

## 广元市汉阳镇植烟土壤肥力适宜性评价

王晶<sup>1</sup>, 王鹏<sup>2</sup>, 刘腾飞<sup>2</sup>, 陈炬廷<sup>1</sup>, 张弘蒙<sup>2</sup>, 吴明<sup>2</sup>, 叶协锋<sup>1</sup>, 吴绍军<sup>3</sup>, 石刚<sup>2\*</sup>

(1. 河南农业大学烟草学院/国家烟草栽培生理生化研究基地/烟草行业烟草栽培重点实验室, 河南郑州 450002; 2. 湖北中烟工业有限责任公司武汉卷烟厂, 湖北武汉 430051; 3. 四川省烟草公司广元市公司剑阁县公司, 四川广元 628300)

**摘要** 明确广元市汉阳镇植烟土壤肥力状况, 为该区烟草种植合理布局、平衡施肥和土壤保育提供数据支撑。以广元市汉阳镇植烟土壤为研究对象, 采集 25 个土样, 测定土壤 pH、基础养分和矿质营养, 利用模糊数学综合评价法计算土壤综合肥力得分 (IFI)。结果表明, 该区土壤 pH、有机质和全氮平均值分别为 6.98、19.13 g/kg 和 1.48 g/kg, 均处于中等水平, 其中 72.00% 土壤有机质含量高于 15.00 g/kg; 土壤有效磷、碱解氮和速效钾平均含量分别为 30.41、46.79 和 135.72 mg/kg, 56% 的土壤有效磷含量低于 10 mg/kg, 68% 土壤速效钾含量低于 150 mg/kg, 52% 土壤 IFI 处于低水平。该烟区土壤 Ca、Fe、Mn、P 变异系数分别为 39.94%、50.02%、65.79%、49.70%, 均属于强变异; 土壤 Mg、Cu、Zn 变异系数分别为 31.30%、31.66%、32.71%, 均属于中等变异, 各指标变异系数表现为 Mn>P>Ca>Zn>Cu>Mg>K。该烟区土壤各矿质元素之间大多呈显著或极显著相关, 各理化指标间大多呈显著或极显著相关, 各矿质元素与基础养分间相关性较差。

**关键词** 土壤肥力; IFI; 矿质元素

中图分类号 X825 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)11-0124-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2023.11.031



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Suitability Evaluation of Tobacco-planting Soil Fertility in Hanyang Town, Guangyuan City**

**WANG Jing<sup>1</sup>, WANG Peng<sup>2</sup>, LIU Teng-fei<sup>2</sup> et al** (1. College of Tobacco, Henan Agricultural University / National Research Base of Tobacco Cultivation Physiology and Biochemistry / Key Laboratory of Tobacco Cultivation in Tobacco Industry, Zhengzhou, Henan 450002; 2. Wuhan Cigarette Factory of Hubei China Tobacco Industry Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430051)

**Abstract** To clarify the soil fertility status of tobacco planting in Hanyang Town, Guangyuan City, and provide data support for rational distribution of tobacco planting, balanced fertilization and soil conservation. In this study, 25 soil samples were collected from tobacco planting soil in Hanyang Town, Guangyuan City. The soil pH, basic nutrients and mineral nutrients were measured, and the soil comprehensive fertility score (IFI) was calculated by fuzzy comprehensive evaluation method. The results showed as follows: the average values of soil pH, organic matter and total nitrogen were 6.98, 19.13 g/kg and 1.48 g/kg, respectively, which were in the middle level, and 72.00% soil organic matter content was higher than 15.00 g/kg. The average contents of soil available P, alkali-hydrolyzable N and available K were 30.41, 46.79 and 135.72 mg/kg, respectively. The available P of 56% soil was lower than 10 mg/kg, the available K of 68% soil was lower than 150 mg/kg, and the IFI of 52% soil was at low level. The variation coefficients of soil Ca, Fe, Mn and P were 39.94%, 50.02%, 65.79% and 49.70%, respectively. The variation coefficients of soil Mg, Cu and Zn were 31.30%, 31.66% and 32.71%, respectively, belonging to moderate variation. The variation coefficients of each index showed as Mn>P>Ca>Zn>Cu>Mg>K. There were significant or extremely significant correlations between most of the soil mineral elements and most of the physical and chemical indexes, but the significance between the mineral elements and the basic nutrients was poor.

