

# 皖南土壤和烟叶中矿质元素含量与烟叶焦甜香特色风格的关系<sup>①</sup>

祖朝龙<sup>1,2</sup>, 季学军<sup>2</sup>, 马称心<sup>2</sup>, 杨超<sup>3</sup>, 刘国顺<sup>3</sup>, 邱立友<sup>1\*</sup>

(1 河南农业大学生命科学学院, 郑州 450002; 2 安徽省皖南烟叶有限责任公司, 安徽宣城 242000;

3 河南农业大学国家烟草栽培生理生化研究基地, 郑州 450002)

**摘要:** 对皖南焦甜香感强度不同的 12 个烤烟样品中 10 种矿质元素及其植烟土壤中 10 种矿质元素的含量进行了测定和分析。结果表明: 皖南大部分植烟土壤速效 P 含量适中, 速效 K 含量较高, 不同焦甜香感烤烟的植烟土壤中矿质元素的含量没有明显的差异。与优质烤烟相比, 皖南不同焦甜香感强度的烟叶中 Mn、Cu 和 Zn 含量适中, K、Ca、Fe 和 Mg 含量偏低。在烟叶所含的 10 种矿质元素中, 在 C3F 等级烟叶焦甜香感“中”的烟叶中 Ca、Cu、Fe 和 Zn 含量显著低于焦甜香感“中-”的烟叶。因此, 土壤和烟叶中矿质元素的含量对烟叶焦甜香感强度的影响较小, 并不是引起烟叶焦甜香感强度差异的主要原因。

**关键词:** 土壤; 烤烟; 矿质元素; 特色烟

**中图分类号:** S153.6

土壤和烤烟烟叶中矿质元素的含量之间有密切关系<sup>[1]</sup>, 二者对烤烟品质有重要影响<sup>[2-3]</sup>。然而, 土壤和烤烟烟叶中矿质元素的含量与烤烟特色风格的关系则未见报道。

2003 年在皖南发现具有津巴布韦烟叶特有的焦甜香风格的烤烟, 但对其形成机理了解甚少, 严重制约了当地特色烟质量的稳定和生产规模的扩大。本文对具有不同焦甜香感的皖南烤烟烟叶及其植烟土壤中矿质元素含量进行了分析和相关性研究, 以期探讨土壤和烟叶中矿质元素含量与烟叶焦甜香特色风格的关系。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验设计

在皖南烟区选取不同质地土壤样品共 12 个, 以冲积土壤为主, 其次是水稻黏土, 少量河滩地和山地红壤(表 1), 种植当地适栽烤烟品种, 常规栽培管理, 烤烟生长旺长期采用 5 点取样法取烤烟根际土, 测定土壤化学成分。取成熟采收烤后烟叶进行化学成分测定和感官评吸评价。

### 1.2 实验方法

**1.2.1 土壤理化性状分析** 土壤质地、pH 值和有机质、腐殖质、碱解 N、速效 P、速效 K 含量及全量矿质元素 (Al、B、Ca、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Na、P、

Si、Ti、Zn) 含量的测定采用常规土壤分析法<sup>[4]</sup>。

**1.2.2 烤烟理化指标鉴定分析** 均采用常规法<sup>[5]</sup>。

**1.2.3 烟叶感官评吸评价** 烟叶成熟采收烘烤后, 选取具代表性的中部烟叶 C3F 等级和上部烟叶 B2F 等级烟叶切丝, 卷制成长 70 mm、圆周长 24.5 mm 的单料烟支, 置于 22℃ ± 1℃ 和相对湿度 60% ± 2% 的环境中调节含水率 48 h, 取出, 请全国卷烟评吸委员会评委进行评吸评价。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤中矿质元素含量与烟叶焦甜香特色风格的关系

皖南烟区 12 个不同质地土壤样点烤烟旺长期根际土壤化学成分含量的测定结果列于表 1 和表 2, 成熟采收烤后烟感官评吸评价结果见表 3。由表 1 可见, 皖南烟区 12 个样点土壤有机质含量范围在 12.17 ~ 33.83 g/kg, 除少数土样有机质含量偏低外, 大多数土壤有机质含量适于植烟。12 个样点土壤碱解 N 含量范围在 43.30 ~ 195.42 mg/kg, 碱解 N 含量偏低, 低于 65 mg/kg 的土样占 10.5%, 含量适宜在 65 ~ 100 mg/kg 的土样占 31.6%, 含量偏高、高于 100 mg/kg 的土样占 57.9%。皖南烟区土壤碱解 N 含量较高。

