

临沂烟田耕层土壤综合保育类型研究^①

宗浩¹, 刘文涛¹, 谭效磊¹, 王丽丽¹, 王滨¹, 颜石¹, 高庆磊¹,
高 强¹, 韩 硕¹, 刘春潮¹, 张 佳^{2*}

(1 山东临沂烟草有限公司, 山东临沂 276001; 2 临沂大学, 山东临沂 276001)

摘 要:为更好地指导临沂烟区土壤综合保育,为其他烟区提供参考与依据,在定量分析评价临沂烟区 2 249 份土壤样品的 pH 和有机质、碱解氮、有效磷和有效钾含量、面积及分布情况的基础上,借助地统计学方法和 ArcGIS 平台,划分出 10 类保育类型:提有机质-改碱、增氮-改碱、增氮-提有机质、增氮-提有机质-改酸、增氮-提有机质-改碱、增氮磷-提有机质-改碱、增钾-提有机质-改酸、增氮钾-提有机质-改酸、增氮钾-提有机质-改碱、增氮磷钾-提有机质-改碱,并根据不同类型提出了初步的相应保育措施。

关键词:烟田;土壤;综合保育类型;临沂

中图分类号:S-3 **文献标识码:**A

中国自 20 世纪 80 年代初以来化肥等农用化学品投入量增加了 3.6 倍,而同期农民耕地保育技术水平却没有明显提升,盲目施肥、大量施肥、用药不当、灌溉不当,由此引起肥、水资源的过度消耗,导致土壤质量退化、农民生产成本增加,水、土、大气环境和农产品污染加剧,对粮食安全、环境安全和食品安全造成隐患,土壤保育迫在眉睫^[1]。目前,我国针对基于烟田土壤属性优劣进行的烟田土壤适宜性的评价工作较多^[2-18],但在综合保育类型方面的研究基本还是空白,本研究在临沂烟区开展烟田综合保育类型研究工作,通过采集、分析临沂烟区土壤样本数据,摸清了临沂烟区土壤属性的优劣及空间分布,划分综合保育类型,并提出保育建议,为其他烟区土壤综合保育工作提供参考与技术支撑。

1 材料与方法

1.1 临沂市烤烟种植概况

临沂市地处鲁中南低山丘陵区东南部和鲁东丘陵南部,地势西北高东南低,以沂沭河流域为中心,北、西、东三面群山环抱,向南构成扇状冲积平原。全市土地总面积为 1.72 万 km²,山丘和平原各占土地总面积的 72% 和 28%,气候属暖温带季风区大陆性气候,年均气温 13.3℃,≥10℃的积温 4 000℃,年

降水量 650~900 mm,年日照时数 2 314 h,无霜期 150~220 d^[19]。

临沂是山东烤烟主要产区之一,常年种植烤烟面积稳定在 1 万 hm²左右,收购烟叶(1.5~3)万吨。主要品种为 NC55、NC102、NC89、鲁烟 1 号等,烟区施肥情况大致为:纯 N 52.5 kg/hm²、P₂O₅ 90~135 kg/hm²、K₂O 180~270 kg/hm²、饼肥 375 kg/hm²,施肥方式一般为条施和穴施。灌溉情况大致为:正常年景以降水自然灌溉为主,干旱年份补以地下水、河水或塘库水灌溉。种植制度一般为 1 年烤烟、再种植 1~2 年其他作物(如玉米或小麦等)、再种植 1 年烤烟^[20]。

1.2 样点布设方法

综合考虑烟田的空间均匀性分布、发生学土壤类型、成土母质、地貌地形、轮作制度等因素,采集 2012—2015 年度临沂烟区代表性烟田土壤样品共计 2 449 份(图 1),分布于 9 个植烟县,其中沂水 556 份,费县 506 份,沂南 340 份,平邑 313 份,蒙阴 266 份,莒南 186 份,兰陵 173 份,临沭 55 份,郯城 54 份。按照土壤类型划分,棕壤 1 765 份,褐土 684 份。