**Key words** Soil fertility; IFI; Mineral elements

土壤肥力是土壤的本质属性, 是反映土壤肥沃性的一个重要指标。烟草是一种适应性较广的经济作物, 土壤养分丰缺状况对烟株生长发育、烟叶产质量有重要影响, 因此, 对土壤肥力的正确认识和客观评价是提高烟草产量及更好利用土壤资源的依据<sup>[1]</sup>。近年来, 越来越多的评价方法应用于土壤肥力评价中。目前土壤养分及肥力质量综合评价的方法有主成分分析法<sup>[2]</sup>、模糊数学分析法<sup>[3]</sup>、地统计学法<sup>[4]</sup>、聚类分析法<sup>[2]</sup>、指数和法<sup>[5-6]</sup>等, 通过计算综合评价得分可以对土壤肥力质量数值化评价<sup>[1,7]</sup>。

矿质元素是土壤组成的重要部分。土壤矿物质的化学组成与成土条件和成土过程密切相关, 对土壤的物理、化学、生物性质作用明显, 具有极大影响, 是土壤分化、成土的基础, 同时参与植物生长发育的全过程<sup>[8-9]</sup>。矿质元素是烟草

生长发育所必需的营养元素, 虽然土壤中矿质元素被烟株吸收的量少, 但烟草生长发育所必需的营养元素, 在烟株生长发育过程中起着不可替代的作用。Ca、Mg、Cu、Fe、Mn、P、Zn 等矿质元素供应不足或过多时, 烟叶的正常生长发育受阻, 产量和质量降低<sup>[10-14]</sup>。

广元是四川主要烤烟产区之一, 笔者主要利用主成分分析法和模糊数学综合评价法分析广元汉阳镇烟区土壤 pH、有机质、全氮、全碳、有效磷、碱解氮、速效钾含量等指标, 利用相关关系分析研究土壤中基础养分和矿质元素含量, 揭示广元汉阳镇烟区土壤养分分布特征, 对烟区土壤综合肥力进行综合评价, 为该区烟草种植合理布局、平衡施肥和土壤保育提供数据支撑。

**1 材料与方法**

**1.1 土壤** 于 2021 年 3 月 8 日在广元市汉阳镇采用“五点法”采集移栽前耕层土样 25 个, 并用 GPS 定位标记。土样经登记编号后进行预处理, 经风干、磨细、过筛、混匀、装瓶后备用。

**1.2 测定指标与方法** 测定指标包括 pH、有机质、全氮、有

**基金项目** 湖北中烟工业有限责任公司武汉卷烟厂项目“广元中烟烟油分”“优质烟叶开发技术研究与应用”(2021JSYL4WH-2C041)。

**作者简介** 王晶(1999—), 女, 甘肃甘谷人, 硕士研究生, 研究方向: 烟草栽培生理生化。\*通信作者, 农艺师, 从事烟叶基地技术管理工作。

**收稿日期** 2022-06-24

效磷、碱解氮、速效钾以及矿质元素等,按《土壤农业化学分析方法》中各指标测定方法进行测定。

**1.3 土壤养分分级标准** 参照《中国植烟土壤及烟草养分

综合管理》<sup>[15]</sup>的植烟土壤主要养分丰缺标准,将 pH、有机质、全氮、有效磷、碱解氮、速效钾划分为极高、高、中等、低、极低 5 个等级(表 1)。

表 1 植烟土壤养分丰缺划分标准

Table 1 Classification criteria for nutrient abundance and deficiency in tobacco planting soil

等级 Grade	pH	有机质 Organic matter g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	有效磷 Available phosphorus mg/kg	碱解氮 Alkali hydrolyzed nitrogen/mg/kg	速效钾 Available K mg/kg
极高 Extremely high	>7.5	>25	>2.5	>40	>100	>350
高 High	7.0~7.5	15~25	2.0~2.5	20~40	65~100	220~350
中等 Medium	5.5~<7.0	10~<15	1.0~<2.0	10~<20	30~<65	150~<220
低 Low	<5.5	<10	0.5~<1.0	<10	<30	80~<150
极低 Extremely low	—	—	<0.5	—	—	<80

