

山东烟叶生产典型样区土壤质量评价

闫慧峰¹, 梁洪波¹, 许家来², 李德成³, 杨举田⁴,
杜传印⁵, 牛柱峰⁶, 刘光亮^{1,2}, 徐宜民¹, 肖振杰⁷, 关辉⁷, 石屹^{1*}

- (1. 农业部烟草生物学与加工重点实验室, 中国农业科学院烟草研究所, 山东 青岛 266101;
2. 山东烟草研究院, 山东 济南 250101; 3. 中国科学院南京土壤研究所, 江苏 南京 210008;
4. 山东临沂烟草有限公司, 山东 临沂 276003; 5. 山东潍坊烟草有限公司, 山东 潍坊 261061;
6. 山东日照烟草有限公司, 山东 日照 276826; 7. 河北中烟工业有限责任公司, 河北 石家庄 050051)

摘要: 以山东3个主要植烟地区临沂、潍坊和日照的烟叶生产典型样区为研究对象, 选取土壤pH值、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效钾、有效磷、有效铁、有效锰、有效铜、有效锌作为植烟土壤肥力质量的评价指标, 采用模糊隶属度函数模型对土壤肥力进行定量评价, 选取土壤砷、镉、铬、汞、铅、镍、铜、锌含量作为植烟土壤环境质量的评价指标, 采用内梅罗指数法进行定量评价。结果表明: 临沂、潍坊和日照3地典型样区的土壤肥力质量综合指数分别为0.54、0.56和0.49, 土壤肥力无明显差别, 平均水平未达到良好等级, 存在一定的改进空间。临沂、潍坊和日照3地典型样区的土壤环境质量综合指数分别为0.59、0.58和0.54, 土壤环境质量无明显差别, 均处于低风险状态, 但个别元素存在超标的现象, 汞应成为山东烟区土壤环境质量控制的重要关注点。综合两方面的评价结果, 山东烟叶生产典型样区的土壤肥力质量良好, 土壤环境质量清洁, 为烟叶的品质和质量安全状况提供了可靠的保证。

关键词: 烟叶生产; 典型样区; 土壤肥力质量; 土壤环境质量; 评价

中图分类号: S158; X825 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6257(2015)06-0041-07

土壤质量作为体现土壤状况的内在特性, 直接影响到可持续农业的发展^[1]。目前国际上比较通用的土壤质量的概念是: 在生态系统边界内保持作物生产力、维持环境质量、促进动植物健康的能力, 即土壤质量是指土壤肥力质量、土壤环境质量及土壤健康质量3方面的综合量度^[2-3]。自然的土壤质量是由母质和土壤形成过程所决定的, 土壤质量的变化在自然条件下十分缓慢, 但是耕作、灌溉、施肥等人为活动对土壤质量特别是土壤肥力质量可以产生较大的影响^[4]。不同地区间的土壤在自然条件^[5]和人为活动的双重影响下, 在土壤质量上存在较大差异^[6]。目前对土壤质量的评价趋于数值化, 土壤质量的评价指标具有时空变异性, 不同土壤质

量评价目的均应以土壤的功能为基础, 并采用不同的标准^[7]。

山东是我国烤烟主要种植区域之一, 常年种植面积在2万hm²以上, 临沂、潍坊、日照为主要的烤烟种植地市, 2014年3地烤烟种植面积占山东烤烟种植面积的93.5%, 但由于受耕地数量 and 经济发展水平的影响, 3地烟叶生产基本是多年烟田连作, 灌溉、肥料等生产投入比较单一, 同时由于受劳动力成本的限制, 山东烟区的烤烟种植方式正从粗放型向集约型规模化转变, 亟需对烟田土壤质量进行科学、准确地综合评价, 为规模化种植条件下的烟田管理提供基础数据。本文采用目前烤烟生产中与烤烟品质及土壤可持续利用相关的指标, 对山东烟叶生产典型样区的土壤质量分为土壤肥力质量和土壤环境质量两个方面进行评价, 旨在为山东烟区区划布局^[8-9]、烤烟生产^[10]、土壤改良^[11]等提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 取样点的确定

