

有机物料对烤烟经济性状和香气质量的影响

韩富根¹, 沈 铮¹, 于海顺², 宋鹏飞¹, 彭丽丽¹, 张凤侠¹

(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 吉林省烟草工业有限责任公司, 吉林 延吉 133001)

[摘要] **【目的】**探讨增施不同有机物料对烤烟经济性状和香气质量的影响, 为提高烟叶的产量和品质提供理论依据。**【方法】**在吉林延边烟区, 以烤烟品种吉烟 9 号为材料, 通过田间试验研究了增施芝麻、小磨油、豆粨和豆浆等有机物料对烤烟经济性状、化学成分和香气质量的影响。**【结果】**增施有机物料均能改善烟叶经济性状, 提高烟叶致香物质总量, 其中以增施豆浆对烟叶经济性状的改善效果最好。增施豆浆后, 烟叶中的新植二烯、苯丙氨酸类、类西柏烷类和类胡萝卜素类致香物质含量较对照的增幅最大, 化学成分和致香物质的组成较为协调, 尤其是 17 种可赋予烟叶优良香吃味的致香物质含量较高, 与感官评吸中香气质较为纯净、香气量较足的特征吻合。**【结论】**增施有机物料豆浆有利于延边烟区烤烟产量和质量的协同提高。

[关键词] 烤烟; 有机物料; 经济性状; 化学成分; 香气质量

[中图分类号] S572.062

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2009)10-0097-06

Effects of organic substances on economic characteristics and aroma quality of flue-cured tobacco leaves

HAN Fu-gen¹, SHEN Zheng¹, YU Hai-shun², SONG Peng-fei¹,
PENG Li-li¹, ZHANG Feng-xia¹

(1 National Research Center for Tobacco Cultivation and Physiology and Biochem, Henan Agriculture University, Zhengzhou, He'nan 450002, China; 2 Tobacco Industrial Limited Company of Jilin, Yanji, Jilin 133001, China)

Abstract: **【Objective】** The objective of the present study was to discuss the effects of adding different organic substances on economic characteristics and aroma quality of flue-cured tobacco leaves. **【Method】** Field experiments were carried out to study the effects of adding sesame, gingli, bean powder and soybean milk on the economic characteristics, chemical components and aroma quality of a tobacco cultivar Jiyan 9. **【Result】** The results showed that all the treatments could improve economic characteristics, and increase the total content of aroma constituents. The economic characteristics of adding soybean milk were better than that of CK, and the increasing extent of neophytadiene, phenylalanines, cembranoids and carotenoids were bigger, chemical components and aroma constituents were more harmonious, especially there were 17 kinds of aroma constituents with a higher content, which was identical with rich and high quality of aroma. **【Conclusion】** Adding soybean milk was the foundation of improving yield and quality of flue-cured tobacco and its flavor quality.

Key words: flue-cured tobacco; organic substance; economic characteristic; chemical component; aroma quality

烤烟产量的形成和质量的优劣与施肥密切相关。已有研究表明, 优质饼肥与化肥配合施用, 可以

* [收稿日期] 2009-01-09

[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, 河南鄢陵人, 副教授, 主要从事烟草栽培生理研究。E-mail: hlsh118@163.com

改善烟田物理性状,调节土壤供肥状况,对稳定烤烟产量,提高烟叶质量具有明显作用^[1-5]。但由于我国大部分烟区有机肥源较为缺乏,且质量难以保证,加之植烟土壤复种指数较大,导致土壤肥力下降,生态环境恶化,这在很大程度上制约了烤烟生产的可持续发展。近年来,随着研究的不断深入,已有一些关于有机物料用于烟草大田施肥的研究报道^[6-8],但有关增施有机物料对烤烟经济性状和烟叶香气质量影响的研究报道还比较少。延边朝鲜族自治州是吉林省的主产烟区之一,该区无霜期较短,烟株生长后期热量不足,通过合理施肥,促进烟株早发快长,对于充分利用当地自然资源,进一步提高烟叶质量具有重要的现实意义。为此,本研究结合当地烤烟生产的实际情况和社会经济状况,以烤烟品种吉烟 9 号为材料,通过田间试验,研究了增施芝麻、小磨油、豆粨和豆浆等有机物料对烤烟经济性状、化学成分和香气质量的影响,旨在为完善延边特色烟叶的生产技术体系提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2006 年在吉林省延边朝鲜族自治州汪清县荒坪洋村进行,供试烤烟品种为吉烟 9 号。试验地土壤为砂壤土,土层深厚,耕层土壤 pH 7.1,有机质含量 13.7 g/kg,碱解氮含量 65.7 mg/kg,有效磷(P_2O_5)含量 20.1 mg/kg,有效钾(K_2O)含量 112.6 mg/kg。试区地势平坦,灌溉便利,前茬作物为烤烟。