<sup>①</sup>基金项目: 国家烟草局重点项目(2006-2-2)资助。

\* 通讯作者 (qliyou@henau.edu.cn)

作者简介: 祖朝龙 (1964—), 男, 安徽宣城人, 副研究员, 主要从事烟草栽培技术研究。E-mail: lcz2468@sina.com

皖南烟区 12 个样点土样速效 P 含量范围在 9.50 ~ 49.57 mg/kg, 含量偏低、低于 10 mg/kg 的土样占 10.5%, 含量适宜在 10 ~ 20 mg/kg 的土样占 47.4%, 含量较高在 20 ~ 40 mg/kg 的土样占 26.3%, 含量偏高、>40 mg/kg 的土样占 15.8%。皖南烟区

大部分土壤速效 P 含量适于植烟。12 个样点土样速效 K 含量范围在 225.05 ~ 535.97 mg/kg, 含量较高在 220 ~ 350 mg/kg 的土样占 42.1%, 含量偏高、>350 mg/kg 的土样占 57.9%。皖南烟区大部分土壤速效 K 含量较高。

表 1 皖南烟区 12 个样点烤烟旺长期根际土壤常规及速效养分

Table 1 Contents of soil nutrients of 12 sampling sites in south Anhui

编号	土壤质地	有机质 (g/kg)	碱解 N (mg/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	pH
1	冲积沙壤土	24.59	114.41	17.44	388.52	4.06
2	冲积沙壤土	19.48	92.99	23.53	428.95	6.10
3	冲积沙壤土	15.67	82.37	15.37	225.05	5.20
4	冲积沙壤土	24.61	114.42	9.50	345.96	5.00
5	冲积沙壤土	22.83	114.61	27.19	416.71	4.39
6	水稻粘土	31.84	178.78	18.54	258.69	4.08
7	水稻粘土	33.83	195.42	30.14	258.65	4.02
8	冲积粉沙土	17.23	51.36	45.43	392.72	4.66
9	冲积粉沙土	12.17	43.30	41.59	345.75	4.40
10	坡积沙壤土	30.43	177.75	12.92	528.35	4.67
11	冲积粉沙土	28.18	137.99	23.51	438.80	4.05
12	山地红壤	16.86	82.56	49.57	535.97	4.38

表 2 皖南烟区 12 个样点烤烟旺长期根际土壤全量矿质元素含量 (g/kg)

Table 2 Contents of soil total mineral elements of 12 sampling sites in south Anhui

编号	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	Si	Ti
1	52.99	2.35	13.65	18.88	3.65	0.19	8.69	0.47	284.39	3.19
2	59.47	4.03	22.02	20.26	5.87	0.43	9.81	0.84	350.72	4.79
3	54.45	2.47	17.06	19.14	3.83	0.28	8.10	0.74	279.30	3.00
4	60.35	2.28	19.13	19.35	4.87	0.23	7.63	0.61	273.28	3.39
5	58.56	2.07	18.71	18.81	4.53	0.27	8.04	0.92	274.81	3.28
6	44.60	1.68	16.95	10.70	4.07	0.16	2.22	0.61	387.84	5.40
7	44.91	6.29	17.92	10.04	4.23	0.21	2.65	0.97	396.48	6.10
8	68.35	4.03	32.69	23.78	7.63	0.64	9.80	1.06	352.76	4.63
9	73.24	3.87	37.66	22.85	8.47	0.71	10.57	0.93	409.70	5.23
10	77.66	2.63	23.01	25.97	4.08	0.42	10.61	1.02	383.65	7.42
11	72.32	3.41	26.79	21.73	6.96	0.35	9.42	1.01	315.42	4.65
12	60.60	2.21	30.45	14.80	4.86	0.63	5.22	1.08	332.30	5.69

