

豫中不同土壤质地烤烟烟叶色素含量变化的差异^①

钱 华¹, 史宏志^{1*}, 张大纯², 顾少龙¹, 张秋菊¹, 刘国顺¹, 谢德平³, 李延涛³

(1 河南农业大学国家烟草栽培生理生化研究基地, 郑州 450002; 2 河南中烟工业公司, 郑州 450000;

3 平顶山市烟草公司, 河南平顶山 467000)

摘 要: 在河南豫中烟区研究了 4 种典型质地土壤烤烟主栽品种 NC89 不同生育时期和调制后烟叶质体色素含量变化的差异。结果表明, 砂土烟叶 β -胡萝卜素和总类胡萝卜素在烤后烟叶样品中含量较高, 其余几种色素降解程度均较大; 砂壤土烟叶中大部分色素含量在烟株现蕾期至尚熟时下降较为缓慢, 成熟采收时下降较为明显, 在烤后烟叶中叶绿素、 β -胡萝卜素和总类胡萝卜素残留较少, 质体色素降解充分; 壤土烟叶各种色素含量随生育期推进下降趋势均较明显, 烤后烟叶样品中质体色素含量也较低, 残留较少; 黏土烟叶中各种色素含量在现蕾期至尚熟时含量开始下降, 但在成熟采收时含量较高, 色素降解程度低, 烤后烟叶中叶绿素和类胡萝卜素含量偏高。砂壤土和壤土植烟有利于烤烟香气前体物质的积累和适时转化。

关键词: 烤烟; 土壤质地; 质体色素; 香气前体物

中图分类号: S572

河南豫中是我国传统烟草种植区, 所产烟叶具有浓香型风格特色, 该区土壤多为褐土, 但土壤质地差异较大, 从汝河、沙河两岸到丘陵呈现由砂土到壤土再到黏土的变化。土壤质地是土壤重要的物理性状之一, 直接或间接地影响土壤水、肥、气、热状况, 从而影响烟草的生长动态、产量和品质的形成。李志等^[1]认为皖南砂壤土是生产焦甜香烟叶的典型土壤, 其特有的理化性状有利于烟叶前中期旺盛生长, 制造和积累充足的光合产物和香气前体物质, 同时又可保证成熟期物质及时充分降解和转化。同时砂壤土烟叶在烟株外观上也表现为生长快, 生长量大, 营养体大, 开片良好, 叶片内含物充实^[2]。

烟草质体色素存在于烟叶植物细胞中细胞器的质体中(其中的叶绿体和有色体), 包括叶绿素和类胡萝卜素等, 是烟草生长过程中光合作用的重要物质。在烟叶的加工过程中, 质体色素的含量和性质直接影响烟叶的外观质量^[3-4]。同时, 质体色素作为烟草香气成分的前体物质直接或间接地影响烟叶的内在品质, 在烟叶调制过程中质体色素降解完全和得当^[5], 能使烟叶香气增加, 色泽上等。烟草生长期间叶绿素是主要的质体色素, 但在调制过程中叶绿素降解不充分就会

形成青烟, 会给卷烟抽吸带来青杂气^[6]。这不仅影响烟叶的外观, 而且严重地影响到烟叶的内在品质。烟草调制过程, 叶绿素会降解生成新植二烯和一些吡咯类香气物质^[7]。新鲜烟叶质体色素中的类胡萝卜素类色素主要有叶黄素、新黄质、紫黄质和 β -胡萝卜素^[8]。叶黄素和胡萝卜素被叶绿素掩盖而显绿色, 在烟叶调制过程中, 叶绿素降解速度远大于类胡萝卜素, 由此引起烟叶组织内色素比例的变化, 即类胡萝卜素占色素总量的平均比例由调制前的 38% 增加到烘烤后的 76%, 从而使烟叶在外观上呈现黄色^[9]。胡萝卜素类色素类物质的降解是双键断裂的部位不同产生很多致香物质, 如大马酮、紫罗兰酮、二氢猕猴桃内酯、柠檬醛等对烟叶香味有十分重要的作用^[10], 类胡萝卜素降解产生的香味物质阈值相对较低、刺激性较小, 香气质较好, 对烟叶香气贡献率大, 是影响烟叶香气质和量的重要组分^[11-12]。Weeks^[13]发现, 在烟叶质量提高同时, 类胡萝卜素类降解物含量明显增加。同时叶黄素和胡萝卜素也是成品烟中能够检测到的最主要色素^[14]。王树声^[15]对烟叶叶绿素含量与评吸结果关系的研究显示, 烤后烟叶中叶绿素含量过高对烟叶品质不利。李雪震等^[16]认为烤后烟叶中类胡萝卜素的含量有一个

