

烤烟不同基因型间质体色素含量差异与烟叶化学成分的关系

拓阳阳¹, 赵铭钦^{1*}, 金洪石², 池敬姬², 李元实², 夏东旭¹, 叶金果¹

(1.河南农业大学, 国家烟草栽培生理生化基地, 郑州 450002; 2.吉林烟草工业有限责任公司, 吉林 延吉 133001)

摘要:研究了烤烟不同基因型间质体色素含量差异及与烟叶化学成分的关系。结果表明,不同烤烟基因型烟叶中质体色素含量差异显著。相关分析结果发现,叶绿素 a 仅与总糖呈显著性正相关;叶绿素 b 与烟碱呈显著性负相关,与总氮含量呈极显著性负相关;类胡萝卜素与总糖呈显著性负相关,但与烟碱和总氮含量呈显著性正相关。通径分析结果表明,叶绿素 a 和叶绿素 b 对总糖、烟碱和总氮的直接影响最大,类胡萝卜素对总糖、烟碱和总氮的间接影响最大。由此可见,通过对烤烟质体色素代谢进行合理调控,有利于协调烤烟化学成分,提高烟叶的可用性。

关键词:烤烟;质体色素;化学成分;相关分析;通径分析

中图分类号:S572.02

文章编号:1007-5119(2011)06-0032-05

DOI:10.3969/j.issn.1007-5119.2011.06.007

The Relationship between the Difference of Plastid Pigment Contents and Chemical Components in Different Flue-cured Tobacco Varieties

TUO Yangyang¹, ZHAO Mingqin^{1*}, JIN Hongshi², CHI Jingji², LI Yuanshi², XIA Dongxu¹, YE Jinguo¹

(1.Tobacco College of Henan Agricultural University, National Tobacco Cultivation & Physiology & Biochemistry Research Center, Zhengzhou 450002, China; 2.Tobacco Industrial Limited Company of Jilin, Yanji, Jilin 133001, China)

Abstract: The relationship between the difference of plastid pigment contents and chemical components in different flue-cured tobacco varieties were analyzed. The results showed that the content of plastid pigments had significant differences in different flue-cured tobacco varieties. Correlation analysis revealed that chlorophyll-a only showed positive correlation with total sugar. Chlorophyll b showed negative correlation with nicotine, and showed significant negative correlation with total nitrogen. Carotenoids showed negative correlation with total sugar, but showed positive correlation with nicotine and total nitrogen. The results on path analysis revealed that total sugar, nicotine, total nitrogen were directly affected mostly by chlorophyll-a and chlorophyll-b and indirectly affected mostly by carotenoids. Therefore, if flue-cured plastid pigment metabolism was controlled reasonably, it would be helpful to coordinate the chemical composition of flue-cured tobacco leaves and improve the usability.

Keywords: flue-cured tobacco; plastid pigment; chemical component; correlation analysis; path analysis

优良基因型是获得烟叶优质适产的内在因素和重要的生产资料,是提高烟叶产量和质量的重要保证^[1]。烟草是一种嗜好性经济作物,对其质量要求相当严格,不仅要求烟叶颜色油润、化学成分协调、香吃味俱佳,而且更注重其安全性,这就要求烟草生产必须以提高烟叶质量、满足消费者需要为目的。烟叶中的质体色素(叶绿素和类胡萝卜素)不仅决定了调制后烟叶的色泽,并且其相关降解产物与烟叶的香气质量密切相关;而烟叶中化学成分

是决定评吸质量和烟气特性等质量特性的内在因素^[2],同时与烟草及其制品的内在质量和安全性密切相关^[3]。大量研究表明^[4-7],品种和环境因素共同决定了烟叶内在质量的优劣。不同品种由于基因型和遗传基础不同,烟叶质体色素及其降解产物和化学物质含量也不相同。特定的生态条件是难以通过人为因素改变的,但通过筛选适于本地区生态条件的种植品种是可以实现的。适宜的优良品种在特定地区种植则可以表现出较高的商品价值和工业利

