

氮、磷、钾肥配施对烤烟化学成分和致香物质含量的影响

汪耀富, 高华军, 刘国顺, 于建军, 韩富根

(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)

摘要: 田间试验以烤烟 (*Nicotiana tabacum* L.) 品种 K236 为材料, 研究了氮、磷、钾肥配施对烤烟化学成分和致香物质含量的影响。结果表明, 不施肥处理烟叶内在化学成分协调性差, 致香物质总量及不同种类致香物质含量都较低; 单施氮、磷、钾一种肥料或任意两种肥料配施可以不同程度改善烟叶化学成分, 提高烟叶中类西柏烷类和类胡萝卜素类致香物质含量; 而氮、磷、钾配施处理烟叶的化学成分协调, 致香物质总量和不同种类致香物质含量高。表明平衡施肥是改善烟叶化学成分, 提高烟叶香气质量的基础。

关键词: 氮肥; 磷肥; 钾肥; 烤烟; 化学成分; 致香物质

中图分类号: S572

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2006)01-0076-06

Effects of combining application of N, P, K fertilizers on chemical components and content of aroma constituents in flue-cured tobacco leaves

WANG Yao-fu, GAO Hua-jun, LIU Guo-shun, YU Jian-jun, HAN Fu-gen

(National Research Center for Tobacco Cultivation and Physiology and Biochemistry, Henan Agric. Univ., Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Nitrogen(N), phosphorus(P) and potassium(K) are important nutrients for flue-cured tobacco, which play a key role in the formation of yield and quality of the leaves. However, little research was focus on the effects of fertilization on content of aroma constituents in tobacco leaves. In the present paper, a field experiment was employed to study the effects of combining application of N, P and K fertilizers on chemical components and content of aroma constituents in flue-cured tobacco leaves using a tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) cultivar K326. The results indicated that chemical components of tobacco leaves were not harmonious, and content of total aroma constituents and different kinds of aroma constituents were the lowest in the treatment of no fertilizer (CK). Treatments of application of single fertilizer of N, P, K or combining application of any two of them could improve the chemical components and increase the content of aroma constituents of cembranoids and carotenoids. While the chemical components were more appropriate and the content of total aroma constituents and different kinds of aroma matter were higher in the treatment of combining application of N, P, K fertilizers compared with the other treatments. It suggested that balancing application of N, P, K fertilizers was the foundation for increasing the flavor quality of tobacco leaves.

Key words: nitrogen; phosphorus; potassium; flue-cured tobacco; chemical components; aroma constituents

氮、磷、钾是烤烟需求量较多的元素, 对烟株的生长和烟叶产量与品质的形成不可缺少^[1-2]。其中氮肥用量对烤烟产量和品质的影响最大, 氮、磷、钾合理配施对提高烟叶产量和品质具有十分显著的作

用^[3]。目前对烤烟施肥的研究多集中于氮肥形态和氮、磷、钾施用比例对烟叶产量和常规化学成分的影响方面^[4-8], 而对烟叶致香物质含量影响的研究较少。烤烟致香物质含量是衡量烟叶品质的重要因素

收稿日期: 2004-12-25

修改稿收到日期: 2005-04-18

基金项目: 国家烟草专卖局基金项目资助(合同号 110199901007)。

作者简介: 汪耀富(1964—), 男, 河南邓州人, 博士, 副教授, 主要从事烟草栽培生理方面的研究工作。

之一。烟叶的香气质和香气量与其致香物质含量呈正相关关系^[9],通过分析烟叶致香物质含量,可以对烟叶的香气质量进行客观、准确的评价^[2-3,10]。因此,本研究采用田间试验探讨了氮、磷、钾及其配施对烤烟内在化学成分与致香物质含量的影响,旨在为合理施肥提高烤烟的香气质量提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验地位于河南省唐河县毕店镇夏庄村,土壤质地为壤土,土层深厚。土壤 pH 7.8,有机质含量 12.2 g/kg,碱解氮 62.8 mg/kg,有效磷(P_2O_5)含量 15.3 mg/kg,有效钾(K_2O)含量 132.6 mg/kg。地势平坦,有灌溉条件,前茬作物为红薯。

