

中国优质烤烟产区耕层土壤腐殖质组分特征*

王程栋¹ 徐宜民¹ 马兴华¹ 刘光亮¹ 曲潇玲¹ 李东阳² 曾庆宾³
王树声^{1†}

(1 中国农业科学院烟草研究所, 山东青岛 266101)

(2 陕西省烟草公司宝鸡市公司, 陕西宝鸡 721000)

(3 四川省烟草公司攀枝花市公司, 四川攀枝花 617000)

摘 要 土壤腐殖质含量和组成影响烤烟的产量和质量。中国烤烟种植空间分布广泛, 植烟土壤的成土因素和土壤类型复杂多样, 但有关全国尺度的植烟土壤腐殖质组分特征的研究报道甚少。采集了中国 12 个优质烟叶产区 47 个代表性县市 425 个典型烟田的耕层 (0~30 cm) 土样, 测定和比较分析了土壤腐殖质组分, 并进行了聚类分区。结果表明: (1) 腐殖质总碳量介于 6.04~23.18 g·kg⁻¹, 平均为 13.91 g·kg⁻¹; 腐殖酸碳量、胡敏酸碳量、胡敏素碳量、富里酸碳量以及胡富比的范围分别为 3.66~12.23 g·kg⁻¹、1.41~6.17 g·kg⁻¹、2.38~10.95 g·kg⁻¹、2.24~6.99 g·kg⁻¹ 和 0.45~1.03, 平均分别为 8.10 g·kg⁻¹、3.22 g·kg⁻¹、5.81 g·kg⁻¹、4.88 g·kg⁻¹ 和 0.72。(2) 腐殖质全碳量南岭山区显著高于其他地区, 中原产区与鲁中山区显著低于其他地区; 腐殖酸碳量、胡敏酸碳量和胡敏素碳量均以南岭山区为最高, 鲁中山区均为最低; 胡敏素含量攀西山区较高, 但其他组分偏低。(3) 依据腐殖质组分 (6 项指标) 将 47 个县市产区分为四类地区, 各类地区之间腐殖质含量和组分差异显著。

关键词 全国尺度; 植烟土壤; 不同产区; 腐殖质组分; 聚类分析

中图分类号 S153.6⁺22 **文献标识码** A

土壤腐殖质是有机物经过微生物新陈代谢降解后合成的一类非均质的呈黑色或黑褐色的有机高分子化合物, 根据在酸碱中的溶解度分为胡敏酸、富里酸和胡敏素^[1-3]。土壤腐殖质具有吸收、交换等多种功能, 对土壤的物理、化学及生物学性质均有重要影响^[4]。腐殖质是评价土壤肥力和质量的重要指标, 也是影响烤烟品质与产量的主要因素之

一^[5-7]。研究表明, 不同地区土壤腐殖质的含量、组分以及性质会随生物、气候条件的不同而异, 并进而一定程度上影响烟草的品质和产量^[8]。因此, 土壤腐殖质组分研究一直是我国烤烟种植的一个重要研究领域^[9]。

我国烤烟种植空间分布广泛, 从东北至西南均有分布, 涉及黑龙江、吉林、辽宁、山东、河南、

* 中国农业科学院科技创新工程项目 (ASTIP-TRIC03)、中国烟草总公司陕西省公司项目 (BJYC-2016-FW-043) 和中国烟草总公司四川省公司项目 (PZHYC2018001) 共同资助 Supported by the Agricultural Science and Technology Innovation Project of Chinese Academy of Agricultural Sciences (No. ASTIP-TRIC03), the Science and Technology Project of Shaanxi Tobacco Company of China (No. BJYC-2016-FW-043) and the Science and Technology Project of Sichuan Tobacco Company of China (No. PZHYC2018001)

† 通讯作者 Corresponding author, E-mail: wangshusheng@caas.cn

作者简介: 王程栋 (1982—), 男, 山东威海人, 硕士, 助理研究员, 主要从事作物栽培与耕作研究。E-mail: wangchengdong198@163.com

收稿日期: 2018-05-23; 收到修改稿日期: 2019-01-20; 优先数字出版日期 (www.cnki.net): 2019-02-25

安徽、陕西、湖南、四川、重庆、江西、广东、广西、福建、贵州、云南等地^[10]。不同产区成土因素和土壤类型复杂多样，腐殖质组成自然也不尽相同。虽然已有我国植烟土壤腐殖质组分区域尺度方面的报道^[11-15]，但全国尺度的相关信息尚缺乏。为此，本研究依据2011—2013年获取的我国主要优质烟叶产区的耕层土样，测定分析了其土壤腐殖质组分，希望能够反映全国尺度上的烟田土壤腐殖质组分特征，并尝试进行了分区，旨在为进一步了解土壤腐殖质组分与烤烟风格和品质之间的关系提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 优质烟叶产区与代表性烟田确定

依据《中国烟草种植区划》^[10]和中国烟草总公司提供的我国烤烟种植面积和烟叶品质等信息，选定覆盖全国的12个优质烟叶产区^[16]，包括47个代表性县市产区，合计425个典型烟田（表1）。各县市典型烟田的确定主要是基于代表性土壤类型（依据1：5万土壤图）、烟叶收购站和烟农提供的烟田长年烟叶长势信息。

表1 调查采样的典型烟田区域分布

Table 1 Spatial distribution of the typical tobacco-planting fields surveyed in China

