

河南省烤烟主要亲本中性致香物质遗传特性研究

李雪君, 平文丽, 孙计平, 丁燕芳, 孙 焕, 李耀宇, 朱景伟

(河南省农业科学院烟草研究所, 河南省烟草公司烟草研究所, 河南 许昌 461000)

摘要: 为了筛选中性致香物质含量高的优势组合和优良亲本, 采用半双列杂交模型, 以 5 个重要烤烟品种(系)及其组配的 10 个杂交组合为材料, 分析了烤烟的中性致香物质总量及组分含量、杂种优势及其配合力表现。结果表明, 664-01 和云烟 87 自身含有较高的中性致香物质, 又具有较高的 GCA 值, 是培育高香气品种的 2 个优良亲本; 组合 NC89 × 664-01 的中亲优势和超亲优势均为正值, 具有较高的 SCA 效应值, 推测该组合是提高中性香气物质含量较优的杂交组合; 中烟 100 × 云烟 87、秦烟 96 × 云烟 87 以及中烟 100 × 秦烟 96 部分中性致香物质成分杂种优势较强, 在以提高香气为目标的育种实践中有重要的利用价值。

关键词: 河南省; 烤烟; 中性致香物质; 杂种优势; 配合力

中图分类号: S572.03

文章编号: 1007-5119(2016)06-0001-07

DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2016.06.001

Study on the Genetic Characteristics of Neutral Aroma Components in Tobacco Parent Varieties in Henan

LI Xuejun, PING Wenli, SUN Jiping, DING Yanfang, SUN Huan, LI Yaoyu, ZHU Jingwei

(Tobacco Research Center of Henan Academy of Agricultural Sciences, Tobacco Company of Henan Province, Xuchang, Henan 461000, China)

Abstract: To screen good parents with high neutral aroma component content and best heterosis, 5 genotypes of tobacco were chosen as parents to test by using the half diallel cross model in hybridization experiment. Ten crosses were acquired from 5 tobacco varieties. Total content of neutral aroma and its various components of all parents and cross combinations were determined. Heterosis and combining ability of neutral aroma component content were analyzed. The results showed that 664-01 and Yunyan 87 showed higher neutral aroma content and combining ability, with high GCA values and heritability, therefore they are good parents in breeding that aims at increasing neutral aroma components. Mid-parent heterosis and heterosis of NC 89×664-01 were positive. Considering it's relatively high SCA value, this cross presumably was the best combination to improve the content of neutral aroma. Zhongyan 100 × Yunyan 87, Qinyan 96 × Yunyan 87 and Zhongyan 100 × Qinyan 96 had higher heterosis. Therefore, these cross combinations were of great value in tobacco breeding that aims at improving the neutral aroma content.

Keywords: Henan; flue-cured tobacco; neutral aromas components; heterosis; combining ability

香气物质是反映烟叶质量的重要品质因素^[1], 是影响烟叶质量最直接的化学成分, 通过对致香物质含量的定性定量分析, 可以对烟叶质量进行比较客观、准确的评价^[2-3]。烟叶中香气物质的含量不仅与环境密切相关, 更加取决于烟草基因型的差别。培育烤烟新品种, 除了产量、产值指标外, 提高烤烟香气物质含量也是烟草育种的主要任务^[4]。

目前, 对烟叶香气物质的研究较多, 针对中性致香物质的研究主要集中在以下几个方面: 香气物质对评吸质量的影响^[5-8]、基因型及不同生态地区香气物质的差异比较^[9-11]、农艺措施调控对香气物质的影响^[12-15]、烤烟化学成分与香味物质关系^[10,16-18]等。而关于烤烟中性致香物质的遗传特性方面研究很少。最近研究表明, 香味物质的含量与烤烟香型

基金项目: 中国烟草总公司科技重点项目“耐旱适熟优质烤烟新品种的选育”(110201202001); 河南省烟草公司科技项目“高钾、低烟碱烤烟新品种的选育”(HYKJM201306)