①基金项目: 国家烟草专卖局科技项目(110200601015)资助。

* 通讯作者(shihongzhi88@163.com)

作者简介: 钱华(1985—), 男, 河南周口人, 硕士研究生, 研究方向为烟草栽培生理。E-mail: qhq0124@126.com

适量范围,以干叶中 0.3~0.4 mg/g 左右为宜,叶绿素含量在 0.08 mg/g 以下的烟质较好。最新研究认为质体色素及其降解产物与烟草内各化学成分的协调性才是烟草品质的根本,如杨虹琦等^[17]比较了不同产区烤烟中主要潜香型物质对评吸质量的影响,得出当烤烟中新植二烯和类胡萝卜素降解物各组分之间的含量协调平衡时,烤烟在抽吸时具有较高的香气质和香气量得分。近年来人们对烟叶香气物质的研究较多集中在有关烟叶香气成分的分离鉴定、生理生化代谢、遗传育种及其与生态条件和栽培条件有关的研究^[12,18-20],但土壤质地与香气物质关系的研究则少有报道,尤其是

土壤质地与致香成分的前体物的关系。因此,本研究分析了烟草质体色素与土壤地质的关系,以期为提高我国烟叶香气质量找出新的技术途径。

1 试验材料和方法

1.1 试验设计

试验于 2009 年在平顶山市进行,选取郏县和宝丰县的 4 种土壤质地进行试验,分别为砂土、砂壤土、壤土、黏土,不同质地土壤性质见表 1。供试烤烟品种均为 NC89,每个处理设 3 次重复,随机区组排列,每个处理 90 株。

表 1 不同质地土壤 0~20 cm 土层养分含量

Table 1 Nutrient contents in 0-20 cm soil layers of different texture soils

土壤质地	有机质 (g/kg)	pH	碱解氮 (g/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
砂土	17.2	7.30	78.34	19.79	71.47
砂壤土	18.7	7.83	80.48	16.04	104.67
壤土	23.4	6.97	82.48	16.10	156.65
黏土	24.7	7.5	87.08	22.96	103.92

1.2 取样

返苗后,选择试验田中生长发育一致烟株,挂牌标记,中部叶(第 11~13 片可收叶)取样。移栽后 70 天时开始取样,以后每隔 20 天取样一次,直到烟叶成熟采收,并取烤后烟样。每次取样至少取 3 株,取约 100 g,用冰盒带回实验室,并立即进行处理。

1.3 测定方法

取新鲜烟叶,擦净组织表面污物,剪碎(去掉中脉),混匀;准确称取混匀的鲜样 0.4 g(准确至 0.0001 g),放入研钵中,加少量石英砂和 5 ml 90% 丙酮(内含 0.1% BHT)研磨成匀浆,再加丙酮 10 ml,继续研磨至组织变白,然后倒入 100 ml 三角瓶,用 45 ml 90% 丙酮(内含 0.1% BHT)分 3 次冲洗研钵后倒入三角瓶中,保证色素转移完全,最后萃取剂全部加入三角瓶中,室温下超声波萃取 20 min,取适量萃取液用一次性无菌注射器经过 0.45 μ m 微膜过滤器过滤,滤液装入 1.5 ml 棕色色谱瓶。平行实验做 2 份。每批采样到放入冰箱时间间隔应尽量控制一致。

用液相色谱仪对各种色素进行测定。液相色谱系统包括 Waters515 泵, Waters2487 紫外可见光分光光度检测器, Empower 色谱工作站, Rheodyne7725i 型手动进样阀。工作条件为:色谱柱: SymmetryC₁₈ 反相色

谱柱(3.9 mm i.d. $\times$ 150 mm, 5 μ m)(美国 Waters 公司)。流动相: A, 甲醇: 异丙醇(体积比为 1:1); B, 超纯水。流速: 0.5 ml/min。梯度洗脱: 0~10 min (70%A + 30%B); 10~17 min (100%A); 17~30 min (90%A + 10%B)。以曲线 6 线性递增(减)的梯度条件,平衡 10 min 后手动进样。进样量: 10 μ l。检测波长: 450 nm。柱温: 室温。