试验采用随机区组设计,共设 5 个处理。处理 1(CK):常规施肥;处理 2:常规施肥+60 kg/hm² 炒熟芝麻,于栽烟时穴施;处理 3:常规施肥+30 kg/hm² 小磨油(市售),于栽烟时穴施;处理 4:常规施肥+60 kg/hm² 豆粨(用 2%敌百虫液喷施润),于栽烟时穴施;处理 5:常规施肥+150 kg/hm² 发酵豆浆(使用时兑水 8 500 kg/hm²),于烟苗移栽后 20 d 灌入烟株根部(0.5 kg/株),灌后随即封土。小区面积为 133 m²,3 次重复。烟苗于 2006-05-15 盖膜移栽,行距为 120 cm,株距为 50 cm。

常规施肥以当地的施肥水平为准,田间管理按规范化栽培措施进行。

1.2 测定项目及方法

成熟期分叶位采收,烘烤后取各处理的中部叶(C_3F)1 kg 进行烟叶化学成分、致香物质分析和感官评吸。

1.2.1 经济性状 分区计产,统计烟叶产量、产值、均价和上中等烟比例,每公顷烟叶产量、产值由小区产量、产值折合而来。

1.2.2 常规化学成分分析 按照王瑞新等^[9]的方法测定。

1.2.3 中性致香物质的提取及定性定量分析 中性致香物质的提取及定性定量分析,采用 HP5890II-5972 气质联用仪(美国安捷伦公司),在河南农业大学国家烟草栽培生理生化研究基地实验室进行。在同时蒸馏萃取装置的一端接盛有 10 g 烟样、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,该端烧瓶置于水浴温度为 60 ℃ 的恒温锅中加热,同时蒸馏萃取 2.5 h 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 左右即得提取物。分析样品由 GC/MS 鉴定结果和 NIST 库检索定性。GC/MS 分析条件:色谱柱 HP-5MS (30 m×0.25 mm×0.25 μm);载气 He;流速 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:初温 50 ℃,恒温 2 min 后,以 2 ℃/min 的速度升至 120 ℃,5 min 后以 2 ℃/min 的速度升至 240 ℃,保持 30 min;分流比为 1:15;进样量 2 μL;电离能 70 eV;质量数 25~500 amu;MS 谱库为 NIST02,采用硝基苯内标法定量。

感官评吸在吉林烟草工业有限责任公司技术中心进行。

1.3 数据处理

图表数据用 EXCEL 进行处理,并采用 SPSS13.0 对试验数据进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 增施不同有机物料对烤烟经济性状的影响

从表 1 可以看出,与对照相比,增施不同有机物料均可不同程度提高烟叶的产量、产值、均价和上中等烟比例,其中处理 3 和处理 5 的烟叶产量增幅较处理 2 和处理 4 大;产值、均价和上中等烟比例以处理 4 和处理 5 的增幅较大,且均与对照达显著差异水平。从表 1 还可以看出,处理 5 的烟叶产量、产值、均价和上中等烟比例较对照增幅均为最大,分别达到 10.29%,31.20%,19.01%和 7.04%。由此可知,处理 5 不仅烟叶产量较高,而且烟叶外观质量也较好。