基金项目:吉林烟草工业有限责任公司项目(JY2006012)

作者简介:拓阳阳,男,在读硕士研究生,研究方向为烟草生理生化。E-mail:tcy_86@163.com。*通信作者,E-mail:zhaomingqin@126.com

收稿日期:2011-01-01

修回日期:2011-01-23

用性^[5]。有研究^[1]认为只有将品种特性与各地自然条件结合起来,才能发挥优良品种的潜力。以目前国内 6 个优质基因型烤烟烤后样品为研究对象,分析其质体色素与化学成分的变化特点,为进一步建立可行性评价烟叶质量的指标体系和提高烟叶可用性 & 替代性提供技术支持和理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2009 年在山西省平陆县望远试验站试验田进行。土壤质地为粘壤土,呈红色,土层中等厚度,肥力中等,前茬为红薯,地势平坦,排灌方便。行距 120 cm,株距 50 cm,5 月 18 日移栽,采用低起垄,深栽烟的栽培措施,施纯氮 52.5 kg/hm², $m(N)$ $m(P_2O_5)$ $m(K_2O)=1$ 2 4,各品种处理之间施肥和田间管理同常规措施。所用肥料为芝麻饼肥、烟草专用肥、过磷酸钙、硝酸钾。以烤烟不同基因型(即品种)为因子水平进行单因子完全随机区组设计,重复 3 次,每小区面积 66.67 m²,区组设通道,四周设保护行。

1.2 供试材料

以目前国内推广的优良品种豫烟 5 号、豫烟 6 号、中烟 98、中烟 100、云烟 85、云烟 87 作为参试品种。

1.3 样品的选取及测定项目

取各处理烤后样 C3F 等级烟叶 1 kg,3 次重复。烟叶经去梗、烘干、粉碎。过 60 目筛,用于分析测定烤烟中的质体色素和常规化学成分。

1.4 测定项目和方法

1.4.1 质体色素的测定 采用分光光度法测定烟叶中叶绿素和总类胡萝卜素含量^[8]。

1.4.2 常规化学成分的测定 总糖含量测定采用蒽酮比色法;还原糖采用苦味酸法,总氮含量测定采用浓硫酸-双氧水消化法;烟碱含量测定采用紫外分光光度法;钾含量测定采用火焰光度法;氯含量测定采用银量法。具体测定方法见参考文献^[9]。

1.5 数据处理

采用 EXCEL2003 和 DPS6.55 软件。

2 结果

2.1 不同烤烟基因型中质体色素含量分析

2.1.1 不同基因型烤烟叶绿素含量的差异 从表 1 可以看出,烟叶中的叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量在基因型间存在差异性 ($F=110.53, 19.114, 31.235, P < 0.01$)。从总叶绿素的含量看,不同烤烟基因型中以豫烟 6 号含量最高,且与除中烟 100 外的其它烤烟基因型间差异显著,这可能与豫烟 6 号在大田后期落黄成熟较慢有一定的关系。不同烤烟烤后样中总叶绿素含量的大小顺序为豫烟 6 号 > 中烟 100 > 豫烟 5 号 > 云烟 87 > 云烟 85 > 中烟 98。

表 1 不同烤烟基因型烟叶中质体色素含量

Table 1 The contents of plastid pigments in the flue-cured tobacco with different genotypes

基因型	叶绿素 a/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	叶绿素 b/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	叶绿素 a/ 叶绿素 b	总叶绿素/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	类胡萝卜素/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
豫烟 5 号	52.57aA	30.17bB	1.74	82.73bB	246.80dD
豫烟 6 号	48.83aAB	65.43aA	0.75	114.27aA	244.73dD
中烟 100	43.83bB	67.17aA	0.65	111.00aA	245.64dD
中烟 98	23.90dD	34.23bB	0.70	58.13cB	393.00aA
云烟 85	34.93cC	30.17bB	1.16	65.10bcB	384.55bB
云烟 87	33.83cC	33.60bB	1.01	67.43bcB	373.70cC