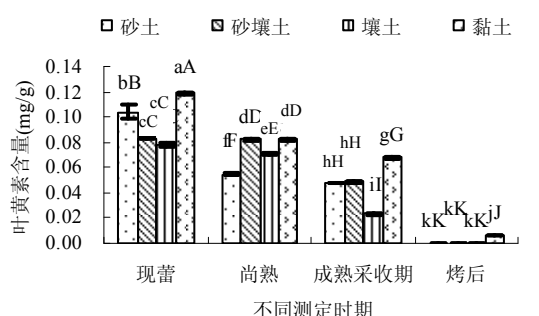
试剂: 甲醇为 Sigma 公司生产的色谱纯试剂, 异丙醇为 J.T.Baker 公司生产的色谱纯试剂; 叶黄质、紫黄质、新黄质植物色素标准物由日本 WAKO 公司生产, β -类胡萝卜素、 β -阿朴-8'醛、BHT 等购于 Sigma 公司。

2 结果与分析

2.1 不同时期烟叶叶黄素含量比较

4 种土壤质地烤烟叶片叶黄素含量总体变化趋势一致(图 1), 表现为随着生育期的推进而逐渐下降。其中砂土烤烟各生育期之间烟叶叶黄素降解较为明显, 经烘烤后完全降解。砂壤土烤烟从现蕾至烟叶尚熟烟叶叶黄素含量变化不大, 烟叶成熟时降解了近一半, 经烘烤后完全降解。壤土烤烟从现蕾至尚熟, 烟叶叶黄素含量变化趋势与砂壤土烤烟一样, 下降不大, 经过烘烤后烟叶叶黄素完全降解。黏土烤烟各生育期

烟叶叶黄素含量下降较为明显,但在烟叶成熟时仍有较高含量,这可能与该地前期干旱,后期雨水较多有关,经烘烤后仍有少量存在。对4种土壤质地不同时期烤烟叶片中叶黄素含量进行方差分析和多重比较表明:现蕾期烟叶叶黄素含量除砂壤土和壤土差异不显著外,砂土与黏土、砂壤土和壤土差异极显著;尚熟期烟叶叶黄素含量除砂壤土和黏土差异不显著外,砂土与壤土、砂壤土和黏土差异极显著;成熟采收时期烟叶叶黄素含量砂土和砂壤土差异不显著,但砂土和砂壤土与壤土、黏土差异极显著;烤后烟叶叶黄素含量黏土与砂土、砂壤土和壤土差异极显著,这说明土壤因素对不同时期叶黄素含量的影响较大。



(图中大写字母不同表示差异极显著 ($p < 0.01$), 小写字母不同表示差异显著 ($p < 0.05$), 下同。)

图1 不同质地土壤不同测定时期烟叶中叶黄素含量的变化
Fig. 1 Lutein contents of flue-cured tobacco leaf at different stages in soils with different textures

2.2 不同时期烟叶 β -胡萝卜素含量比较

烟叶 β -胡萝卜素含量变化趋势与叶黄素变化趋势一致,在不同质地土壤中均随着烤烟生育期的推进逐渐下降(图2)。砂土中烤烟现蕾期烟叶 β -胡萝卜素含量较高,经尚熟至成熟采收,降解较少,烘烤调制后与成熟采收时相比也变化不大,并且与其他3种土壤质地相比,砂土中烤后烟叶 β -胡萝卜素含量最高。砂壤土中烤烟叶片 β -胡萝卜素含量各个时期降解均较为充分,烘烤后含量最低。壤土中烟叶 β -胡萝卜素含量从现蕾经尚熟至成熟采收下降不大。黏土中烟叶 β -胡萝卜素含量从现蕾至尚熟降解较多,尚熟至成熟含量变化不大,经烘烤后含量显著下降。方差分析和多重比较结果表明:现蕾期烟叶 β -胡萝卜素含量砂土、砂壤土和壤土中差异不显著,黏土与砂土、砂壤土和壤土中差异极显著;尚熟期砂土与砂壤土、壤土和黏土中差异极显著,砂壤土与黏土中差异不显著,与壤土中差异极显著;壤土与黏土中差异极显著;成熟采收

