

曾敬尧,王远,周富强,等. 永州烟区土壤适宜性综合评价[J]. 山西农业科学, 2026, 54(1): 177-184.

ZENG J Y, WANG Y, ZHOU F Q, et al. Comprehensive evaluation of soil suitability in Yongzhou tobacco area[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2026, 54(1): 177-184.

doi:10.26942/j.cnki.issn.1002-2481.2026.01.20

永州烟区土壤适宜性综合评价

曾敬尧¹, 王远², 周富强³, 李虎³, 范幸龙², 张莉², 李强¹

(1. 湖南农业大学 农学院, 湖南 长沙 410128 2. 江苏中烟工业有限责任公司, 江苏 南京 210019;

3. 湖南省烟草公司 永州市公司, 湖南 永州 425000)

摘 要:为探究永州烟区土壤对烤烟种植适宜性及主要影响因素,采集永州烟区表层土壤689份,测定土壤的pH值、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、氯离子、有效铁、有效锰、有效硫、交换性钙和交换性镁含量,进行差异性分析与相关性分析,运用隶属函数法对各理化指标进行评价,结合主成分分析对永州烟区7个县(道县、宁远县、东安县、江华县、新田县、蓝山县、江永县)进行综合评价。结果表明,永州烟区土壤呈弱碱性,有效铁、有效硫含量过高,有机质、碱解氮含量丰富,分别达到了42.25 g/kg和186.61 mg/kg;相关性分析结果表明,pH值与交换性钙、交换性镁、有效硫含量均呈显著正相关,与碱解氮、有效磷、速效钾、有机质含量等均呈显著负相关;有效铁含量与有效硫含量呈显著正相关;碱解氮、有效磷、速效钾、有机质含量彼此间均呈显著正相关。根据适宜性评价结果得出,7个县烟区土壤适应性均达到合格,蓝山县适宜性最高,道县与江永县与其他烟区相比差距较为明显,存在交换性钙分布不均、有效锰含量不足的问题。建议永州烟区采取合适的土地管理措施,以改善上述问题,提高其植烟土壤的适宜性。

关键词:永州;土壤适应性;隶属函数;主成分分析;烤烟

中图分类号:X825;S158

文献标识码:A

文章编号:1002-2481(2026)01-0177-08

Comprehensive Evaluation of Soil Suitability in Yongzhou Tobacco Area

ZENG Jingyao¹, WANG Yuan², ZHOU Fuqiang³, LI Hu³, FAN Xinglong², ZHANG Li², LI Qiang¹

(1. College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

2. China Tobacco Jiangsu Industrial Co., Ltd., Nanjing 210019, China;

3. Yongzhou City Company, Hunan Provincial Tobacco Company, Yongzhou 425000, China)

Abstract: To investigate the suitability of soil in the Yongzhou tobacco-growing area for flue-cured tobacco cultivation and its main influencing factors, in this study, 689 surface soil samples were collected from the area. The soil's pH value, organic matter, alkali-hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, available potassium, chloride ion, available iron, available manganese, available sulfur, exchangeable calcium, and exchangeable magnesium contents were determined. Difference analysis and correlation analysis were conducted. The membership function method was used to evaluate each physical and chemical indicator, and combined with principal component analysis, a comprehensive evaluation was carried out for 7 counties in the Yongzhou tobacco-growing area. The results showed that the soil in the Yongzhou tobacco-growing area was weakly alkaline, with excessively high contents of available iron and available sulfur, and rich contents of organic matter and alkali-hydrolyzable nitrogen, reaching 42.25 g/kg and 186.61 mg/kg, respectively. The results of correlation analysis revealed that the pH value was significantly positively correlated with the contents of exchangeable calcium, exchangeable magnesium, and available sulfur, and significantly negatively correlated with the contents of alkali-hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, available potassium, and organic matter. The available iron content was significantly positively correlated with the available sulfur content. The contents of alkali-hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, available potassium, and organic matter

收稿日期:2025-01-01

基金项目:江苏中烟工业有限责任公司科技项目(H202226)

作者简介:曾敬尧,在读硕士,研究方向:作物栽培,E-mail:1214120614@qq.com

通信作者:张莉,高级工程师,硕士,主要从事烟叶质量及工业适用性研究,E-mail:zhangli@jszygs.com

were all significantly positively correlated with each other. According to the suitability evaluation results, the soil suitability in the tobacco-growing areas of all 7 counties was qualified. Lanshan county had the highest suitability, while Dao county and Jiangyong county showed a relatively significant gap compared to other tobacco-growing areas, with problems of uneven distribution of exchangeable calcium and insufficient available manganese content. It was suggested that appropriate land management measures be adopted in the Yongzhou tobacco-growing area to improve the uneven distribution of exchangeable calcium and insufficient available manganese content in Dao and Jiangyong counties, thereby enhancing the suitability of their tobacco-growing soil.