试验采用随机区组设计,共设 8 个处理(表 1),小区面积为 133 m²,3 次重复,随机排列。供试烤烟(*Nicotiana tabacum* L.)品种为 K326,5 月 5 日移栽,种植行距为 120 cm,株距为 55 cm。试验用肥料氮肥为硝酸铵、磷肥为重过磷酸钙、钾肥为硫酸钾,所有肥料于移栽前作基肥开沟条施。施肥量按优质烟生产要求并结合当地常年施肥水平设计。除施肥因素外,其他管理措施同一般大田。

表 1 大田试验处理

Table 1 Field experiment treatments

处理 Treatment	施肥量 Fertilizer rate(kg/hm ²)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
CK	0	0	0
N	45	0	0
P	0	90	0
K	0	0	135
NP	45	90	0
NK	45	0	135
PK	0	90	135
NPK	45	90	135

1.2 测定项目与方法

取各处理中部烟叶(C3F)1 kg,分析烤后烟叶中的化学成分和致香物质含量。

烟叶化学成分:还原糖用蒽酮比色法测定;烟碱用紫外分光光度法测定;总氮用凯氏定氮法测定;钾离子用火焰光度法测定;氯离子用莫尔法测定^[11]。

致香物质分析:采用内标法测定烟叶致香成分。仪器:Autosystem XL GC,配 FID 检测器和自动

进样器(美国 PE 公司),TurboMass 色质联用仪(PE 公司)。由中国科技大学烟草研究中心测试分析。

气相色谱条件:色谱柱 DB-5(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm),初温 40℃,恒温 2 min 后以 4℃/min 升至 250℃,保持 10 min;进样口温度 250℃,FID 温度 250℃;分流比 30:1;载气为 H₂,压力为 10 psi;进样量 2.0 μL。

GC-MS 条件:色谱柱 DB-5(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm),载气 He;柱头压 10 psi,溶剂延迟 3.5 min;传输线温度 250℃,离子源温度 170℃;EI 能量 70 eV,扫描范围 35~350 μm,其余色谱条件同 GC,内标物为芳樟醇。

2 结果与分析

2.1 氮、磷、钾肥配施对烤烟化学成分的影响

氮、磷、钾及其配施对烟叶化学成分有十分显著的影响。表 2 看出,单施氮、磷、钾肥料处理与对照相比,烟叶中总氮、烟碱和钾含量有增加的趋势,还原糖含量有降低的趋势,但与对照的差异都不显著。氮、磷、钾任意两种肥料配施处理与单施其中一种肥料相比,烟叶总氮和烟碱含量有所提高,特别是配施氮肥处理的增加幅度较大,但各配施处理间的差异没有达到显著水平;而且除氮磷配施烟叶烟碱含量显著高于单施磷、钾肥和对照外,其它配施处理烟叶中总氮、烟碱含量与单施一种肥料和对照的差异也不显著。两种肥料配施对烟叶还原糖含量影响不大,而氮钾、磷钾配施则能显著提高烟叶含钾量。氮磷钾配施处理烟叶中总氮、烟碱和钾含量最高,还原糖含量最低。其中总氮含量显著高于不施氮处理和对照;烟碱含量除与氮磷配施处理差异不显著外,与其它处理的差异都达到显著水平;还原糖含量除与对照差异显著外,与其它处理的差异都不显著;钾含量与施钾处理差异不显著,但显著高于不施钾处理。从烟叶化学成分比值看,各处理总氮/烟碱比值差异不大;还原糖/烟碱比值以对照最高,单施钾肥次之,氮磷钾配施最低;钾/氯比值以氮磷钾配施处理最高。从各处理烟叶化学成分含量及其比值综合分析,以氮磷钾配施处理烟叶中各种化学成分的含量较适宜,比例较协调。