期和烤后烟叶 β -胡萝卜素含量在4种土壤之间差异均极显著。

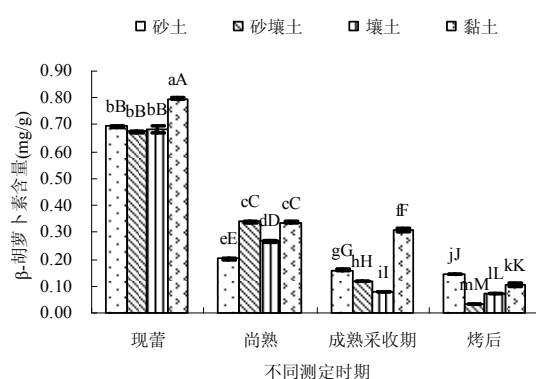


图2 不同质地土壤不同测定时期烟叶中 β -胡萝卜素含量的变化
Fig. 2 β -carotene contents of flue-cured tobacco leaf at different stages in soils with different textures

2.3 不同时期烟叶新黄质含量比较

不同土壤质地烤烟叶片新黄质的动态变化不同(图3),总的动态变化趋势除在黏土中外,随生育期的推进均表现为下降趋势,且烘烤后均完全降解。砂土烟叶新黄质含量与其他几种土壤质地相比现蕾期含量较低,经尚熟至成熟下降幅度较大,烘烤后完全降解。砂壤土烟叶新黄质含量呈现递减趋势,烤后叶片新黄质完全降解。壤土烟叶新黄质含量也呈现递减趋势,且至成熟采收时含量最低,经烘烤后完全降解。黏土烟叶新黄质含量经现蕾至尚熟时下降,至成熟采收时含量最高,这与该地后期雨水较多,造成烟叶返青有很大关系。方差分析和多重比较结果表明:现蕾期烟叶新黄质含量砂土与砂壤土差异显著,砂土与壤土、黏土差异极显著,砂壤土与壤土、黏土差异极显著,壤土和黏土差异不显著;尚熟期砂土与砂壤土、壤土和黏土差异极显著,砂壤土与壤土差异不显

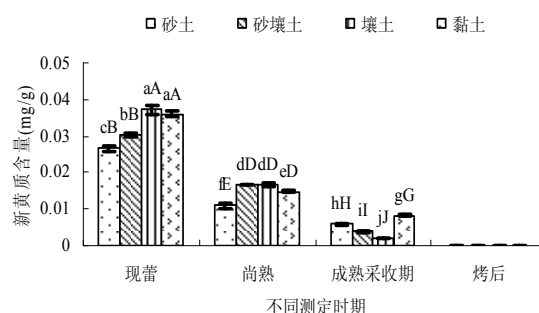


图3 不同质地土壤不同测定时期烟叶中新黄质含量的变化
Fig. 3 Neoxanthin contents of flue-cured tobacco leaf at different stages in soils with different textures

著,黏土与砂壤土、壤土差异显著;成熟采收时期 4 种土壤之间差异极显著。

2.4 不同时期烟叶紫黄质含量比较

各种质地土壤中烟叶紫黄质含量总体变化趋势不完全一致(图 4)。砂土中烟叶紫黄质含量随生育期推进呈下降趋势,且烤后烟叶中紫黄质完全降解。砂壤土中烟叶经现蕾至尚熟紫黄质含量略有增加,成熟采收时又有较大下降幅度,经烘烤后完全降解。壤土中烟叶随生育期推进紫黄质含量呈下降趋势,经烘烤后仍有少量存在。黏土中烟叶紫黄质在现蕾至尚熟时含量下降,至成熟采收时含量略有回升,经烘烤后完全降解,成熟采收时含量下降较少,可能与该地前期干旱,后期雨水较多有关。方差分析和多重比较结果表明:现蕾期烟叶紫黄质含量砂土与砂壤土中差异显著,砂土与壤土、黏土中差异不显著,砂壤土与壤土、黏土中差异极显著,壤土和黏土中差异不显著;尚熟期砂土与砂壤土中差异极显著,与壤土、黏土中差异不显著,砂壤土与壤土、黏土中差异显著,壤土和黏土中差异不显著;成熟采收时砂土与其他 3 种土壤中差异极显著,砂壤土与壤土中差异显著,与黏土中差异极显著,壤土和黏土中差异极显著;烤后 4 种土壤之间差异极显著。

