

不同基因型烤烟不同肥力下中性致香物质含量比较分析

王 勇^{1,2}, 吴树成³, 赵俊杰³, 尹 洪³, 杨 超², 陈 文², 叶协锋^{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. 重庆市烟草公司, 重庆 400023; 3. 巫山县烟草公司, 重庆 巫山 404700)

摘要: 对7个不同基因型烤烟品种在不同肥力水平下烤后中部叶的中性致香物质含量进行了分析。将GC/MS联用仪对烤后烟叶样品进行定性分析, 将检出的致香物质分为苯丙氨酸类、棕色化产物、类西柏烷类、类胡萝卜素类4类进行分析, 其中韭菜坪二号和秦烟96在不同肥力水平下4类致香物质含量均表现为低肥>中肥>高肥; 红花大金元在不同肥力水平下4类致香物质含量均表现为中肥>高肥>低肥, 规律明显。低肥水平下, 韭菜坪二号中性致香物质含量最高, 达到198.71 $\mu\text{g/g}$; 红花大金元在中肥和高肥水平下中性致香物质含量均最高, 分别达到247.41 $\mu\text{g/g}$ 和179.82 $\mu\text{g/g}$ 。对不同基因型烤烟中性致香物质的变异系数进行分析, 结果表明, 苯丙氨酸类物质的变异受基因型和肥力水平的影响较大, 类胡萝卜素类物质含量的变异受基因型和肥力水平的影响较小, 而棕色化产物、类西柏烷类和新植二烯等致香物质的含量变异受基因型和肥力水平的影响较稳定。

关键词: 烤烟; 基因型; 中性致香物质; 肥力水平

中图分类号: S572 文献标识码: A 文章编号: 1004-3268(2011)08-0098-06

Analysis of Neutral Aroma Constituent among Different Flue-cured Tobacco Genotypes under Different Fertility Levels

WANG Yong^{1,2}, WU Shu-cheng³, ZHAO Jun-jie³, YIN Hong³, YANG Chao²,
CHEN Wen², YE Xie-feng^{1*}

(1. National Tobacco Cultivation & Physiology & Biochemistry Research Center, Henan Agricultural

University, Zhengzhou 450002, China; 2. Chongqing Tobacco Company, Chongqing 400023, China;

3. Wushan Tobacco Company, Wushan 404700, China)

Abstract: Neutral aroma constituent contents of seven genotypes under different fertility levels were analyzed. Qualitative analysis of these samples was undertaken by using GC/MS. The aroma constituent was detected and divided into four contents, including phenylalanine, browning reaction substance, cyanoid, and carotenoid. In JiucaipingII and Qinyan96, the aroma constituent contents varied from high to low in the order as low, middle, and high fertility level. In Dajinyuan, the aroma constituent contents were high in middle fertility level and low in low fertility level. The aroma constituent content of JiucaipingII was the highest in lower fertility level and amounted to 198.71 $\mu\text{g/g}$. The aroma constituent of Dajinyuan was present in high content under middle and high fertility levels, 247.41 $\mu\text{g/g}$ and 179.82 $\mu\text{g/g}$ respectively. Coefficient of variation of aroma constituents in different genotype flue-cured tobacco was analyzed. The results showed that the variation of phenylalanine was influenced largely by the geno-

收稿日期: 2011-02-24

基金项目: 重庆市烟草公司重点项目

作者简介: 王 勇(1971-), 男, 重庆璧山人, 经济师, 硕士, 主要从事烟草种植和烟叶营销管理工作。E-mail: 65588104@qq.com

*通讯作者: 叶协锋(1979-), 男, 河南郟县人, 助理研究员, 主要从事烟草栽培生理生化研究。E-mail: yexiefeng@163.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

type and fertility level, which were less affected carotenoid and steadily affected browning reaction substance, centranoid, and neoplytadiene.