1.3 采样与分析方法

采集地点用 GPS 定位,取耕层 10~20 cm 土壤样品,按 S 形均匀采集 15 个点样,四分法缩小样品量至 0.5 kg 左右,自然风干后取出石砾、草根等。从

基金项目:山东省烟草公司项目(鲁烟科[2015]7 号)资助。

* 通讯作者(zhangjia@lyu.edu.cn)

作者简介:宗浩(1985—),男,山东枣庄人,农艺师,博士研究生,主要从事烤烟栽培、生产管理与技术创新工作。E-mail:zhongsdau@163.com

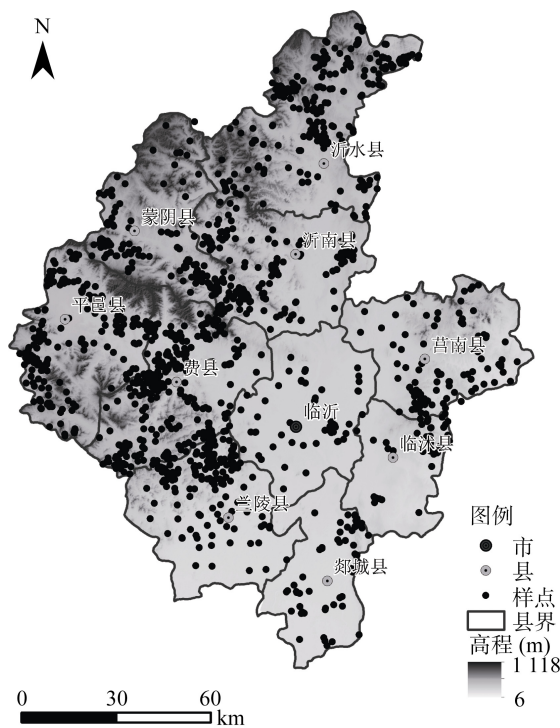


图 1 土壤采样点空间分布
Fig. 1 Spatial distribution of topsoil sampling sites

田间采集的土样经登记编号后进行预处理，经过风干、混匀、研磨、过筛，装瓶后备用。

土壤 pH 采用酸度计法测定；有机质含量采用重铬酸钾滴定法测定；碱解氮含量采用碱解扩散法测定；有效磷采用碳酸氢钠浸提（中性、石灰性土壤）、氟化铵-盐酸浸提（酸性土壤），钼锑抗比色法测定；速效钾含量采用醋酸铵浸提-火焰光度法测定^[21]。

1.4 土壤属性分级标准与综合保育类型划分

属性分级标准的划分排除坡度、质地、耕层厚度 3 个指标。临沂烟田一般是水平梯田(坡度<2°)和缓坡梯田(坡度 2° ~ 5°)，水土流失轻微，不考虑坡度；临沂烟区烟田土壤质地继承于母质，加上绝大部分位于低山丘陵，改变质地成本过高，不考虑质地；临沂烟田起垄层厚度均>30 cm，因此不考虑耕层厚度，而是把酸的、碱的、低有机质、低氮磷钾的烟田列为保育对象。综合考虑我国烟田土壤属性分级情况^[2-8,11,13-14,16-19,22]，确定的具体分级标准见表 1。

1.5 数据处理与制图

采用软件 Excel 2013、SPSS 20.0、地统计学方法、ESRI ArcGIS10.0 进行数据处理与制图。

表 1 土壤属性分级
Table 1 Grade standards of soil properties

pH		养分				
分级	范围	分级	有机质(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)
过酸	<5.0	过低	<15	<60	<10	<80
偏酸	5.0 ~ 5.5	偏低	15 ~ 20	60 ~ 100	10 ~ 15	80 ~ 150
适宜	5.5 ~ 7.0	适宜	20 ~ 35	100 ~ 180	15 ~ 20	150 ~ 220
偏碱	7.0 ~ 7.5	偏高	35 ~ 40	180 ~ 240	20 ~ 25	220 ~ 350
过碱	>7.5	过高	>40	>240	>25	>350