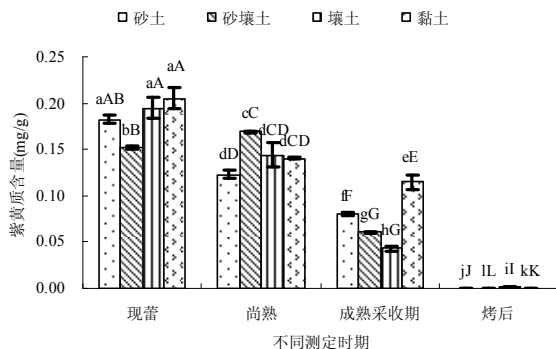


图 4 不同质地土壤不同测定时期烟叶中紫黄质含量的变化

Fig. 4 Violaxanthin contents of flue-cured tobacco leaf at different stages in soils with different textures

2.5 不同时期总类胡萝卜素含量比较

各土壤质地烤烟发育过程中总类胡萝卜素含量随生育时期的推进而逐渐下降(图 5)。砂土烤烟叶片总类胡萝卜素含量在现蕾至尚熟时下降幅度较大,尚熟至成熟时略微下降,经烘烤后总类胡萝卜素含量仍高于其他几种土壤质地的烟叶。砂壤土叶片总类胡萝卜素含量呈梯度递减,且烤后叶片中降解幅度较大,

但仅有少量存在。壤土叶片中总类胡萝卜素含量变化趋势与砂壤土叶片变化趋势一致,烤后仅有少量总类胡萝卜素存在。黏土叶片总类胡萝卜素含量在现蕾至尚熟时降解幅度较大,成熟采收时与尚熟时相比变化不大,经烘烤后下降幅度较大。方差分析和多重比较结果表明:总类胡萝卜素含量现蕾期砂土除与壤土差异不显著外,与砂壤土和黏土差异极显著,砂壤土和壤土、黏土差异极显著,壤土和黏土差异极显著;尚熟期砂土与其他 3 种土壤差异极显著,砂壤土与壤土差异极显著,与黏土差异显著,壤土和黏土之间差异极显著;成熟采收期和烤后 4 种土壤之间差异均极显著。

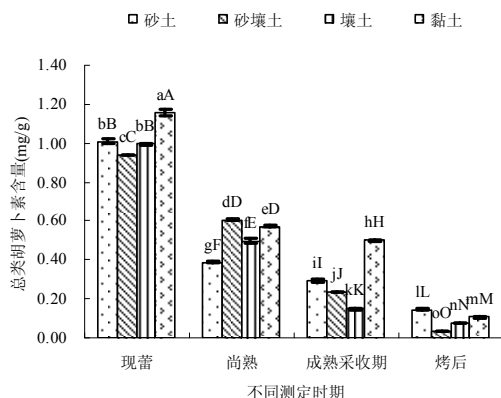


图 5 不同质地土壤不同测定时期烟叶中总类胡萝卜素含量的变化

Fig. 5 Carotenoids contents of flue-cured tobacco leaf at different stages in soils with different textures

2.6 不同时期烟叶叶绿素 a 含量比较

各质地土壤中烟叶叶绿素 a 含量随生育期的推进总体变化趋势不完全一致(图 6),但在调制过程中,叶绿素 a 均完全降解消失。砂土中烤烟现蕾期烟叶叶绿素 a 含量最高,尚熟至成熟采收时依次递减,烤后烟叶中完全降解。砂壤土中烟叶叶绿素 a 含量从现蕾到尚熟时略微下降,成熟采收时下降明显,经烘烤后完全降解。壤土中烟叶叶绿素 a 含量变化趋势与砂土中烟叶变化趋势一致,各时期依次递减,烘烤后完全降解。黏土中烟叶叶绿素 a 含量经现蕾至尚熟时明显下降,成熟采收时略微下降,且成熟采收时该地烟叶叶绿素 a 含量与其他 3 种质地土壤中相比含量最高,经烘烤调制后完全降解消失。方差分析和多重比较结果表明:叶绿素 a 含量在现蕾期和尚熟期砂土与砂壤土、黏土中差异极显著,与壤土中差异不显著,砂壤土与壤土、黏土中差异极显著,壤土和黏土中差异极