**1.4 模糊数学综合评价法** 通过模糊数学综合评价法对植烟土壤的综合肥力状况进行评价<sup>[3]</sup>。首先确定各养分指标的隶属函数,计算各指标隶属度,然后采用主成分分析法<sup>[16]</sup>确定各指标的权重系数,最后采用指数和法求出各土壤样品的综合肥力得分(integrated fertility index,IFI)。将 IFI 划分为 5 个等级,即高(IFI>0.75)、较高(0.65<IFI≤0.75)、中(0.55<IFI≤0.65)、较低(0.45<IFI≤0.55)和低(IFI≤0.45)。采用隶属函数的方法将土壤养分指标标准化,常见的隶属函数分别是“抛物线”型和“S”型隶属函数,其函数表达式见(1)和(2)。根据相关报道及当地植烟生产实际状况,pH、有机质、有效磷、碱解氮采用“S”型,全氮、速效钾采用“抛物线”型。

抛物线型:

$$f(x) = \begin{cases} 0.1 & (x \leq x_1, x > x_4) \\ 0.9 \times (x - x_1) / (x_3 - x_1) + 0.1 & (x_1 \leq x < x_2) \\ 1.0 & (x_2 \leq x \leq x_3) \\ 1.0 - 0.9 \times (x - x_4) / (x_2 - x_4) & (x_3 < x \leq x_4) \end{cases} \quad (1)$$

S 型:

$$f(x) = \begin{cases} 0.1 & (x < x_1) \\ 0.9 \times (x - x_1) / (x_2 - x_1) + 0.1 & (x_1 \leq x \leq x_2) \\ 1.0 & (x > x_2) \end{cases} \quad (2)$$

表 2 烟区土壤理化指标的描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of soil physical and chemical indicators in tobacco growing areas

项目 Item	pH	有机质 Organic matter g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	有效磷 Available phosphorus mg/kg	碱解氮 Alkali hydrolyzed nitrogen/mg/kg	速效钾 Available K mg/kg
平均值 Average value	6.98	19.13	1.48	30.41	46.79	135.72
中位数 Median	7.32	17.81	1.43	9.24	42.53	136.60
最小值 Minimum value	4.59	9.71	0.95	0.46	22.64	80.60
最大值 Maximum value	8.01	31.26	2.41	142.50	81.63	219.60
变异系数(CV) Coefficient of variation/%	13.16	28.17	25.73	131.06	34.64	26.16

**2.1.2 汉阳镇植烟土壤基础养分主成分分析。**土壤 pH、有机质、全氮、有效磷、速效钾和碱解氮含量分布不均,单个养分指标不能有效代表土壤综合肥力空间分布特征。因此,利用主成分分析法对 pH、土壤基础养分等 6 个指标进行综合

综合肥力得分计算公式:

$$IFI_i = \sum_{j=1}^m W_{ij} N_{ij} \quad (i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,m)$$

式中, $N_{ij}$ 和 $W_{ij}$ 分别为第*i*个土壤样品的第*j*个土壤养分指标的隶属度值和相应的权重系数。

**1.5 数据处理与分析** 采用 Excel 2010 和 IBM Statistic SPSS 23.0 软件进行数据统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤基础养分

**2.1.1 广元汉阳镇植烟土壤基础养分描述性统计分析。**由表 2 和表 3 可知,该烟区土壤 pH 为 4.59~8.01,平均值为 6.98,其中 60%的样品土壤 pH 处于高水平(>7.0);有机质含量为 9.71~31.26 g/kg,平均值为 19.13 g/kg,高有机质含量(>15 g/kg)土壤占 72%;全氮平均含量为 1.48 g/kg,80%土壤全氮含量适宜(1.0~<2.0 g/kg);有效磷平均含量为 30.41 mg/kg,56%土样有效磷含量低于 10 mg/kg,属于强变异;碱解氮平均含量为 46.79 mg/kg,变异系数为 34.64%,属于中等变异,12%土壤碱解氮含量处于偏高水平;速效钾平均含量为 135.72 mg/kg,68%烟区土壤速效钾含量处于低水平。各指标变异系数表现为有效磷>碱解氮>有机质>速效钾>全氮>pH。