作者简介: 李雪君(1974-), 女, 副研究员, 主要从事烟草遗传育种研究。E-mail: lixuejun8373@163.com

收稿日期: 2016-03-29

修回日期: 2016-05-03

的划分关系密切^[19-22],品种对彰显地域香型特色起着十分重要的作用。河南省烟叶作为浓香型代表之一,品种对彰显浓香型特色的作用十分显著。因此,在前期对农艺性状、产量等方面研究的基础上^[23-24],对河南省5个重要育种亲本及其杂交组合的中性致香物质进行杂种优势和配合力研究,以期筛选配合力高的亲本和优势强的一代组合,从而为培育彰显河南地域特色烤烟新品种起指导作用。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试烤烟材料为中烟100、NC89、664-01、秦烟96和云烟87,各品种(系)来源及系谱具体见表1。其中NC89曾经是河南省主栽浓香型品种,中烟100、云烟87和秦烟96是河南省目前主栽品种,664-01是河南省自育优质品系。2014年以这5个重要烤烟品种(系)为亲本材料,按Griffing半双列杂交配制正交组合10个($P_1 \times P_2$, $P_1 \times P_3$, $P_1 \times P_4$, $P_1 \times P_5$, $P_2 \times P_3$, $P_2 \times P_4$, $P_2 \times P_5$, $P_3 \times P_4$, $P_3 \times P_5$, $P_4 \times P_5$),加上5个亲本,共计15个材料。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计和取样 田间试验于2014年在河南省农业科学院烟草研究所试验田进行。每小区栽烟80株,行距1.2m,株距0.55m,3次重复。田间管理按河南优质烟叶生产规范进行。取烤后C3F烟样进行中性致香物质含量检测。

1.2.2 中性致香物质含量测定和分类 采用HP5890.5972气质联用方法对烤后烟(C3F)进行中性致香物质定性定量分析^[25]。中性致香物质有多种分类方法,在此参照李伟等^[21]中性致香物质的分类方法,把33种中性致香物质分为5大类:类胡

萝卜素类降解产物、棕色化反应产物、苯丙氨类降解产物、类西柏烷类降解产物和新植二烯。

1.2.3 杂种优势分析 中亲优势(MPH)= $(F_1 - MP) / MP \times 100$; 超亲优势(HPH)= $(F_1 - HP) / HP \times 100$

式中, F_1 为杂种一代性状平均值; MP 为两亲本平均值, HP 为高亲值。

1.2.4 方差分析和配合力分析 根据Griffing(2)方法固定模型,采用Excel和DPS14.5软件进行杂种优势分析、方差分析和配合力分析^[26]。Griffing(2)设计,其数学模型如下:

$$x_{ijk} = u + v_{ij} + b_k + (bv)_{ijk} \quad (1)$$

$$v_{ij} = g_i + g_j + s_{ij} \quad (2)$$

式(1)中: x_{ijk} 为 $P_i \times P_j$ 组合在第 k 个区组的观察值, u 为总体平均值, v_{ij} 为 $P_i \times P_j$ 组合的基因型效应, b_k 为第 k 个区组效应, $(bv)_{ijk}$ 为 $P_i \times P_j$ 组合与第 k 个区组的交互作用。

式(2)中: g_i 、 g_j 分别为第 P_i 、 P_j 亲本的一般配合力效应, s_{ij} 为 $P_i \times P_j$ 的特殊配合力效应, v_{ij} 为第 ij 个品种(遗传型)效益。

2 结 果

2.1 中性致香物质含量分析

2.1.1 中性致香物质含量方差分析 杂交组合中性致香物质各类物质的含量和总量的方差分析结果(表2)表明,各中性致香物质成分含量在基因型间存在极显著差异。

2.1.2 中性致香物质含量多重比较 由表3看出,5个亲本各类中性致香物质的含量和总量的差异均达到显著水平,各类成分含量和总量最高的亲本为664-01,与其他亲本之间的差异达显著水平;其次为云烟87、秦烟96,除新植二烯外,其余成分含

表1 亲本品种名称及其系谱

Table 1 Parental variety names and their pedigree

| 品种 | 代号 | 来源 | 系谱 |
|--------|----------------|------------------------|---------------------|
| 中烟100 | P ₁ | 中国农业科学院烟草研究所 | NC82×9201, NC82回交5代 |
| NC89 | P ₂ | 美国引进 | (6855×6722)系谱法选育 |
| 664-01 | P ₃ | 河南省农业科学院烟草研究所 | 红花大金元系选 |
| 秦烟96 | P ₄ | 陕西省烟草研究所, 中国农业科学院烟草研究所 | (G28×净叶黄)系谱法选育 |
| 云烟87 | P ₅ | 云南省烟草科学研究院 | (云烟2号×K326)系谱法选育 |

量均较高，云烟 87 的类胡萝卜素类降解产物、苯丙氨类降解产物、类西柏烷类降解产物与 664-01 无差异，与其他品种差异达显著水平。针对提高中性香气物质含量来说，664-01、云烟 87、秦烟 96 都是较好的亲本。

10 个组合中性致香物质各类含量和总量的差异也较大(表 4)，NC89 × 664-01 组合各类中性致香物质含量和总量均最高，与其他所有组合差异达显著水平，中烟 100 × 云烟 87，664-01 × 云烟 87，秦烟 96 × 云烟 87 有多种成分含量较高。说明 NC89 × 664-01 组合能够提高香气物质的含量，是一个提高香气物质含量的优势组合。