Key words: Flue-cured tobacco; Genotype; Neutral aroma constituents; Fertility level

烟叶致香物质含量与其香气质量密切相关,通过分析烟叶致香物质含量,可以对烟叶质量进行比较客观、准确的评价^[1]。烟叶中的中性挥发性香味物质是目前用于烟草香气评价研究的重要化学组分,也是对烟叶香气质、香气量及香型进行评价的重要指标^[2-3]。影响烤烟致香物质含量的因素很多,包括品种、肥料种类及用量、干旱胁迫、成熟度、烘烤过程及海拔高度等^[4,12]。有关烟叶中致香物质成分的研究已有较长的历史,而且一直是烟草研究的重要领域。对烟叶中致香成分的探索研究已有一些报道,但主要是同一环境不同基因型烤烟致香物质成分的研究,对不同肥力水平下不同基因型烤烟品种的致香物质分析的报道尚不多见。因此,选取了7个不同基因型烤烟,在高、中、低3种肥力水平下,对其烤后中部叶中性致香物质进行分析比较,旨在为巫山烟区烟叶生产选择适宜的栽培品种提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验于2009年在重庆市烟草公司巫山分公司鸳鸯科技示范园进行,土壤肥力中等,地势平坦,排灌方便。5月17日移栽,以重庆烟区平均施肥量(纯氮 90 kg/hm²)作为中肥处理,高肥处理施氮量比中肥处理高 22.5 kg/hm²,低肥处理比中肥处理施氮量低 22.5 kg/hm²,3个肥力水平处理磷肥、钾肥均做相应调整,含量比例为 N : P₂O₅ : K₂O = 1 : 2 : 3。小区面积为 66.7 m²,3次重复。

1.2 供试材料

以7个基因型烤烟品种韭菜坪二号、云烟87、秦烟96、南江三号、红花大金元、K326、贵烟11号作为参试品种,取各品种烤后烟叶 C₃F 等级 1.0 kg,在烘箱内 60℃烘干,用粉碎机粉碎后过 0.25 mm 筛,分别密封保存,用于中性香味物质含量的测定。

1.3 主要中性致香物质的测定

采用同时蒸馏萃取装置提取烟样中的香气成分,提取液经二氯甲烷萃取后,在旋转蒸发器上将萃取液浓缩至 1 mL,进行气相色谱-质谱鉴定。采用美国 HP6890-5975 气质联用仪对烟叶样品进行定性分析。

GC 条件: 色谱柱为 HP-5MS (60 m × 0.25 mm × 0.25 μm), 载气为 He, 流速 0.8 mL/min, 进样口温度

250℃; 初始温度 50℃保持 2 min, 以 2℃/min 的速率升高到 120℃保持 5 min, 然后再以 2℃/min 的速率升高到 240℃保持 30 min; 分流比和进样量为 1 : 15、2 μL, 质谱检测。

GC/MS 条件: GC 条件同上, 传输线温度 280℃, 离子源温度 177℃, 电离能 70 eV, 载气及流速为 He, 0.8 mL/min, 质量数范围 35 ~ 500 amu, MS 谱库为 NIST 0.5al。

应用 GC/MS 联用仪对烟叶样品进行定性分析, 并对测定的数据进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 中性致香物质的分类

经 GC/MS 联用仪对烤后烟叶样品进行定性分析, 共检出苯甲醇、苯乙醇、苯甲醛、苯乙醛、糠醛、5-甲基糠醛、2-乙酰基吡咯、4-乙基-2-甲氧基苯酚、2-乙酰呋喃、糠醇、3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮、茄酮、6-甲基-5-庚烯-2-酮、香叶基丙酮、二氢猕猴桃内脂、β-大马酮、巨豆三烯酮 1、巨豆三烯酮 2、巨豆三烯酮 3、巨豆三烯酮 4、法尼基丙酮、6-甲基-5-庚烯-2-醇、氧化异佛尔酮、3-羟基-β-二氢大马酮、脱氢-β-紫罗兰酮、新植二烯等 26 种对烟叶致香成分有较大影响的化合物。