分析。由表 3 可知,第 1、2 主成分特征值分别为 3.244、1.658,方差贡献率分别为 54.074%、27.625%,累计贡献率为 81.699%,肥力指标权重由大至小的顺序为有机质>全氮>碱解氮>速效钾>有效磷>pH。

该烟区 60% 土壤样品 pH>7.0 处于高和极高水平,因此需定向调节土壤 pH;56% 土壤样品有机质含量高,4% 的土壤其有机质含量处于低水平;全氮是土壤中所有可被植物利用和不可被植物利用的氮素总称,92% 土壤样品全氮含量处于中等及以上水平;88% 土壤样品碱解氮含量处于中等及以上水平,因此该烟区可适当减施或稳施氮肥;胡国松等<sup>[17]</sup>认为植烟土壤中速效钾含量越高越好,该烟区 68% 土壤样品速效钾含量低,施肥需根据不一样地的钾含量科学增施钾肥,但应注意钾肥施用方式和时间;56% 土壤样品有效磷含量低,32% 土壤样品有效磷含量极高,该烟区应分类施磷肥,注意

补磷与控磷相结合;烟区 52% 土壤样品 IFI 极低,只有 24% 的土壤样品 IFI 处于中等及以上水平,这与张启莉等<sup>[18]</sup>研究结果一致,表明广元市土壤理化指标综合肥力处于较低和低水平。土壤有机质、全氮权重较高,分别为 0.33、0.32,与土壤有效磷、速效钾含量显著正相关,土壤氮含量偏高,需要控制氮素施用量,因此可以适当增施有机肥,以提高土壤速效钾、有效磷含量,这与刘汉军等<sup>[19]</sup>的研究结果一致,广元烟区增施有机肥显著提高烟区上等烟比例和产值,烤烟钾素含量增加。

表 3 土壤肥力指标主成分分析及综合肥力得分 (IFI) 等级占比

Table 3 Principal component analysis of soil fertility indexes and proportion of integrated fertility core (IFI) grades

指标 Index	主成分 Principal component		指标得分系数 Index score coefficient	指标权重 Indicator weight	极高(1级) Extremely high//%	高(2级) High %	中等(3级) Medium %	低(4级) Low %	极低(5级) Extremely low//%
	1	2							
pH	-0.739	0.595	-0.12	-0.09	44	16	36	4	—
有机质 Organic matter	0.929	0.315	0.42	0.33	16	56	24	4	—
全氮 Total nitrogen	0.596	0.754	0.42	0.32	0	12	80	8	0
有效磷 Available phosphorus	0.521	-0.784	-0.01	-0.01	32	0	12	56	—
碱解氮 Alkali hydrolyzed nitrogen	0.963	0.136	0.39	0.30	0	12	76	12	—
速效钾 Available K	0.531	-0.049	0.18	0.14	0	0	32	68	0
特征值 Eigenvalue	3.244	1.658							
方差贡献率 Variance contribution rate//%	54.074	27.625							
IFI					0	4	20	24	52

## 2.2 矿质元素

2.2.1 汉阳镇植烟土壤矿质营养描述性统计分析。由表 4 可知,该烟区土壤 Ca 含量变异系数为 39.94%,属于强变异;按照土壤环境质量标准值农田 Cu 含量划分为一级 ≤ 35 mg/kg,二级(酸性土 ≤ 50 mg/kg,中性和碱性土 ≤ 100 mg/kg),三级 ≤ 400 mg/kg,该烟区 Cu 含量为 1.02 ~ 3.91 mg/kg,该烟区 Cu 含量均处于一级水平;Fe 含量为

855.41 ~ 8 960.00 mg/kg,平均值 3 386.54 mg/kg,变异系数为 50.02%,属于强变异;Mg 含量为 286.45 ~ 1 428.00 mg/kg,变异系数为 31.30%,属中等变异;土壤 Mn、P 含量分别为 24.67 ~ 303.64、49.14 ~ 244.43 mg/kg,变异系数分别为 65.79%、49.70%,均属于强变异;土壤 Zn 含量为 5.47 ~ 17.97 mg/kg,变异系数 32.71%,均属于中等变异。各指标变异系数表现为 Mn>Fe>P>Ca>Zn>Cu>Mg。