2.2 烤烟中性致香物质含量的杂种优势分析

2.2.1 各杂交组合的中亲优势 由表 5 看出，各组合中类胡萝卜素类降解产物含量平均中亲优势 -3.03，变幅-9.50~9.25，NC89 × 664-01 组合表现较高的优势，其余组合均为负值或中亲值小于 1，说

明很难通过杂交方式来提高类胡萝卜素类降解产物的含量。棕色化反应产物含量平均中亲优势-0.18，变幅-52.00~28.13，中烟 100 × NC89、NC89 × 664-01 和 NC89 × 秦烟 96 等 3 个组合表现出较高的中亲优势。苯丙氨类降解产物含量平均中亲优势-5.26，变幅-31.18~17.25，各组合间差异较大，NC89 × 664-01、NC89 × 秦烟 96 和秦烟 96 × 云烟 87 等 3 个组合中亲优势明显。类西柏烷类降解产物含量平均中亲优势 5.75，变幅-34.37~49.87，各组合间差异较大，P1 亲本的所有组合和 NC89 × 664-01 组合中亲优势明显，说明亲本中烟 100 与其他亲本组配能提高类西柏烷类降解产物的含量。新植二烯含量平均中亲优势-1.37，变幅-26.45~26.59，各组合间差异较大，中烟 100 × 云烟 87、NC89 × 664-01 和秦烟 96 × 云烟 87 等 3 个组合的中亲优势明显。致香物质总量的平均中亲优势为-1.86，变幅-22.72~22.46，各组合间差异较大。

表 2 中性致香物质含量方差分析

Table 2 Variance analysis of the contents of neutral aroma substances

| 变异来源 | 自由度 | 类胡萝卜素类降解产物 | | 棕色化反应产物 | | 苯丙氨类降解产物 | | 类西柏烷类降解产物 | | 新植二烯 | | 总量 | |
|------|-----|------------|---------|---------|------------|----------|---------|-----------|---------|-----------|----------|-------------|----------------|
| | | 均方 | F 值 | 均方 | F 值 | 均方 | F 值 | 均方 | F 值 | 均方 | F 值 | 均方 | F 值 |
| 区组 | 2 | 2.26 | 2.45 | 1.73 | 414.74 | 1.03 | 2.21 | 10.36 | 1.82 | 177.37 | 1.65 | 30.61 | 639.48 |
| 处理 | 14 | 61.76 | 66.76** | 35.17 | 8 424.63** | 19.88 | 42.72** | 210.67 | 37.03** | 55 974.56 | 521.53** | 61 628.36** | 1 287 466.39** |
| 误差 | 28 | 0.93 | | 0.00 | | 0.47 | | 5.69 | | 107.33 | | 0.05 | |

注：*和**分别表示处理间差异在 5%和 1%水平上显著。

表 3 5 个亲本中性致香物质含量多重比较

Table 3 Multiple comparison of neutral aroma components in 5 Parents

µg/g

| 亲本 | 类胡萝卜素类降解产物 | 棕色化反应产物 | 苯丙氨类降解产物 | 类西柏烷类降解产物 | 新植二烯 | 总量 |
|--------|------------|----------|----------|------------|-------------|-------------|
| 中烟 100 | 73.09 cC | 15.17 cC | 7.47 c | 28.54 dD | 779.09 bB | 899.65 bB |
| NC89 | 71.61 cC | 14.51 dC | 11.63 bB | 37.42 cC | 753.32 cBC | 884.58 dD |
| 664-01 | 82.01 abAB | 21.29 aA | 14.62 aA | 44.15 bB | 1 064.30 aA | 1 221.14 aA |
| 秦烟 96 | 80.26 bB | 18.79 bB | 11.43 bB | 41.16 bcBC | 743.49 cC | 891.12 cC |
| 云烟 87 | 83.37 aA | 21.57 aA | 11.95 bB | 55.15 aA | 692.84 dD | 860.69 eE |

注：表中数值为 3 次重复的平均值，小写和大写字母不同分别表示在 5%和 1%水平差异显著性，下同。

表 4 各杂交组合中性致香物质含量多重比较

Table 4 Multiple comparison of neutral aroma components in different hybrid combinations