烟草香气物质成分众多, 含量较低, 有些含量极微。常用的分类方法有按化学官能团分类、按香气前体物分类和按二者综合分类 3 种^[13-14]。为方便分析, 采用按照香气前体物分类的方法, 把香气物质分为四大类: 苯丙氨酸类、棕色化产物、类西柏烷类降解产物、类胡萝卜素类降解产物。苯丙氨酸类包括苯甲醇、苯乙醇、苯甲醛、苯乙醛; 棕色化产物包括糠醛、5-甲基糠醛、2-乙酰基吡咯、4-乙基-2-甲氧基苯酚、2-乙酰呋喃、糠醇、3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮; 类西柏烷类物质包括茄酮; 类胡萝卜素类降解产物包括 6-甲基-5-庚烯-2-酮、香叶基丙酮、二氢猕猴桃内脂、β-大马酮、巨豆三烯酮 1、巨豆三烯酮 2、巨豆三烯酮 3、巨豆三烯酮 4、法尼基丙酮、6-甲基-5-庚烯-2-醇、氧化异佛尔酮、3-羟基-β-二氢大马酮、脱氢-β-紫罗兰酮。

2.2 不同基因型烤烟苯丙氨酸类物质含量比较

由图 1 可知, 高肥处理的苯丙氨酸类致香物质含量以 K326 最高, 为 10.46 μg/g, 韭菜坪二号最

低, 为 $1.62 \mu\text{g/g}$; 中肥处理以红花大金元最高, 为 $28.82 \mu\text{g/g}$, 贵烟 11 号最低, 为 $6.66 \mu\text{g/g}$; 低肥处理以韭菜坪二号最高, 为 $14.27 \mu\text{g/g}$, 云烟 87 最低, 为 $2.38 \mu\text{g/g}$ 。同一基因型烤烟在不同肥力水平下

苯丙氨酸类致香物质含量比较, 南江三号表现为中肥 > 低肥 > 高肥, 韭菜坪二号和秦烟 96 表现为低肥 > 中肥 > 高肥, 红花大金元、贵烟 11 号、K326 和云烟 87 表现为中肥 > 高肥 > 低肥。

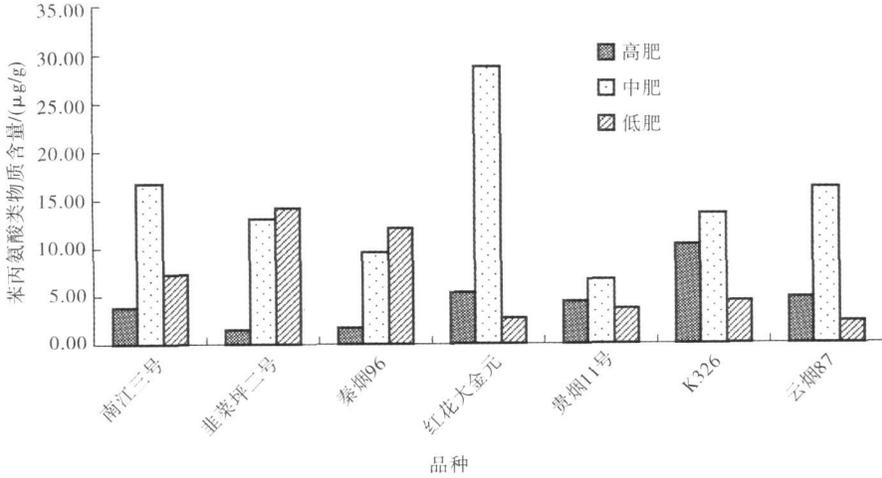


图 1 不同肥力处理下不同基因型烤烟苯丙氨酸类物质含量

2.3 不同基因型烤烟棕色化产物类物质含量比较

由图 2 可知, 高肥处理的棕色化产物含量以 K326 最高, 为 $23.54 \mu\text{g/g}$, 韭菜坪二号最低, 为 $6.04 \mu\text{g/g}$; 中肥处理以红花大金元最高, 为 $48.58 \mu\text{g/g}$, 南江三号最低, 为 $24.12 \mu\text{g/g}$; 低肥处理以韭菜坪二号最高, 为 $31.26 \mu\text{g/g}$, 红花大金元最

低, 为 $14.29 \mu\text{g/g}$ 。同一基因型烤烟在不同肥力水平下棕色化产物致香物质含量比较, 南江三号和云烟 87 表现为中肥 > 低肥 > 高肥, 韭菜坪二号和秦烟 96 表现为低肥 > 中肥 > 高肥, 红花大金元、贵烟 11 号和 K326 表现为中肥 > 高肥 > 低肥。