2 结果与讨论

2.1 土壤属性的丰缺面积与空间分布

2.1.1 pH 由表 2、图 2 可知，临沂烟区土壤 pH 整体介于 5 ~ 7，呈现东部偏酸、西部偏碱的趋势。pH 适宜植烟的面积为 112.42 万 hm²，占总面积的 65.36%，主要分布在沂水、蒙阴、费县、沂南中部、平邑东部等烟区。

表 2 pH 不同级别丰缺面积及占比
Table 2 Areas and ratios of soil pH values under different grades

分级	面积 (万 hm ²)	占比(%)
<5.0	15.79	9.18
5.0 ~ 5.5	26.68	15.51
5.5 ~ 7.0	112.42	65.36
7.0 ~ 7.5	15.65	9.10
>7.5	1.48	0.86

2.1.2 有机质 由表 3、图 3 可知，临沂烟区 99.39% 植烟土壤有机质含量小于 20 g/kg，整体含量偏低，其中有机质含量小于 15 g/kg 的面积为 133.08 万 hm²，占总面积的 77.37%，各植烟县均有分布；其次为有机质含量 15 ~ 20 g/kg 的面积为 37.87 万 hm²，占总面积的 22.02%，主要分布在费县中南部、平邑中部及东南部、蒙阴南部、兰陵北部等烟区；有机质含量大于 20 g/kg 的很少，仅在兰陵及费县零星分布。

表 3 有机质含量不同级别丰缺面积及占比
Table 3 Areas and ratios of SOM contents under different grades

分级(g/kg)	面积 (万 hm ²)	占比(%)
<15	133.08	77.37
15 ~ 20	37.87	22.02
>20	1.05	0.61

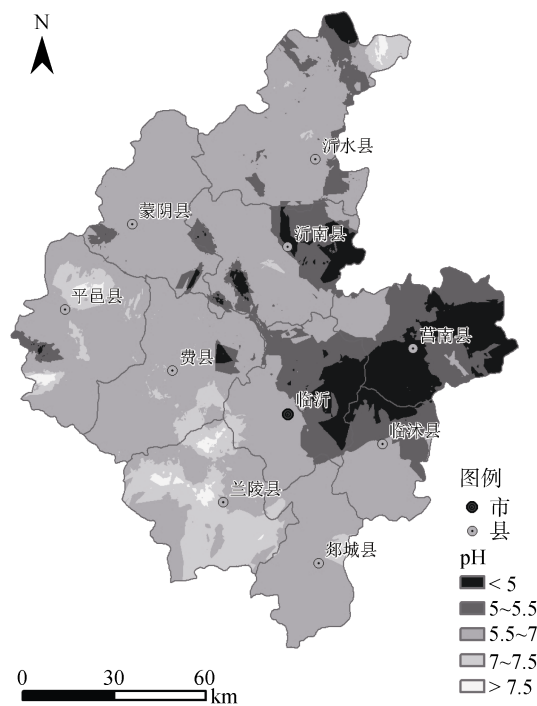


图 2 土壤 pH 不同级别空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of soil pH values under different grades

2.1.3 碱解氮 由表 4、图 4 可知, 临沂烟区 85.74% 植烟土壤碱解氮含量在 60 ~ 100 mg/kg, 面积为 147.47 万 hm^2 , 整体偏低, 碱解氮含量小于 60 mg/kg 的面积为 18.51 万 hm^2 , 占总面积的 10.76%, 各植烟县均有零星分布; 碱解氮含量大于 100 mg/kg 的面积为 6.02 万 hm^2 , 仅占总面积的 3.5%。

表 4 碱解氮含量不同级别丰缺面积及占比

Table 4 Areas and ratios of soil alkali-hydrolyzale N contents under different grades

分级(mg/kg)	面积 (万 km^2)	占比(%)
<60	18.51	10.76
60 ~ 100	147.47	85.74
>100	6.02	3.50

2.1.4 有效磷 由表 5 和图 5 可知, 临沂烟区 90.49% 植烟土壤有效磷含量大于 25 mg/kg, 面积为 191.77 万 hm^2 , 整体处于较丰富水平; 有效磷含量小于 15 mg/kg 的面积为 1.72 万 hm^2 , 占总面积的 1.0%, 主要集中在兰陵西北部烟区。