优质烟叶产区	代表性县市
High-quality tobacco-planting region	Typical area
武陵山区	贵州德江（5）、贵州道真（5）、湖北咸丰（9）、湖北利川（10）、湖南桑植（10）、湖南凤凰（10）、重庆彭水（5）、重庆武隆（5）
Wuling region	Dejiang Guizhou（5）， Daozhen Guizhou（5）， Xianfeng Hubei（9）， Lichuan Hubei（10）， Sangzhi Hunan（10）， Fenghuang Hunan（10）， Pengshui Chongqing（5）， Wulong Chongqing（5）
黔中山区	贵州遵义（21）、贵州黔西（5）、贵州贵定（10）、贵州开阳（22）、贵州西秀（5）、贵州余庆（5）、贵州凯里（5）
Central Guizhou region	Zunyi Guizhou（21）， Qianxi Guizhou（5）， Guiding Guizhou（10）， Kaiyang Guizhou（22）， Xixiu Guizhou（5）， Yuqing Guizhou（5）， Kaili Guizhou（5）
秦巴山区	陕西南郑（9）、陕西旬阳（5）、湖北兴山（5）、湖北房县（5）、重庆巫山（5）
Qinba region	Nanzheng Shaanxi（9）， Xunyang Shaanxi（5）， Xingshan Hubei（5）， Fangxian Hubei（5）， Wushan Chongqing（5）
鲁中山区	山东临朐（24）、山东蒙阴（29）、山东费县（5）、山东诸城（5）、山东五莲（3）、山东莒县（5）
Central Shandong region	Linqu Shandong（24）， Mengyin Shandong（29）， Feixian Shandong（5）， Zhucheng Shandong（5）， Wulian Shandong（3）， Juxian Shandong（5）
东北产区	辽宁宽甸（5）、黑龙江宁安（4）、吉林汪清（5）
Northeast region	Kuandian Liaoning（5）， Ningan Heilongjiang（4）， Wangqing Jilin（5）
雪峰山区	贵州天柱（5）、湖南靖州（6）
Xuefeng region	Tianzhu Guizhou（5）， Jingzhou Hunan（6）
云贵高原	云南南涧（20）、云南江川（20）、贵州盘县（5）、贵州威宁（5）、贵州兴仁（5）
Yungui region	Nanjian Yunnan（20）， Jiangchuan Yunnan（20）， Panxian Guizhou（5）， Weining Guizhou（5）， Xingren Guizhou（5）
武夷山区	福建永定（20）、福建泰宁（10）
Wuyi region	Yongding Fujian（20）， Taining Fujian（10）
南岭山区	湖南桂阳（24）、湖南江华（16）
Nanling region	Guiyang Hunan（24）， Jianghua Hunan（16）
中原产区	河南襄城（10）、河南灵宝（5）
Zhongyuan region	Xiangcheng Henan（10）， Lingbao Henan（5）
皖南山区	安徽宣城（10） Xuancheng Anhui（10）
Wannan region	
攀西山区	四川会东（5）、四川会理（4）、四川米易（5）、四川仁和（5）
Panxi region	Huidong Sichuan（5）， Huili Sichuan（4）， Miyi Sichuan（5）， Renhe Sichuan（5）

注：括号内数据表示典型烟田数量 Note: Data in parentheses are number of typical tobacco-planting field

1.2 土样采集与测定

在选定的典型烟田地块，运用“梅花形五点取样法”采集0~30 cm耕层（烟垄）土样，去杂后充分混匀，自然风干，分别研磨过孔径750 μm和250 μm尼龙筛。土壤腐殖质组成的测定采用重铬酸钾氧化法^[11-12]。

1.3 数据处理与分析

数据处理、统计分析与制图采用 Microsoft Excel 2016和SPSS 20.0进行，主要包括聚类分析和方差分析，多重比较采用新复极差法。

2 结 果

2.1 优质烟叶产区腐殖质组分总体特征

表2为土壤腐殖质及其组分的统计结果，可以看出，我国优质烟叶产区烟田耕层土壤腐殖质总碳量介于6.04~23.18 g·kg⁻¹，平均为13.91 g·kg⁻¹，腐殖酸碳量、胡敏酸碳量、胡敏素碳量、富里酸碳量和胡富比分别为3.66~12.33 g·kg⁻¹、1.41~6.17 g·kg⁻¹、2.38~10.95 g·kg⁻¹、2.24~6.9 g·kg⁻¹和1.03~0.45之间，平均分别为8.10 g·kg⁻¹、3.22 g·kg⁻¹、5.81 g·kg⁻¹、4.88 g·kg⁻¹和0.72，变异系数介于20%~40%，其中，胡敏酸碳量变异系数最高，为39.40%，胡富比变异系数最低，为22.27%。表明我国优质烟叶产区土壤腐殖质总碳量以及各组分含量总体上差异较大。

2.2 同一产区不同县市之间土壤腐殖质组分比较

武夷山区、攀西山区高腐殖质全碳量、腐殖酸碳量、胡敏酸碳量、胡敏素碳量和富里酸碳量土壤分布较为集中，分布在永定和仁和；黔中山区、秦巴山区、云贵高原、南岭山区、中原产区高腐殖质全碳量、腐殖酸碳量、胡敏素碳量和富里酸碳量土壤分布较为集中，分布在西秀、巫山、盘县、江华、襄城；武陵山区高腐殖质全碳量、胡敏酸碳量、胡敏素碳量土壤分布较为集中，主要分布在利川；鲁中山区高腐殖质全碳量、腐殖酸碳量、胡敏素碳量土壤分布较为集中，最高值分布在临朐；东北产区、雪峰山区高腐殖质全碳量、胡敏素碳量、富里酸碳量土壤分布较为集中，最高值分别分布在宽甸、天柱。