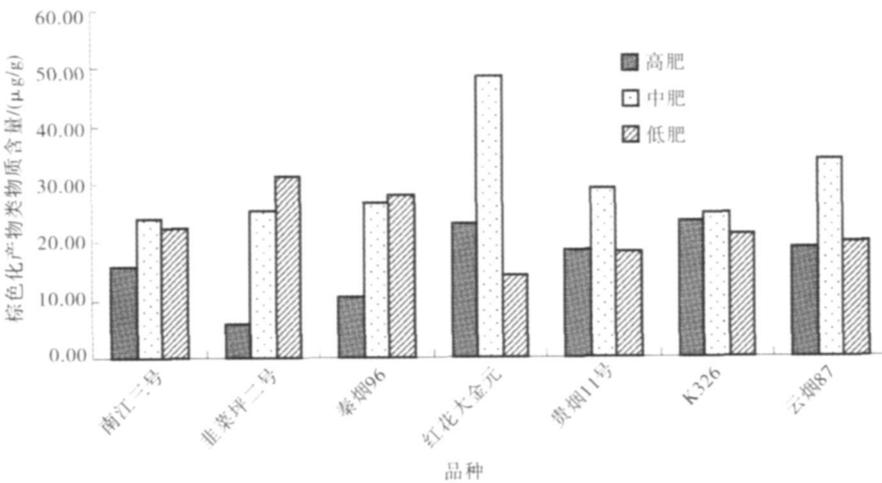


图 2 不同肥力处理下不同基因型烤烟棕色化产物含量

2.4 不同基因型烤烟类西柏烷类中性致香物质含量比较

由图 3 可知, 高肥处理的类西柏烷类致香物质含量以红花大金元最高, 为 $82.27 \mu\text{g/g}$, 贵烟 11 号最低, 为 $26.82 \mu\text{g/g}$; 中肥处理以云烟 87 最高, 为 $114.74 \mu\text{g/g}$, 贵烟 11 号最低, 为 $30.39 \mu\text{g/g}$; 低肥

处理以云烟 87 最高, 为 $106.12 \mu\text{g/g}$, 贵烟 11 号最低, 为 $32.65 \mu\text{g/g}$ 。同一基因型烤烟不同肥力水平下类西柏烷类致香物比较, 南江三号、K326 和云烟 87 均表现为中肥 > 低肥 > 高肥, 韭菜坪二号、秦烟 96 和贵烟 11 号表现为低肥 > 中肥 > 高肥, 红花大金元表现为中肥 > 高肥 > 低肥。

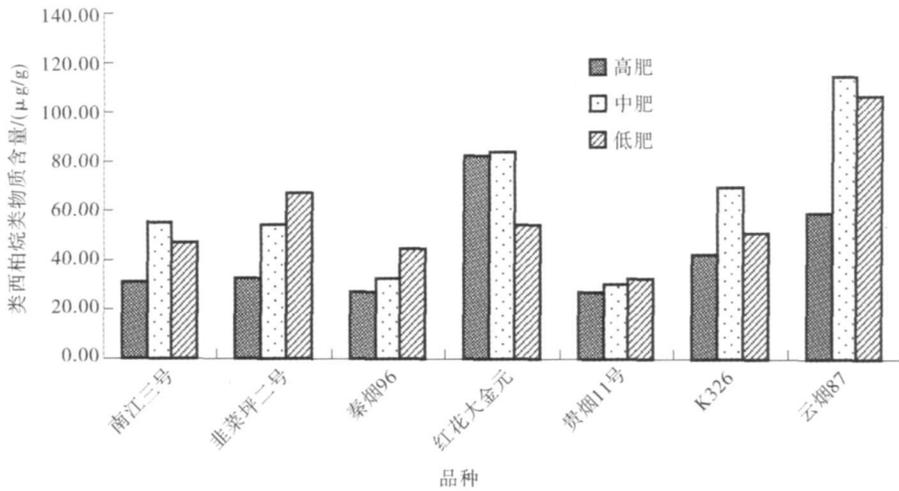


图 3 不同肥力处理下不同基因型烤烟类西柏烷类物质含量

2.5 不同基因型烤烟类胡萝卜素类中性致香物质含量比较

类胡萝卜素是烟叶中许多致香成分的前提物,其降解产物对烟叶的香味品质的形成有重要作用^[15]。由图 4 可知,高肥水平下不同基因型烤烟类胡萝卜素类致香物质表现较好的是红花大金元,含量为 59.00 μg/g,表现较差的是韭菜坪二号,含量为 21.15 μg/g,中肥水平下表现较好的是红花大金元,