Keywords: Yongzhou; soil adaptability; membership function; principal component analysis; flue-cured tobacco

土壤作为农业生产的重要基础,较好的土壤条件是作物生长的保障。在不同的自然条件与人工管理下,如气候、耕种作物、施肥等,土壤的性质不可能保持常年稳定不变,想要保持较好的生产环境,就必须采用适宜的评估方法对土地养分进行综合评价^[1-2],这对于未来的生产计划有着重要的影响。常用的评价方法如主成分分析法、内梅罗综合指数法、模糊数学法等,都是较为有力的分析方法^[3-6]。

近年来,对土壤进行适宜性评价,对于优化烟区种植规划调整有着重要意义。字春光等^[7]采用GIS和模糊综合评价法量化对云南植烟区土壤肥力等级和空间分布。宋若茗等^[8]运用模糊函数法对洛阳烟区土壤基础养分分析及不同前作植烟土壤肥力进行综合评价。张瑛等^[9]对长汀烟区植烟土壤肥力适宜性综合评价及空间分布进行了研究。王晓园等^[10]运用主成分分析对广东梅州烟区土壤与烟叶化学成分特征评价及其相关性分析进行了研究。对于不同的地理位置,采取的评价指标也有所差异。因此,可运用多种分析方法对烟区土壤进行更全面的适宜性评价。

湖南是我国的重要烤烟产区之一^[11],有着丰富的种植经验。永州市近年来烤烟种植规模逐渐扩大,2024年永州市烤烟种植面积为2.272万hm²,比2023年增长0.3%,产量为5.11万t,较2023年增长1.4%,烤烟种植面积在湖南的占比约为24.34%,经济效益显著,为当地提供了大量的就业机会。因此,笔者对湖南省永州烟区的植烟土壤进行适宜性评价,旨在为烟区种植规划、持续发展、烟叶产量与质量提升等提供参考意见。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区位于湖南省永州市,位于北纬24°39′~26°51′,东经111°06′~112°21′,包含道县、东安、江

华、江永、蓝山、宁远、新田七县。永州处于亚热带大陆性季风湿润气候区^[12],全年平均气温在17.6~18.6℃,无霜期年均285~311d,年降雨量1290~1900mm,主要集中在春夏两季。在光照方面,永州光照充足,年日照时数为1300~1700h,利于农作物的生长。

1.2 土壤样品采集及测定

在本研究中,选取了7个县的烟田土壤,取样时间为2023年9—11月,共采集689份土壤样品,其中,道县80份、宁远193份、东安30份、江华136份、新田115份、蓝山80份、江永55份。采用五点法进行取样,取样深度为10~20cm,四分法后装取1kg样品,编号后送回实验室,自然风干后过筛进行检测。土壤主要为壤质黏土、黏壤土、粉砂质黏壤土、粉砂质黏土,占比分别为46.7%、23%、12.3%、10.4%。检测的项目有pH值、有机质(OM)、碱解氮(AHN)、有效磷(AP)、速效钾(AK)、氯离子(Cl⁻)、有效铁(AFe)、有效锰(AMn)、有效硫(AS)、交换性钙(Ex-Ca)和交换性镁(Ex-Mg)。除氯离子外,其余指标检出率均为100%。

1.3 土壤适宜性指数计算^[13]

$$W = \sum_{i=1}^n (X_i \times m_i) \quad (0 \leq W \leq 1) \quad (1)$$

式中, W 为适宜性指数, X_i 为适宜性指标的权重, m_i 为指标的隶属度, W 的值越高,说明土壤种植烤烟的适宜性越好。 $W < 0.5$,适宜性差; $0.5 \leq W < 0.6$,适宜性合格; $0.6 \leq W < 0.7$,适宜性较好; $W \geq 0.7$,非常适宜。

由于不同的指标对土壤的影响效果不一样,因此,所需要的隶属函数类型也有所不同,一些指标过高或过低都将影响烤烟的生长,如pH、有效铁、有效锰、交换性钙、交换性镁等。因此,采用以下隶属函数较为合适。

$$M(X)=\begin{cases} 0.1, X \leq X_1, X \geq X_4 \\ 0.9 \times (X - X_1)/(X_2 - X_1) + 0.1, X_1 < X < X_2 \\ 1.0, X_2 \leq X \leq X_3 \\ 1.0 - 0.9 \times (X - X_3)/(X_4 - X_3), X_3 < X < X_4 \end{cases} \quad (2)$$