显著；成熟采收期4种土壤之间差异极显著。

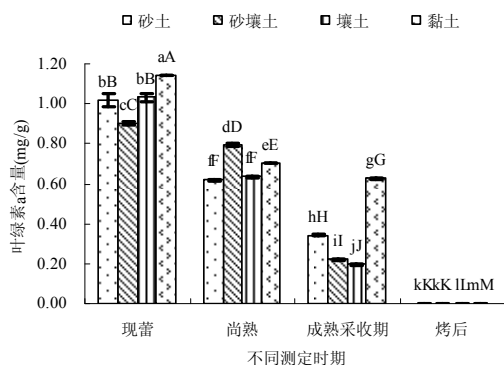


图6 不同质地土壤不同测定时期烟叶中叶绿素 a 含量的变化

Fig. 6 Chlorophyll a contents of flue-cured tobacco leaf at different stages in soils with different textures

2.7 不同时期叶绿素 b 含量比较

各土壤质地烟叶叶绿素 b 含量随生育期的推进呈现出不同的变化趋势 (图 7)。砂土烟叶叶绿素 b 含量随生育期的推进逐渐下降, 烘烤后仍有部分叶绿素 b 未完全降解, 可能与该地的烘烤调制技术有关。砂壤土烟叶叶绿素 b 含量经现蕾至尚熟时含量增加, 至成熟时下降明显, 经烘烤后仍有少量叶绿素 b 存在。壤土烟叶叶绿素 b 含量各时期依次下降, 烘烤后仍有少量存在。黏土烟叶叶绿素 b 含量由现蕾至尚熟时含量下降, 成熟采收时下降不明显, 烘烤调制后下降明显。各种土壤质地烟叶经烘烤调制后均含有一定量的叶绿素 b, 可能与这几个地方的烘烤调制技术有关。方差分析和多重比较结果表明: 叶绿素 b 含量在各个时期 4 种土壤之间差异均极显著。

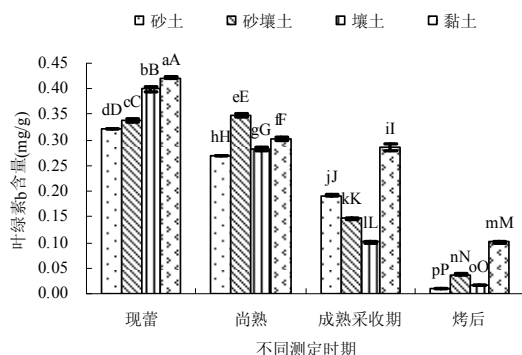


图7 不同质地土壤不同测定时期烟叶中叶绿素 b 含量的变化

Fig. 7 Chlorophyll b contents of flue-cured tobacco leaf at different stages in soils with different textures

2.8 不同时期烟叶总叶绿素含量比较

各种质地土壤中烟叶总叶绿素含量随生育期的推

进变化趋势不完全一致 (图 8)。砂土中烟叶总叶绿素含量各时期逐渐递减, 烘烤后仍有少量存在。砂壤土中烟叶总叶绿素含量经现蕾至尚熟时下降不明显, 成熟采收时下降较为明显, 且烘烤调制后含量最低。壤土中烟叶总叶绿素含量变化趋势与砂质土中烟叶总叶绿素含量变化趋势一致, 烘烤调制后也有少量存在。黏土中烟叶总叶绿素含量经现蕾至尚熟时含量下降, 成熟采收时含量略微下降, 经烘烤调制后含量下降明显。方差分析和多重比较结果表明, 烟叶总叶绿素含量在现蕾期砂土与砂壤土中差异显著, 与壤土中差异不显著, 与黏土中差异极显著; 尚熟期、成熟采收期和烤后总叶绿素含量在 4 种土壤之间差异均极显著。

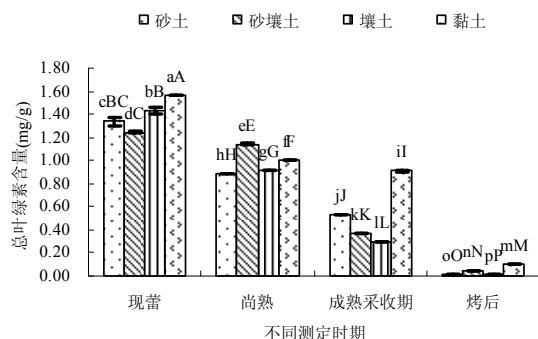


图8 不同质地土壤不同测定时期烟叶中总叶绿素含量的变化

Fig. 8 Total chlorophyll contents of flue-cured tobacco leaf at different stages in soils with different textures