含量为 72.96 μg/g,表现较差的是贵烟 11 号,含量为 42.79 μg/g,低肥水平下表现较好的是韭菜坪二号,含量为 73.47 μg/g,表现较差的是云烟 87,含量为 37.50 μg/g。同一基因型烤烟不同肥力水平下类胡萝卜素类致香物比较,南江三号、韭菜坪二号、秦烟 96 和贵烟 11 号均表现为低肥 > 中肥 > 高肥,红花大金元和云烟 87 表现为中肥 > 高肥 > 低肥, K326 表现为高肥 > 中肥 > 低肥。

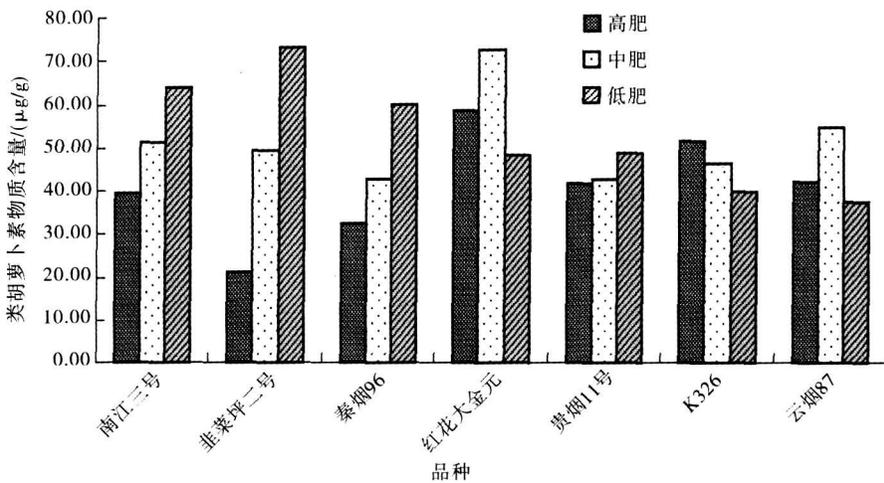


图 4 不同肥力处理下不同基因型烤烟类胡萝卜素类物质含量

2.6 不同基因型烤烟中性致香物质总量(不含新植二烯)比较

由图 5 可知,高肥水平下不同基因型烤烟中性致香物质总量(不含新植二烯)以红花大金元最高,含量为 179.82 μg/g,韭菜坪二号最低,含量为 63.77 μg/g;中肥水平下不同基因型烤烟中性致香物质总量(不含新植二烯)以红花大金元最高,含量为 247.41 μg/g,贵烟 11 号最低,含量为 112.75 μg/g;低肥水平下韭菜坪二号最高,含量为 198.71 μg/g,

贵烟 11 号最差,含量为 109.14 μg/g。同一基因型烤烟不同肥力水平下中性致香物质总量(不含新植二烯)比较,南江三号、贵烟 11 号和云烟 87 均表现为中肥 > 低肥 > 高肥,韭菜坪二号和秦烟 96 表现为低肥 > 中肥 > 高肥,红花大金元和 K326 表现为中肥 > 高肥 > 低肥。