攀西山区仁和、武夷山区永定、中原产区襄城胡敏酸碳量显著高于区域内其他各县市，攀西山区仁和、武夷山区永定腐殖质全碳量显著高于区域内其他各县市，攀西山区仁和、武夷山区永定、中原产区襄城腐殖酸碳量显著高于区域内其他各县市，攀西山区仁和胡敏酸碳量显著高于区域内其他各县市，攀西山区会东土壤腐殖质各组分含量均显著低于区域内其他各县市。

2.3 不同产区之间土壤腐殖质组分比较

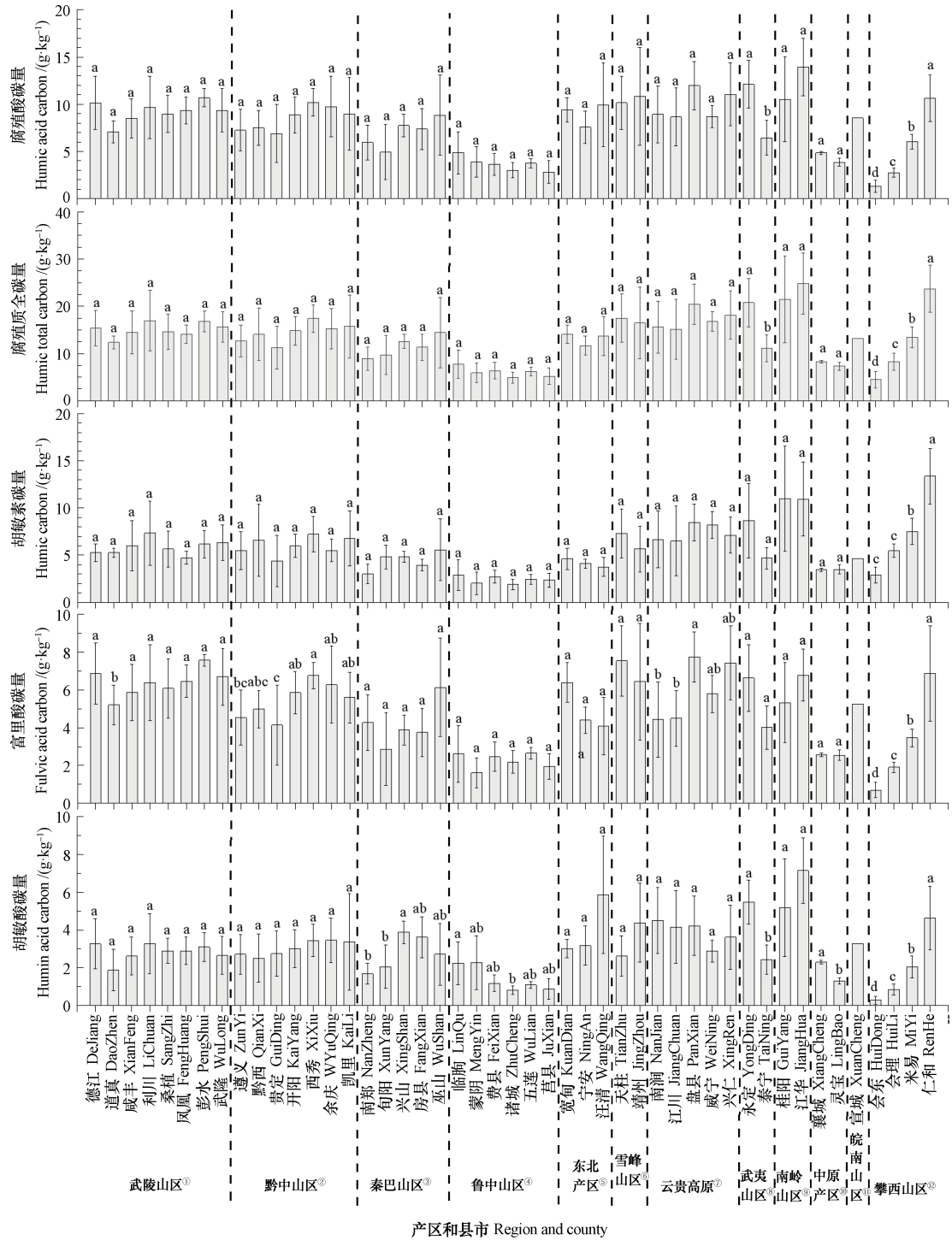
如表3所示，十二个优质烟叶产区中，南岭山区腐殖质全碳量、腐殖酸碳量、胡敏酸碳量和胡敏素碳量平均含量均最高，雪峰山区富里酸碳量平均