在山东3个主要植烟地区临沂市、潍坊市和日

收稿日期: 2014-09-09; 最后修订日期: 2015-01-19

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201203091); 中国烟草总公司山东省公司科技重大专项“山东浓香低害烟叶研究与开发”(201101)。

作者简介: 闫慧峰(1983-), 男, 山东昌邑人, 博士, 助理研究员, 研究方向为烟草营养生理。E-mail: yanhuifeng@caas.cn。

通讯作者: 石屹, E-mail: shiyi@caas.cn。

照市,依据常年烟叶质量评价的结果,结合气候条件、地形地貌等^[9,12],分别确定25、15、18个取样点,分布在6个县58个村。具体地点分布如表1所示。

表1 取样点具体信息

地市名	县名	取样乡镇数	取样点个数
临沂	费县	7	15
	蒙阴	4	10
潍坊	临朐	5	10
	诸城	4	5
日照	五莲	5	10
	莒县	3	8

山东目前共有26个县(市、区)有烤烟种植,山东烟区的常年平均温度在11.9~13.4℃之间,常年降水量在595~885 mm之间,主要的植烟土壤类型为棕壤和褐土,主要地貌类型为平原、丘陵和山地,本研究中的取样县基本涵盖了山东烟区主要气候类型、土壤类型和地貌类型;费县、蒙阴、临朐、诸城、五莲、莒县植烟面积分别为1 260、800、1 527、4 693、1 207、1 587 hm²,总植烟面积占山东烟区的55%,基本涵盖了山东烟区主要植烟区域,因此本研究中的这些典型烟区完全代表了山东烟区主要烟叶生产区域。

1.2 土壤样品的采集和制备

于2011年4月起垄施肥前采集土壤样品,土壤样品采集点选取遵循以下原则:(1)土壤类型特征明显,地形相对平坦、稳定,烟草正常生长的地点;(2)采样点所在烟田面积不小于666.7 m²;(3)采样点应离铁路、公路300 m以上。每个烟田田块内用不锈钢土钻随机多点采集耕层土壤,混合后采用“四分法”留取2 kg土壤作为分析测定土样,在室内经过风干、去杂、研磨后,分别过0.147和0.25 mm尼龙网筛,用来测定相关评价指标。

1.3 土壤样品检测指标与检测方法

土壤肥力质量指标包括有机质、pH值、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效钾、有效磷、有效态铁、有效态锰、有效态铜、有效态锌,土壤环境质量评价指标包括砷、镉、铬、汞、铅、镍、铜、锌含量。

土壤有机质含量采用重铬酸钾容量法测定,土壤pH值采用玻璃电极法测定,土壤全氮含量采用

自动定氮仪法测定,土壤全磷含量(P)采用钼锑抗比色法测定,土壤全钾含量(K)采用火焰光度计法测定,土壤碱解氮含量采用碱解扩散法测定,土壤速效钾含量(K)采用中性乙酸铵溶液浸提、火焰光度计法测定,土壤有效磷含量(P)采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗分光光度法测定,土壤交换性钙、镁含量采用乙酸铵浸提-原子吸收分光光度法测定,有效态铁、锰、铜、锌含量采用二乙三胺五乙酸(DTPA)浸提法测定,土壤中砷、镉、铬、汞、铅、镍、铜、锌含量采用盐酸-硝酸-氢氟酸消解、电感耦合等离子体质谱法测定。

1.4 土壤肥力质量评价方法

植烟土壤肥力质量评价采用模糊数学隶属函数的数学模型进行,土壤肥力质量评价综合指数IFI的计算公式如下:

$$IFI = \sum_{i=1}^n (W_i \times Q_i) \quad (0 < IFI < 1)$$

其中 W_i 和 Q_i 分别为第*i*个土壤肥力质量指标的权重和隶属度。IFI值越高,土壤肥力质量就越高。

1.4.1 肥力质量指标测定数据的标准化处理

由于各肥力质量指标所代表的物理涵义不同,因此存在着量纲上的差异。为消除异量纲性对肥力质量评价的影响,将肥力质量指标测定数据集进行标准化,采用阈值法进行无量纲化处理。无量纲化处理的算法公式如下:

$$y_i = x_i / \max x_i$$

其中 y_i 、 x_i 和 $\max x_i$ 分别为标准化后的数据、标准化前的测定数据和标准化前数据集中最大的测定数据。

1.4.2 肥力质量指标的权重确定

权重是指各个肥力质量指标对土壤肥力影响的大小程度和贡献率,本研究采用相关系数法求得各参评指标的权重值^[13]:首先分析各指标间相关性,建立相关系数矩阵,然后求其评价指标之间相关系数的平均值,并以该平均值占所有评价指标相关系数平均值总和的比,作为该单项评价指标的权重。