2.1.5 速效钾 由表 6 和图 6 可知, 临沂烟区 99.33% 植烟土壤速效钾含量大于 80 mg/kg, 面积为 170.85 万 hm^2 , 整体分布呈现东低西高的规律, 分布较不均匀; 莒南大部、临沭北部、沂南中东部、沂水北部速效钾含量在 80 ~ 150 mg/kg 之间; 兰陵、费县、平邑、蒙阴大部、沂南和沂水中西部速效钾含量整体

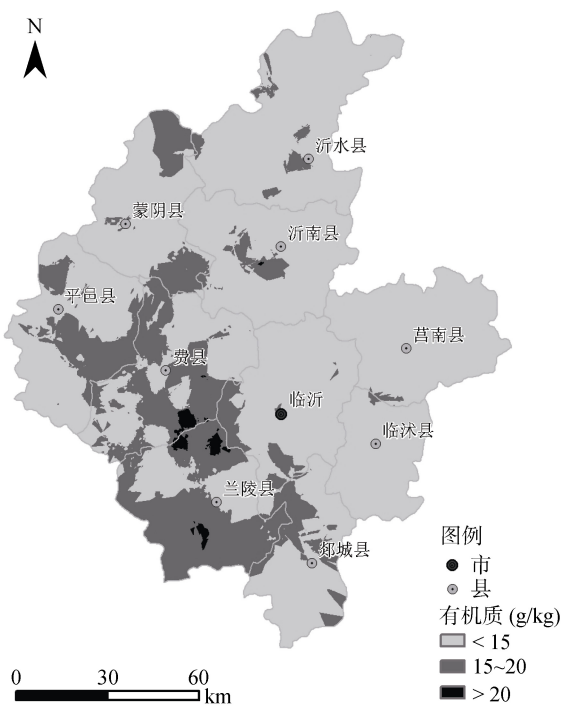


图 3 有机质含量不同级别空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of SOM contents under different grades

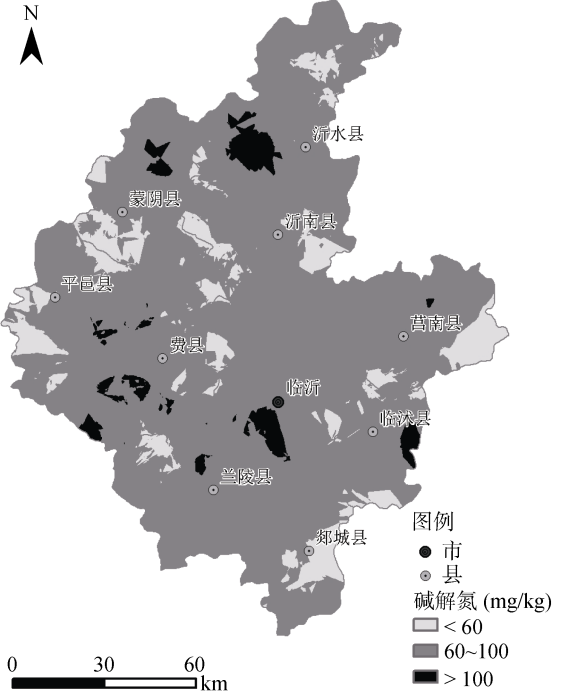


图 4 土壤碱解氮含量不同级别空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of soil alkali-hydrolyzale N contents under different grades

在 150 mg/kg 以上。

2.2 影响土壤属性丰缺的主要因素

2.2.1 土壤类型之间属性丰缺比较 临沂烟区主要土壤类型为褐土和棕壤, 其他类型土壤本次取样量较少, 没有作分析比较。由表 7 可知, 褐土类型土壤

表 5 有效磷不同级别丰缺面积及占比
Table 5 Areas and ratios of soil available P contents under different grades