表 4 烟区土壤矿质元素的描述性统计

Table 4 Descriptive statistics of mineral elements in soils of tobacco areas

单位:mg/kg

项目 Item	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	P	Zn
平均值 Average value	5 370.26	670.35	2.22	3 386.54	96.04	109.26	10.30
中位数 Median	5 031.75	610.57	2.20	3 011.47	85.10	96.83	10.35
最小值 Minimum value	1 878.44	286.45	1.02	855.41	24.67	49.14	5.47
最大值 Maximum value	10 191.70	1 428.00	3.91	8 960.00	303.64	244.43	17.97
变异系数 Coefficient of variation (CV) //%	39.94	31.30	31.66	50.02	65.79	49.70	32.71

2.2.2 汉阳镇植烟土壤矿质营养分析。利用主成分分析法对 Ca、Mg、Cu、Fe、Mn、Pi、Zn 等矿质元素含量进行综合分析(表 5)。第 1、2 主成分特征值分别为 4.49、1.08,方差贡献率分别为 64.15%、15.37%,累计贡献率为 79.52%,肥力指标权重由大至小的顺序为 Fe>Cu>Mn>Mg=Zn>Ca>P,土壤 Fe、Cu 含量与其他矿质元素均呈显著正相关,可以通过调控土壤 Fe、Cu 含量增加其余矿质元素含量。

2.3 汉阳镇植烟土壤基础养分与矿质养分相关性分析 对土壤养分(包含理化指标及矿质元素)进行相关性分析(表

6),pH 与有机质、有效磷、碱解氮和土壤 Zn 含量呈极显著或显著相关;有机质与全氮、碱解氮、速效钾呈极显著或显著相关;全氮与碱解氮和土壤 Zn 含量呈极显著或显著相关;有效磷与碱解氮呈显著相关;碱解氮与速效钾呈显著相关;速效钾与 Cu、Fe、Mn、P 呈显著相关;土壤 Mg 与 Cu、Fe、Mn 呈极显著或显著相关;土壤 Cu 与 Fe、Mn、P、Zn 呈极显著相关,土壤 Fe 与 Mn、P 之间也呈极显著相关。土壤矿质元素之间交互相关性较显著;但土壤理化指标与矿质元素间交互相关性一般。

表 5 土壤矿质元素主成分分析结果及指标权重

Table 5 Principal component analysis results and index weights of soil mineral elements

肥力指标 Fertility index	主成分 Principal component		指标得分系数 Index score coefficient	指标权重 Indicator weight
	1	2		
	Ca	0.88		
Mg	0.58	0.49	0.31	0.14
Cu	0.83	0.19	0.35	0.16
Fe	0.93	0.11	0.38	0.17
Mn	0.94	-0.14	0.33	0.15
P	0.82	-0.49	0.22	0.10
Zn	0.50	0.63	0.31	0.14
特征值 Eigenvalue	4.49	1.08		
方差贡献率 Variance contribution rate//%	64.15	15.37		

## 3 结论

土壤养分是评价土壤肥力的主要指标,其丰缺状况和供应强度直接影响烟草的生长发育、产量和品质。土壤肥力不仅受土壤养分和植物吸收能力的独立作用,更取决于各因子的协调程度<sup>[20]</sup>。该烟区土壤综合肥力得分极低,主成分分析结果表明,土壤有机质、全氮权重最高,分别为 0.33、0.32,土壤增施有机肥、钾肥、磷肥,可以有效提高土壤综合肥力。因此,广元市汉阳镇在今后的施肥过程中应保持有机肥、钾肥、磷肥含量处于最优水平,根据当地土壤的实际情况,结合土壤养分丰缺状况,均衡各营养元素的配比,制定适宜的平衡施肥方案,以提高烟叶产量和质量。