表2 优质烟叶产区的腐殖质组分特征

Table 2 Statistics of components and contents of topsoils humus in the tobacco-planting fields						
指标 Index	腐殖质全碳量 Humus total carbon/ (g·kg ⁻¹)	腐殖酸碳量 Humic acid carbon/ (g·kg ⁻¹)	胡敏酸碳量 Humin acid carbon/ (g·kg ⁻¹)	胡敏素碳量 Humin carbon/ (g·kg ⁻¹)	富里酸碳量 Fulvic acid carbon/ (g·kg ⁻¹)	胡富比 HA/FA
平均值 Mean	13.91	8.1	3.22	5.81	4.88	0.72
范围 Range	23.18~6.04	12.23~3.66	6.17~1.41	10.95~2.38	6.99~2.24	1.03~0.45
中值 Median	13.83	8.76	3.16	5.91	5.29	0.74
标准差 SD	4.48	2.58	1.27	2.25	1.52	0.16
变异系数 CV/%	32.2	31.82	39.4	38.71	31.2	22.27

含量最高,鲁中山区在腐殖质全碳量以及腐殖质各组分含量均为最低。武陵山区、雪峰山区、云贵高原与武夷山区之间土壤腐殖质全碳量以及各组分方

面差异不显著。黔中山区、东北地区、皖南山区土壤腐殖质全碳量以及各组分方面差异不显著。攀西山区胡敏素含量较高,其他含量均偏低。



注: 同一虚线框内不同字母表示同一指标同一产区不同县之间显著性差异 Note: Different letters affixed to the same column mean statistical significance in difference between different areas in the same regions of the same index. ①Wuling region;②Central Guizhou region;③Qinba region;④Central Shandong region;⑤Northeast region;⑥Xuefeng region;⑦Yungui region;⑧Wuyi region;⑨Nanling region;⑩Zhongyuan region;⑪Wannan region;and ⑫Panxi region

图1 12个区域土壤腐殖质组分含量特征

Fig. 1 Statistics of components and contents of topsoils humus in the 12 regions

表3 各优质烟叶产区腐殖质组分含量

Table 3 Components and their contents in soil humus in the high quality tobacco growing areas					
区域划分 (样本数)	腐殖质全碳量	腐殖酸碳量	胡敏酸碳量	胡敏素碳量	富里酸碳量
Regional division	Humus total carbon/	Humic acid carbon/	Humin acid carbon/	Humin carbon/	Fulvic acid carbon/
(Number of samples)	(g·kg ⁻¹)	(g·kg ⁻¹)	(g·kg ⁻¹)	(g·kg ⁻¹)	(g·kg ⁻¹)
武陵山区 ^① (59)	15.06bcd	9.20bcd	2.86de	5.86bc	6.34ab
黔中山区 ^② (56)	13.68cde	7.99de	2.92de	5.70bc	5.07cd
秦巴山区 ^③ (29)	11.06e	6.83ef	2.64de	4.23cd	4.19de
鲁中山区 ^④ (71)	6.44f	4.05g	1.93e	2.38e	2.12g
东北产区 ^⑤ (14)	13.24cde	9.07bcd	4.08bc	4.16cd	5.00cd
雪峰山区 ^⑥ (11)	16.93b	10.52ab	3.58bcd	6.41 b	6.94a
云贵高原 ^⑦ (55)	16.22bc	9.28bcd	4.13bc	6.94b	5.15cd
武夷山区 ^⑧ (30)	17.54b	10.22abc	4.46 b	7.32 b	5.75bc
南岭山区 ^⑨ (40)	22.84a	11.89a	5.98a	10.96a	5.91abc
中原产区 ^⑩ (31)	8.14f	4.69g	2.13 e	3.45de	2.56fg
皖南山区 ^⑪ (10)	13.19cde	8.54cd	3.28cd	4.65cd	5.26cd
攀西山区 ^⑫ (19)	12.71de	5.31 fg	2.01e	7.39b	3.30ef

注：同列不同字母表示同一指标不同区域之间差异显著。下同 Note: Letters in the same column indicate statistical significance in difference between regions of the same index. ①Wuling region; ②Central Guizhou region; ③Qinba region; ④Central Shandong region; ⑤Northeast region; ⑥Xuefeng region; ⑦Yungui region; ⑧Wuyi region; ⑨Nanling region; ⑩Zhongyuan region; ⑪Wannan region; and ⑫Panxi region. The same below

2.4 基于腐殖质特征的中国优质烟区分区

上述12个产区划分主要依据区域位置、气候、土壤和烤烟外观、香型风格质量等因素划分^[10]。这里探讨一下基于腐殖质组分特征的聚类分区。如图2所示，根据腐殖质全碳量、腐殖酸碳量、胡敏酸碳量、胡敏素碳量、富里酸碳量和胡富比6项指标进行系统聚类分析，将47个县市优质产区分为四类地区。根据聚类图中类别由上至下顺序，第一类地区包括德江、咸丰、利川、桑植、凤凰、彭水、武隆、开阳、西秀、余庆、凯里、巫山、宽甸、天柱、靖州、南涧、江川、威宁和兴仁19个县市，第二类地区包括道真、遵义、黔西、贵定、南郑、旬阳、兴山、房县、临朐、宁安、汪清、泰宁、襄城、宣城和米易15个县市，第三类地区包括盘县、永定、桂阳、江华和仁和5个县市，第四类地区包括蒙阴、费县、诸城、五莲、莒县、灵宝、会东和会理8个县市。

四类地区腐殖质组分的方差分析结果详见表

4。腐殖质全碳量、腐殖酸碳量、胡敏酸碳量、胡敏素碳量和富里酸碳量，均以第三类地区的均值最高，其次是第一类地区，第四类地区最低。其中，腐殖质全碳量不同地区之间存在显著差异或极显著差异。四类地区之间腐殖酸碳量均存在显著或极显著差异。胡敏酸碳量第一类、第二类地区之间差异不显著，其他地区之间均存在显著差异或极显著差异。胡敏素碳量不同地区之间均存在显著差异或极显著差异。富里酸碳量第一类和第二类地区之间差异不显著，其他地区之间均存在极显著差异。