2.2 氮、磷、钾肥配施对烤烟致香物质含量的影响

2.2.1 烟叶致香物质含量 经气相色谱-质谱(GC/MS)对烤后烟叶样品进行定性定量分析,共检出 26 种对烟叶致香成分有较大影响的化合物(表 3)。其中酮类 12 种,醛类 5 种,醇类 4 种,酯类 1 种。

表2 氮磷钾肥配施对烤烟化学成分的影响

Table 2 Effect of combining application of N, P, K fertilizers on chemical components in flue-cured tobacco leaves

处理 Treatment	烟碱 Nicotine (%)	总氮 Total nitrogen (%)	还原糖 Reducing sugar (%)	钾 Potassium (%)	氯 Chlorine (%)	钾/氯 K ₂ O/Cl ⁻	总氮/烟碱 TN/Nic	还原糖/烟碱 RS/Nic
CK	1.68 d	1.90 b	24.36 a	1.48 b	0.45 a	3.29	1.13	14.50
N	2.06 bed	2.24 ab	22.93 ab	1.51 b	0.39 a	3.87	1.09	11.13
P	1.79 cd	2.02 b	23.45 ab	1.53 b	0.42 a	3.64	1.13	13.10
K	1.73 cd	1.98 b	23.61 ab	1.79 ab	0.39 a	4.60	1.15	13.65
NP	2.45 ab	2.35 ab	22.87 ab	1.56 b	0.38 a	4.11	0.96	9.33
NK	2.21 bc	2.31ab	22.91 ab	1.85 a	0.34 a	5.45	1.05	10.37
PK	2.01 bed	2.07 b	23.36 ab	1.82 a	0.37 a	4.92	1.03	11.62
NPK	2.84 a	2.55 a	21.38 b	2.02 a	0.32 a	6.31	0.90	7.53

注(Note): TN—Total nitrogen, Nic—Nicotine, RS—Reducing sugar.

各列数字后不同字母表示差异达5%显著水平,下同。Different letters in each column of mean significant at 5% level, same as follows.

表3 氮磷钾配比对烤烟中致香物质含量的影响(μg/g)

Table 3 Effect of combining application of N, P, K fertilizers on contents of aroma constituents in flue-cured tobacco leaves