1.4.3 肥力质量指标的隶属度分级

根据肥力质量指标与土壤肥力之间的关系以及各个指标与作物产量之间的作用曲线,隶属度函数可分为抛物线型、正相关型及概念性等,根据不同土壤养分对烤烟生长、烟叶产量和品质的影响特点,结合已有的相关研究结果^[6,11,14],确定了两种

函数为植烟土壤肥力质量指标的隶属度函数类型, 具体公式如下:

$$f(x) = \begin{cases} 1.0, & x \geq x_2 \\ 0.9 \times (x - x_1) / (x_2 - x_1) + 0.1, & x_1 < x < x_2 \\ 0.1, & x \leq x_1 \end{cases} \quad (A)$$

$$f(x) = \begin{cases} 0.1, & x \leq x_1, x \geq x_4 \\ 0.9 \times (x - x_1) / (x_2 - x_1) + 0.1, & x_1 < x < x_2 \\ 1.0, & x_2 \leq x \leq x_3 \\ 1.0 - 0.9 \times (x - x_3) / (x_4 - x_3), & x_3 < x < x_4 \end{cases} \quad (B)$$

其中 x 为测定的指标值、 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 分别为函数转折点取值。

1.5 土壤环境质量评价方法

本研究采用单因子指数法和内梅罗综合指数法对烟区土壤环境质量进行评价, 其中单因子指数法是对土壤中的某一影响因子的风险状况进行评价, 计算方法为: $p_i = c_i/s_i$, 式中: p_i 为第 i 个质量指标

的风险指数, c_i 为第 i 个质量指标的实测浓度, s_i 为第 i 个质量指标限制标准中的上限值。内梅罗综合指数法是同时考虑土壤中多种影响因子风险水平的多因子评价方法, 计算公式如下:

$$P_N = \sqrt{\frac{\bar{p}_i^2 + p_{i(\max)}^2}{2}}$$

式中: P_N 为内梅罗指数; \bar{p}_i 为各影响因子单项风险指数的算术平均值; $p_{i(\max)}$ 为影响因子中最大的单项风险指数。

1.6 数据统计分析

本文利用 Microsoft Excel 2003 软件对试验数据进行统计分析处理。

2 结果与分析

2.1 土壤质量指标的总体统计特征

典型样区烟田土壤质量评价指标的统计特征见表 2。参照第二次全国土壤普查和烟草种植区划制

表 2 土壤质量评价指标的描述统计

	最大值	最小值	平均值	中位数	标准差	变异系数 (%)
pH 值	8.21	4.42	6.55	6.59	1.13	17.33
有机质 (%)	2.36	0.54	1.18	1.06	0.41	35.00
全氮 (%)	0.15	0.05	0.08	0.08	0.03	30.74
全磷 (%)	0.15	0.02	0.06	0.06	0.02	39.29
全钾 (%)	3.96	1.37	2.40	2.32	0.51	21.13
碱解氮 (mg/kg)	114.75	23.92	65.45	65.95	17.41	26.60
有效磷 (mg/kg)	95.30	7.55	33.22	27.43	19.28	58.04
速效钾 (mg/kg)	419.51	79.80	186.55	177.69	70.31	37.69
有效铁 (mg/kg)	62.16	2.66	23.93	19.99	17.17	71.74
有效锰 (mg/kg)	102.37	1.63	30.49	20.47	25.72	84.33
有效铜 (mg/kg)	2.60	0.31	1.07	1.06	0.46	43.18
有效锌 (mg/kg)	4.03	0.23	0.96	0.76	0.57	59.58
全砷 (mg/kg)	17.09	0.00	5.95	5.99	2.92	49.12
全镉 (mg/kg)	0.31	0.05	0.13	0.12	0.07	51.67
全铬 (mg/kg)	93.00	10.82	44.61	43.13	18.14	40.67
全汞 (mg/kg)	0.49	0.00	0.09	0.04	0.11	125.76
全铅 (mg/kg)	46.02	19.32	29.45	31.08	7.44	25.26
全镍 (mg/kg)	62.87	1.87	31.65	31.62	19.50	61.61
全铜 (mg/kg)	93.69	9.69	30.33	25.17	15.93	52.52
全锌 (mg/kg)	118.69	23.62	70.74	73.33	23.98	33.90