2.7 不同基因型烤烟中性致香物质变异系数分析

2.7.1 不同肥力水平下中性致香物质含量变异系数分析 从表 1 可以看出,苯丙氨酸类的变异系数

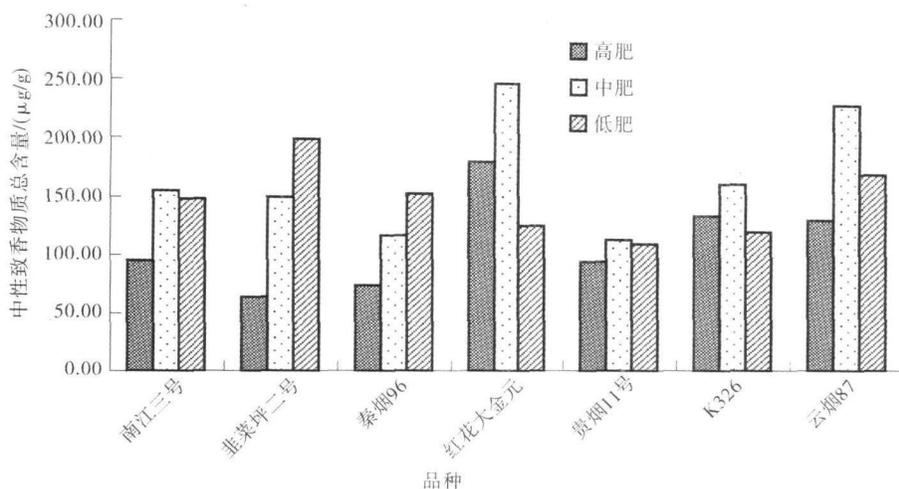


图 5 不同肥力处理下不同基因型烤烟中性致香物质总含量 (不含新植二烯)

以中肥肥力水平较低,以低肥肥力水平较高,在各类致香物质中,苯丙氨酸类物质的变异在 3 个肥力水平条件下都是最高的,说明苯丙氨酸类物质的含量受基因型影响较大。棕色化产物和类西柏烷类的变异系数以低肥水平较低,以高肥水平较高。类胡萝卜素类的变异系数以中肥水平较低,以高肥水平较高;在各类致香物质中,类胡萝卜素类物质的变异在 3 个肥力水平条件下都是最低的,说明类胡萝卜素类物质的含量受基因型影响较小。新植二烯以高肥水平较低,以低肥水平较高。在各类致香物质中,棕色化产物、类西柏烷类、新植二烯等的变异在 3 个肥力水平条件下相对居中,说明这 3 种致香物质的含量受基因型影响较稳定。

号较高;在各类致香物质中,新植二烯物质的变异在 7 个不同基因型烤烟中相对居中,说明新植二烯物质的含量受肥力水平影响较稳定。

表 2 不同基因型烤烟的中性致香物质变异系数

品种	苯丙氨酸类	棕色化产物	类西柏烷类	类胡萝卜素类	新植二烯
南江三号	71.00	21.37	27.07	23.56	37.97
韭菜坪二号	72.31	63.19	33.42	54.51	65.68
秦烟 96	69.11	44.89	25.75	31.02	19.33
红花大金元	98.40	62.15	22.76	20.45	48.40
贵烟 11 号	31.84	28.32	9.81	8.84	17.06
K326	48.89	8.12	26.11	13.10	29.53
云烟 87	94.80	34.79	31.95	20.03	43.69

表 1 不同肥力水平下烤烟的中性致香物质变异系数

肥力水平	苯丙氨酸类	棕色化产物	类西柏烷类	类胡萝卜素类	新植二烯
高肥	63.87	38.72	47.87	30.05	38.52
中肥	47.19	28.69	47.03	20.11	43.02
低肥	70.72	26.31	41.48	24.71	44.15

2.7.2 不同基因型烤烟中性致香物质含量变异系数分析 从表 2 可以看出,苯丙氨酸类的变异系数以贵烟 11 号较低,以红花大金元较高;在各类致香物质中,苯丙氨酸类物质的变异在 7 个不同基因型烤烟中都是最高的,说明苯丙氨酸类物质的变异受肥力水平影响较大。棕色化产物的变异系数以 K326 较低,以韭菜坪二号较高。类西柏烷类的变异系数以贵烟 11 号较低,以韭菜坪二号较高;在各类致香物质中,类西柏烷类和类胡萝卜素类的变异在 7 个不同基因型烤烟中较低,说明类西柏烷类和类胡萝卜素的含量受肥力水平影响较小。新植二烯的变异系数以贵烟 11 号较低,以韭菜坪二