表 1 增施不同有机物料对烤烟经济性状的影响

Table 1 Effect of adding different organic substances on economic characteristics of flue-cured tobacco leaves				
处理 Treatment	产量/ (kg · hm ⁻²) Yield	产值/ (元 · hm ⁻²) Production value	均价/(元 · kg ⁻¹) Average value	上中等烟比例/% Proportion of high and middle grad tobacco leaves
1(CK)	1 952.85 b	17 778.15 c	9.10 c	82.40 b
2	1 993.33 b	18 338.64 b	9.20 c	85.90 a
3	2 058.00 ab	18 779.70 b	9.13 c	83.90 b
4	1 991.70 b	18 790.50 b	9.43 b	86.10 a
5	2 153.85 a	23 325.30 a	10.83 a	88.20 a

注:表中数据为 3 次重复的平均值,同列数据后标不同字母表示差异达 5%显著水平。下表同。
Note:The data were averages of 3 replicates,Different letters in the same columu mean significant difference at 5% level. The following tables are the same.

2.2 增施不同有机物料对烤烟化学成分的影响

由表 2 可以看出,处理 3 和处理 4 的水溶性总糖和还原糖含量显著低于对照;烟碱和总氮含量以对照最低,且与其他处理间的差异均达到显著水平;蛋白质含量以处理 5 最低,但与对照间差异不显著;钾含量以处理 5 最高,与对照也无显著差异。一般

认为,优质烟化学成分品质指标——还原糖与烟碱的比值接近于 10,总氮与烟碱的比值接近于 1 为佳^[10]。从烟叶还原糖与烟碱及总氮与烟碱的比值来看,处理 5 烟叶的化学成分品质指标与优质烟均较为接近,并且其“钾/氯”相对较高,蛋白质含量较低,这说明处理 5 烟叶的化学成分比较协调。

表 2 增施不同有机物料对烤烟化学成分的影响

Table 2 Effect of adding different organic substances on chemical components in flue-cured tobacco leaves										
处理 Treatment	总糖/ (g · kg ⁻¹) Total sugar	还原糖/ (g · kg ⁻¹) Reducing sugar	烟碱/ (g · kg ⁻¹) Nicotine	总氮/ (g · kg ⁻¹) Total N	蛋白质/ (g · kg ⁻¹) Protein	氯/ (g · kg ⁻¹) Cl	钾/ (g · kg ⁻¹) K	还原糖/ 烟碱 Reducing sugar/ Nicotine	总氮/ 烟碱 Total N/ Nicotine	K/Cl
1(CK)	318.70 b	270.10 b	24.70 c	21.80 d	109.60 b	2.90 a	19.70 a	10.94	0.88	6.79
2	348.00 a	298.60 a	33.30 a	28.00 a	139.00 a	2.30 a	19.30 a	8.97	0.84	8.39
3	262.40 c	232.70 c	35.60 a	24.30 c	113.40 b	2.70 a	16.40 b	6.55	0.68	6.07
4	273.00 c	221.30 c	30.80 a	25.90 b	128.60 a	2.80 a	19.80 a	7.19	0.84	7.07
5	310.80 b	274.80 b	28.30 b	23.30 c	105.10 b	2.80 a	20.60 a	9.71	0.82	7.36

2.3 增施不同有机物料对烤烟致香物质含量的影响

2.3.1 烟叶中致香物质含量的 GC-MS 分析 烤后烟叶样品经气相色谱-质谱(GC-MS)定性定量分析,共检测出 27 种对烟叶香气有较大影响的化合物(表 3)。其中醛类 5 种、酮类 13 种、醇类 5 种、脂类 1 种、杂环类 2 种、烃类 1 种,含量较高的致香物质有新植二烯、茄酮、β-大马酮、糠醛、假紫罗兰酮、苯甲醇、苯乙醛、苯乙醇、巨豆三烯酮 2、巨豆三烯酮 4、法尼基丙酮等。不同处理之间致香物质的组成和含量有明显差异,在测定的 27 种致香物质中,有 6 种以处理 3 中含量最高,包括苯乙醛、糠醛、乙酰基呋喃、6-甲基-5-庚烯-2-醇、6-甲基-5-庚烯-2-酮、芳樟醇;苯甲醛、苯甲醇、苯乙醇、5-甲基-2-糠醛、茄酮、β-大马酮、假紫罗兰酮、香叶基丙酮、二氢猕猴桃内酯、巨豆三烯酮 1、巨豆三烯酮 2、巨豆三烯酮 3、巨豆三烯酮 4、3-羟基-β-大马酮、法尼基丙酮、β-环柠檬醛和新植二烯等 17 种致香物质含量以处理 5 最高;处理