3 结论与讨论

不同时期对烟叶质体色素的测定结果表明, 现蕾后各种色素含量总体呈下降趋势, 所有色素均于烤后样含量最低。相比而言, 调制后叶绿素类色素含量降低幅度较大, 类胡萝卜素类色素烘烤调制过程降解较少。Court等^[21]研究结果表明, 在生长发育过程中各种色素含量均表现为逐渐降低, 偶尔的色素含量升高与降雨或灌溉相关联。

砂土中烟叶与其他几种质地土壤中烟叶相比, 除β-胡萝卜素和总类胡萝卜素在烤后烟叶样品中含量较高外, 其余几种色素降解程度均较大。砂土中烟叶调制后类胡萝卜素残留较多可能与后期出现脱肥, 烟叶身份较薄, 不耐成熟, 干燥过快有关。砂壤土中烟叶中大部分色素含量在烟株旺长期至尚熟时下降较为缓慢, 成熟采收时下降较为明显, 在烤后烟叶中β-胡萝卜素和总类胡萝卜素残留较少, 表明烟叶质体色素降解充分, 这为香气物质的形成和积累奠定了基础。壤土中烟叶中各种色素含量随生育期推进下降趋势均较

明显, 烤后烟叶样品中 β -胡萝卜素和总类胡萝卜素含量也较低, 残留较少, 降解充分。黏土中烟叶各种色素含量经旺长期至尚熟时含量开始下降, 但在成熟采收时含量较高, 这与该地前期干旱肥料利用率较低, 氮素供应滞后, 烟叶贪青晚熟有很大关系, 烤后烟叶中叶绿素和类胡萝卜素含量较高, 表明黏土中烟叶成熟度较低, 叶片组织紧密, 质体色素降解不充分, 不利于香气物质的形成和积累。感官评吸也表明, 砂土中烟叶香气质较好, 但香气量不足, 砂壤土中烟叶香气量大, 烟气柔和, 黏土中烟叶则刺激性和杂气较大。这与不同质地土壤的供肥特性^[22]和烟叶质体色素降解程度有关, 与邱立友^[23]的氧化应激效应理论相一致, 该理论认为: 含沙比例较高的土壤, 通透性强, 土壤升温快, 烟株发育早, 生长代谢旺盛, 干物质积累快, 但由于土壤保水保肥能力差, 后期易脱肥, 烤烟生长受到较强的氧化应激, 抗氧化物质类胡萝卜素和酚类等香气前体物质代偿性合成, 并能适时进入衰老成熟, 色素物质在采收期和烘烤时能够迅速降解, 减少清香气和刺激性, 并产生大量的香气物质。也与世界著名烟草专家左天觉等^[8]所指出的, 烟草最适宜生长在砂壤土的研究结果相一致。

参考文献:

- [1] 李志, 史宏志, 刘国顺, 王道支, 祖朝龙, 杨永锋. 施氮量对皖南砂壤土烤烟碳氮代谢动态变化的影响. 土壤, 2010, 42(1): 8-13
- [2] 史宏志, 李志, 刘国顺, 王道支, 祖朝龙, 杨永锋. 皖南焦甜香烤烟碳氮代谢差异分析及糖分积累变化动态. 华北农学报, 2009, 24(3): 144-149
- [3] Del Castillo W. Chemical composition of tobacco in relation to organoleptic properties. *Coresta*, 1987(3): 19
- [4] 姚益群, 谢金伦, 郭其菲, 王淑华. 云南烟草香气研究. 烟草科技, 1988(4): 24-26
- [5] 施红林, 王保兴, 刘巍, 王岚, 李忠, 蒋次清, 杨光宇. 固相萃取-高效液相色谱法测定烟草样品中植物色素的研究. 中国烟草学报, 2003, 9(2): 1-5
- [6] 王瑞新. 烟草化学. 北京: 中国农业出版社, 2003
- [7] 周冀衡, 王勇, 邵岩, 杨虹琦, 李永平, 朱列书. 产烟国部分烟区烤烟质体色素及主要挥发性香气物质含量的比较. 湖南农业大学学报, 2005, 31(2): 128-132
- [8] 左天觉, 朱尊权. 烟草的生产、生理和生物化学. 上海: 上海远东出版社, 1993: 386-396
- [9] 杨立均, 宫长荣, 马京民. 烘烤过程中烟叶色素的降解及与化学成分的相关分析. 中国烟草科学, 2002(2): 5-7
- [10] Kaneko H, Harada M. 4-Hydroxy- β -damascone and 4-Hydroxy-dihydro- β -damascone from Cigar tobacco. *Agricultural Biology Chemistry*, 1972, 36(1): 168-171
- [11] 史宏志, 刘国顺. 烟草香味学. 北京: 中国农业出版社, 1998
- [12] 周冀衡, 杨虹琦, 林桂华, 杨述元. 不同烤烟产区烟叶中主要挥发性香气物质的研究. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2004, 30(1): 20-23
- [13] Week WW. Chemistry of tobacco constituents influencing flavor and aroma. *Recent Advance of Tobacco Science*, 1985, 11: 175-200
- [14] 张莉, 董学畅, 张甜, 吴方评, 杨光宇. 高效液相色谱法测定烟草样品中的叶黄素和 β -胡萝卜素. 云南化工, 2004, 31(20): 39-41
- [15] 王树声. 烟叶色素与化学成分及评吸结果的相关关系. 中国烟草, 1990(4): 21-24
- [16] 李雪震, 张希杰, 李念胜, 王树声, 梁洪波. 烤烟烟叶色素与烟叶品质的关系. 中国烟草, 1988(2): 23-27
- [17] 杨虹琦, 周冀衡, 杨述元, 王勇, 周清明, 罗泽民. 不同产区烤烟中主要潜香型物质对评吸质量的影响研究. 湖南农业大学学报, 2005, 31(1): 11-14
- [18] 刘百战, 宗若雯, 岳勇, 张映, 孙磊, 庄亚东, 仇方忻. 国内外部分白肋烟香味成分的对比分析. 中国烟草学报, 2000, 6(2): 1-5
- [19] 武雪萍, 钟秀明, 秦艳青, 刘国顺, 杨超, 王恒旭. 不同种类饼肥与化肥配施对烟叶香气质量的影响. 中国农业科学, 2006, 39(6): 1196-1201
- [20] 刘国顺, 叶协锋, 王彦亭, 李雪利, 马丽霞. 不同钾肥施用量对烟叶香气成分含量的影响. 中国烟草科学, 2004(4): 1-4
- [21] Court W A and Hendel J G. Changes in leaf pigments during senescence of flue-cured tobacco. *Can. J. Plant Sci.* 1984, 64: 229-232
- [22] 李潮海, 李有田, 荆棘, 侯松, 蔡东升. 不同质地土壤高产夏玉米氮肥追施技术研究. 玉米科学, 1993, 1(4): 53-56
- [23] 邱立友. 皖南烟区烤烟特殊香气风格形成机理研究(博士学位论文). 郑州: 河南农业大学, 2008: 66-67

Differences on Pigment Contents of Flue-cured Tobacco Leaves in Soils with Different Textures

QIAN Hua¹, SHI Hong-zhi^{1*}, ZHANG Da-chun², GU Shao-long¹, ZHANG Qiu-ju¹, LIU Guo-shun¹, XIE De-ping³, LI Yan-tao³

(¹ National Tobacco Cultivation & Physiology & Biochemistry Research Center, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

² China Tobacco Henan Industrial Corporation, Zhengzhou 450000, China;

³ Pingdingshan Tobacco Company of Henan Province, Pingdingshan, Henan 467000, China;)

Abstract: Four kinds of soils with different textures in middle region of Henan Province tobacco area were selected to investigate the differences of Chromoplas pigment contents at different growth stages and flue-cured tobacco leaves. The results showed that for sandy soil the contents of β -carotene and total carotenoids were higher in flue-cured tobacco leaves but other pigments degraded more; for sandy loam soil most pigments decreased slightly before the mature stage but then decreased evidently, chlorophyll, β -carotene and total carotenoids remained less in the flue-cured tobacco leaves, and the chromoplast pigment degraded completely; for loam soil, all pigments decreased clearly with the growth stage and remained less in flue-cured tobacco leaves; for clay soil, all pigments decreased slightly before the mature stage but degraded less and were higher at the mature stage, in flue-cured tobacco leaves chlorophyll and total carotenoids were on the high side. Flue-cured tobacco cultivation in sandy loam and loam soils were in favor of the accumulation and timely transformation of fragrant precursors.

Key words: Flue-cured tobacco, Soil texture, Chromoplast pigment, Fragrant precursor