3 小结与讨论

经 GC/MS 联用仪对烤后烟叶样品进行定性分析,把检出的致香物质分为苯丙氨酸类、棕色化产物、类西柏烷类、类胡萝卜素类 4 类进行分析,南江三号在不同肥力水平下苯丙氨酸类、棕色化产物、类西柏烷类致香物质含量比较中表现为中肥>低肥>高肥,类胡萝卜素类致香物表现为低肥>中肥>高肥;韭菜坪二号和秦烟 96 在不同肥力水平下苯丙氨酸类、棕色化产物、类西柏烷类、类胡萝卜素类 4 类致香物质中均表现为低肥>中肥>高肥;红花大金元在不同肥力水平下 4 类致香物质中均表现为中肥>高肥>低肥;贵烟 11 号在不同肥力水平下苯丙氨酸类和棕色化产物致香物质含量比较表现为中肥>高肥>低肥,类西柏烷类和类胡萝卜素类致香物含量比较表现为低肥>中肥>高肥;K326 在不同肥力水平下苯丙氨酸类和棕色化产物致香物质含量比较表现为中肥>高肥>低肥,类西柏烷类致香物含量比较表现为中肥>低肥>高肥,类胡萝卜素类致香物含量比较表现为高肥>中肥>低肥;云烟 87 在不同肥

力水平下苯丙氨酸类和类胡萝卜素类致香物含量比较表现为中肥>高肥>低肥,棕色化产物和类西柏烷类表现为中肥>低肥>高肥。总体来看,韭菜坪二号以低肥水平下中性致香物质含量最高,达到198.71 $\mu\text{g/g}$;红花大金元在中肥和高肥水平下中性致香物质含量最高,分别达到247.41 $\mu\text{g/g}$ 和179.82 $\mu\text{g/g}$ 。

在各类致香物质中,苯丙氨酸类物质的变异受基因型和肥力水平的影响较大;类胡萝卜素类物质含量的变异受基因型和肥力水平的影响较小,而棕色化产物、类西柏烷类和新植二烯等致香物质的含量变异受基因型和肥力水平的影响较稳定。

由上述结论表明,为了获得良好的中性致香物质含量水平,应体现出良种良法配套的原则,韭菜坪二号和秦烟96应在当前施肥水平条件下适当降低施肥量,其他品种在当前营养条件下相对适宜。

参考文献:

[1] Weeks W W. Chemistry of tobacco constituents influencing flavor and aroma[J]. Rec Adv Tob Sci 1985 (11): 175-200.
 [2] 闫克玉. 烟草化学[M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2002.
 [3] 周淑平, 肖强, 陈叶君, 等. 不同生态地区初烤烟叶中重要致香物质的分析[J]. 中国烟草学报 2004, 10(1): 9-16.

[4] 王瑞新, 马常力, 韩锦峰, 等. 烤烟不同品种香气物质成分的定量分析[J]. 河南农业大学学报, 1991, 25(2): 151-154.
 [5] 韩锦峰, 杨素琴, 吕巧玲, 等. 饼肥种类及其与化肥肥比对烤烟生长发育及产质的影响[J]. 河南农业科学, 1998(3): 11-14.
 [6] 赵铭钦, 刘金霞, 刘国顺, 等. 不同成垄方式与分次施钾对烤烟质体色素及其降解产物的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2007, 42(4): 56-59.
 [7] 韩延, 周世民, 刘艳英, 等. 氮用量对香料烟生理特性及品质的影响[J]. 烟草科技, 2003(4): 3-6.
 [8] 韩锦峰, 汪耀富, 杨素勤. 干旱胁迫对烤烟化学成分和香气物质含量的影响[J]. 中国烟草, 1994(1): 35-38.
 [9] 宫长荣, 汪耀富, 赵铭钦, 等. 烘烤过程中烟叶香气成分变化的研究[J]. 烟草科技, 1995(5): 31-33.
 [10] 韩锦峰, 刘维群, 杨素勤, 等. 海拔高度对烤烟香气物质的影响[J]. 中国烟草, 1993(3): 1-3.
 [11] 代丽, 黄永成, 宫长荣, 等. 密集式烘烤条件下不同变黄温湿度对烤后烟叶致香物质的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(6): 148-152.
 [12] 王新发, 杨铁钊, 殷全玉, 等. 氮用量对烟叶质体色素及中性香气基础物质的影响[J]. 华北农学报, 2010, 25(1): 185-189.
 [13] 史宏志, 韩锦峰, 宫春云, 等. 烟叶香气前体物在成熟和调制过程中的变化[J]. 作物研究, 1996, 10(2): 44-49.
 [14] Enzell C R. Leaf composition in relation to smoking quality and aroma[J]. Rec Adv in Tob Sci, 1980(6): 64-122.
 [15] 汪耀富, 高华军, 刘国顺, 等. 不同基因型烤烟叶片致香物质含量对比分析[J]. 中国农学通报 2005, 21(5): 117-120