大部分养分指标缺乏都会造成烤烟发育不良、生长受阻等情况,可以通过肥料进行补充,这些指标一般只会限制其含量过低,而不会对其高

含量进行限制,如有效磷、速效钾、有机质、碱解氮等。因此,采用以下函数较为合适。

$$M(X)=\begin{cases} 0.25, X \leq X_1 \\ 0.25 + 0.25 \times (X - X_1)/(X_2 - X_1), X_1 < X < X_2 \\ 0.50 + 0.25 \times (X - X_2)/(X_3 - X_2), X_2 < X < X_3 \\ 0.75 + 0.25 \times (X - X_3)/(X_4 - X_3), X_3 < X < X_4 \\ 1.0, X \geq X_4 \end{cases} \quad (3)$$

有的指标含量过高会限制烤烟的生长发育以及质量降低,通常正期望该类指标处于较低水平,故会对其高含量进行限制,不对低含量进行限制,

比如氯离子、有效硫等。因此,使用以下函数比较合适。

$$M(X)=\begin{cases} 1.0, X \leq X_1 \\ 1.0 - 0.25 \times (X - X_1)/(X_2 - X_1), X_1 < X < X_2 \\ 0.75 - 0.25 \times (X - X_2)/(X_3 - X_2), X_2 < X < X_3 \\ 0.50 - 0.25 \times (X - X_3)/(X_4 - X_3), X_3 < X < X_4 \\ 0.25, X \geq X_4 \end{cases} \quad (4)$$

1.4 指标转折点

在以上隶属函数中, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 的值为函数转折点的取值,如表1所示。

表1 指标转折点
Tab.1 Indicator turning points

指标	Indicator	X_1	X_2	X_3	X_4
pH		4.5	5.5	7.0	7.5
OM/(g/kg)		6	15	25	40
AHN/(mg/kg)		30	65	100	150
AP/(mg/kg)		5	20	35	60
AK/(mg/kg)		80	150	220	350
Cl ⁻ /(mg/kg)		5	10	30	35
AF _e /(mg/kg)		5	10	20	30
AMn/(mg/kg)		10	20	30	40
AS/(mg/kg)		5	10	25	35
Ex-Ca/cmol(12Ca)kg		5	10	20	30
Ex-Mg/cmol(12Mg)kg		0.3	0.6	1.0	1.4

1.5 数据分析

本研究中采用SPSS 27.0软件与Excel软件对试验数据进行分析,采用Origin 2021进行绘图。

2 结果与分析

2.1 永州市烟区土壤理化指标基本情况

从表2可以看出,湖南省永州市7个县耕层土

壤的pH值、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、氯离子、有效铁、有效锰、有效硫、交换性钙、交换性镁的总含量平均值分别为6.95、42.25 g/kg, 186.61、35.59、186.10、11.24、139.60、19.26、25.81 mg/kg和24.87 cmol(1/2Ga)/kg、0.87 cmol(1/2Mg)/kg,整体上看,土壤呈弱碱性,有机质、碱解氮丰富,适宜烤烟生长,过高有效铁含量会影响其他营养元素的有效性^[14]。从变异系数可以看出,所有指标波动性高,高变异系数的数据通常更容易受到异常值的影响,较难直接从指标分析土壤情况,最高的分别是氯离子与有效锰含量值,部分土壤中未检测到氯离子导致其变异值较大,有效锰分布含量不均。通过数据分析,是由于一些地区,长期大量施用碱性肥料可能会提高土壤pH值,从而降低锰的有效性^[15]。从偏度值看,除pH值与交换性钙外,其余指标偏度值均大于0,符合正态分布,这可能是因为部分地区酸性土壤数量较多,土壤酸化会使交换性钙被氢离子置换而流失^[16-17],从而降低土壤中交换性钙的含量。从峰度看,pH值与交换性钙含量峰度小于0,说明其分布比正态分布更平坦,呈现低峰态或平峰态,数据较分散。氯离子与有效锰的偏度极高,说明土壤中含量分布极度不均,含量过高地区需要采取合理措施降低其含量。

表 2 永州市烟区土壤理化指标基本情况

Tab.2 Basic status of physical and chemical indicators

参数 Parameter	pH	OM/ (g/kg)	AHN/ (mg/kg)	AP/ (mg/kg)	AK/ (mg/kg)	Cl ⁻ / (mg/kg)	AFe/ (mg/kg)	AMn/ (mg/kg)	AS/ (mg/kg)	Ex-Ca/cmol (1/2Ca)/kg	Ex-Mg/cmol (1/2Mg)/kg
平均值 Mean	6.95	42.25	186.61	35.59	186.10	11.24	139.60	19.26	25.81	24.87	0.87
中位数 Median	7.51	40.50	181.90	32.50	180.00	4.87	105.90	13.60	21.58	29.82	0.72
最小值 Min.	4.32	4.30	64.70	5.59	34.00	0.00	9.30	1.05	3.95	1.70	0.12
最大值 Max.	8.15	91.60	389.60	120.10	515.00	331.83	477.90	255.70	144.36	45.86	4.32
方差 Variance	0.96	175.53	2 695.37	328.01	8 090.33	545.62	9 548.87	502.82	267.18	173.27	0.32
标准差 Standard deviation	0.98	13.25	51.92	18.11	89.95	23.36	97.72	22.42	16.35	13.16	0.57
变异系数 Coefficient of variation	0.14	0.31	0.28	0.51	0.48	2.08	0.70	1.16	0.63	0.53	0.66
偏度 Skewness	-0.80	0.48	0.60	1.06	0.68	10.49	1.09	5.48	2.09	-0.24	2.27
峰度 Kurtosis	-0.85	0.02	0.42	1.71	0.49	140.02	0.60	43.28	7.69	-1.55	7.94