从表 3 可以看出, 在 12 个烤烟样品感官评吸结果中, 有 4 个样品 (1、3、10、12) 的中部叶焦甜香感强于其上部叶; 7 个样品 (2、4、5、6、7、8、9) 的中部叶焦甜香感与其上部叶相同; 仅 1 个样品 (11) 上部叶的焦甜香感强于其中部叶。因此, 皖南烟区烤烟焦甜香感中部叶比上部叶稍强或相同。中部叶焦甜香感达到“中<sup>+</sup>”的只有 1 个样品, 占 8.3%; 达到

“中”的有 3 个, 占 25.0%; 达到“中<sup>-</sup>”的有 4 个, 占 33.3%; 表现为“弱”焦甜香感的有 4 个样品, 占 33.3% (表 3)。所以, 中部叶中有明显焦甜香感 (“中<sup>+</sup>”及以上) 的样品占 1/3。上部叶中焦甜香感达到“中<sup>+</sup>”的也只有 1 个样品, 占 8.3%; 达到“中”的有 1 个, 占 8.3%; 达到“中<sup>-</sup>”的有 3 个, 占 25.0%; 表现为“弱”或“弱<sup>-</sup>”焦甜香感的有 7 个样品, 占 58.3%

(表 3)。上部叶中有明显焦甜香感(“中”及以上)的样品仅占 1/6。

分别将中部叶或上部叶焦甜香感不同烤烟的植烟土壤中各种矿质元素的含量进行统计分析,除中部叶

焦甜香感“中”的植烟土壤速效K含量显著高于焦甜香感“中”植烟土壤( $p < 0.05$ )外,其他矿质元素含量没有明显的差异(表 4~7),表明土壤中矿质元素的含量对烟叶焦甜香感强度的影响较小。

表 3 皖南烟区 12 个样点部分烤后烟感官评吸评价结果及烟叶矿质元素含量

Table 3 Scores of smoking quality and contents of mineral elements of tobacco leaves from 12 sampling sites in south Anhui

编号	烟叶等级	Ca (g/kg)	K (g/kg)	Mg (g/kg)	Na (g/kg)	P (g/kg)	B (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	焦甜香感
1	C3F	15.41	21.31	3.36	1.00	2.06	12.14	33.49	102.26	89.78	54.51	中 <sup>-</sup>
	B2F	15.18	13.15	3.25	0.92	1.80	17.07	36.87	62.36	77.56	58.30	弱
2	C3F	12.42	23.35	3.86	1.04	1.89	12.98	16.33	100.31	67.82	45.44	中
	B2F	13.94	18.67	3.27	0.97	1.98	26.01	32.56	86.13	107.29	53.82	中
3	C3F	17.18	26.61	3.64	1.08	2.71	21.74	34.73	113.03	48.25	65.00	中 <sup>-</sup>
	B2F	16.43	20.49	3.42	1.01	1.91	25.95	43.66	89.87	94.90	60.61	弱 <sup>-</sup>
4	C3F	11.89	12.00	3.47	0.89	1.50	34.87	12.55	73.19	174.39	46.47	弱
	B2F	10.67	15.61	2.87	0.92	1.59	18.73	9.62	70.86	181.21	51.08	弱
5	C3F	16.97	21.32	1.13	1.02	2.36	13.39	20.94	66.03	23.25	50.06	弱
	B2F	20.53	15.66	3.02	0.91	1.49	22.91	25.32	60.74	56.87	55.97	弱
6	C3F	16.20	31.70	2.07	0.97	1.92	12.25	17.45	116.91	110.45	64.63	中 <sup>-</sup>
	B2F	14.61	16.64	2.11	0.97	1.74	15.28	40.90	74.68	70.18	52.19	中 <sup>-</sup>
7	C3F	14.44	25.42	1.72	1.00	1.27	14.00	10.89	157.06	129.06	104.29	弱
	B2F	17.42	16.46	2.14	0.94	1.30	32.00	19.66	106.28	142.83	74.03	弱
8	C3F	12.99	19.55	3.21	0.97	2.00	12.00	25.11	101.69	132.17	68.61	中 <sup>-</sup>
	B2F	12.86	18.87	2.94	0.94	1.78	23.45	27.06	126.51	164.58	71.47	中 <sup>-</sup>
9	C3F	14.49	29.25	2.63	0.97	2.49	12.72	23.30	109.40	110.19	54.23	中 <sup>-</sup>
	B2F	14.36	24.42	2.57	1.02	2.60	12.14	28.84	100.88	24.80	48.18	中 <sup>-</sup>
10	C3F	11.28	20.71	3.42	1.12	1.89	32.58	23.30	95.17	236.47	45.20	中
	B2F	11.59	17.17	3.78	0.90	1.85	40.72	22.29	93.16	252.48	46.07	中 <sup>-</sup>
11	C3F	10.39	27.22	4.20	0.94	2.63	10.42	24.84	85.68	73.33	51.76	中
	B2F	9.66	16.35	2.95	0.97	1.83	19.93	16.97	97.51	176.34	45.53	中 <sup>+</sup>
12	C3F	10.20	24.30	4.28	0.91	2.56	9.74	22.94	80.32	69.05	47.63	中 <sup>+</sup>
	B2F	12.25	18.03	3.85	0.92	2.37	24.31	20.83	88.48	122.69	46.58	弱