订的土壤肥力指标分级标准^[15-16]，从土壤肥力指标的平均值来看，所有指标均在适宜范围内；从变异系数来看，所有土壤肥力评价指标变异系数均在10%~100%，表现为中等变异性，其中以pH值变异最小，有效态锰变异最大；从平均值和中位数比较结果看，除pH值、全氮、全磷、碱解氮外，其它指标均为中位数小于平均值。从土壤环境质量指标的平均值来看，所有指标均低于对应的土壤环境质量二级标准^[17]；从变异系数来看，全汞为强变异性，其他土壤环境参评指标变异系数均为中等变异性，其中以全铅变异最小。

2.2 土壤肥力质量

2.2.1 肥力质量指标的隶属度

根据不同指标对烟草生长发育的影响，结合已有的植烟土壤属性分级及其与烤烟产量和品质之间关系的研究结果^[6,8,11-12,14]，确定各参评指标的函数类型及函数转折点（表3）。

表3 土壤肥力质量评价参评指标函数类型及函数转折点取值

指标	函数类型	拐点值			
		x ₁	x ₂	x ₃	x ₄
pH值	B	5.0	5.5	6.5	8.0
有机质 (%)	B	1.0	1.4	3.0	4.5
全氮 (%)	A	0.08	0.15		
全磷 (%)	A	0.06	0.2		
全钾 (%)	A	0.6	3.0		
碱解氮 (mg/kg)	A	30	120		
有效磷 (mg/kg)	A	10	40		
速效钾 (mg/kg)	A	50	200		
有效铁 (mg/kg)	A	7	15		
有效锰 (mg/kg)	A	7	15		
有效铜 (mg/kg)	A	0.2	1.8		
有效锌 (mg/kg)	A	0.3	3.0		

2.2.2 土壤肥力质量指标的权重

通过土壤肥力质量指标的相关系数矩阵计算得各土壤肥力质量指标的权重值，如表4所示。

表4 土壤肥力质量参评指标权重值 (%)

pH值	有机质	全氮	全磷	全钾	碱解氮	有效磷	速效钾	有效铁	有效锰	有效铜	有效锌
10	9	11	6	8	8	7	5	11	10	7	8

2.2.3 土壤肥力评价综合指数

根据各典型样区确定的隶属度及各指标的权重值，计算得到各典型样区的土壤肥力质量评价综合指数IFI，IFI最大值为0.77，最小值为0.20，平均值为0.53，中位数为0.54，标准偏差为0.14。根据IFI排序曲线的“拐点”，对植烟土壤肥力质量进行分级，分为优（≥0.7）、良好（0.6~0.7）、中等（0.5~0.6）、一般（0.4~0.5）和差（<0.4）5个等级，各等级的烟田比例分别为6.9%、27.6%、15.5%、13.8%和19.0%，可以看出山东烟区土壤肥力多处于中等的水平。不同地区的土壤肥力质量评价结果见表5，土壤肥力质量综合指数排序为潍坊>临沂>日照，但3地之间无显著差异。3地烟区土壤肥力质量综合指数均在0.5左右，等级为一般，说明均有待提高。

表5 不同区域的土壤肥力质量评价结果

地点	样本数	综合指数	土壤肥力等级
临沂	25	0.54 ± 0.14 a	中等
潍坊	15	0.56 ± 0.12 a	中等
日照	18	0.49 ± 0.16 a	一般

注：同列不同小写字母表示地点间差异显著（p<0.05）。

2.3 土壤环境质量评价

2.3.1 单因子指数评价

不同环境质量指标的单项风险指数结果见表6，其中全汞的风险指数变化较大，其变异系数大于100%，全砷、全镉和全镍的变异系数也较大；全汞、全镍和全铜存在超过二级标准^[17]的现象，超标的样品数分别为2、9和1个，超标率分别为3.4%、15.5%和1.7%。

