异性均较大, 烟碱向降烟碱转化是目前雪茄烟叶存在的突出问题。不同产地和用途雪茄烟叶 TSNA 含量总体较高, 样本间差异和变异性较大, 雪茄烟叶降烟碱与 NNN 和 TSNA 存在显著的正相关关系。对现有雪茄烟叶品种进行改良, 优化生物碱组成, 稳定生物碱水平是当务之急, 对优质低害中式雪茄烟叶生产至关重要。

参考文献

- [1] 秦艳青, 李爱军, 范静苑, 等. 优质雪茄茄衣生产技术探讨 [J]. 江西农业学报, 2012, 24(07):101-103.
QIN Yanqing, LI Aijun, FAN Jingyuan, et al. Discussion on production technology of high quality cigar jacket [J]. Jiangxi Journal of Agriculture, 2012, 24(07):101-103.
- [2] 何青, 周宁波. 国产雪茄烟高质量发展路径探讨 [J]. 时代经贸, 2018(31):38-43.
HE Qing, ZHOU Ningbo. Discussion on the high-quality development path of domestic cigars [J]. Times Economics and Trade, 2018 (31): 38-43.
- [3] 陈栋, 李猛, 王荣浩, 等. 国产雪茄茄芯烟叶研究进展 [J]. 扬州大学学报 (农业与生命科学版), 2019, 40(01): 83-90.
CHEN Dong, LI Meng, WANG Ronghao, et al. Research progress of domestic cigar core tobacco [J]. Journal of Yangzhou University (Agriculture and Life Sciences Edition), 2019, 40 (01): 83-90.
- [4] Bush L P, Fannin F F, Chelvarajan R L, et al. Biosynthesis and Metabolism of Nicotine and Related Alkaloids. In: Corrod J W, Wahren J, eds. Nicotine and Related Alkaloids. London: Chapman & Hall, 1993. pp 101-128.
- [5] 史宏志. 烟草烟碱向降烟碱转化. 北京: 科学出版社, 2013.
SHI Hongzhi. Transformation of nicotine from tobacco to nornicotine. Beijing: science press, 2013.
- [6] Hecht S S, Hoffmann D. The Relevance of tobacco-specific nitrosamines to human Cancer[J]. Cancer Surveys, 1989, 8(2):273-294.
- [7] Hoffmann D, Brunnemann K D, Prokopczyk B D, et al. Tobacco-specific N-nitrosamines and Areca-derived N-nitrosamines-chemistry, biochemistry, carcinogenicity, and relevance to humans[J]. Journal of Toxicology and Environmental Health, 1994, 41(1):1-52.
- [8] 谢剑平, 刘惠民, 朱茂祥, 等. 卷烟烟气危害性指数研究 [J]. 烟草科技, 2009(02):5-15.
XIE Jianping, LIU Huimin, ZHU Maoxiang, et al. Study on cigarette smoke hazard index [J]. Tobacco Technology, 2009(02):5-15.
- [9] 史宏志, 刘国顺, 赵明钦, 等. 我国烟草及其制品中烟草特有亚硝胺含量及与前体物的关系 [J]. 中国烟草学报, 2002(01):16-21.
SHI Hongzhi, LIU Guoshun, ZHAO Mingqin, et al. Content of tobacco-specific nitrosamines in tobacco and its products in China and their relationship with precursors [J]. Chinese Journal of Tobacco, 2002(01):16-21.
- [10] 刘万峰. 不同基因型烤烟烟叶中 TSNA 与其前体物的研究 [D]. 中国农业科学院, 2002.
LIU Wanfeng. Study of TSNA and its precursors in tobacco leaves with different genotypes [D]. Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2002.
- [11] 史宏志, L.P.Bush, J.Wang, 等. 我国不同类型烟叶烟碱向降烟碱转化研究 [J]. 中国烟草科学, 2001(04):6-8.
SHI Hongzhi, L.P. Bush, J. Wang, et al. Study on transformation of nicotine to nornicotine in different types of tobacco leaves in China [J]. Chinese Tobacco Science, 2001(04):6-8.
- [12] Bush L P, Fannin F F, Chelvarajan R L, et al. Biosynthesis and Metabolism of Nicotine and Related Alkaloids. In: Corrod J W, Wahren J, eds. Nicotine and Related Alkaloids. London: Chapman & Hall, 1993. pp 101-128.
- [13] 史宏志, 徐发华, 杨兴有, 等. 不同产地和品种白肋烟烟草特有亚硝胺与前体物关系 [J]. 中国烟草学报, 2012, 18(05):9-15.
SHI Hongzhi, XU Fahua, YANG Xingyou, et al. Relationship between specific nitrosamines and precursors in tobacco of different origin and varieties of burley tobacco [J]. Chinese Journal of Tobacco, 2012, 18(05):9-15.
- [14] SHI Hongzhi, Wang RY, Bush LP, et al. The relationships between TSNA and their precursors in burley tobacco from different regions and varieties. Journal of Food Agriculture and Environment, 2012, 10(3-4):1048-1052.
- [15] 李超, 史宏志, 刘国顺. 烟草烟碱转化及生物碱优化研究进展 [J]. 河南农业科学, 2007(06):14-17.
LI Chao, SHI Hongzhi, LIU Guoshun. Advances in tobacco nicotine conversion and alkaloid optimization [J]. Henan Agricultural Science, 2007(06):14-17.
- [16] 向修志, 李宗平, 覃光炯, 等. 白肋烟烟碱转化率与 TSNA 含量及烟叶呼吸质量的关系 [J]. 湖南农业科学, 2016(06):77-81.
XIANG Xiuzhi, LI Zongping, QIN Guangjiong, et al. Relationship between nicotine conversion rate and TSNA content and quality of tobacco evaluation [J]. Hunan Agricultural Science, 2016(06):77-81.
- [17] 孙红恋, 周海燕, 史宏志, 等. 基于不同烟碱转化株鉴别标准的白肋烟品种改良效果 [J]. 中国烟草学报, 2014, 22(3): 56-62.
SUN Honglian, ZHOU Haiyan, SHI Hongzhi, et al. Improvement effect of burley varieties based on identification standard of different nicotine converter[J]. Chinese Journal of Tobacco, 2014, 22(3): 56-62.
- [18] 李宗平, 覃光炯, 陈茂胜, 等. 不同调制方法对烟草烟碱转化及 TSNA 的影响. 中国生态农业学报. 2015(10):68-76.
LI Zongping, QIN Guangjiong, CHEN Maoshen, et al. Effect of different modulation methods on tobacco nicotine conversion and TSNA. Chinese Journal of Ecological Agriculture. 2015(10):68-76.
- [19] 李爱军, 秦艳青, 代惠娟, 等. 国产雪茄烟叶科学发展刍议 [J]. 中国烟草学报, 2012, 18(1): 112-114.
LI Aijun, QIN Yanqing, DAI Huijuan, et al. Scientific development of domestic cigar tobacco[J]. Chinese Journal of Tobacco, 2012, 18 (1): 112-114.
- [20] Cai B, Ji H, Fannin F F, et al. Contribution of nicotine and nornicotine toward the production of N'-Nitrososnornicotine in air-cured tobacco (Nicotiana tabacum)[J]. Journal of Natural Products, 2016, 79(4): 754-759.
- [21] 杨焕文, 崔明午, Lowell P. Bush, 等. 影响烟草特有亚硝胺积累