表 4 焦甜香感强度不同的中部叶植烟土壤中 K 和 P 的含量

Table 4 Contents of K and P of soils in which tobacco central leaves had different burnt sweet smelling

焦甜香感	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	全 P (g/kg)	全 K (g/kg)
中 <sup>+</sup>	49.57	535.97	1.08	14.8
中	19.99 ± 11.78 <sup>*</sup>	465.37 ± 95.79a	0.96 ± 0.17	22.65 ± 5.21
中 <sup>-</sup>	23.24 ± 12.02	304.50 ± 75.37b	0.69 ± 0.20	17.89 ± 4.78
弱	28.01 ± 13.45	353.51 ± 73.79ab	0.89 ± 0.21	18.00 ± 5.95

注: \*平均值 ± 标准差, 下同。

表 5 焦甜香感强度不同的中部叶植烟土壤中部分矿质元素的全量 (g/kg)

Table 5 Total mineral element contents of soils in which middle tobacco central leaves had different burnt sweet smelling

焦甜香感	Mg	Fe	Mn	Ca	Na	Al	Si	Ti
中 <sup>+</sup>	4.86	30.45	0.63	2.21	5.22	60.6	332.3	5.69
中	5.64 ± 1.68	23.94 ± 7.11	0.40 ± 0.18	3.36 ± 1.36	9.95 ± 3.05	69.82 ± 11.49	349.93 ± 53.18	5.62 ± 1.36
中 <sup>-</sup>	5.01 ± 1.74	21.33 ± 8.02	0.34 ± 0.20	2.59 ± 1.56	7.40 ± 3.03	56.32 ± 9.57	340.31 ± 56.80	4.21 ± 1.14
弱	5.327 ± 1.47	22.11 ± 6.54	0.34 ± 0.19	3.67 ± 1.91	7.03 ± 3.42	58.04 ± 10.35	324.33 ± 59.79	4.35 ± 1.23

表 6 焦甜香感强度不同的上部叶植烟土壤中 K 和 P 的含量

Table 6 Contents of K and P of soils in which tobacco upper leaves had different burnt sweet smelling

焦甜香感	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	全 P (g/kg)	全 K (g/kg)
中 <sup>+</sup>	23.51	438.8	1.01	21.73
中	23.53	428.95	0.84	20.26
中 <sup>-</sup>	24.35 ± 14.10	377.60 ± 111.92	0.85 ± 0.18	19.84 ± 7.66
弱和弱 <sup>-</sup>	27.81 ± 13.11	366.23 ± 99.80	0.84 ± 0.20	17.83 ± 4.88

表 7 焦甜香感强度不同的上部叶植烟土壤中部分矿质元素的全量含量 (g/kg)

Table 7 Total mine element contents of soils in which upper tobacco central leaves had different burnt sweet smelling