致香成分 Aroma constituents	CK	N	P	K	NP	NK	PK	NPK
糠醛 Furfural	2.81	2.07	2.15	2.98	1.28	2.32	1.10	2.36
糠醇 Furfurol	4.62	5.07	5.70	5.62	5.26	5.04	5.66	5.79
4-环戊烯-1,3-二酮 4-cyclopenten-d	1.36	1.47	1.64	1.48	1.57	1.50	1.09	1.47
二氢呋喃酮 Dihydro-2(3h)-f	0.12	0.13	0.18	0.14	0.16	0.14	0.13	0.14
苯甲醛 Benzaldehyde	0.10	0.26	0.20	0.32	0.31	0.36	0.33	0.48
5-甲-2-糠醛 5-me-2-furfural	0.12	0.33	0.30	0.36	0.41	0.49	0.43	0.54
6-甲-5-庚烯-2-酮 6-me-5-hepten-2	0.40	0.15	0.27	0.21	0.28	0.22	0.11	0.18
2,4-庚二烯醛 2,4-hendiene-al	0.93	0.96	0.96	0.48	1.08	0.99	0.83	1.00
苯甲醇 Benzalcohol	3.04	4.16	2.13	2.98	1.43	3.54	1.19	4.61
苯乙醛 Benzeneacetaldehyde	0.50	0.53	0.56	0.54	0.39	0.68	0.68	0.52
乙酰基吡咯 Acetylpyrrole	0.30	0.47	0.32	0.34	0.36	0.30	0.28	0.41
苯乙醇 Benzenethanol	0.79	1.10	0.39	0.70	0.50	0.80	0.72	1.41
吲哚 Indole	0.29	0.29	0.37	0.31	0.40	0.29	0.27	0.32
4-乙烯-2-甲氧基苯酚 4-vinyle-2-meth	1.72	1.38	1.29	2.01	1.55	1.38	1.09	1.39
茄酮 Solanone	6.78	7.90	9.70	12.19	10.48	9.32	9.36	10.15
β-大马酮 β-damascenon	0.79	0.96	0.89	1.23	0.86	1.03	0.94	1.14
香叶基丙酮 Neryl acetone	1.22	1.13	1.11	1.20	1.40	1.11	1.16	1.06
氧化茄酮 Norsolanadione	5.38	5.90	6.77	6.71	8.97	5.45	6.09	8.22
二氧猕猴桃内脂 Benzofuranone	2.34	2.52	1.97	2.46	3.23	2.69	2.73	3.06
巨豆三烯酮-1 Megastignone-1	1.18	2.63	2.57	1.80	2.33	1.89	1.55	1.19
巨豆三烯酮-2 Megastignone-2	3.80	3.68	3.36	3.86	3.93	4.07	5.56	3.96
巨豆三烯酮-3 Megastignone-3	2.91	6.48	2.61	3.50	6.20	7.62	10.83	14.43
巨豆三烯酮-4 Megastignone-4	0.33	0.49	0.45	0.46	0.60	0.44	0.45	0.47
3-羟基-β-大马酮 3-oh-damascone	5.28	9.10	8.03	8.44	8.14	8.69	8.56	8.09
3-氧化-α-紫罗兰醇 3-oxo-ionol	8.75	8.38	7.71	9.13	7.26	10.45	11.43	12.32
新植二烯 Neophytadiene	370.07	394.82	239.43	361.37	400.59	431.41	489.67	595.65
总量 Total	425.93	462.36	301.06	430.82	468.97	502.22	562.24	680.36

杂环类2种,烃类1种。含量较高的致香物质主要有新植二烯、巨豆三烯酮-2、巨豆三烯酮-3、3-羟基-β-

大马酮、3-氧化-α-紫罗兰醇、茄酮、氧化茄酮、糠醇、糠醛、苯甲醇等。

不同处理比较,在测定的 26 种香气成分中,氮磷钾配施处理烟叶致香物质中的糠醇、苯甲醛、5-甲-2-糠醛、苯甲醇、苯乙醇、巨豆三烯酮-3、3-氧化- α -紫罗兰醇和新植二烯等 8 种成分含量较高;氮磷配施处理烟叶中 2,4-庚二烯醛、吡啶、香叶基丙酮、氧化茄酮、二氧猕猴桃内脂、巨豆三烯酮-4 等 6 种物质含量较高;磷钾配施处理烟叶中苯乙醛和巨豆三烯酮-2 含量较高;而氮钾配施处理只有苯乙醛含量较高。单施钾肥处理烟叶中糠醛、4-乙烯-2-甲氧基苯酚、茄酮、 β -大马酮等 4 种物质含量较高;单施氮肥处理烟叶中乙酰基吡咯、巨豆三烯酮-1、3-羟基- β -大马酮等 3 种物质含量较高;而单施磷肥处理中只有 4-环戊烯-1,3-二酮和二氢呋喃酮含量较高;不施肥处理烟叶中各种致香物质含量都较低,仅 6-甲-5-庚烯-2-酮含量较高,且含量甚微。

从致香物质总量看,除单施磷肥处理烟叶总致香物质含量低于对照外,其它处理都高于对照。单施一种肥料处理相比,以单施 N 肥烟叶致香物质总含量较高,单施钾肥次之,单施磷肥较低;两种肥料配施处理相比,以磷钾配施烟叶致香物质总量较高,氮钾配施处理次之,氮磷配施处理较低,且任意两种肥料配施处理烟叶致香物质总量均高于单施一种肥料处理;氮磷钾配施处理烟叶致香物质总量明显高于其它各处理。可见,氮磷钾配合施用能显著提高烟叶香气物质含量,这是平衡施肥提高烟叶香气质量的基础。