注:同列不同大小写字母分别表示 1% 和 5% 差异显著水平,下同。

2.1.2 不同烤烟基因型中类胡萝卜素含量的差异

由表 1 可知,烟叶中类胡萝卜素含量在基因型间也存在差异性 ($F=3877.259, P < 0.01$)。从类胡萝卜素含量来看,以中烟 98 含量最高,以豫烟 6 号含量为最低,且两者之间差异显著。从整体来看,不同基因型烤后烟叶中类胡萝卜素含量大小顺序为中烟 98 > 云烟 85 > 云烟 87 > 豫烟 5 号 > 中烟 100 > 豫烟 6 号。

2.2 不同烤烟基因型间化学成分含量对比分析

2.2.1 不同烤烟基因型烟叶中总糖含量的比较分析 从总糖含量看(表 2),烟叶中的总糖含量在不同基因型间差异极显著 ($F=7.725, P < 0.01$)。其中豫烟 6 号中总糖含量与云烟 85 和中烟 100 间差异显著,且与云烟 87 含量差异极显著;云烟 87 中总

糖含量与豫烟 5 号差异显著,同时与豫烟 6 号和中烟 98 差异极显著。不同烤烟基因型烤后烟叶中总糖含量高低顺序为豫烟 6 号 > 中烟 100 > 豫烟 5 号 > 云烟 85 > 云烟 87 > 中烟 98。

2.2.2 不同烤烟基因型烟叶中还原糖、烟碱含量比较分析 通过表 2 可以看出,烟叶中还原糖和烟碱含量在不同基因型间差异极显著($F=8.014, 25.142, P < 0.01$)。其中,以云烟 85 中还原糖含量为最高,

与除中烟 100 外的其他基因型烤烟中还原糖含量差异极显著;烟碱含量则以中烟 100 为最高,中烟 98 含量为最低,各基因型间存在一定的差异性;还原糖与烟碱的比值大小顺序为中烟 98 > 云烟 85 > 豫烟 6 号 > 云烟 87 > 豫烟 5 号 > 中烟 100。

2.2.3 不同烤烟基因型烟叶中总氮、总氮/烟碱比值比较分析 从表 2 可以看出,烟叶中总氮含量在不同基因型间差异极显著($F=11.5, P < 0.01$)。不

表 2 不同基因型烤烟烟叶化学成分含量

Table 2 Chemical composition in the flue-cured tobacco with different genotypes

化学成分	豫烟 5 号	豫烟 6 号	中烟 98	中烟 100	云烟 85	云烟 87
总糖/%	28.10abAB	29.84aA	28.50abA	24.25bcAB	24.79bcAB	22.80cB
还原糖/%	18.07bB	17.53bB	19.98bAB	21.24abAB	24.58aA	19.00bB
烟碱/%	2.73cBC	2.41cCD	1.92dD	3.30aA	3.22abAB	2.86bcABC
总氮/%	1.89abAB	1.39cB	1.47cbB	2.23aA	2.13aA	2.06aA
氯/%	0.75aA	0.55aA	0.47aA	0.57aA	0.59aA	0.84aA
钾/%	1.58bcB	1.58bcB	1.55bcB	1.78bB	1.32cA	2.55aA
还原糖/烟碱	6.62	7.27	10.41	6.44	7.63	6.64
总氮/烟碱	0.69	0.58	0.77	0.68	0.66	0.72
钾/氯	2.11	2.87	3.30	3.12	2.24	3.04

注:同列不同大小写字母分别表示 1%和 5%差异显著水平。

同烤烟基因型中总氮含量以中烟 100 含量最高,豫烟 6 号含量最低;总氮与烟碱的比值大小顺序为中烟 98 > 云烟 87 > 豫烟 5 号 > 中烟 100 > 云烟 85 > 豫烟 6 号。