焦甜香感	Mg	Fe	Mn	Ca	Na	Al	Si	Ti
中 <sup>+</sup>	6.96	26.79	0.35	3.41	9.42	72.32	315.42	4.65
中	5.87	22.02	0.43	4.03	9.81	59.47	350.72	4.79
中 <sup>-</sup>	5.54 ± 2.17	25.87 ± 9.17	0.43 ± 0.25	2.73 ± 1.74	7.80 ± 4.34	65.17 ± 15.86	393.73 ± 21.13	6.02 ± 1.07
弱和弱 <sup>-</sup>	4.80 ± 1.61	21.37 ± 7.37	0.35 ± 0.19	3.10 ± 1.29	7.16 ± 2.88	57.17 ± 10.67	313.33 ± 50.93	4.18 ± 1.35

从表 3 还可见, 烟叶 Ca 含量在 9.66 ~ 20.53 g/kg, 平均值 13.89 g/kg, 与我国烟叶 Ca 含量临界值 11.1 ~ 34.4 g/kg 相比较适宜, 与国外优质烟含量在 25 g/kg 左右相比差距很大。烟叶 K 含量在 12.00 ~ 31.70 g/kg, 平均值 20.59 g/kg, 与优质烟 K 含量范围 24 ~ 42 g/kg 相比含量偏低。烟叶 Mg 含量在 1.13 ~ 4.28 g/kg, 平均值 3.05 g/kg, 与优质烟 Mg 含量临界值范围 4 ~ 15 g/kg 相比含量偏低。烟叶 P 含量在 1.27 ~ 2.71 g/kg, 平均值 1.98 g/kg, 与优质烟 P 含量范围 3.3 ~ 7.6 g/kg 相比含量也偏低。

烟叶 Cu 含量在 9.62 ~ 43.66 mg/kg, 平均值 24.60 mg/kg, 位于优质烟 Cu 含量临界值范围 4.02 ~ 32.86 mg/kg 的中低限。Fe 含量在 60.74 ~ 157.06 mg/kg, 平均值 94.10 mg/kg, 位于优质烟 Fe 含量临界值范围 57.69 ~ 295.19 mg/kg 的低限。烟叶 Mn 含量在 23.25 ~ 254.08 mg/kg, 平均值 114.00 mg/kg, 位于优质烟 Mn 含量临界值范围 22.96 ~ 550.03 mg/kg 的中低限。烟叶 Zn 含量在 45.20 ~ 104.29 mg/kg, 平均值

56.74 mg/kg, 绝大部分样品位于优质烟 Zn 含量临界值范围 6.99 ~ 72.58 mg/kg 的中高限 (表 3)。

烟叶中矿质元素的含量与植烟土壤中矿质元素的含量之间的相关性分析表明, C3F 等级烟叶的 Mn、Fe 和 P 含量分别与土壤中 Mn、Fe 和有效 P 含量呈显著相关性 ( $p < 0.05$ ); B2F 等级烟叶的 Ca、Mn 和 P 含量分别与土壤中的 Ca、Mn 和有效 P 含量呈显著相关性 ( $p < 0.05$ )。

分别分析焦甜香感不同的 C3F 和 B2F 烟叶中大量矿质元素含量的差异性, 仅 C3F 等级烟叶焦甜香感“中<sup>-</sup>”的烟叶 Ca 含量显著高于焦甜香感“中”的烟叶 ( $p < 0.01$ ) (表 8)。比较焦甜香感不同的 C3F 和 B2F 烟叶中微量矿质元素含量的差异性, C3F 烟叶焦甜香感“中<sup>-</sup>”的烟叶 Cu、Fe 和 Zn 含量显著高于焦甜香感“中”的烟叶 ( $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$  和  $p < 0.01$ ) (表 9)。因此, 烟叶中矿质元素的含量对烟叶焦甜香感强度的影响较小, 并不是引起焦甜香感强度差异的主要原因。

表 8 皖南烟区 12 个烟样烟叶中大量矿质元素的含量与焦甜香感强度的关系 (g/kg)

Table 8 Relationship between major element contents and different burnt sweet smelling of 12 tobacco leaf samples in south Anhui