2.2.2 烤烟中不同种类致香物质含量 烟叶中不同致香物质具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。致香物质按烟叶香气前体物进行分类,可分为苯丙氨酸类、棕色化产物类、类西柏烷类、类胡萝卜素类等 4 类^[12]。

苯丙氨酸类致香物质包括苯甲醇、苯乙醇、苯甲醛、苯乙醛等成分,对烤烟的香气具有良好的影响,尤其对烤烟的果香、清香贡献较大^[12]。不同肥料处理比较,氮磷钾配施处理烟叶中苯丙氨酸类致香物质含量明显高于其它处理,单施氮肥处理次之,其它依次为氮钾配施 > 单施钾肥 > 不施肥,而单施磷肥、磷钾配施、氮磷配施处理的含量都较低(图 1)。表明施氮可以提高烟叶苯丙氨酸类致香物质含量,施磷则会降低该类致香物质的含量,而氮磷钾配施则对提高苯丙氨酸类致香物质含量有明显的效果。

棕色化产物类致香物质包括糠醛、5-甲基糠醛、二氢呋喃酮、乙酰基吡咯、糠醇等成分,其中多种物质具有特殊的香味^[12]。由图 1 看出,不同处理烟叶中棕色化产物类致香物质含量变化幅度较小,其中以单施钾肥和氮磷钾配施处理含量较高。表明施钾对提高烟叶棕色化产物类致香物质的贡献较大,氮磷钾配施对提高棕色化产物类致香物质含量有一定的促进作用。

类西柏烷类致香物质主要包括茄酮和氧化茄酮,是烟叶中重要的致香前体物,通过一定的降解途径可形成多种醛、酮等致香成分^[12]。与对照相比,施肥均能提高烟叶中类西柏烷类致香物质含量(图 1)。单施一种肥料处理间以单施钾肥烟叶类西柏烷

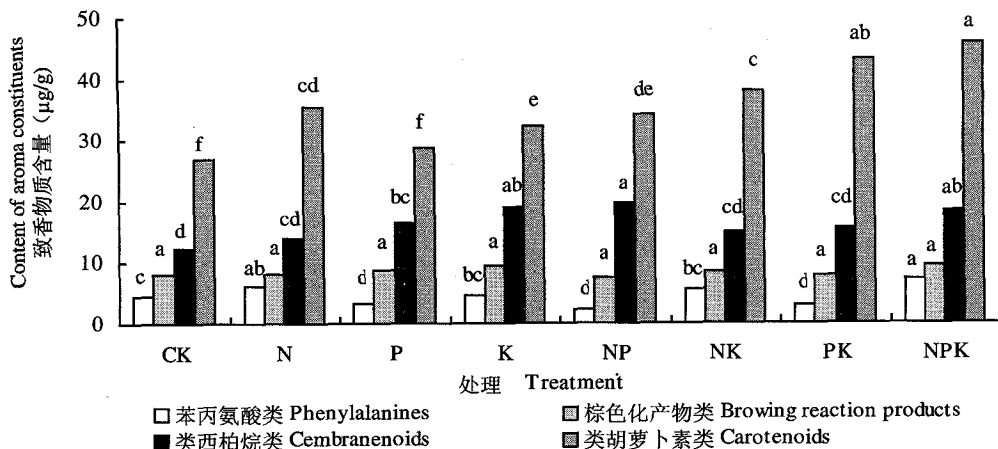


图 1 氮、磷、钾肥配施对烤烟中不同种类致香物质含量的影响

Fig.1 Effect of combining application of N, P, K fertilizers on contents of different kinds of aroma constituents in flue-cured tobacco leaves