分级(mg/kg)	面积(万 hm ²)	占比(%)
<10	0.28	0.16
10~15	1.44	0.84
15~20	3.97	2.31
20~25	10.65	6.19
>25	155.64	90.49

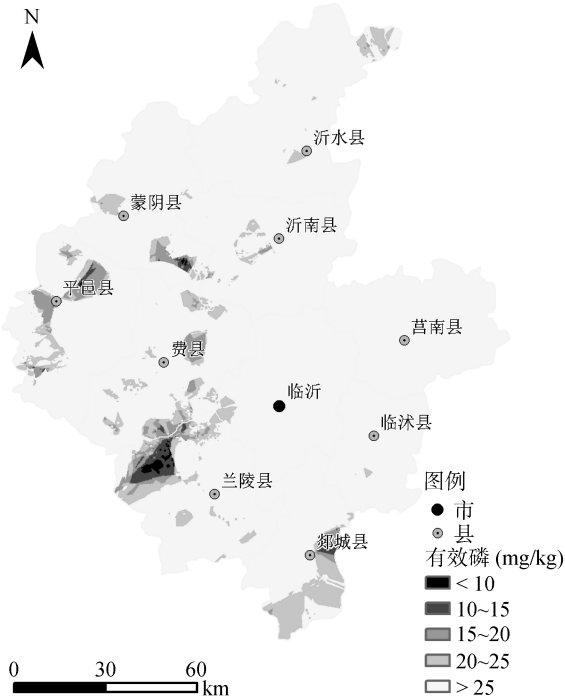


图 5 有效磷含量不同级别地理分布情况
Fig. 5 Spatial distribution of soil available P contents under different grades

表 6 速效钾不同级别丰缺面积及占比
Table 6 Areas and ratios of soil available K contents under different grades

级别(mg/kg)	面积 (万 hm ²)	占比(%)
<80	1.15	0.67
80~150	77.02	44.78
150~220	75.39	43.83
>220	18.44	10.72

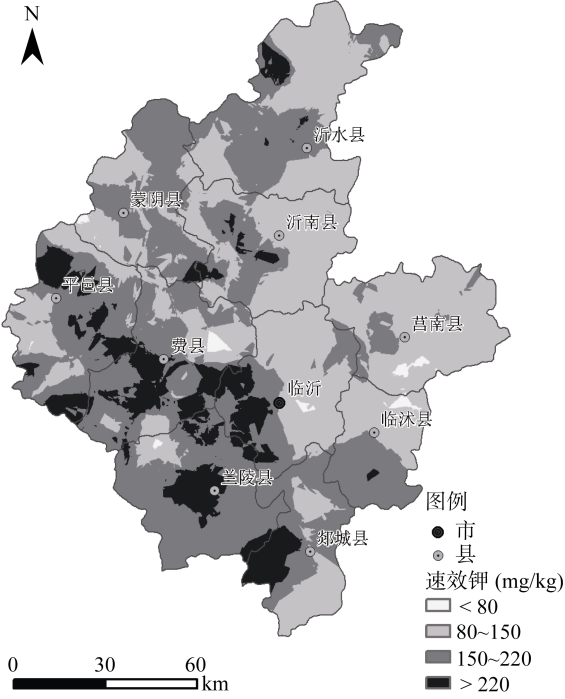


图 6 速效钾不同级别地理分布情况
Fig. 6 Spatial distribution of soil available K contents under different grades

的 pH、有机质、碱解氮、速效钾高于棕壤，速效磷含量棕壤大于褐土，差异均达到显著水平。

2.2.2 植烟县之间土壤属性丰缺比较 由表 8 可知，pH 以兰陵最高，达到 7.20，酸性最强的植烟县为莒南，pH 为 4.99；有机质含量以兰陵最高，莒南最低；碱解氮含量各县差异不显著；有效磷含量以莒南最高，兰陵最低；速效钾以费县、平邑最高，莒南、临沭最低。