表6 土壤环境质量评价各参评指标单项风险指数

	全砷	全镉	全铬	全汞	全铅	全镍	全铜	全锌
最大值 (mg/kg)	0.43	0.86	0.57	1.62	0.18	1.52	1.03	0.54
最小值 (mg/kg)	0.00	0.05	0.07	0.00	0.06	0.03	0.10	0.12
平均值 (mg/kg)	0.19	0.28	0.24	0.22	0.10	0.64	0.43	0.30
中位数 (mg/kg)	0.19	0.21	0.22	0.07	0.10	0.64	0.41	0.32
标准差 (mg/kg)	0.10	0.18	0.11	0.32	0.03	0.36	0.20	0.10
变异系数 (%)	51.08	64.51	45.32	144.78	29.17	55.89	47.00	33.42

2.3.2 内梅罗综合指数评价

根据内梅罗指数法, 计算出典型样区土壤环境质量综合指标指数, 其最大值为 1.19, 最小值为 0.18, 平均值为 0.57, 中位数为 0.58, 标准偏差为 0.23。依据土壤环境质量综合指数评价标准^[18], 综合评价指数 ≤ 0.7 为安全, 0.7~1.0 为警戒线, 1.0~2.0 为轻污染, 2.0~3.0 为重污染, ≥ 3.0 为重污染。所有的 58 个取样点中, 仅 2 个土壤环境质量综合指数大于 1, 达到污染级别; 土壤环境质量综合指数大于 0.7 的代表性烟田占 27.6%, 这说明山东烟区土壤环境质量多处于安全的等级。不同地区典型样区的土壤环境质量评价结果如表 7 所示。3 地土壤环境质量评价综合指数无明显差别, 3 地的土壤环境质量评价综合指数低于 0.7, 等级为安全, 3 地均不存在潜在的环境风险。

表 7 不同区域的土壤环境质量评价结果

地点	样本数	土壤环境质量评价综合指数	土壤环境质量等级
临沂	25	0.59 ± 0.27 a	安全
潍坊	15	0.58 ± 0.16 a	安全
日照	18	0.54 ± 0.22 a	安全

3 结论与讨论

3.1 评价指标的选择

土壤质量评价指标的确定是土壤质量评价的基础^[19], 由于土地利用的多样性及评价的目的不同, 评价指标的确定不是绝对的^[7,20]。本研究土壤质量评价考虑了烟田土壤对烟草品质和安全状况影响较大的指标, 能快速、较准确地评价和反映土壤的潜在生产力和风险状况, 揭示制约土壤肥力质量和环境质量提高的短板。

在土壤肥力质量评价指标中, 除 pH 值的变异系数略低外, 其它各评价指标均高于 20%, 其中有效铁、锰变异最大, 而在各参评指标权重值中, 有效铁、锰分别排在所有参评指标的第 1 和第 3, 是对土壤肥力质量评价影响最关键的指标。同时在权重值中 10% 以上的参评指标还包括 pH 值和全氮, 结合前期研究结果, 有效铁含量的增加, 有利于山东烟叶感官质量的提高; 有效锰含量增加, 山东烟叶感官质量则降低^[21]; 土壤 pH 值与烟叶呼吸总分呈显著正相关, 而土壤全氮与感官质量鉴定总分呈极显著正相关^[8], 表明用于本研究的参评指标及参

评权重值与山东烟区烟叶品质现实生产力密切相关, 通过本研究获得的土壤肥力质量评价指标具有现实的指导意义。

在土壤环境质量标准中, 还包括六六六和滴滴涕两个指标, 本研究测定的山东烟区土壤中残留的六六六和滴滴涕含量平均值分别为 2.3 和 30.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 远低于标准中的一级标准 (50 $\mu\text{g}/\text{kg}$)^[17], 如果将六六六和滴滴涕也考虑在土壤环境质量评价指标之内, 则会明显降低各代表性烟田的土壤环境质量综合指数, 可能会“低估”山东烟田土壤实际“污染”状况, 因此本次土壤环境质量评价没有考虑这两个指标。