的因素[J]. 西南农业大学学报, 2000(02):164-166.

YANG Huanwen, CUI Mingwu, Lowell P. Bush, et al. Factors affecting the accumulation of tobacco-specific nitrosamines [J]. Journal of Southwest Agricultural University, 2000(02):164-166.

[22] 朱风鹏, 赵明月, 胡清源, 等. TSNAs 的形成、影响因素、分析及清除方法综述 [J]. 烟草科技, 2004(07):27-30.

ZHU Fengpeng, ZHAO Mingyue, HU Qingyuan, et al. Summary of formation, influencing factors, analysis and removal methods of TSNAs [J]. Tobacco Technology, 2004(07):27-30.

Analysis on TSNAs and alkaloid contents in different types of cigar tobacco from different regions at home and abroad

SUN Yuqi¹, ZHAO Yuanyuan¹, ZHOU Di¹, ZHONG Qiu², WANG Jun², ZHOU Jun³, ZENG Dailong⁴,
QIN Yanqing⁵, LIU De shui³, YANG Xingyou⁵, LI Jingjing¹, CHEN Yong², SHI Hongzhi^{*1}

1 National Tobacco Cultivation & Physiology & Biochemistry Research Center, Tobacco Cultivation Key Laboratory of China Tobacco, Tobacco Harm Reduction Research Center, Zhengzhou 450002, China;

2 Deyang Municipal tobacco company, Deyang 618400, Sichuan, China;

3 Beijing Cigarette Factory of Shanghai Tobacco Group, Beijing 100024, China;

4 Great wall cigar factory of Sichuan Zhongyan Industry Co., Ltd., Deyang 618400, Sichuan, China;

5 Sichuan Provincial Tobacco Company, Chengdu 600041, China

Abstract: To clarify the correlation of composition and content of alkaloids and contents of tobacco-specific nitrosamines (TSNAs) in cigar tobacco leaves from different regions at home and abroad, 55 tobacco samples of different types (filler, wrapper and binder) and from different regions were collected and analyzed. The results indicated that the variability of alkaloids content in samples of different regions was relatively large, the nicotine content was 0.66%~10.02%, the nornicotine content was 0.04%~0.79%, and the nicotine conversion rate was 2.07%~28.01%. Except for the relative higher alkaloids content in samples from domestic regions, the alkaloids contents of samples from other producing areas showed no significant difference. The total alkaloids content in the filler was higher than that of wrapper and binder. The conversion of nicotine to nornicotine in tobacco samples of different types and from different regions was prominent. The TSNAs contents in cigar samples from different regions ranged from 1.46 $\mu\text{g/g}$ to 25.75 $\mu\text{g/g}$. Moreover, the NNN content was the highest (0.63 $\mu\text{g/g}$ ~20.91 $\mu\text{g/g}$) and showed great variability. The TSNAs contents in cigar samples from different regions ranged from 1.46 $\mu\text{g/g}$ to 25.75 $\mu\text{g/g}$. Moreover, the NNN content was the highest (0.63 $\mu\text{g/g}$ ~20.91 $\mu\text{g/g}$) and showed great variability. Correlation analysis showed that the higher conversion rate of nicotine in cigar leaves was the main reason for the higher contents of total TSNAs and NNN in filler, wrapper and binder. Correlation analysis showed that the higher conversion rate of nicotine in cigar leaves was the main reason for the higher contents of total TSNAs and NNN in filler, wrapper and binder. The varietal improvement of nicotine conversion traits and the optimization of alkaloid composition are important approaches to produce high quality Chinese cigar tobacco with low toxicity.

Keywords: cigar tobacco; tobacco-specific nitrosamines; alkaloid; nicotine conversion

*Corresponding author. Email: shihongzhi88@163.com