类致香物质含量最高,单施磷肥次之,单施氮肥最低。两种肥料配施处理间以氮磷配施烟叶类西柏烷类致香物质含量最高,磷钾配施处理次之,氮钾配施处理最低。氮磷钾配施处理烟叶中类西柏烷类致香物质含量也较高。表明施钾能明显提高烟叶中类西柏烷类致香物质的含量,而氮磷配施或氮磷钾配施可以使烟叶中类西柏烷类致香物质含量保持较高水平。

类胡萝卜素类致香物质包括 6-甲基-5-庚烯-2-酮、香叶基丙酮、二氧猕猴桃内脂、3-氧化- α -紫罗兰醇、 β -大马酮、巨豆三烯酮的 4 种同分异构体、3-羟基- β -大马酮等,也是烟叶中重要香味物质的前体物。烟叶在醇化过程中,类胡萝卜素降解后,可生成一大类挥发性芳香化合物,其中相当一部分是重要的中性致香物质,对卷烟吸食品质有重要影响^[12]。由图 1 可知,施肥处理可不同程度地提高烟叶中类胡萝卜素类致香物质的含量,且以氮磷钾配施的效果最好。单施一种肥料处理烟叶类胡萝卜素类致香物质含量表现为氮 > 钾 > 磷;两种肥料配施依次为磷钾 > 氮钾 > 氮磷。表明氮对烟叶中类胡萝卜素类致香物质的形成有显著作用,磷钾配施对提高烟叶类胡萝卜素类致香物质含量有相互促进作用,而氮磷钾配合施用则能明显增加烟叶中类胡萝卜素类致香物质的含量。

3 小结

本试验结果表明,单施氮、磷、钾肥料可以不同程度提高烟叶中总氮、烟碱和钾的含量,降低还原糖含量;其中单施氮肥对提高总氮和烟碱含量的效果比较明显,单施钾肥对增加烟叶钾含量的效果比较显著。与单施氮肥相比,氮磷配施和氮钾配施可以提高烟叶总氮和烟碱含量;与单施钾肥相比,氮钾配施和磷钾配施能够提高烟叶的钾含量;而氮磷钾配施烟叶中总氮、烟碱和钾含量较高,内在化学成分较为协调。说明氮磷、氮钾或磷钾两种肥料配施比单施一种肥料对改善烟叶化学成分的效果明显,而氮磷钾三种肥料配施对提高烟叶品质的作用更加显著。

烟叶致香物质含量与其香气质量有十分密切的关系。本试验检测到的 26 种烟叶主要致香成分中,氮磷钾配施可以提高其中 8 种成分的含量和致香物质总量,这是平衡施肥提高烟叶香气质量的基础。本试验结果还显示,烤烟叶片中类胡萝卜素类物质含量最高,是烟叶中主要的致香类群;其次是类西

柏烷类和棕色化反应产物类,苯丙氨酸类致香成分含量较低。施用氮、磷、钾任意一种肥料都可以不同程度提高烟叶中类胡萝卜素类、类西柏烷类和棕色化反应产物类致香物质的含量,其中氮肥对提高类胡萝卜素类致香物质含量的作用比较明显,钾肥对提高类西柏烷类致香物质含量的效果较为显著。施氮能提高苯丙氨酸类致香物质含量,施磷则降低该类物质的含量,施钾对该类物质含量没有影响。与单施一种肥料相比较,氮磷配施对提高烟叶中类西柏烷类致香物质含量有增效作用,但会降低氮肥对提高其它致香物质含量的效应;氮钾配施对氮肥的效应没有影响,但会降低钾肥对提高烟叶类西柏烷类致香物质的效应;磷钾配施对提高烟叶类胡萝卜素类致香物质含量有显著的促进作用,但会降低类西柏烷类致香物质的含量。而氮磷钾三种肥料配施,烟叶中各种致香物质含量都较高,尤以对提高类胡萝卜素类致香物质含量有显著的增效作用,证明氮磷钾配施是提高烟叶香气质量的重要措施。