2 和处理 4 中多数致香物质含量位于中间水平,其中处理 2 中糠醇、处理 4 中 2-乙酰基吡咯和 β-紫罗兰酮的含量较高;对照中除 3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮的含量较高外,其余致香物质含量均较低。

从表 3 还可以看出,增施有机物料处理固叶的致香物质总量均较对照有不同程度的提高,其中以处理 5 的增幅最大,达 59.54%。

2.3.2 烟叶中不同种类致香物质含量的比较 烟叶中不同的致香物质有不同的化学结构和性质,因而对人的嗅觉可以产生不同的刺激作用,形成不同的嗅觉反应,对烟叶香气的质、量、型有不同的贡献^[11]。为了便于分析不同处理烤烟致香物质含量的差异,本研究将所测定的致香物质按烟叶香气前体物进行分类^[11],结果分为苯丙氨酸类、棕色化产物类、类西柏烷类、类胡萝卜素类 4 类。由表 4 可知,增施不同有机物料均可使烟叶的苯丙氨酸类、类西柏烷类和类胡萝卜素类致香物质含量较对照有不同程度的提高,其中以处理 5 的增幅最大,且与对照

的差异达到显著水平;与对照相比,棕色化产物类致香物质含量以处理 3 的增幅最大,处理 2 次之,处理 4 和处理 5 低于对照。表明处理 5 有利于提高除棕色化产物类以外的其余 3 种对香气质量贡献较大的致香物质含量。

表 3 增施不同有机物料对烤烟致香物质含量的影响
Table 3 Effect of adding different organic substances on contents of aroma constituents in flue-cured tobacco leaves

致香物质 Aroma constituent	处理 Treatment				
	1(CK)	2	3	4	5
苯甲醛 Benzalhyde	0.81	0.89	1.08	0.72	1.10
苯甲醇 Benzvl alcohol	9.49	10.31	11.27	11.03	13.98
苯乙醛 Benzene acetaldehycle	4.54	4.90	5.44	4.46	3.20
苯乙醇 Benzene thanol	5.87	7.57	7.28	6.93	9.41
糠醛 Furfural	15.70	18.48	23.23	15.14	14.08
糠醇 Furfurol	4.43	4.97	4.20	3.26	3.47
乙酰基呋喃 Acetyl furan	0.35	0.52	0.54	0.42	0.46
5-甲基-2-糠醛 5-me-2-furfural	0.81	0.96	1.46	1.51	1.92
3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮 3,4-dimethyl-2,5-furanone	2.67	2.23	2.21	1.63	tr
2-乙酰基吡咯 2-acetylpyrrole	1.04	0.67	1.02	1.27	1.19
茄酮 Solanone	49.22	100.69	96.70	76.94	106.85
6-甲基-5-庚烯-2-醇 6-me-5-hepten-2-alcoholic	0.52	1.04	1.08	0.54	0.64
6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-me-5-hepten-2-dione	0.46	tr	0.49	0.48	tr
β-大马酮 β-damascenon	23.29	26.04	26.68	29.06	31.26
假紫罗兰酮 ϕ-ionone	17.94	23.52	20.21	23.76	27.42
香叶基丙酮 Neryl acetone	2.65	3.12	3.13	3.68	4.11
β-紫罗兰酮 β-ionol	1.55	2.00	2.05	3.26	3.02
二氢猕猴桃内酯 Benzofuranone	2.53	3.41	2.91	3.44	5.30
芳樟醇 Linalyl alcohol	1.84	2.67	2.75	2.41	2.65
巨豆三烯酮 1 Megastignone-1	0.92	1.34	0.97	1.33	1.92
巨豆三烯酮 2 Megastignone-2	4.37	6.38	4.85	5.85	7.95
巨豆三烯酮 3 Megastignone-3	0.86	1.41	1.19	1.63	2.74
巨豆三烯酮 4 Megastignone-4	5.58	9.13	6.74	7.96	11.97
3-羟基-β-大马酮 3-hydroxyl-β-damascenone	2.07	4.01	2.32	3.50	4.75
法尼基丙酮 Farnesylacetone	9.72	10.76	9.49	9.65	14.26
β-环柠檬醛 β-cyclocitral	1.04	1.26	1.02	1.27	1.37
小计 Sub total	170.27	248.28	240.31	221.13	275.02
新植二烯 Neophytadiene	575.00	742.00	539.00	603.00	914.00
总量 Total	745.27	990.28	779.31	824.13	1 189.02