2.3 综合保育类型、面积和空间分布

根据土壤各指标丰缺情况、面积及分布情况，

分析并划分 10 种临沂烟区烟田土壤综合保育类型(表 9、图 7)：提有机质-改碱类型土壤分布在沂水中部地区，费县、蒙阴、平邑有零星分布；增氮-改碱类型土壤在费县与兰陵交界处零星分布；增氮-提有机质类型土壤在费县与兰陵交界处、平邑、沂水零星分布；增氮-提有机质-改酸类型土壤主要地区有莒南西北部、沂南西南部、蒙阴南部；增氮-提有机质-改碱类型是土壤面积最大、分布最广的土壤复合保育类型，临沂西部、北部、南部各县均有分布；增氮磷-提有机质-改碱类型土壤主要分布在兰陵西北部；

表 7 不同土壤类型各属性差异显著性比较
Table 7 Comparison of soil properties between cinnamon and brown soils

土壤类型	pH	有机质(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)
褐土	6.70 ± 0.89 a	15.38 ± 4.94 a	81.46 ± 31.32 a	35.80 ± 33.10 b	209.75 ± 92.81 a
棕壤	6.06 ± 1.10 b	12.99 ± 5.18 b	69.21 ± 30.84 b	45.47 ± 39.68 a	153.22 ± 85.39 b

注：表中同列数据小写字母不同表示不同土壤类型间差异达到 $P<0.05$ 显著水平。

表 8 不同植烟县土壤各属性差异显著性比较
Table 8 Comparison of soil properties between different regions

地区	pH	有机质(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)
费县	6.65 ± 0.79 bc	15.79 ± 4.77 b	80.61 ± 30.71 ab	37.11 ± 32.76 cd	208.28 ± 96.31 a
莒南	4.99 ± 0.68 f	11.66 ± 4.37 e	71.09 ± 25.89 cd	73.26 ± 44.07 a	105.06 ± 59.26 e
兰陵	7.20 ± 0.77 a	17.46 ± 4.97 a	81.37 ± 35.33 a	24.89 ± 24.71 e	186.31 ± 76.72 b
临沭	5.17 ± 0.68 f	12.69 ± 4.35 cde	74.13 ± 38.63 abc	67.71 ± 37.76 a	106.84 ± 43.07 e
蒙阴	5.75 ± 0.98 e	13.04 ± 5.87 cd	60.92 ± 28.27 e	37.36 ± 32.19 cd	139.84 ± 73.37 d
平邑	6.84 ± 0.97 b	13.44 ± 3.99 c	72.15 ± 30.46 cd	33.53 ± 29.83 de	203.77 ± 94.54 b
郯城	6.49 ± 0.70 c	12.64 ± 5.37 cde	67.32 ± 24.45 cde	31.81 ± 24.88 de	162.99 ± 70.93 c
沂南	5.67 ± 0.99 e	11.93 ± 5.18 de	64.58 ± 31.49 de	44.38 ± 39.56 bc	141.87 ± 88.04 d
沂水	6.26 ± 1.09 d	12.74 ± 5.09 cde	73.67 ± 31.24 bc	49.21 ± 43.20 b	163.95 ± 84.57 c

注：表中同列数据小写字母不同表示不同地区间差异达到 $P<0.05$ 显著水平。

表 9 综合保育类型和面积
Table 9 Types and areas of soil comprehensive conservation

综合保育类型	面积 (万 hm^2)	占比(%)
提有机质-改碱	4.99	2.90
增氮-改碱	0.93	0.54
增氮-提有机质	1.03	0.60
增氮-提有机质-改酸	4.44	2.58
增氮-提有机质-改碱	81.72	47.51
增氮磷-提有机质-改碱	0.89	0.52
增钾-提有机质-改酸	0.65	0.38
增氮钾-提有机质-改酸	37.51	21.81
增氮钾-提有机质-改碱	39.30	22.85
增氮磷钾-提有机质-改碱	0.55	0.32