µg/g

| 组合 | 类胡萝卜素类降解产物 | 棕色化反应产物 | 苯丙氨类降解产物 | 类西柏烷类降解产物 | 新植二烯 | 总量 |
|-----------------|------------|-------------|----------|--------------|-------------|--------------|
| 中烟 100 × NC89 | 72.46 cdCD | 19.01 dC | 9.70 cdC | 49.42 abAB | 701.02 fF | 847.65 fF |
| 中烟 100 × 664-01 | 74.16 cC | 17.71 fgDE | 7.61 eDE | 45.95 bcABC | 677.86 gF | 819.51 hH |
| 中烟 100 × 秦烟 96 | 72.41 cdCD | 17.57 gE | 10.39 cC | 52.01 aA | 752.95 eE | 901.13 eE |
| 中烟 100 × 云烟 87 | 77.49 bB | 17.43 gE | 12.1 eE | 48.73 abAB | 931.67 bB | 1 077.86 bB |
| NC89 × 664-01 | 83.92 aA | 22.20 aA | 15.39 aA | 47.81 abc AB | 1 078.37a A | 1 242.29 a A |
| NC89 × 秦烟 96 | 71.11 dD | 20.88 bB | 12.93 bB | 28.50 fD | 648.49 hG | 778.46 jJ |
| NC89 × 云烟 87 | 72.38 cdCD | 8.66 hF | 9.00 dCD | 34.40 eD | 688.46 fgF | 809.37 iI |
| 664-01 × 秦烟 96 | 73.42 cCD | 20.20 cB | 9.84 cdC | 41.36 dC | 696.60 fgF | 837.61 gG |
| 664-01 × 云烟 87 | 78.76 bB | 18.20 efCDE | 13.24 bB | 44.09 cdBC | 804.86 dD | 954.85 dD |
| 秦烟 96 × 云烟 87 | 78.99 bB | 18.46 deCD | 13.10 bB | 31.60 eFD | 883.19 cC | 1 021.03 c C |

综合各组合的中性致香物质含量来看, NC89 × 664-01 在 5 类中性香气成分中中亲优势均为正值, 说明该组合能很好地提高后代的香气物质含量。另外, 亲本 NC89 与 664-01 和秦烟 96 组配的中亲优势多项表现为正值, 说明该亲本有提高后代部分香气物质含量的作用。

2.2.2 各杂交组合的超亲优势 由表 6 可知, 10 个组合中所有中性致香物质含量超亲优势均值均为负值, 说明通过杂交很难提高这 5 类香气成分的含量。各组合之间差异较大。NC89 × 664-01 组合所有中性致香物质成分含量超亲优势均为正值, 说明该组合能很好的提高后代中性致香物质的含量。不同组合对提高不同中性致香物质含量差异也较大, 中烟 100 × NC89、NC89 × 664-01 和 NC89 × 秦烟

96 等 3 个组合对提高棕色化反应产物的含量有很好的正效应, NC89 × 664-01、NC89 × 秦烟 96 和秦烟 96 × 云烟 87 等 3 个组合对提高苯丙氨类降解产物的含量有很好的正效应, 中烟 100 与 NC89、664-01、秦烟 96 的组合中类西柏烷类降解产物含量的超亲优势均为正值, 说明亲本中烟 100 能较好的提高类西柏烷类降解产物的含量。中烟 100 × 云烟 87、秦烟 96 × 云烟 87 和 NC89 × 664-01 等 3 个组合对提高新植二烯的含量有很好的正效应。

2.3 烤烟中性致香物质含量的配合力分析

2.3.1 中性致香物质含量的配合力方差分析 配合力方差分析(表 7)表明, 中性致香物质的一般配合力效应(GCA)和特殊配合力效应(SCA)均达极显著水平, 表明该性状同时受加性效应和非加

表 5 各杂交组合中性致香物质的中亲优势

Table 5 Mid-parental heterosis of neutral aroma components in different hybrid combinations

| 组合 | 类胡萝卜素降解产物 | 棕色化反应产物 | 苯丙氨类降解产物 | 类西柏烷类降解产物 | 新植二烯 | 总量 |
|---------------|-----------|---------|----------|-----------|--------|--------|
| 中烟 100×NC89 | 0.15 | 28.13 | 1.63 | 49.87 | -8.51 | -4.98 |
| 中烟 100×664-01 | -4.38 | -2.91 | -31.18 | 26.44 | -26.45 | -22.72 |
| 中烟 100×秦烟 96 | -5.57 | 3.51 | 9.94 | 49.24 | -1.09 | 0.64 |
| 中烟 100×云烟 87 | 0.88 | -5.12 | -25.78 | 16.46 | 26.59 | 22.46 |
| NC89×664-01 | 9.25 | 24.00 | 17.25 | 17.23 | 18.66 | 17.99 |
| NC89×秦烟 96 | -6.36 | 25.43 | 12.14 | -27.46 | -13.35 | -12.32 |
| NC89×云烟 87 | -6.60 | -52.00 | -23.69 | -25.67 | -4.79 | -7.25 |
| 664-01×秦烟 96 | -9.50 | 0.77 | -24.53 | -3.03 | -22.93 | -20.69 |
| 664-01×云烟 87 | -4.74 | -15.07 | -0.35 | -11.19 | -8.39 | -8.27 |
| 秦烟 96×云烟 87 | -3.45 | -8.51 | 11.99 | -34.37 | 22.98 | 16.57 |
| 均值 | -3.03 | -0.18 | -5.26 | 5.75 | -1.73 | -1.86 |