2.2.4 不同烤烟基因型烟叶中钾、氯含量比较分析 由表 2 知,烟叶中的钾含量在不同基因型间差异极显著($F=17.594, P < 0.01$),其中云烟 85 和云烟 87 中钾含量与其他基因型间差异极显著,且云烟 85 和云烟 87 中的钾含量差异显著,但氯含量在不同基因型间差异不显著,这可能与当地的生态环境和不同烤烟基因型的根系吸收能力强弱有关。不同烤烟基因型中钾和氯的比值大小顺序为中烟 98 > 中烟 100 > 云烟 87 > 豫烟 6 号 > 云烟 85 > 豫烟 5 号。

2.3 不同烤烟基因型中质体色素与化学成分相关性分析

表 3 看出,烤烟中叶绿素 a 仅与总糖含量呈显著性正相关,叶绿素 b 与烟碱含量呈显著性负相关,与总氮含量呈极显著性负相关;类胡萝卜素与总糖含量呈显著性负相关,但与烟碱和总氮含量呈显著

性正相关;叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量与钾、氯含量不存在显著性相关性。

表 3 不同烤烟基因型质体色素与化学成分的相关性分析

Table 3 The correlation analysis between chrotoplast pigments and chemical composition

质体色素	总糖/%	还原糖/%	烟碱/%	总氮/%	氯/%	钾/%
叶绿素 a	0.80*	-0.5	-0.62	-0.70	0.06	-0.33
叶绿素 b	0.68	-0.3	-0.79*	-0.87**	-0.55	-0.22
类胡萝卜素	-0.83*	0.48	0.72*	0.77*	0.12	0.32

注:*表示差异呈显著相关($R=0.05$),**表示差异呈极显著相关($R=0.01$)。

2.4 不同烤烟基因型中质体色素与化学成分的通径分析

2.4.1 不同基因型烤烟中质体色素与总糖的通径分析 质体色素对烤烟总糖含量有一定的作用,为了确定各个质体色素对总糖的直接和间接影响程度,对不同基因型烤烟中质体色素和总糖进行了通径分析(表 4)。结果显示,与总糖关系最密切的是叶绿素 a 和叶绿素 b,通径系数(直接影响)分别为 $P_{1y}=0.693699$ 和 $P_{2y}=0.44027$,不同质体色素相应的相关系数,以叶绿素 a ($r_{1y}=0.80$) 和叶绿素 b

($r_{2y}=0.68$) 为最高;类胡萝卜素对总糖的直接影响 ($P_{3y}=0.098826$) 也为正值,但是相关分析中类胡萝卜素与总糖呈显著负相关,这是由于类胡萝卜素经叶绿素 a (-0.62647) 和叶绿素 b (-0.30462) 对总糖的影响均为负值,掩盖了类胡萝卜素对总糖的直接影响。不同质体色素以类胡萝卜素对总糖的间接影响最大。

表 4 不同烤烟基因型中质体色素与总糖的通路分析

Table 4 Path analysis on plastid pigments and total sugar of different genotypes of flue-cured tobacco

质体色素	通路系数	间接通路系数				相关系数
		X ₁ -Y	X ₂ -Y	X ₃ -Y	合计	
X ₁	0.693699	-	0.194421	-0.08925	0.105173	0.80
X ₂	0.44027	0.306334	-	-0.06838	0.237957	0.68
X ₃	0.098826	-0.62647	-0.30462	-	-0.93109	-0.83