烟叶等级	焦甜香感	Ca	K	Mg	Na	P
C3F	中 <sup>+</sup>	10.20	24.30	4.28	0.91	2.56
	中	11.36 ± 1.02 A	23.76 ± 3.28	3.83 ± 0.39	1.04 ± 0.09	2.14 ± 0.43
	中 <sup>-</sup>	15.26 ± 1.61 B	25.68 ± 5.16	2.98 ± 0.63	1.00 ± 0.05	2.23 ± 0.34
	弱	14.43 ± 2.54 AB	19.58 ± 6.88	2.11 ± 1.22	0.97 ± 0.07	1.71 ± 0.57
B2F	中 <sup>+</sup>	9.66	16.35	2.95	0.97	1.83
	中	13.94	18.67	3.27	0.97	1.98
	中 <sup>-</sup>	13.36 ± 1.41	19.28 ± 3.56	2.85 ± 0.71	0.96 ± 0.05	1.99 ± 0.41
	弱和弱 <sup>-</sup>	15.42 ± 3.57	16.57 ± 2.49	3.09 ± 0.58	0.94 ± 0.04	1.74 ± 0.38

表 9 皖南烟区 12 个烟样烟叶中微量矿质元素的含量与焦甜香感强度的关系 (mg/kg)

Table 9 Relationship between trace element contents and different burnt sweet smelling of 12 tobacco leaf samples in south of Anhui

烟叶等级	焦甜香感	B	Cu	Fe	Mn	Zn
C3F	中 <sup>+</sup>	9.74	22.94	80.32	69.05	47.63
	中	18.66 ± 12.12	21.49 ± 4.54 ab	93.72 ± 7.42 a	125.88 ± 95.82	47.47 ± 3.72 A
	中 <sup>-</sup>	14.17 ± 4.24	26.82 ± 7.25 a	108.66 ± 6.65 b	98.17 ± 31.68	61.40 ± 6.60 B
	弱	20.75 ± 12.23	14.79 ± 5.39 b	98.76 ± 50.61 ab	108.90 ± 77.56	66.94 ± 32.39 AB
B2F	中 <sup>+</sup>	19.93	16.97	97.51	176.34	45.53
	中	26.01	32.56	86.13	107.29	53.82
	中 <sup>-</sup>	22.90 ± 12.80	29.77 ± 7.92	98.81 ± 21.49	128.01 ± 101.37	54.48 ± 11.61
	弱和弱 <sup>-</sup>	23.50 ± 5.35	25.99 ± 12.38	79.76 ± 18.03	112.67 ± 45.54	57.76 ± 9.44

### 3 讨论

对皖南 12 个具有不同程度焦甜香感的烤烟样品中 10 种矿质元素含量及其植烟土壤中 10 种矿质元素含量的分析结果表明, 土壤或烟叶中矿质元素含量对烟叶焦甜香感强度的影响较小, 并不是引起焦甜香感强度差异的主要原因。所以, 皖南烤烟焦甜香风格的形成不是由于土壤或烟叶中某种或某些矿质元素含量高引起的。

许多研究表明, 土壤或植物中某些矿质元素, 尤其是某些微量元素含量高与植物的优质和道地性有关。我国湖南优质香稻香气物质的合成可能与土壤和灌溉水中微量元素含量高有密切关系, 香稻产地土壤的有机质、全 N、碱解 N、全 P、速效 P 都明显高于非产地, 香稻产地土壤中 Fe、Mn、Zn、Cu、La、Ti、Co、V 和 Ni 等的含量均较非产地高<sup>[6-7]</sup>, 香稻茎、根对 Mn、As、Zn 等元素富集能力特别强, 香米中 Mn、Zn 含量比普通稻米要高<sup>[6,8]</sup>。灌溉水中较高的 Zn 元素含量<sup>[6,8]</sup>、增施 Zn 肥<sup>[6-7]</sup>或 Zn、Cu、Mn、Mo、B 5 种微量元素<sup>[9]</sup>可以改良水稻风味品质。然而, 香米

中微量元素含量与香气物质含量之间的关系缺乏统计学分析。另外, 香稻田土壤中各元素含量不仅不同地区之间存在明显的差异, 就是同一地区不同丘田, 甚至是同一丘田不同时间采集的样品其含量差异也十分明显<sup>[8]</sup>。印度学者报道香米叶中 K、Ca 和 Mg 含量低于非香米<sup>[10]</sup>。