表 6 各杂交组合中性致香物质的超亲优势

Table 6 Heterobeltiosis of neutral aroma components in different hybrid combinations

| 组合 | 类胡萝卜素降解产物 | 棕色化反应产物 | 苯丙氨类降解产物 | 类西柏烷类降解产物 | 新植二烯 | 总量 |
|---------------|-----------|---------|----------|-----------|--------|--------|
| 中烟 100×NC89 | -0.86 | 25.31 | -16.52 | 32.08 | -10.02 | -5.78 |
| 中烟 100×664-01 | -9.58 | -16.87 | -48.01 | 4.09 | -36.31 | -32.89 |
| 中烟 100×秦烟 96 | -9.78 | -6.45 | -9.10 | 26.36 | -3.35 | 0.16 |
| 中烟 100×云烟 87 | -7.05 | -19.17 | -39.69 | -11.63 | 19.58 | 19.81 |
| NC89×664-01 | 2.32 | 4.24 | 5.23 | 8.30 | 1.32 | 1.73 |
| NC89×秦烟 96 | -11.40 | 11.14 | 11.21 | -30.76 | -13.92 | -12.64 |
| NC89×云烟 87 | -13.18 | -59.86 | -24.73 | -37.61 | -8.61 | -5.96 |
| 664-01×秦烟 96 | -10.47 | -5.17 | -32.76 | -6.31 | -34.55 | -31.41 |
| 664-01×云烟 87 | -5.52 | -15.60 | -9.45 | -20.04 | -24.38 | -21.81 |
| 秦烟 96×云烟 87 | -5.25 | -14.40 | 9.56 | -42.69 | 18.79 | 14.58 |
| 均值 | -7.08 | -9.68 | -15.43 | -7.82 | -9.15 | -7.42 |

表 7 中性致香物质含量配合力方差分析

Table 7 Variance analysis of combining ability

| 变异来源 | 自由度 | 类胡萝卜素降解产物 | | 棕色化反应产物 | | 苯丙氨类降解产物 | | 类西柏烷类降解产物 | | 新植二烯 | | 总量 | |
|-------|-----|-----------|----------|---------|------------|----------|---------|-----------|---------|-----------|----------|-----------|----------------|
| | | 均方 | F 值 | 均方 | F 值 | 均方 | F 值 | 均方 | F 值 | 均方 | F 值 | 均方 | F 值 |
| 一般配合力 | 4 | 35.40 | 114.81** | 11.29 | 8 113.22** | 13.41 | 86.45** | 38.83 | 20.47** | 18 558.70 | 518.75** | 21 753.29 | 1 363 331.58** |
| 特殊配合力 | 10 | 14.66 | 47.55** | 11.90 | 8 549.20** | 3.91 | 25.22** | 82.78 | 43.65** | 18 697.98 | 522.64** | 20 058.58 | 1 257 120.31** |
| 误差 | 28 | 0.31 | | 0.00 | | 0.16 | | 1.90 | | 35.78 | | 0.02 | |

注: **表示在 1%水平上差异显著。

性效应的影响。从方差分量来看,中性致香物质中,类胡萝卜素类降解产物和苯丙氨类降解产物的 GCA 方差所占比重较大,表明烤烟的中性致香物质中这两种成分的遗传特性以加性效应为主;类西柏烷类降解产物的 SCA 方差所占比重较大,表明该成分受基因的显性、超显性或上位性等非加性效应的影响大于加性效应的影响;而棕色化反应产物和新植二烯的 GCA 和 SCA 方差差别较小,表明这两种成分受加性效应和非加性效应影响程度相当。误差方差较小,表明样品重复间差异不大。