3 讨 论

土壤腐殖质总碳量及组分含量受生物、气候、土壤等多方面因素的影响。已有研究表明，适当高温、适宜水分有利于微生物活性，进而加速土壤腐殖质分解，使土壤腐殖质全碳量下降。高温有利于胡

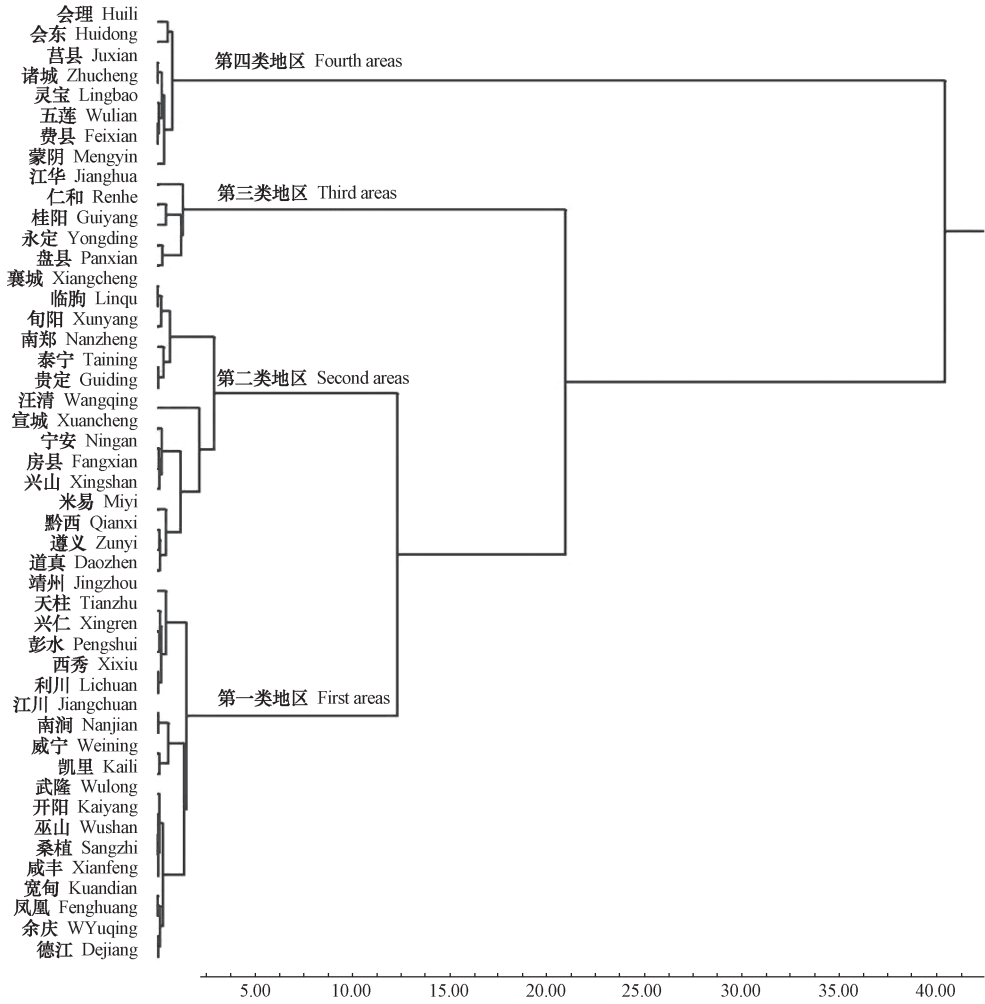


图2 基于土壤腐殖质特征的产区聚类分析图
Fig. 2 Cluster analysis map of the tobacco producing areas based on soil humus composition

表4 腐殖质全碳量的分区差异

Table 4 Difference between the four groups of tobacco producing areas in total carbon of humus						
分区 Region	腐殖质全碳量 Humus total carbon/ (g·kg ⁻¹)	腐殖酸碳量 Humic acid carbon/ (g·kg ⁻¹)	胡敏酸碳量 Humin acid carbon/ (g·kg ⁻¹)	胡敏素碳量 Humin carbon/ (g·kg ⁻¹)	富里酸 Fulvic acid/ (g·kg ⁻¹)	胡富比 HA/FA
第一类地区 First areas	15.76b	9.53b	3.26b	6.24b	6.27b	0.77ab
第二类地区 Second areas	11.47c	6.86c	2.83b	4.62c	4bc	0.58b
第三类地区 Third areas	22.25a	11.83a	5.34a	10.47a	6.67a	1.04a
第四类地区 Fourth areas	6.07d	3.13d	1.08c	2.91d	2c	0.57b

敏酸的形成，低温有利于富里酸的积累^[18]。本研究中，12个优质烟叶产区中腐殖质全碳量平均值最高的为南岭山区，最低为鲁中山区，各产区按含量由高至低依次为南岭山区、武夷山区、雪峰山区、云