中药材对微量元素的选择性富集和微量元素的络合物具有对疾病部位特异亲合的药理作用, 因此, 微量元素含量对道地药材形成具有重要意义。道地金银花药材中 Sr 和 Fe 的含量分别是非道地药材的 2.4 倍和 1.36 倍, 而重金属 Cr 和 Pb 的含量比非道地低<sup>[11]</sup>。同样地, 道地德庆何首乌中 Se 含量高于全国平均数, 并与当地土壤 Se 含量高相一致<sup>[12]</sup>。然而, 有些研究结果并不支持高的微量元素含量是道地药材所必须的。道地产区(江苏句容)太子参中 Ca、K、Mg、Mn、Na、Ni 和 Sr 元素的含量明显高于非道地产区(福建柘荣)元素的含量, 但是, 其他一些元素的含量则是非道地产区的含量高于道地产区, 这可能与产地土壤中无机元素含量有关, 土壤中无机元素在太子参道地性形成中的作用可能比较小<sup>[13]</sup>。铜陵道地

丹皮的活性成分丹皮酚和丹皮多糖显著高于其他产地, 且与丹皮中重金属 Cd、Cu、Mn、Ni、Pb、Ti 和 Zn 含量呈显著正相关。丹皮的活性成分丹皮酚和丹皮多糖的积累可能是由于丹皮对重金属的选择性吸收造成毒害作用的自我解毒物质<sup>[14]</sup>。另外, 黄芪和川黄柏的道地性与微量元素含量无关<sup>[15-16]</sup>。

烤烟的香气物质的前体物以及药材的有效药性成分多是次生代谢物。目前次级代谢产物的产生机制有 5 种假说, 分别是生长/分化平衡假说<sup>[17]</sup>、碳素/营养平衡假说<sup>[18]</sup>、最佳防御假说<sup>[19]</sup>、资源获得假说<sup>[20]</sup>和氧化应激效应假说<sup>[21]</sup>, 这些假说并不支持矿质元素有利于次生代谢产物的合成, 但当矿质元素的含量过高产生毒害时则可能有利于次生代谢产物的合成。中度土壤盐分 (6 g/kg NaCl) 对宁夏枸杞的正常生长发育以及生理过程不但没有显著的负面影响, 相反有助于枸杞体内一些抗氧化物质 (枸杞多糖、胡萝卜素和菜碱等) 的积累, 这些抗氧化物质在枸杞药用价值方面起重要的作用<sup>[22]</sup>。宁夏枸杞果实内的多糖含量和总糖含量分别与土壤盐分总量成显著相关<sup>[23]</sup>。