2.3.2 一般配合力效应值 (GCA) 分析 一般配合力决定了亲本之间的可以稳定遗传的加性效应,一般配合力高的品种可以用于通过常规杂交育种来改良品种的特异性状。由表 8 可知,在本研究选用的 5 个亲本中,664-01 的所有中性致香物质的 GCA 均为正值,且棕色化反应产物、苯丙氨类降解产物及新植二烯等 3 类物质的 GCA 显著高于其他 4 个亲本,表明该亲本中性致香物质成分可以稳定遗传,用作常规杂交育种的亲本,产生的子代一般中性致香物质成分会较高。秦烟 96 的棕色化反应产物、苯丙氨类降解产物的 GCA 含量为正值,且显著高于中烟 100、664-01 和 NC89,因此该品种适宜用作亲本,通过常规杂交育种来提高品种苯丙氨类降

解产物、棕色化反应产物等成分的含量。云烟 87 的类胡萝卜素降解产物、类西柏烷类降解产物的含量为正值,除 664-01 外,显著高于其他几个品种,因此,该品种作为提高中性香气物质含量也是较好的亲本,可用于回交育种中,提高类胡萝卜素降解产物、类西柏烷类降解产物的含量。中烟 100、和 NC89 只有一种香气物质单位 GCA 为正值,不适宜用作常规杂交育种方法改良品种的中性致香物质含量的亲本。

综合分析表明,664-01 和云烟 87 这 2 个亲本的多个性状都表现优良,GCA 效应值高,适宜选作杂交育种亲本来提高中性香气物质的含量。

2.3.3 特殊配合力效应值 (SCA) 分析 特殊配合力主要是由非加性效应产生的,只能在两亲本杂交后得以表现,而不能在下一代稳定遗传,了解特殊配合力的高低可以为杂交种优良组合的配制提供依据。分析特殊配合力可以发掘新的杂种优势群以及杂种优势配对模式,作为中长期育种的优良基因库^[27]。由表 9 可知,整体来看,10 个杂交组合中,中性致香物质特殊配合力变异范围最大的是中性致香物质总量、新植二烯和类西柏烷类降解产物,表明本研究选配的杂交组合对中性香气物质含量、新植二烯、类西柏烷类降解产物含量的改变幅度高

表 8 5 个烤烟亲本间中性致香物质 GCA 效应的估计值

Table 8 Effect values of parent general combining ability

| 亲本 | 类胡萝卜素类降解产物 | 棕色化反应产物 | 苯丙氨类降解产物 | 类西柏烷类降解产物 | 新植二烯 | 总量 |
|--------|------------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 中烟 100 | -2.21 cC | -0.94 dD | -2.34dC | 0.15bB | -19.56cC | -24.76dD |
| NC89 | -2.15 cC | -1.27 eE | 0.58 bB | -2.45cC | -19.37cC | -24.55cC |
| 664-01 | 2.30 aA | 1.75 aA | 1.30aA | 2.20aA | 89.67aA | 96.82aA |
| 秦烟 96 | -0.25 bB | 0.86 bB | 0.42bcB | -2.33cC | -41.49dD | -42.61eE |
| 云烟 87 | 2.31 aA | -0.40 cC | -0.04cB | 2.43aA | -9.25bB | -4.90bB |

表 9 10 个组合中性致香物质 SCA 效应

Table 9 The values of the 10 traits SCA for the tobaccos

| 组合 | 类胡萝卜素类降解产物 | 棕色化反应产物 | 苯丙氨类降解产物 | 类西柏烷类降解产物 | 新植二烯 | 总量 |
|---------------|------------|---------|----------|-----------|---------|---------|
| 中烟 100×NC89 | 0.47 | 3.12 | 0.42 | 9.70 | -53.15 | -39.50 |
| 中烟 100×664-01 | -2.30 | -1.21 | -2.39 | 1.58 | -185.35 | -189.02 |
| 中烟 100×秦烟 96 | -1.49 | -0.46 | 1.28 | 12.17 | 20.90 | 32.04 |
| 中烟 100×云烟 87 | 1.03 | 0.66 | -1.53 | 4.13 | 167.38 | 171.05 |
| NC89×664-01 | 7.41 | 3.61 | 2.47 | 6.04 | 214.97 | 233.55 |
| NC89×秦烟 96 | -2.85 | 3.18 | 0.90 | -8.74 | -83.75 | -90.84 |
| NC89×云烟 87 | -4.14 | -7.79 | -2.65 | -7.60 | -76.01 | -97.65 |
| 664-01×秦烟 96 | -4.99 | -0.52 | -2.92 | -0.52 | -144.68 | -153.06 |
| 664-01×云烟 87 | -2.21 | -1.26 | 0.87 | -2.56 | -68.66 | -73.54 |
| 秦烟 96×云烟 87 | 0.56 | -0.11 | 1.61 | -10.52 | 140.82 | 132.08 |