贵高原、武陵山区、黔中山区、东北产区、皖南山区、攀西山区、秦巴山区、中原产区、鲁中山区。从腐殖质组分方面来看, 南岭山区除富里酸含量较低外, 腐殖质全碳量及其各组分含量均为第一; 中原产区和鲁中山区在腐殖质总量和各组分含量方面始终处于较后位置, 含量较低。我国南岭山区属中亚热带湿润气候, 年降水量 1 500 ~ 1 900 mm, 年均气温 17 ~ 20 ℃。中原产区冬季受大陆性气团控制, 夏季受海洋性气团控制, 春秋为二者交替过渡季节, 四季分明, 年降水量 600 ~ 1 000 mm, 1 月均温 0 ~ 4 ℃, 7 月均温 26 ~ 28 ℃。鲁中山区属于半湿润暖温带, 年降水量 550 ~ 950 mm, 1 月均温 -5 ~ 0 ℃, 7 月均温 24 ~ 28 ℃^[19]。南岭山区虽温度较高, 降水较多, 微生物活性高, 有利于腐殖质分解, 但南岭山区良好的水热条件有利于动植物生长, 动植物残体的长期土壤返还使土壤腐殖质含量高。本研究中, 东北地区处于我国北方地区, 土壤腐殖质含量相对较高。一方面, 东北年均气温相对较低, 微生物活性低, 土壤腐殖质易积累; 另一方面, 东北地区是我国传统耕区, 积年的农作物残体留在土壤中, 以及秸秆还田^[20], 使土壤腐殖质含量较高。此外, 东北地区盛产大豆, 土壤氮含量较高, 促使微生物形成氨基酸, 氨基酸是腐殖质形成的前体物质, 因而东北地区土壤腐殖质含量较高^[21]。

腐殖质组分及其特征与烟叶品质关系极为密切, 烟叶品质会随腐殖质含量的增加而提高^[22]。土壤腐殖质组分不仅与烟叶常规化学成分存在显著的正相关性, 也与烟叶的感官评价中品质指标存在正相关关系^[17], 增加腐殖酸肥料的投入会提高烟叶的产量、质量^[23-24]。根据第二次全国土壤普查养分评价标准, 第一、二类地区有机质平均含量分别为 27.5 g·kg⁻¹ 和 21.1 g·kg⁻¹, 属于中等水平; 第三类地区有机质平均含量为 40.2 g·kg⁻¹, 属于丰富水平; 第四类地区有机质平均含量为 10.3 g·kg⁻¹, 属于很缺水平。四类地区土壤腐殖质含量差异较大。已有研究表明, 我国烤烟土壤有机质含量适宜范围大致是 20 ~ 35 g·kg⁻¹^[10, 25], 各产区可按照自身情况, 通过调控有机肥料施用、秸秆还田等来调节土壤腐殖质含量, 如第四类地区腐殖质含量缺乏, 可增施生物有机肥、加大秸秆还田力度, 提高腐殖质含量; 第三类地区腐殖质含量丰富,

可以削控饼肥和腐殖酸肥料的施用, 来适当削减土壤腐殖质含量, 从而一定程度上提高烟草的品质和产量。

现有的十二个产区划分主要是基于地理气候和烤烟香型, 属于一定程度上的经验式划分。本文对县市级土壤腐殖质数据进行了层次聚类与数值分析, 得到了基于土壤腐殖质特征的四个新产区划分。从本文相关的数据分析来看, 虽然不同产区的局部地区土壤腐殖质组分和含量相似, 但不同产区乃至同一产区不同县市之间, 也或多或少存在一定的差异。如除武陵山区、秦巴山区和鲁中山区、雪峰山区、云贵高原产区、南岭山区、皖南山区外, 其余产区内各取样点的腐殖质组分存在较大差异, 这可能是烟田的土地利用方式、栽培管理模式导致的土壤有机质差异造成的。这一研究结果, 不仅有助于进一步理解土壤腐殖质组分对烟叶品质的影响关系及其空间模式, 为国家尺度上烤烟土壤保育工作中各烟区土壤的有机质提升提供宏观指导; 同时也通过腐殖质组分的区域分布与产区地理分布比较, 结合腐殖质组分对烟叶品质的影响, 说明土壤腐殖质组分不仅可以在一定范围内影响烟叶品质, 也可作为烤烟品质区划研究中的一个参考指标, 这对进一步完善我国烤烟品质区划指标体系具有一定的指导意义。

4 结 论

我国优质烟叶产区土壤腐殖质总碳量介于 6.04 ~ 23.18 g·kg⁻¹, 胡敏酸、胡敏素、富里酸的含量以及胡富比分别为 3.66 ~ 12.23 g·kg⁻¹、1.41 ~ 6.17 g·kg⁻¹、2.38 ~ 10.95 g·kg⁻¹、2.24 ~ 6.99 g·kg⁻¹ 和 0.45 ~ 1.03, 变异系数 20% ~ 40%。总体上我国优质烟叶产区土壤腐殖质总碳量以及各组分含量差异程度较大。在腐殖质全碳量上, 南岭山区最高, 显著高于其他地区; 中原产区与鲁中山区较低, 显著低于其他地区。在腐殖质组分上, 南岭山区腐殖酸碳量、胡敏酸碳量和胡敏素碳量均为最高, 鲁中山区均为最低。攀西山区胡敏素含量较高, 其他组分偏低。总体而言, 我国南方地区腐殖质含量高于北方。依据腐殖质组分将 47 个县市产区分为四类地区, 各类地区之间腐殖质含量和组分上差异显著。