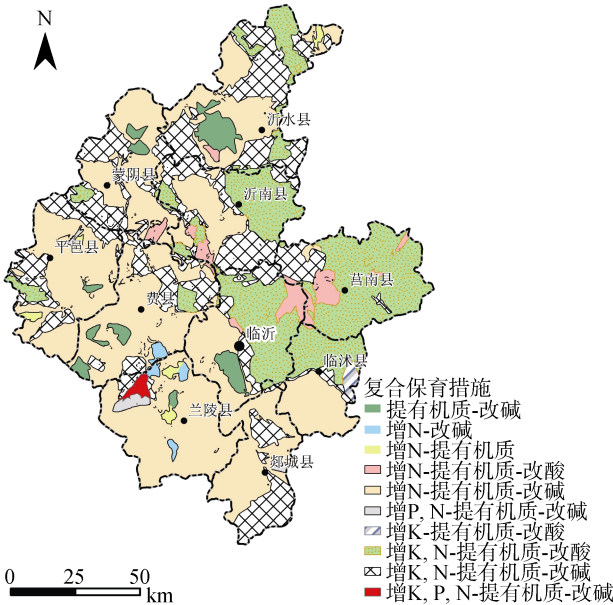


图 7 综合保育类型空间分布
Fig. 7 Spatial distribution of topsoil comprehensive conservation types

增钾-提有机质-改酸类型土壤主要地区在临沭东部；增氮钾-提有机质-改酸类型土壤主要地区有莒南大部、临沭中北部、沂南中东部、沂水北部；增氮钾-提有机质-改碱类型土壤各植烟县均有零星分布，主要地区有莒南北部、沂南南部北部、沂水大部分地区；增氮磷钾-提有机质-改碱类型土壤各植烟县均有零星分布，主要分布在兰陵西北部。

2.4 烟田保育的初步措施建议

改酸：施用生物炭、生石灰或者白云石粉；改碱：施用石膏和酸性肥料如硫酸钾等；提有机质：采取种植绿肥、施用有机肥、秸秆还田等措施；缺氮磷钾，适当增施相应的肥料；另外，临沂烟田多为坡地，对于坡度 $8^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 的烟田，修建梯田(坡度 $<2^{\circ}$)或缓坡梯田(坡度 $2^{\circ} \sim 8^{\circ}$)，坡度 $>15^{\circ}$ 则不种植。

3 结论

通过检测分析临沂烟田土壤 pH、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾 5 个指标，临沂烟区烟田土壤 pH 呈现西高东低的分布趋势，大部分地区在植烟适宜范围内，99.39% 的烟田土壤有机质含量小于 20 g/kg ，整体含量偏低，处于缺乏状态，有效磷含量丰富，速效钾含量相对缺乏；对于临沂烟区烟田分析划分出增氮-提有机质-改碱、增氮钾-提有机质-改碱等 10 种烟田土壤复合保育类型，提出了烟田保育初步措施，指导下一步烟田土壤保育。

参考文献：

[1] 张维理, 徐爱国, 张认连, 等. 中国耕地保育技术创新不足已危及粮食安全与环境安全[J]. 中国农业科学, 2015, 48(12): 2374-2378
[2] 陈美球, 潘柳芳, 黄小燕, 等. 基于 GIS 的瑞金市耕地植烟适宜性评价[J]. 土壤通报, 2015, 46(1): 31-35