于其他类成分；特殊配合力变异范围最小的是苯丙氨类降解产物，表明本研究选配的杂交组合对该类成分的改变影响较小。

组合 NC89 × 664-01 的类胡萝卜素降解产物、棕色化反应产物、苯丙氨类降解产物、新植二烯及中性致香物质总量的特殊配合力均在各组合中最高，该组合类西柏烷类降解产物 SCA 值也较高，表明该组合适应于提高中性致香物质的含量。其次是组合中烟 100 × 云烟 87、秦烟 96 × 云烟 87 以及中烟 100 × 秦烟 96，中性致香物质总量及多项成分含量的 SCA 也较高，这几个组合在以提高香气为育种目标的杂种一代选育中有重要的利用价值。

3 讨论

提高杂交后代的香气物质含量，亲本的选择至关重要，一方面需要亲本自身香气物质含量较高，或需要改良的某一类、某一种香气物质的含量较高；另一方面需要亲本有较高的一般配合力或特殊配合力。用中性致香物质含量低的亲本选配杂交组合，即使配合力较高，后代中性致香物质含量也未必理想。本研究表明，亲本 664-01、云烟 87 自身有较高的中性致香物质含量，又具有较高的 GCA 值，是 2 个培育高香气品种的优良亲本；NC89 自身香气物质含量中等，但其后代个别组合（如 NC89 × 664-01）具有较强的杂种优势和较高的 SCA 值，也可以作为培育高香气品种的亲本。

杂种优势的存在，给提高后代香气物质含量提供了可能性。在香气物质的杂种优势研究中，许仪等^[28]研究表明，烤烟 F₁ 组合各类挥发性香气物质含量多显著高于其中亲值与低亲值，从而初步预测各类香气物质具有存在杂种优势的可能性。本研究发现，F₁ 组合各类中性致香物质含量显著高于中亲值的只有组合 NC89 × 664-01，部分成分高于中亲值的也不多，这可能与选择的亲本有关，该研究选择的是经过初步筛选自身中性香气物质含量较高的亲本。从本研究结果来看，要想得到香气物质含量较高的后代，最好采用针对某一类或某一种物质进行回交，可能达到预期的目的。

目前有关香气物质种类和含量与香型的相关性研究已提出的烤烟香型的表征指标很不一致^[20]，李章海等^[29]认为，茄酮含量浓香型的高于清香型，而李伟等^[21]认为，清香型烟叶高于浓香型，因此在筛选品种过程中无法借鉴。本研究仅从各类致香物质的含量和总量上分析，有一定的局限性，容易因一种或几种致香物质含量过高而导致总致香物质高。新植二烯的含量在所有中性致香物质含量中占有比例为 80% 以上，总量的 GCA 和 SCA 效应值中，受新植二烯含量的影响较大。如亲本云烟 87 的 GCA 效应值类胡萝卜素降解产物、类西柏烷类降解产物的含量均为最高，因新植二烯含量的 GCA 效应值较低，导致总含量较低。如需针对性提高某一种致香物质含量，还需要进一步分析。烟叶香气物质表现型受遗传因素和环境因素的共同作用^[30]，该研究仅在河南省许昌地区进行，减少了环境因素之间的差别，对筛选适宜河南烟区的品种有一定的借鉴作用。

4 结论

本研究结果表明，亲本 664-01 的中性致香物质（除类西柏烷类外）各种成分、总量以及 GCA 值均显著高于中烟 100、NC89 及秦烟 96。云烟 87 中性致香物质中，类西柏烷类显著高于其他所有亲本，类胡萝卜素及棕色化反应产物与 664-01 含量水平相当且显著高于其他 3 个亲本，GCA 值除了类胡萝卜素和类西柏烷类外，其他成分及总量均低于 664-01，但显著高于其他 3 个亲本。NC89 自身香气物质含量中等，但其后代个别组合具有较强的杂种优势和较高的 SCA 值，也可以作为培育高香气品种的亲本。

组合 NC89 × 664-01 的中亲优势和超亲优势均为正值，具有较高的 SCA 效应值，推测该组合是提高中性香气物质含量的杂交育种中的较优组合；组合中烟 100 × 云烟 87、秦烟 96 × 云烟 87 以及中烟 100 × 秦烟 96 部分中性致香物质成分杂种优势较强，也可以做为高香气品种的筛选组合；NC89 × 云烟 87、664-01 × 秦烟 96 这 2 个组合的大部分中性