3.2 评价方法的选择

土壤肥力质量的评价方法还没有统一的标准, 一般可分为定性评价和定量评价^[22], 但随着信息技术在土壤学研究中的应用, 土壤质量评价越来越多地依赖于定量的数学方法, 其中模糊数学方法较为常见^[6,11,23-24], 一是充分利用了土壤质量评价中存在的模糊性特点; 二是充分考虑了评价因素指标值、评价因素权重和评价因素间交互作用对土壤质量的共同影响^[25]。土壤环境质量评价中内梅罗综合指数法已经成为公认的能反应实际情况的评价方法^[26-29]。

3.3 评价结果的可信性

山东目前常年植烟面积在 2 万 hm^2 左右, 其中大部分烟田分布在丘陵地区, 土壤类型和成土母质存在很大的空间变异性。虽然随着烟草行业对烟草种植区划的要求, 烟草种植分布相对较为集中, 但仍存在着烟草种植和其它农业生产相互交错的现象。按照土壤环境监测技术规范^[18]的要求, 如需全面了解山东烟区的土壤质量状况, 需进行 700 个左右的样品采集, 因而本研究中取样点的烟叶样品可代表山东烟区烟叶生产的整体, 但其土壤质量评价结果并不等同于山东烟区土壤质量的总体状况, 通过对典型样区土壤质量的分析可概括了解山东烟区土壤质量状况。

典型样区的土壤肥力质量状况结果表明, 目前山东烟区土壤肥力状况存在一定的提升空间, 这与我国和山东地区土壤养分状况相一致^[30], 山东烟区土壤主要是褐土和棕壤, 从农业生产而言, 这两类土壤并不是“优质”土壤, 其一些养分含量是中等或偏低, 有待提升。典型样区的土壤环境质量评价结果表明, 目前山东烟区土壤质量处于低风险状

态,这与山东地区烟田的实际状况相吻合,一般而言,由于烤烟的种植和烘烤过程复杂且很辛苦,烟区主要分布在工业相对落后、环境质量相对较好的地区,加之山东烟草系统对烟田肥料质量把关很严,进入烟田的“外源污染物”相对很少,这也保证了山东烟区烟田环境质量总体上是良好的。但也应该注意到,个别烟田的全汞、全镍和全铜已出现了超标现象,需要查清原因,采取相应的对策。

参考文献:

- [1] 赵其国,孙波,张桃林. 土壤质量与持续环境. I. 土壤质量的定义及评价方法 [J]. 土壤, 1997, 29 (3): 113-120.
- [2] Doran J W. Soil health and global sustainability: Translating science into practice [J]. Agric Ecosys Environ, 2002, 88: 119-127.
- [3] 刘占锋,傅伯杰,刘国华,等. 土壤质量与土壤质量指标及其评价 [J]. 生态学报, 2006, 26 (3): 901-913.
- [4] 徐建明,张甘霖,谢正苗,等. 土壤质量指标预评价 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [5] 王彦亭,谢剑平,李志宏. 中国烟草种植区划 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [6] 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.
- [7] 路鹏,苏以荣,牛铮,等. 土壤质量评价指标及其时空变异 [J]. 中国生态农业学报, 2007, 15 (4): 190-194.
- [8] 梁洪波,刘昌宝,许家来,等. 山东不同土壤类型对烟叶品质的影响 [J]. 中国烟草科学, 2006, (2): 41-43.
- [9] 张久权,张教侠,刘传峰,等. 山东烤烟生态适应性综合评价 [J]. 中国烟草科学, 2008, 29 (5): 11-17.
- [10] 陈海生,魏跃伟,刘国顺,等. 河南省烤烟种植区土壤综合肥力评价 [J]. 水土保持研究, 2011, 18 (3): 131-136.
- [11] 邱学礼,高福宏,李忠环,等. 昆明市植烟土壤肥力状况评价 [J]. 中国土壤与肥料, 2012, (5): 11-16.
- [12] 王暖春. 山东烤烟烟叶质量分析与评价 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2009.
- [13] 李晓秀,陆安祥,王纪华. 北京地区基本农田土壤环境质量分析与评价 [J]. 农业工程学报, 2006, 22 (2): 60-63.
- [14] 刘国顺,腊贵晓,李祖良,等. 毕节地区植烟土壤有效微量元素含量评价 [J]. 中国烟草科学, 2012, 33 (3): 23-27.
- [15] 席承潘,章士炎. 全国土壤普查科研项目成果简介 [J]. 土壤学报, 1994, 3 (3): 330-335.
- [16] 王彦亭,谢剑平,李志宏. 中国烟草种植区划 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [17] GB15618-1995. 土壤环境质量标准 [S].
- [18] HJ/T166-2004. 土壤环境监测技术规范 [S].
- [19] 黄勇,杨忠芳. 土壤质量评价国外研究进展 [J]. 地质通报, 2009, 28 (1): 130-136.
- [20] 罗珠珠,黄高宝,蔡立群,等. 黄土高原旱地土壤质量评价指标研究 [J]. 中国生态农业学报, 2012, 20 (2): 127-137.
- [21] 周翔. 山东烟区生态因子与烟叶品质的关系 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2008.
- [22] 岳西杰,葛玺祖,王旭东. 土壤质量评价方法的应用与进展 [J]. 中国农业科技导报, 2010, 12 (6): 56-61.
- [23] 赵玉国,张甘霖,张华,等. 海南岛土壤质量系统评价与区域特征探析 [J]. 中国生态农业学报, 2004, 12 (3): 13-15.
- [24] 腊贵晓,刘国顺,曹杰,等. 基于地统计学和GIS的喀斯特烟田土壤肥力综合评价 [J]. 河南农业科学, 2012, 41 (4): 63-68.
- [25] 王建国,杨林章,单艳红. 模糊数学在土壤质量评价中的应用研究 [J]. 土壤学报, 2001, 38 (2): 176-183.
- [26] 闫慧峰,刘海伟,梁洪波,等. 山东临朐烟区重金属安全状况分析与评价 [J]. 中国农业大学学报, 2013, 18 (4): 111-117.
- [27] 韩平,王纪华,潘立刚,等. 北京郊区田块尺度土壤质量评价 [J]. 农业工程学报, 2009, 25 (S2): 228-234.
- [28] 陈京都,戴其根,许学宏. 江苏省典型区农田土壤及小麦中重金属含量与评价 [J]. 生态学报, 2012, 32 (11): 3487-3496.
- [29] 李梦红. 农田土壤重金属污染状况与评价 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2009.
- [30] Vitousek P M, Naylor R, Crews T, et al. Nutrient imbalances in agricultural development [J]. Science, 2009, 324: 1519-1520.

Evaluation of soil quality in Shandong typical tobacco production region

YAN Hui-feng¹, LIANG Hong-bo¹, XU Jia-lai², LI De-cheng³, YANG Ju-tian⁴, DU Chuan-yin⁵, NIU Zhu-feng⁶, LIU Guang-liang^{1,2}, XU Yi-min¹, XIAO Zhen-jie⁷, GUAN Hui⁷, SHI Yi^{1*} (1. Key Laboratory of Tobacco Biology and Processing, Ministry of Agriculture, Tobacco Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Qingdao Shandong 266101; 2. Shandong Tobacco Research Institute, Jinan Shandong 250101; 3. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing Jiangsu 210008; 4. Linyi Tobacco Corporation, Linyi Shandong 276003; 5. Weifang Tobacco Corporation, Weifang Shandong 261061; 6. Rizhao Tobacco Corporation, Rizhao Shandong 276826; 7. China Tobacco Hebei Industrial Co. Ltd., Shijiazhuang Hebei 050051)