注:“tr”表示为痕量。
Note:“tr” stands for trace.

表 4 增施不同有机物料对烤烟中不同种类致香物质含量的影响
Table 4 Effect of adding different organic substances on contents of different kinds of aroma constituents in flue-cured tobacco leaves

致香物质类别 Aromatic substance category	处理 Treatment				
	1	2	3	4	5
苯丙氨酸类 Phenylalanines	20.71 c	23.67 b	25.07 b	23.14 b	27.69 a
棕色化产物类 Browing reaction	25.00 c	27.83 b	32.66 a	23.23 cd	21.12 d
类西柏烷类 Cembranenoids	49.22 d	100.69 a	96.70 ab	76.94 c	106.85 a
类胡萝卜素类 Carotenoids	75.34 d	96.09 b	85.88 c	97.82 b	119.36 a

2.4 增施不同有机物料对烟叶评吸结果的影响

烟叶是满足人们吸食需要的特殊商品,其感官特征是烟叶品质优劣最直接和最客观的反映。增施不同有机物料所产烟叶的感官评吸结果(表 5)表

明,处理 5 烟叶的香气质纯净、香气量较足、杂气较少、刺激性适中、余味舒适、烟气浓度大、燃烧性好,故其总分最高,处理 2 和处理 4 次之,处理 3 和对照得分最低。

表 5 增施不同有机物料对烤烟评吸结果的影响

Table 5 Effect of adding different organic substances on the score sensory evaluation of tobacco leaves

分

处理 Treatment	香气质 (20 分) Aroma quantity	香气量 (20 分) Aroma quality	杂气 (10 分) Odor	刺激性 (10 分) Irritation	劲头 (10 分) Strength	浓度 (10 分) Density	余味 (10 分) Lingering smell(10)	燃烧性 (5 分)Combustibility	灰分 (5 分) Ash	总分 (100 分) Totalscore
1(CK)	14.5	12.0	6.5	7.5	7.5	8.0	7.5	4.5	4.6	72.6
2	16.0	16.0	8.5	8.5	8.0	8.5	8.0	4.8	4.6	82.9
3	15.0	15.0	8.0	7.5	7.5	7.5	8.0	4.5	4.6	77.6
4	15.5	16.0	8.5	7.5	7.5	8.0	8.5	4.6	4.8	80.9
5	16.0	16.5	8.5	8.0	8.5	8.5	8.5	4.8	4.8	84.1

3 结论与讨论

本试验结果表明,增施有机物料有利于提高烟叶的经济性状,其中增施豆浆处理在提高烤烟产量、改善烟叶外观质量、增加烟农经济效益等方面,较增施芝麻、小磨油和豆粳处理的效果好。这可能是由于烟株生长前、中期天气干旱,移栽后 20 d 用豆浆灌入烟株根部,起到了施肥与灌溉的双重作用所致。表明增施豆浆有利于挖掘延边烟区烤烟生长潜力,克服干旱时靠天等雨的不利影响。