值得说明的是,本试验结果是施肥后产生的直接效应,对指导烟叶产生具有现实意义。至于氮、磷、钾肥料对烟叶致香物质含量的贡献率及其作用机理,尚需采用同位素试验进一步研究,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] 胡国松,郑伟,王震东,等. 烤烟营养原理[M]. 北京: 科学出版社,2000. 62-145.
Hu G S, Zheng W, Wang Z D *et al.* Flue-cured tobacco nutrition principle[M]. Beijing: Science Press, 2000. 62-145.
- [2] 左天觉(朱尊权,等译). 烟草的生产、生理与生物化学[M]. 上海: 上海远东出版社,1993. 199-208.
Zuo T J(Translated by Zhu Z Q *et al.*). Tobacco production physiology and biochemistry[M]. Shanghai: Shanghai Far East Publishers, 1993. 199-208.
- [3] 刘国顺,王彦亭,汪耀富,等. 烟草栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社,2003. 141-165.
Liu G S, Wang Y T, Wang Y F *et al.* Tobacco cultivation[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003. 141-165.
- [4] 潘艳华,胡靖,陈岗,等. 楚雄州几种主要土壤烟草氮磷钾施肥模型[J]. 西南农业大学学报,2001,23(1): 47-50.
Pan Y H, Hu J, Chen G *et al.* NPK application models for flue-cured tobacco in several major soils of Chuxiong Prefecture[J]. J. of Southwest Agric. Univ., 2001, 23(1): 47-50.
- [5] 潘艳华,胡靖,杨树明,等. 土壤氮、磷、钾肥量比对烤烟产量品质的影响[J]. 西南农业大学学报,2000,22(2): 120-122.
Pan Y H, Hu J, Yang S M *et al.* Influence of different N, P, K fertilizer combinations on the yield and quality of tobacco in high organic-

- matter soil[J]. *J. of Southwest Agric. Univ.* 2000, 22(2): 120-122.
- [6] Rao J, Ramachandram D, Babu M S. Effect of nitrogen and potassium levels on the yield and quality of flue-cured tobacco[J]. *Tobacco Research*, 1998, 24(1): 15-21.
- [7] 熊艳,李永梅,尹增松,等. 不同形态氮在土壤中的转化及对烤烟生长的影响[J]. *植物营养与肥料学报*,2003,9(4): 500-502. Xiong Y, Li Y M, Yin Z S *et al.* The transformation of nitrogen in soil and the effect on growth of flue-cured tobacco[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2003, 9(4): 500-502.
- [8] 刘卫群,郭红祥,籍越,等. 烟叶中含氮化合物氮素来源与肥料氮素形态的关系[J]. *植物营养与肥料学报*,2004,10(1): 104-106. Liu W Q, Guo H X, Ji Y *et al.* Relationship between N sources of N-containing compounds in tobacco and N forms of fertilizers[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2004, 10(1): 104-106.
- [9] 韩锦峰,汪耀富,钱晓刚,等. 烟草栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社,2003. 189-221. Han J F, Wang Y F, Qian X G *et al.* The cultivated physiology of tobacco[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003. 189-221.
- [10] Weeks W W. Chemistry of tobacco constituents influencing flavor and aroma[J]. *Rec. Adv. Tob. Sci.*, 1985, (11): 175-200.
- [11] 王瑞新,韩富根,杨素琴,等. 烟草化学品质分析法[M]. 郑州: 河南科学技术出版社,1990. 64-104. Wang R X, Han F G, Yang S Q *et al.* Tobacco chemical quality analysis methods [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 1990: 64-104.
- [12] 史宏志,刘国顺. 烟草香味学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998. 10-77. Shi H Z, Liu G S. Tobacco flavor[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998. 10-77.