致香物质的中亲优势和超亲优势均为负值，不适宜用做高香气品种的筛选。

参考文献

- [1] 程昌新,卢秀萍,许自成,等. 基因型和生态因素对烟草香气物质含量的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(11): 137-139.
- [2] 于建军,庞天河,任晓红,等. 烤烟中性致香物质与评吸结果关系研究[J]. 河南农业大学学报, 2006, 40(4): 346-349.
- [3] 周淑平,肖强,陈叶君,等. 不同生态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] 张广普,杨铁钊,张小全,等. 不同遗传背景下烟叶基础香味物质的差异[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(2): 78-80.
- [5] 史宏志,谢子发,赵永利,等. 四川白肋烟不同品种中性香气成分含量及感官品质分析[J]. 中国烟草学报, 2010, 16(1): 1-5.
- [6] 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.
- [7] 于建军,庞天河,焦桂珍,等. 攀西烤烟评吸结果与中性致香成分的关系[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(11): 78-81.
- [8] 于建军,庞天河,章新军,等. 鄂西南烤烟吸食质量与致香物质的关系[J]. 华中农业大学学报, 2006, 25(4): 355-358.
- [9] 赵铭钦,陈秋会,赵明山,等. 南阳地区生态条件对不同基因型烤烟品种烟叶化学成分和香气物质含量的影响[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(1): 37-41.
- [10] 殷全玉,王霞,杨铁钊,等. 叶面分泌物和中性香气物质在不同烤烟品种(系)和地区间的变化及其与常规化学成分的关系[J]. 中国烟草学报, 2010(3): 17-23.
- [11] 许仪,卢秀萍,许自成,等. 烤烟主要挥发性香气物质含量的亲子相关及杂种优势分析[J]. 西北农林科技大学学报, 2007, 35(12): 149-150.
- [12] 张广富,赵铭钦,韩富根,等. 种植密度和施钾量对烤烟化学成分和香气物质含量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2011(5): 43-47.
- [13] 李鹏飞,周冀衡,张建平,等. 烤烟成熟期土壤水分状况对烟叶挥发性香气物质及主要化学成分的影响[J]. 中国烟草学报, 2009(3): 44-48.
- [14] 刘国顺,肖庆礼,王新中,等. 施磷对南阳烟区烤烟化学成分和香气物质含量的影响[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(6): 34-37.
- [15] 肖庆礼,黄帅,刘国顺,等. 施磷对低磷土壤烤烟化学成分和香气物质含量的影响[J]. 河南农业大学学报, 2009(5): 491-496.
- [16] 赵会纳,向章敏,周淑平,等. 贵州烤烟常规化学成分与中性香气物质的相关分析[J]. 西南农业学报, 2012, 25(3): 856-863.
- [17] 李虎林,朴世领,李莲花,等. 烟草叶片中全氮含量和生物碱含量的杂种优势及配合力分析[J]. 吉林农业大学学报, 2003, 25(3): 266-269.
- [18] 许明辉,王孟宇. 烟草品质性状在杂种一代中的遗传表现与亲子相关分析[J]. 种子, 2000, 19(2): 3-5.
- [19] 韩锦峰,宋娜娜. 烤烟香型表征研究[J]. 中国烟草学报, 2014, 20(6): 150-154.
- [20] 唐远驹. 关于烤烟香型问题的探讨[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(3): 1-7.
- [21] 李伟,陈江华,詹军,等. 烤烟香型间致香物质组成比例及其差异分析[J]. 中国烟草学报, 2013, 19(2): 1-6.
- [22] 詹军,张晓龙,周芳芳,等. 基于烤烟中性致香物质的烤烟香型判别分析[J]. 西北农业学报, 2012, 21(12): 80-87.
- [23] 孙计平,屈晓芳,吴照辉,等. 河南烤烟重要亲本间农艺性状的杂种优势和配合力[J]. 湖北农业科学, 2014, (4): 834-839.
- [24] 孙计平,李雪君,吴照辉,等. 河南烤烟重要亲本间产量的杂种优势和配合力研究[J]. 河南农业科学, 2013, 42(10): 41-45.
- [25] 冀浩,李雪君,赵永振,等. 浸提叶面分泌物对烤烟品质的影响[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(2): 13-17.
- [26] 唐启义. DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [27] 陈绍凯,刘洋,丁飞. 烟草中性致香物质的配合力研究[J]. 中国烟草科学, 2014, 35(4): 6-10.
- [28] 许仪,卢秀萍,许自成,等. 烤烟主要挥发性香气物质含量的亲子相关及杂种优势分析[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(12): 149-154.
- [29] 李章海,王能如,王东胜,等. 烤烟香型的主要影响因素及香型指标模型的构建初探[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(3): 2055-2057.
- [30] 程昌新,卢秀萍,许自成,等. 基因型和生态因素对烟草香气物质含量的影响[J]. 中国农学通报, 2005(11): 137-139, 182.