有研究表明,烟叶香吃味的好坏不仅取决于某种成分的绝对含量,而且依赖于各种成分的比例是否协调^[12]。烟叶中还原糖与烟碱的比值常被作为烟气强度和柔和性评价的基础,二者的平衡是形成均衡烟气的重要因素。若糖含量过高,烟碱含量过低,则烟气香味平淡、缺乏劲头;若糖含量过低,则烟气劲头强烈,刺激性增大。本研究结果表明,增施豆浆后烟叶化学成分较为协调,这与赵铭钦等^[8]的研究结果基本一致。另外,增施豆浆后烟叶蛋白质含量降低,钾与氯比值相对较高,这对于降低烟叶杂气和刺激性,改善烟叶香气质量和燃烧性较为有利,从而有利于烟叶安全性的提高。

增施不同有机物料会导致烟叶致香物质含量的差异。本试验检测到的 27 种烟叶主要香气成分中,各处理烤后烟叶中的新植二烯含量均占绝对优势,且以增施豆浆处理最高。苯丙氨酸类、类西柏烷类和类胡萝卜素类致香物质含量以增施豆浆处理最高;棕色化产物类致香物质含量以增施小磨油处理最高,增施豆粳和豆浆处理均较对照含量低,该结果与赵铭钦等^[8]的研究结果略有差异,这可能与供试品种和试验生态条件不同有关。

感官评吸结果表明,增施不同有机物料对烟叶的香气质、香气量、杂气、刺激性、劲头、余味、烟气浓度影响较大,对燃烧性和灰分影响较小。根据评吸结果优劣对各处理进行排序,结果表现为增施豆浆

优于增施芝麻,增施豆粳次之,增施小磨油和常规施肥相对较差。致香物质含量对烟叶香气的贡献不同,一些致香物质含量虽然不高,但可能是某些特征香气的主要来源。尽管增施豆浆处理烟叶的棕色化产物类致香物质含量较低,但其苯丙氨酸类、类西柏烷类、类胡萝卜素类和新植二烯含量明显高于其他处理,导致其致香物质总量最高,尤其该处理烟叶中有 17 种致香物质含量明显高于其他处理,其中苯甲醛具有樱桃香和杏仁香;苯甲醇具有弱花香;苯乙醇具有坚果甜香味;5-甲基-2-糠醛具甜、花香气息;茄酮能使烟气平和,增加香味; β -大马酮增加烟气花香和浓度;假紫罗兰酮具有甜、木香和花香味;香叶基丙酮具有清香味,可增加烟气浓度;二氢猕猴桃内酯可增加烟气清凉味;巨豆三烯酮能增加烟气中的花香和木香特征;3-羟基- β -大马酮可增加烟叶清香味;法尼基丙酮具有甜、青烤烟味; β -环柠檬醛具有甜味,可增加烟气浓度;新植二烯可赋予烟叶清香气息。这些致香物质可赋予烟叶优良的香吃味,且已有不少种类在烟草制品的加香中得到应用^[13]。几个处理中,增施豆浆处理烟叶的评吸质量最高,其香气质较为纯净,香气量较足且特征明显,这可能与该处理能使提高烟叶香气质量的致香物质含量增高有关。这一方面表明,烟叶化学成分和致香物质的组成、含量及各组分间的平衡协调是影响烟叶香气质量的核心;另一方面表明增施有机物料是影响烟叶香气质量的重要因素。

综上所述,延边烟区主栽烤烟品种吉烟 9 号,在汪清县特定的生态条件下,增施豆浆可改善烟叶经济性状,使烟叶主要化学成分和致香物质的组成较为协调,且可增加对烟叶香气有特殊贡献的致香物质含量。但关于烟田增施有机物料对烟叶增产增质的机理,还需进一步研究,以便为调控烤烟致香物质代谢、提高烟叶香气质量奠定基础。

[参考文献]

[1] 郭群召,吴学巧,黄平俊.饼肥对土壤性状、烤烟生长及烟叶品

质的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2007(6): 68-70.