注: X₁-叶绿素 a; X₂-叶绿素 b; X₃-类胡萝卜素; Y-总糖。

2.4.2 不同基因型烤烟中质体色素与烟碱的通路分析 表 5 结果表明,叶绿素 b 和叶绿素 a 与烟碱关系最密切,通路系数(直接影响)分别为 $P_{2y}=-0.77035$ 和 $P_{1y}=-0.59748$,但不同质体色素相应的相关系数以叶绿素 b ($r_{2y}=-0.79$) 和类胡萝卜素 ($r_{3y}=0.72$) 为最高;叶绿素 a 对烟碱产生直接负向作用,但在相关性分析中与烟碱的相关性相对较低,这是由于叶绿素 a 经叶绿素 b 和类胡萝卜素对烟碱的间接影响,掩盖了叶绿素 a 对烟碱的直接影响。不同质体色素中以类胡萝卜素对烟碱的间接影响最大。

表 5 不同烤烟基因型中质体色素与烟碱的通路分析

Table 5 Path analysis on plastid pigments and nicotine of different genotypes of flue-cured tobacco

质体色素	通路系数	间接通路系数				相关系数
		X ₁ -Y	X ₂ -Y	X ₃ -Y	合计	
X ₁	-0.59748	-	-0.34018	0.314615	-0.02557	-0.62
X ₂	-0.77035	-0.26384	-	0.241041	-0.0228	-0.79
X ₃	-0.34838	0.539573	0.532998	-	1.072571	0.72

注: X₁-叶绿素 a; X₂-叶绿素 b; X₃-类胡萝卜素; Y-烟碱。

2.4.3 不同基因型烤烟中质体色素与总氮的通路分析 表 6 结果表明,以叶绿素 a 和叶绿素 b 对总氮的关系最密切,通路系数(直接影响)分别为 $P_{1y}=-0.99094$ 和 $P_{2y}=-0.99036$,但不同质体色素相应的相关系数以叶绿素 b ($r_{2y}=-0.87$) 和类胡萝卜素

($r_{3y}=0.77$) 为最高;叶绿素 a 对烟碱产生直接负向作用,但在相关性分析中与总氮的相关性相对较低,这是由于叶绿素 a 经叶绿素 b 和类胡萝卜素对烟碱的间接影响,掩盖了叶绿素 a 对总氮的直接影响。不同质体色素中以类胡萝卜素对总氮的间接影响最大。

表 6 不同烤烟基因型质体色素与总氮的通路分析

Table 6 Path analysis on plastid pigments and total nitrogen of different genotypes of flue-cured tobacco

质体色素	通路系数	间接通路系数			合计	相关系数
		X ₁ -Y	X ₂ -Y	X ₃ -Y		
X ₁	-0.99094	-	-0.43734	0.732334	0.294995	-0.70
X ₂	-0.99036	-0.43759	-	0.561075	0.123482	-0.87
X ₃	-0.81092	0.894899	0.685225	-	1.580124	0.77

注: X₁-叶绿素 a; X₂-叶绿素 b; X₃-类胡萝卜素; Y-总氮。

3 讨论

(1) 质体色素又称叶绿体色素,在高等植物中分为两大类:一类是叶绿素,包括叶绿素 a 和叶绿素 b;另一类是类胡萝卜素^[10-11]。国内外研究均表明,烟叶质体色素的降解产物是所测定的挥发性香气物质中含量最高的成分,它们占中性挥发性物质总量的 85%~96%^[12],可见质体色素对烟叶品质的影响较大。王树声^[13]研究表明,烟叶类胡萝卜素的含量与各项评吸总分之间均达到显著或极显著正相关,说明烟叶中类胡萝卜素含量的增加对于评吸结果是较为有利的。李雪震等^[14]认为,烤后烟叶类胡萝卜素含量不是越多越好,而以 300~400 μg/g 为宜。本研究综合分析了 6 个不同烤烟基因型中质体色素的含量,发现在不同基因型间差异性显著,在不同基因型间整体表现为总叶绿素含量较高的品种,其相应的类胡萝卜素含量较低。

(2) 烟叶化学成分是决定评吸质量和烟气特性等质量特性的内在因素。烟叶中的主要化学成分的含量及其比值,在很大程度上确定了烟叶及其制品的烟气特性,因而直接影响着烟叶品质的优劣^[15]。烟叶化学成分受遗传、环境的影响较大,在不同烤烟基因型间化学成分除氮之外都达到了极显著差异。烟草的内在化学成分及其比值是衡量烟叶内在质量的重要指标,烟叶中常规化学成分含量对烟草