参 考 文 献

- [1] Stevenson F J. 腐殖质化学. 北京: 北京农业大学出版社, 1982: 1—5
Stevenson F J. Humus chemistry (In Chinese). Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1982: 1—5
- [2] Piccolo A. The supramolecular structure of humic substances: A novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. *Advances in Agronomy*, 2002, 75: 57—134
- [3] 梁重山, 党志, 刘丛强. 土壤/沉积物样品中有机碳含量的快速测定. *土壤学报*, 2002, 39 (1): 135—139
Liang Z S, Dang Z, Liu C Q. Rapid determination of total organic carbon in soil/sediment samples (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2002, 39 (1): 135—139
- [4] 曹志洪. 优质烟生产的土壤与施肥. 南京: 江苏科学技术出版社, 1991
Cao Z H. The soil and fertilization of high-quality tobacco production (In Chinese). Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1991
- [5] 郭群召, 姜占省, 张新要, 等. 不同有机质含量土壤对烤烟生长发育和氮素积累及上部叶化学成分的影响. *中国农学通报*, 2006, 22 (5): 254—257
Guo Q Z, Jiang Z X, Zhang X Y, et al. Effects of soil concentrations with different organic matter on growth, nitrogen accumulation and chemical components of upper leaves of flue-cured tobacco (In Chinese). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22 (5): 254—257
- [6] 王允白, 王宝华, 计玉, 等. 山东沂水植烟土壤类型与烟叶品质关系的调查研究. *中国烟草科学*, 2000, 21 (2): 11—15
Wang Y B, Wang B H, Ji Y, et al. Investigation on relationship between soil types and tobacco leaf quality in Shandong (In Chinese). *Chinese Tobacco Science*, 2000, 21 (2): 11—15
- [7] 刘炳清, 许自成, 黄化刚, 等. 贵州乌蒙烟区清甜香烤烟风格形成的土壤腐殖质组成特征. *土壤通报*, 2015, 46 (2): 382—385
Liu B Q, Xu Z C, Hang H G, et al. Composition characteristics of soil humus of light-sweet flavor style of flue-cured tobacco in wumeng tobacco-growing areas (In Chinese). *Chinese Journal of Soil Science*, 2015, 46 (2): 382—385
- [8] 徐小忠, 薛锦华, 印军荣. 不同类型土壤腐殖质组分的研究. *江苏环境科技*, 2006, 19 (2): 7—9
Xu X Z, Xue J H, Yin J R. Studies on humus fractions from different soil (In Chinese). *Jiangsu Environmental Science and Technology*, 2006, 19 (2): 7—9
- [9] 窦森. 土壤有机质. 北京: 科学出版社, 2010
Dou S. Soil organic matter (In Chinese). Beijing: Science Press, 2010
- [10] 王彦亭, 谢剑平, 李志宏. 中国烟草种植区划. 北京: 科学出版社, 2010
Wang Y T, Xie J P, Li Z H. China tobacco planting division (In Chinese). Beijing: Science Press, 2010
- [11] 张万儒, 杨光滢, 屠星南, 等. 森林土壤腐殖质组成的测定: LY/T1238-1999. 北京: 中国标准出版社, 1999
Zhang W R, Yang G Y, Tu X N, et al. Determination of humus composition in forest soil (In Chinese): LY/T1238-1999. Beijing: Standard Press of China, 1999
- [12] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述. 北京: 中国标准出版社, 1996: 33
Liu G S. Soil physical and chemical analysis and profile description (In Chinese). Beijing: Standard Press of China, 1996: 33
- [13] 马云飞, 罗会斌, 宋街明, 等. 我国部分典型植烟区土壤腐殖质组成特征及其与部分土壤因子的关系. *中国烟草学报*, 2013, 19 (1): 21—25
Ma Y F, Luo H B, Song J M, et al. Relationships between humus chemical composition and soil factors in typical tobacco growing regions in China (In Chinese). *Acta Tabacaria Sinica*, 2013, 19 (1): 21—25
- [14] 刘鑫, 窦森, 李长龙, 等. 开垦年限对稻田土壤腐殖质组成和胡敏酸结构特征的影响. *土壤学报*, 2016, 53 (1): 137—142
Liu X, Dou S, Li C L, et al. Composition of humus and structure of humic acid as a function of age of paddy field (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2016, 53 (1): 137—142
- [15] 崔婷婷, 窦森, 杨轶因, 等. 秸秆深还还对土壤腐殖质组成和胡敏酸结构特征的影响. *土壤学报*, 2014, 51 (4): 718—725
Cui T T, Dou S, Yang Y N, et al. Effect of deep applied corn stalks on composition of soil humus and structure of humic acid (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2014, 51 (4): 718—725
- [16] 徐宜民, 王程栋, 等. 中国优质特色烤烟典型产区生态条件. 北京: 科学出版社, 2016: 23—25
Xu Y M, Wang C D, et al. Ecological conditions of typical producing areas of high-quality characteristic flue-cured tobacco in China (In Chinese). Beijing: Science Press, 2016: 23—25