(上接第88页) 致使玉米减产。在小麦玉米收获期方面, 小麦在蜡熟期收获粒质量最高, 收获延迟粒质量降低。因此, 小麦适时早收可获高产, 又为玉米早播创造条件。玉米晚收可使籽粒灌浆时间较长, 在不影响小麦适时播种的前提下, 玉米尽可能延迟收获, 以增加粒质量。研究结果表明^[4], 豫南地区夏玉米生育期延长1d, 玉米单产增加200 kg/hm^2 , 豫北地区玉米生育期延长1d, 单产增加120 kg/hm^2 。因此, 选择株型紧凑、抗旱、耐阴性好、生育期长的玉米品种, 豫南地区选育生育期115~120d的品种, 豫北地区选育生育期110d左右的品种为宜, 郑单958、浚单20、豫玉22等为代表性品种。小麦品种选择, 以半冬性品种郑麦366、周麦18和新麦18, 弱春性品种郑麦9023, 春性品种偃展4110、豫麦70等为宜。

2.3 小麦—玉米两熟施肥技术

因地制宜建立有机与无机相结合的土壤培肥体系, 采取推广测土配方施肥、秸秆还田、增施生物有机肥等措施, 增加农田有机质含量, 改良土壤结构, 培肥地力, 提高耕地的粮食产出率。2010年粮食作物推广测土配方施肥面积580.2万 hm^2 , 其中小麦347.6万 hm^2 , 玉米189.3万 hm^2 , 粮食增产315 kg/hm^2 , 粮食增效615元/ hm^2 , 粮食总产增加182.7万t, 产生了良好的社会效益和经济效益。依据土壤肥力、养分状况和作物需肥规律, 进行科学施肥。小麦高产田控

氮、补钾、增微、测土施磷; 中产田稳氮、增磷、适度施钾; 低产田增施氮肥和磷肥。小麦强筋麦田适量增氮、控磷、补钾、配微; 弱筋麦田控氮、增磷、补钾。玉米施肥根据“高产田前中(30%~40%)中重(50%)后轻(10%~20%)、中产田前轻(40%)后重(60%)、低产田前重(60%)后轻(40%)”的原则进行分次施肥。

3 结论

本研究主要从作物种植制度的视角分析粮食稳定均衡增产的路径, 探讨了提高河南省小麦—玉米一年两熟增产技术, 对于全国具有借鉴意义, 尤其是对于中部地区的粮食生产更具针对性。充分利用时间和空间, 挖掘和利用自然资源生产潜力, 做到品种合理布局和搭配, 发挥品种增产潜力; 在时间(季节)安排上, 搞好作物两熟均衡增产, 进而提高粮食总产。

参考文献:

[1] 翟虎渠, 刘旭. 中国粮食与农业综合生产能力科技支撑研究[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
 [2] 董文. 实施粮食丰产科技工程保障我国粮食安全[J]. 作物杂志, 2008(4): 23-25.
 [3] 付雪丽, 张惠, 贾继增, 等. 冬小麦—夏玉米“双晚”种植模式的产量形成及资源效率研究[J]. 作物学报, 2009, 35(9): 1708-1714.
 [4] 侯亚兵. 河南省玉米生产潜力及增长途径研究[D]. 河南农业大学, 2007.