香吃味有重要影响^[16]。佟道儒^[17]认为,烤烟总糖含量 18%~23%,还原糖 15%~20%,烟碱 2%~2.5%,总氮 1.5%~2.5%,钾含量 1%~3%,氯含量在 1%以下较适宜。王瑞新^[3]认为,质量好的烟叶,总氮/烟碱的比值应小于 1,一般为 0.8~0.9 为最好;还原糖与烟碱的比值接近 10 的烤烟质量最好,一般为 6~10;钾/氯比值 4 为宜。本研究的结果表明,豫烟 5 号、中烟 100 的总糖与烟碱含量均偏高,云烟 85 的总糖、还原糖与烟碱含量均偏高,云烟 87 的烟碱含量偏高,内在质量较差,同时综合钾、氯、还原糖/烟碱、总氮/烟碱与钾/氯可知,中烟 98 各种化学成分相对比较协调,品质较好,但是 6 个基因型中的钾含量普遍偏低,因此提高钾离子含量仍然是山西平陆烟区的重中之重,可以考虑从引进新的品种、栽培技术和施肥方法的措施来考虑。

(3) 从相关分析和通径分析结果可知,通过提高叶绿素 a 含量可以提高总糖含量;提高叶绿素 b 含量可以降低烟碱和总氮含量;提高类胡萝卜素含量可以降低总糖和提高烟碱、总氮含量;对总糖、总氮和烟碱直接影响最大的质体色素是叶绿素 a 和叶绿素 b;质体色素经类胡萝卜素间接影响对总糖、总氮和烟碱的作用最大。因此可以通过调节烤烟的质体色素代谢,协调好烤烟的化学成分,从而提高烟叶的可用性,但应特别注意类胡萝卜素的含量。

参考文献

- [1] 谢秀晴,王汉琼,张东明. 陕西省烤烟品种布局研究[J]. 中国烟草, 1995(1): 16-18.
- [2] 赵铭钦,赵辉,王文吉,等. 不同基因型烤烟化学成分和致香物质间的相关和通径分析[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(3): 7-12.
- [3] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 4.
- [4] 侯文华,屈剑波,杨静,等. 优质烤烟品种引进鉴定与推广应用[J]. 河南农业科学, 1993(4): 1-10.
- [5] 罗成刚,薛焕荣. 加强烟草育种研究 迎接 21 世纪挑战[C]//跨世纪烟草农业科技展望和持续发展战略研讨会论文集. 北京: 中国商业出版社, 2001: 195-198.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 5.
- [9] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [10] 赵铭钦,刘金霞,黄永成,等. 烟草质体色素与烟叶品质的关系综述[J]. 中国农学通报, 2007, 23(7): 135-138.
- [11] Week W W. Chemistry of tobacco constituents influencing flavor and aroma[J]. Recent Advance of Tobacco Science, 1985(11): 175-200.
- [12] Wong J N, Bemhard R A. Effect of nitrogen source on pyrazine formation[J]. Agric. food Chem, 1998(36): 123-129.
- [13] 王树声. 烟叶色素与化学成分及评吸结果的相关性[J]. 中国烟草, 1990(4): 21-24.
- [14] 李雪震,张希杰,李念胜,等. 烤烟烟叶色素与烟叶品质的关系[J]. 中国烟草, 1988(2): 23-27.
- [15] 孙建锋,刘霞,李伟,等. 不同生态条件下烤烟化学成分的相似性研究[J]. 中国烟草科学, 2006, 27(3): 22-24.
- [16] 于建军,庞天河,刘国顺,等. 烤烟香气质与化学成分的相关和通径分析[J]. 中国农学通报, 2006, 22(1): 71-73.
- [17] 佟道儒. 烟草育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.