- [17] 马云飞, 尹启生, 张艳玲, 等. 我国浓香型烟区土壤腐殖质组成特征. 中国烟草科学, 2011, 32 (5) : 10—13
Ma Y F, Yin Q S, Zhang Y L, et al. Composition characteristics of soil humus in full flavor tobacco growing regions of China (In Chinese) . Chinese Tobacco Science, 2011, 32 (5) : 10—13
- [18] 宛祥. 典型烤烟产区土壤腐殖质特征及对烟叶品质的影响. 北京: 中国农业科学院, 2012
Wan X. Soil humus characteristics of typical flue-cured tobacco production regions and its effect on tobacco leaf quality (In Chinese) . Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2012
- [19] 王丽莉. 温度和水分对土壤腐殖质形成与转化的影响. 长春: 吉林农业大学, 2003
Wang L L. Effects of temperature and moisture on formation and transformation of soil humus (In Chinese) . Changchun: Jilin Agricultural University, 2003
- [20] 张艳鸿, 窦森, 董珊珊, 等. 秸秆深还及配施化肥对土壤腐殖质组成和胡敏酸结构影响. 土壤学报, 2016, 53 (3) : 694—699
Zhang Y H, Dou S, Dong S S, et al. Effect of deep incorporation of corn stover combined chemical fertilizer on composition of soil humus and structure of humic acid in soil (In Chinese) . Acta Pedologica Sinica, 2016, 53 (3) : 694—699
- [21] 侯松崧, 张乐, 何红波, 等. 不同浓度葡萄糖添加对黑土氨基酸转化的影响. 土壤通报, 2008, 39 (4) : 779—783
Hou S M, Zhang L, He H B, et al. Effect of different concentration of glucose application on transformation of soil amino acids (In Chinese) . Chinese Journal of Soil Science, 2008, 39 (4) : 779—783
- [22] 秦松, 刘大翠, 刘静, 等. 土壤肥力对烟叶化学成分及品质的影响. 土壤通报, 2007, 38 (5) : 901—905
Qin S, Liu D C, Liu J, et al. Influence of soil fertility on tobacco chemical components and quality (In Chinese) . Chinese Journal of Soil Science, 2007, 38 (5) : 901—905
- [23] 蔡宪杰, 杨义方, 马永建, 等. 腐殖酸类肥料对碱性植烟土壤pH及烤烟产量质量的影响. 中国农学通报, 2008, 24 (6) : 261—265
Cai X J, Yang Y F, Ma Y J, et al. Study on the effect of humus fertilizer on alkaline tobacco-planting soil pH and tobacco yield and quality (In Chinese) . Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008, 24 (6) : 261—265
- [24] 靳志丽, 刘国顺, 聂新柏. 腐殖酸对土壤环境和烤烟矿物质吸收影响的研究. 中国烟草科学, 2002, 23 (3) : 15—18
Jin Z L, Liu G S, Nie X B. The study on effect of humic acid on soil environment and absorbing ability to mineral material of flue-cured tobacco (In Chinese) . Chinese Tobacco Science, 2002, 23 (3) : 15—18
- [25] 梁红. 重庆植烟土壤肥力特征及评价. 重庆: 西南大学, 2014
Liang H. Evaluation of soil fertility status for tobacco growing area in Chongqing (In Chinese) . Chongqing: Southwest University, 2014

Humus Composition of Topsoil in Quality Flue-cured Tobacco Producing Region in China

WANG Chengdong¹ XU Yimin¹ MA Xinghua¹ LIU Guangliang¹ QU Xiaoling¹ LI Dongyang²
ZENG Qingbin³ WANG Shusheng^{1†}

(1 Tobacco Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Qingdao, Shandong 266101, China)

(2 Baoji Tobacco Company of Shaanxi Province, Baoji, Shaanxi 721000, China)

(3 Panzhihua Tobacco Company of Sichuan Province, Panzhihua, Sichuan 617000, China)

Abstract 【Objective】Content and composition of soil humus are major factors that may influence yield and quality of flue-cured tobacco. Tobacco is widely planted in China in a number of soils, different, complex and verified in soil-forming factor and soil type. However little information is available now in the literature about characteristics of soil humus composition at a country scale. 【Method】In this study topsoil samples were collected from 425 tobacco fields in 47 tobacco-planting areas typical of the 12 high-

quality tobacco production regions of China for analysis of composition of topsoil humus. 【Result】 Results show: (1) Total carbon of the soil humus varied in the range of $23.18 \sim 6.04 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ with a mean of $13.91 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$; humic acid carbon, humin acid carbon, humin acid carbon, fulvic acid carbon and H/F ratio did in the range of $12.23 \sim 3.66 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, $6.17 \sim 1.41 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, $10.95 \sim 2.38 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, $6.99 \sim 2.24 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and $1.03 \sim 0.45$ with a mean of $8.10 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, $3.22 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, $5.81 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, $4.88 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and 0.72 , respectively; (2) Total carbon in humus was significantly higher in Nanling mountain region than in the other regions, but significantly lower in Zhongyuan region and Central Shandong than in the other areas. Humic acid carbon, humin acid carbon and humin carbon was the highest in Nanling mountain area and the lowest in Central Shandong, while humus in Panxi region was relatively high in humin but lower in other components; (3) According to content and composition of soil humus (six indices), the 47 areas could be divided into four groups, differing sharply in humus content and composition. 【Conclusion】 The tobacco planting areas are quite different in content and composition of humus in topsoil. The areas in South China are higher than those in North China. The 47 areas are sorted into four groups in terms of content and composition of topsoil humus and the four groups vary significantly in humus content and composition.

Key words Country-wide; Tobacco-planting soil; Different regions; Humus components; Cluster analysis

(责任编辑: 陈荣府)