表 6 土壤养分相关性分析

Table 6 Correlation analysis of soil nutrients

指标 Index	pH	有机质 Organic matter	全氮 Total nitrogen	有效磷 Available phosphorus	碱解氮 Alkali hydrolyzed nitrogen	速效钾 Available K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	P
有机质 Organic matter	-0.495**											
全氮 Total nitrogen	0.004	0.781**										
有效磷 Available phosphorus	-0.796**	0.247	-0.209									
碱解氮 Alkali hydrolyzed nitrogen	-0.675**	0.933**	0.664**	0.362*								
速效钾 Available K	-0.258	0.426*	0.159	0.239	0.400*							
Ca	0.097	0.002	-0.071	-0.100	-0.100	0.333						
Mg	0.187	-0.064	-0.162	0.006	-0.172	-0.015	0.365*					
Cu	0.09	0.096	0.031	-0.091	0.007	0.392*	0.604**	0.507**				
Fe	0.111	0.141	0.021	0.005	0.03	0.367*	0.752**	0.633**	0.701**			
Mn	0.075	0.133	-0.005	-0.022	0.021	0.409*	0.847**	0.416*	0.675**	0.942**		
P	-0.094	0.053	-0.164	0.059	-0.02	0.419*	0.897**	0.211	0.633**	0.647**	0.796**	
Zn	0.339*	0.084	0.369*	-0.183	-0.059	-0.038	0.246	0.269	0.506**	0.453*	0.406*	0.172

注: \* 表示在 0.05 水平显著相关; \*\* 表示在 0.01 水平显著相关。

Note: \* indicated significant correlation at 0.05 level; \*\* indicated extremely significant correlation at 0.01 level.

## 参考文献

- [1] 吴玉红,田霄鸿,同延安,等.基于主成分分析的土壤肥力综合指数评价[J].生态学报,2010,29(1):173-180.
- [2] 吴海燕,金荣德,范作伟,等.基于主成分和聚类分析的黑土肥力质量评价[J].植物营养与肥料学报,2018,24(2):325-334.
- [3] 元丽,潘继花,郇志飞,等.基于熵权的模糊评价法对日照市茶园土壤养分分析与质量评价[J].中国农学通报,2019,35(6):54-61.
- [4] 杨全合,安永龙.基于地统计学和 GIS 的通州区于家务乡土壤肥力综合评价[J].西南农业学报,2019,32(4):882-891.
- [5] 周伟,王文杰,张波,等.长春城市森林绿地土壤肥力评价[J].生态学报,2017,37(4):1211-1220.
- [6] SUN B,ZHOU S L,ZHAO Q G. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China[J]. Geoderma,2003,115(1/2):85-99.
- [7] 陈吉,赵炳梓,张佳宝,等.主成分分析方法在长期施肥土壤质量评价中的应用[J].土壤,2010,42(3):415-420.
- [8] 郭曼,安韶山,常庆瑞,等.宁南宽谷丘陵地区土壤矿质元素与氧化铁的特征[J].水土保持研究,2005,12(3):38-40.
- [9] 汤艳杰,贾建业,谢先德.粘土矿物的环境意义[J].地学前缘,2002,9(2):337-344.
- [10] 李廷轩,马国瑞.籽粒苋-烟草间作对烟叶部分矿质元素含量及品质的影响[J].水土保持学报,2004,18(1):138-140,143.
- [11] 李永忠,罗鹏涛.氯在烟草体内的生理代谢功能及其应用[J].云南农业大学学报,1995,10(1):57-61.
- [12] 胡思农.硫镁和微量元素在作物营养平衡中的作用[C]//国际学术讨论会论文集.成都:四川科技出版社,1993:187-193.
- [13] 朱立新,任天祥,周国华,等.微量元素在提高烟草产量和品质上的试验应用成果[J].物探与化探,1993,17(5):374-379.
- [14] 贾海江,徐雪芹.保山昌宁烟区土壤和烟叶中矿质元素分析研究[J].安徽农业科学,2015,43(5):93-94,170.
- [15] 陈江华,刘建利,李志宏,等.中国植烟土壤及烟草养分综合管理[M].北京:科学出版社,2008.
- [16] 叶回春,张世文,黄元仿,等.北京延庆盆地农田表土层土壤肥力评价及其空间变异[J].中国农业科学,2013,46(15):3151-3160.
- [17] 胡国松,郑伟,王震东,等.烤烟营养原理[M].北京:科学出版社,2000:198-209.
- [18] 张启莉,顾会战,喻晓,等.广元市植烟土壤的养分含量及综合评价[J].贵州农业科学,2016,44(5):72-76.
- [19] 刘汉军,刘蕾,刘秩豪,等.不同生物有机肥对烤烟产量及土壤养分的影响[J].生态科学,2018,37(6):91-96.
- [20] 马强,宇万太,赵少华,等.黑土农田土壤肥力质量综合评价[J].应用生态学报,2004,15(10):1916-1920.