Abstract: In this study, typical tobacco production regions in Linyi, Weifang, Rizhao were selected for soil quality evaluation. pH value, organic matter, total nitrogen, total phosphorus, total potassium, alkali-hydrolysable nitrogen, available

potassium, available phosphorus, available iron, available manganese, available copper, available zinc were selected as the basic indices for soil fertility quality evaluation using Fuzzy membership function model. Total arsenic, total cadmium, total chromium, total mercury, total plumbum, total nickel, total copper, total zinc were selected as the basic indices for soil environment quality evaluation using Nemerow index method. The result showed that the soil fertility quality index in typical tobacco production region in Linyi, Weifang and Rizhao was 0.54, 0.56 and 0.49 respectively. There was no significant difference in tobacco growing soil fertility quality among the three regions. The grade of tobacco growing soil fertility quality in the three regions did not reach good, and could be improved. The soil environment quality index of typical tobacco production in Linyi, Weifang and Rizhao was 0.59, 0.58 and 0.54 respectively. There was no significant difference in tobacco growing soil environment quality among the three regions. The soil environment risk in the three regions was in the "safe" grade entirely. But some individual element was exceeded the standard, especially mercury, need to become a focus in Shandong soil environmental quality control. The comprehensive assessment indicated that the typical tobacco production region in Shandong had a good soil fertility quality and the environment quality was quite safe. The excellent soil quality provides a reliable guarantee for the quality and safety of the tobacco production.

Key words: tobacco production; typical region; soil fertility quality; soil environmental quality; evaluation

《中国土壤与肥料》 征稿简则

《中国土壤与肥料》1964年创刊,是农业部主管、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所和中国植物营养与肥料学会主办的全国性专业科技期刊。为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、中国农业核心期刊、RCCSE中国核心学术期刊。被中国科学引文数据库(CSCD)、中国学术期刊综合评价数据库、中国学术期刊文摘、CA化学文摘(美)、CBST科学技术文献速报(日)等收录。以促进土肥学科的发展为宗旨,加快成果转化、推动技术进步为目标。面向科研、教学和生产实践。主要刊登土壤资源与利用、植物营养与施肥、农业水资源利用、农业微生物、分析测试、环境保护、生态农业等方面的新理论、新技术、新产品的试验研究成果与动态。辟有专家论坛、专题综述、研究报告、分析方法、研究简报等栏目。读者对象为农业科研、教学、推广、环保及肥料生产、经营部门的科技、管理人员及农民技术员。

来稿要求和注意事项:

1. 文稿请按“科技论文编写格式”撰写。要求论点明确、层次分明、数据可靠、图表清晰、文字精炼、标点准确,有关数据进行统计分析。
2. 研究论文要有中、英文摘要和关键词。论文在6000字以内,摘要在300字以内,关键词3~5个。摘要中要含有论文的重要数据。
3. 量和单位及符号采用国家法定计量单位,符合国标对科技期刊的要求,不再使用N、M、ppm、rpm、亩、目等。土壤的磷、钾养分含量需用P、K计算并标注,肥料的磷、钾养分含量用 P_2O_5 、 K_2O 计算并标注。
4. 图、表要有自明性,不要求英文标注,宽度半栏小于8cm、通栏小于16.5cm。表格采用三线表格式,图一律为黑白图,不要边框、背景和网格线。
5. 参考文献只列出直接引用并已公开发表的文章、著作等。按正文中出现的先后排序(顺序编码制)。文献序号加方括号,在引用处以上标方式标注。中文文献不要求列英文注释。文献作者只写前3人姓名,超过3人后面加“等”,3人之内全部列出。英文文献作者姓名姓前、名后,姓第1个字母大写,名用大写字母缩写(大写字母后不加点)。
6. 在首页脚注位置,标注基金项目、第一作者简介以及通讯作者姓名和信箱。
作者简介:姓名(出生年-),性别,民族(汉族可省略),籍贯,职称,学位,研究方向。E-mail。
7. 以word格式、A4纸型排版,通过本刊网站远程稿件处理系统在线投稿,并可查看稿件处理进程及录用情况。
8. 文稿著作权属于作者。文责作者自负,本编辑部为保证文稿的规范和精练,可对内容进行必要的修改、删节。作者如有不同意见可在来稿中注明。
9. 文稿请勿一稿多投。论文经初审通过后收取审稿费并送专家评审。论文一经录用,确定刊期后收取稿件处理费(版面费和英文编辑费);刊出后付给作者稿酬,并赠送2本当期期刊。论文刊出后同时以网络方式发布。

地址:北京市中关村南大街12号(100081)中国农科院资源区划所《中国土壤与肥料》编辑部

电话:010-82108656 网址: <http://chinatrl.alljournal.net.cn> E-mail: trfl@caas.ac.cn