- [3] 王波, 刘佳洁, 韩万友, 等. 芜湖市烟草种植区土壤肥力综合评价[J]. 中国农学通报, 2014, 31(19): 231–236
- [4] 徐大兵, 邓建强, 刘冬碧, 等. 整治区植烟土壤养分空间变异及肥力适宜性等级评价[J]. 应用生态学报, 2014, 25(3): 790–796
- [5] 郭治兴, 陈泽鹏, 王静, 等. 广东省烟草土壤生态适宜性评价[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(4): 75–80
- [6] 陈海生, 刘国顺, 刘大双, 等. GIS 支持下的河南省烟草生态适宜性综合评价[J]. 中国农业科学, 2009, 42(7): 2425–2433
- [7] 李强, 周冀衡, 杨荣生, 等. 曲靖植烟土壤养分空间变异及土壤肥力适宜性评价[J]. 应用生态学报, 2011, 22(4): 950–956
- [8] 裴瑞杰, 方丽, 胡述晓, 等. 南阳市植烟土壤养分状况评价[J]. 河南农业科学, 2014, 43(8): 54–56
- [9] 刘玲, 王海燕, 戴伟, 等. 长白山低山区森林土壤有机碳及养分空间异质性[J]. 应用生态学报, 2014, 25(9): 2460–2468
- [10] 范夫静, 宋同清, 黄国勤, 等. 西南峡谷型喀斯特坡地土壤养分的空间变异特征[J]. 应用生态学报, 2014, 25(1): 92–98
- [11] 敖金成, 薛红芬, 刘世文, 等. 石林烟区植烟土壤养分动态变化及施肥对策[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2012, 26(6): 845–850
- [12] 许龙, 李忠环, 陈荣平, 等. 昆明市植烟土壤 2002—2006 年养分状况变化动态分析[J]. 土壤, 2009, 42(2): 282–287
- [13] 李锡宏, 林国平, 黎妍妍, 等. 恩施州烤烟种植气候适生性与土壤适宜性研究[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(5): 18–21
- [14] 许自成, 黎妍妍, 肖汉乾, 等. 湘南烟区生态因素与烤烟质量的综合评价[J]. 植物生态学报, 2008, 32(1): 226–234
- [15] 常乃杰, 张云贵, 李志宏, 等. 云南玉溪植烟土壤速效养分空间变异特征及应用[J]. 中国土壤与肥料, 2017(1): 7–13
- [16] 黄俊杰, 李世琛, 杨德海, 等. 赵正雄大理红塔植烟基地土壤肥力综合评价[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2017, 32(1): 125–133
- [17] 李江舟, 娄翼来, 张立猛, 等. 不同生物炭添加量下植烟土壤养分的淋失[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(4): 1075–1080
- [18] 朱益, 齐绍武, 靳辉勇, 等. 烟草废弃物生产有机肥对植烟土壤养分含量的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(34): 234–238
- [19] 王彦亭, 谢建平, 李志宏. 中国烟草种植区划[M]. 北京: 科学出版社, 2010
- [20] 王梅勋, 杨举田, 苏建东, 等. 山东省临沂市烟田耕作层土壤重金属含量[J]. 土壤, 2015, 47(3): 620–622
- [21] 张甘霖. 土壤调查实验室分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2012
- [22] 梁红. 重庆植烟土壤肥力特征及评价[D]. 重庆: 西南大学, 2014

Types of Topsoil Comprehensive Conservation of Tobacco-planting Fields in Linyi, Shandong Province

ZONG Hao¹, LIU Wentao¹, TAN Xiaolei¹, WANG Lili¹, WANG Bin¹, YAN Shi¹, GAO Qinglei¹,
GAO Qiang¹, HAN Shuo¹, LIU Chunchao¹, ZHAN Jia^{2*}

(1 Linyi Tobacco Co., LTD of Shandong Province, Linyi, Shandong 276001, China;

2 Linyi University, Linyi, Shandong 276001, China)

Abstract: In order to guide the topsoil comprehensive conservation of tobacco-planting fields in Linyi and provide reference and basis for other similar tobacco areas, the value of pH and the contents of SOM, alkali-hydrolyzable N, available P and K of 2 249 farmland samples collected from Linyi of Shandong Province were analyzed and finally 10 types of comprehensive conservation were proposed with geostatistics method and ArcGIS platform, the comprehensive conservation types included increasing organic matter and pH; increasing alkaline nitrogen and pH; increasing alkaline nitrogen and organic matter; increasing alkaline nitrogen and organic matter-reducing pH; increasing alkaline nitrogen, organic matter and pH; increasing alkaline nitrogen, available phosphorus, organic matter and pH; increasing available potassium and organic matter-reducing pH; increasing alkaline nitrogen, available potassium and organic matter-reducing pH; increasing alkaline nitrogen, available potassium, organic matter and pH; increasing alkaline nitrogen, available potassium, organic matter and pH. Corresponding conservation measures were also proposed according to different types.

Key words: Tobacco-planting fields; Topsoil; Comprehensive conservation; Linyi