Guo Q Z, Wu X Q, Huang P J. Effects of rapeseeds cake on soil characteristics, growing of botacco plants and quality of tobacco leaf [J]. Soil and Fertilizer Sciences, 2007(6): 68-70. (in Chinese)

[2] 武雪萍, 刘增俊, 赵跃华, 等. 施用芝麻饼肥对植烟根际土壤酶活性和微生物碳、氮的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(4): 541-546.

Wu X P, Liu Z J, Zhao Y H, et al. Effects of sesame cake fertilizer on soil enzyme activities and microbial C and N at rhizosphere of tobacco [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2005, 11(4): 541-546. (in Chinese)

[3] 韩锦峰, 吕巧灵, 杨素勤, 等. 饼肥种类及其与化肥配比对烤烟生长发育及产质的影响. I : 对烤烟生长发育的影响 [J]. 河南农业科学, 1998(2): 14-16.

Han J F, Lv Q L, Yang S Q, et al. Effects of cake fertilizer type and its combination with chemical fertilizers on growth, yield and quality of flue-cured tobacco. I : Effects of cake fertilizer on growth and development of flue-cured tobacco [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 1998(2): 14-16. (in Chinese)

[4] 王芳, 凌爱芬, 刘国顺, 等. 饼肥对烤烟叶片不同发育时期类胡萝卜素及其主要降解产物的影响 [J]. 中国烟草学报, 2007, 13(5): 44-49.

Wang F, Ling A F, Liu G S, et al. Effect of cake fertilizer on content of carotenoids and major carotenoid degrading products in different phases of flue-cured tobacco [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2007, 13(5): 44-49. (in Chinese)

[5] 武雪萍, 钟秀明, 秦艳青, 等. 不同种类饼肥与化肥配施对烟叶香气质量的影响 [J]. 中国农业科学, 2006, 39(6): 1196-1201.

Wu X P, Zhong X M, Qin Y Q, et al. Effects of application of different types of cake fertilizer combined with chemical fertilizer on the flue-cured tobacco leaves [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(6): 1196-1201. (in Chinese)

[6] 杨振民, 介晓磊, 化党领, 等. 不同 C/N 有机物料对烤烟生长发育和生理特性的影响 [J]. 土壤通报, 2008, 39(2): 344-348.

Yang Z M, Jie X L, Hua D L, et al. Effect of organic materials with different C/N ratios on growth and physiological characteristics of flue-cured tobacco [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2008, 39(2): 344-348. (in Chinese)

[7] 韩富根, 史金钟, 赵东方, 等. 窝肥配施有机物料对烤烟产量质量的影响 [J]. 中国农学通报, 2007, 23(6): 406-409.

Han F G, Shi J Z, Zhao D F, et al. Effect of applied organic residues as nest-fertilizers on yield and quality of flue-cured tobacco [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(6): 406-409. (in Chinese)

[8] 赵铭钦, 陈红华, 刘国顺, 等. 增施不同有机物质对烤烟烟叶香气质量的影响 [J]. 华北农学报, 2007, 22(5): 51-55.

Zhao M Q, Chen H H, Liu G S, et al. Effects of adding different organic substances on the aroma quality of flue-cured tobacco leaves [J]. Acta Agriculturae Boreatl-sinica, 2007, 22(5): 51-55. (in Chinese)

[9] 王瑞新, 韩富根, 杨素勤. 烟叶化学品质分析 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1990: 50-66.

Wang R X, Han F G, Yang S Q. Analysis for tobacco chemical quality [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 1990: 50-66. (in Chinese)

[10] 王瑞新. 烟草化学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.

Wang R X. Tobacco chemistry [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2003. (in Chinese)

[11] 史宏志, 刘国顺. 烟草香味学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 10-80.

Shi H Z, Liu G S. Tobacco aroma science [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1998: 10-80. (in Chinese)

[12] 金闻博, 戴亚, 横田拓, 等. 烟草化学 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.

Jin W B, Dai Y, Heng T T, et al. Tobacco chemistry [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2000. (in Chinese)

[13] 孙宝国, 何坚. 香精概论 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1996.

Sun B G, He J. Fragrance introduction [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1996. (in Chinese)