综上所述, 土壤、烤烟或其他植物中某些矿质元素含量高与产品的特色或道地性没有关系, 而可能与生长过程中受到环境包括土壤的胁迫应激有关。

#### 参考文献:

- 祖艳群, 林克惠. 烤烟烟叶的氮、钾含量与土壤氮、钾含量的相互关系及其平衡研究. 土壤与肥料, 2003(2): 7-11
- 湖南农业大学. 进口烤烟与部分国产烤烟差异比较. 中国烟叶, 2006(30): 20-31
- 丁永乐, 韩晓哲, 何澎, 浅析中国与津巴布韦烤烟烟叶质量的差异. 赤峰学院学报, 2006, 22(6): 83-85
- 鲍士旦主编. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 1999: 22-43
- 瑞新. 烟草化学. 北京: 中国农业出版社, 2003: 36-79
- 黄淑贞. 湖南香稻产地土壤特性与稻米品质的关系. 湖南农业科学, 1990(4): 37-40
- 孙叔侠, 刘书诚. 水稻的香味及氮、钾、锌肥对香味效应的研究. 作物学报, 1991, 17(6): 430-435
- 胡树林, 徐庆国, 黄启为. 香米品质与微量元素含量特征关系的研究. 作物研究, 2001, 15(4): 12-15
- 杨志珍, 黄河. 施用微量元素肥料对水稻产量与品质的影响. 湖南农业科学, 2003 (1): 34-35
- Roychoudhury A, Basu S, Sailendra N, Sarkar SN, Sengupta DN. Comparative physiological and molecular responses of a common aromatic indica rice cultivar to high salinity with non-aromatic indica rice cultivars. Plant Cell Rep., 2008, 27: 1395-1410
- 张重义, 李萍, 李会军, 许小方, 陈君, 刘永锁, 赵慧娜. 道地与非道地产区金银花质量的比较. 中国中药杂志, 2007, 32(9): 786-788
- 王智美, 黄丽玫, 符古雅, 白研, 陈志澄. 道地何首乌中硒的含量与土壤地球化学的相关性. 华西药理学杂志, 2007, 22(4): 376-378
- 曾艳萍, 刘训红, 朱育凤, 李国春. 土壤无机元素对太子参道地性的影响. 南京中医药大学学报, 2008, 24(3): 176-179
- 郭敏, 陈卫平, 徐迎春, 程家高, 张桂花. 丹皮中微量元素对药材质量的影响. 中国中药杂志, 2008, 33(9): 1083-1085
- 徐敏, 万德光. 川黄柏中微量元素的主成分分析和聚类分析. 时珍国医国药, 2008, 19(1): 151-153
- 雷连娣, 欧阳荔, 刘雅琼, 黄宁华, 王京宇. 不同产地黄芪中元素分布特征及相关性分析. 中国中药杂志, 2008, 33(3): 255-258
- Frisehkecht PM, Schuhmacher K, Muller-Scharer H. Phenotypic plasticity of *Senecio vulgaris* from contrasting habitat types: growth and pyrrolizidine alkaloid formation. J. Chem. Ecol., 2001, 27(2): 343-358
- Hamilton JG, Zanged AR, DeLucia EH. The carbon-nutrient balance hypothesis: its rise and fall. Ecol. Lett., 2001, 4: 86-95
- Barto EK, Cipellini D. Testing the optimal defense theory and the growth-differentiation balance hypothesis in *Arabidopsis thaliana*. Oecologia, 2005, 146(2): 169-178
- Byers JE. Effects of body size and resource availability on dispersal in a native and a non-native estuarine snail. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 2000, 248(11): 133-150
- 邱立友, 刘欣, 王豹祥, 冯云, 周巍巍. 氧化胁迫与特色烤烟质量形成的关系探讨. 中国农学通报, 2009, 25(4): 225-230
- 魏玉清, 许兴, 王璞. 土壤盐胁迫下宁夏枸杞的生理反应. 植物生理科学, 2005, 21(9): 213-217
- 牛艳, 许兴, 郑国琦, 魏玉清. 土壤养分和盐分对枸杞多糖和总糖含量的影响. 中国农学通报, 2006, 22(12): 51-69

## Relationship Between Mineral Elements in Flue-Cured Tobacco Leaves, Cultivated Soils and Burnt-Sweet Smelling Formation in South Anhui

ZU Chao-long<sup>1,2</sup>, JI Xue-jun<sup>2</sup>, MA Cheng-xin<sup>2</sup>, YANG Chao<sup>3</sup>, LIU Guo-shun<sup>3</sup>, QIU Li-you<sup>1</sup>

(1 *College of Life Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China*; 2 *Anhui Wannan Tobacco Leaf Co. Ltd, Xuancheng, Anhui 242000, China*; 3 *National Tobacco Cultivation and Physiology and Biochemistry Research Center, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China*)

**Abstract:** The contents of 10 mineral elements in 12 flue-cured tobacco leaf samples and cultivated soil samples were detected, and the leaves had different grades of burnt-sweet smelling. The contents of available P in most of the soils were moderate, available K were on the high side. There were no significant difference between the contents of mineral elements of soils in which tobacco leaves having different grades of burnt-sweet smelling. Only Ca, Cu, Fe and Zn contents of C3F tobacco leaves with middle grade of burnt-sweet smelling were higher significantly than those with middle grade of burnt-sweet smelling. The results indicated that the effects of mineral element contents in soils and leaves on burnt-sweet smelling grade of flue-cured tobacco leaves were considerably weak and were not the primary cause for resulting in different burnt-sweet smelling grades of flue-cured tobacco leaves.

**Key words:** Soil, Flue-cured tobacco, Mine element, Specific flue-cured tobacco