2.2 永州市各县土壤差异性分析

由表 3 可知,新田县、蓝山县、江永县等 3 个县 pH 值较高,可以采用过磷酸钙等酸性肥料,适当降低土壤 pH 值;7 个县土壤的碱解氮含量丰富,均满足烤烟生长需求;在有效磷方面,除江华县与蓝山县含量能达到较好水平,其余各县土壤中有有效磷含量都需要补充;永州市速效钾含量除蓝山县外,其余 6 个县都未达到最适宜烤烟生长的水平;江永县和东安县土壤中氯离子含量显著高于其他

县,需要采取措施调节;在有效铁方面,各县土壤中有有效铁含量过高;在有效锰方面,蓝山县显著高于其他县,江华县、宁远县、道县含量过低,适当的有效锰可促进烤烟的生长和发育^[18];在有效硫方面,永州市土壤中有有效硫含量整体上偏高,过量的硫抑制烤烟的生长发育^[19];在交换性钙方面,新田县土壤中含量显著高于其他县,东安县最为适宜;在交换性镁方面,永州市整体上偏高。

表 3 永州市各县土壤的差异性分析

Tab.3 Differential analysis table

县名 County name	pH	OM/ (g/kg)	AHN/ (mg/kg)	AP/ (mg/kg)	AK/ (mg/kg)	Cl ⁻ / (mg/kg)	AFe/ (mg/kg)	AMn/ (mg/kg)	AS/ (mg/kg)	Ex-Ca/cmol (1/2Ca)/kg	Ex-Mg/cmol (1/2Mg)/kg
道县	6.69±	36.09±	175.29±	31.03±	158.56±	3.59±	167.78±	16.79±	24.93±	20.03±	0.60±
Dao county	0.43bc	5.70bc	22.18b	6.96bc	24.31b	1.15bc	15.07ab	0.67b	3.18bc	3.86b	0.15c
宁远	6.95±	42.75±	183.63±	28.09±	200.38±	2.90±	137.45±	11.24±	22.79±	26.50±	0.84±
Ningyuan	0.28abc	0.87b	8.15b	4.73c	29.33ab	1.68bc	27.05bc	0.69b	5.23bc	5.93b	0.05abc
东安	6.33±	50.66±	226.34±	33.81±	192.95±	10.71±	214.15±	26.74±	25.46±	19.05±	0.77±
Dong'an	0.45c	7.38a	17.76a	10.18bc	40.81ab	7.16a	22.65a	6.07ab	7.21bc	4.91b	0.07bc
江华	6.70±	40.80±	174.86±	42.40±	191.09±	4.24±	181.92±	12.51±	17.63±	21.75±	0.86±
Jianghua	0.55bc	2.97bc	14.23b	3.23ab	40.81ab	0.48b	19.70ab	0.84b	1.45c	0.94b	0.31abc
新田	7.45±	40.52±	174.48±	30.82±	175.10±	2.21±	95.62±	23.97±	32.13±	35.04±	0.62±
Xintian	0.05a	2.23bc	14.23b	1.32bc	13.92b	2.08c	1.81cd	4.62ab	6.63ab	1.83a	0.09c
蓝山	7.15±	50.81±	221.49±	45.60±	236.13±	1.63±	131.62±	38.02±	35.64±	24.95±	1.27±
Lanshan	0.31ab	2.62a	11.68a	8.51a	40.23a	0.70c	39.82bc	12.16a	7.78a	1.53b	0.18a
江永 Ji- angyong	7.13±	33.88±	174.79±	30.14±	145.65±	9.98±	60.92±	24.11±	20.19±	24.60±	1.10±
	0.32ab	2.79c	15.08b	2.81c	17.95b	13.63ab	39.72d	16.81ab	4.39c	5.28b	0.46ab

注:不同小写字母表示各县间差异显著($P<0.05$)。

Note: The different lowercase letters indicated significant differences($P<0.05$).

2.3 土壤理化指标的相关性分析

由表 4 可知,pH 与交换性钙、交换性镁、有效硫均呈极显著正相关,与碱解氮、有效磷、速效钾、

有机质等均呈极显著负相关;有效铁与有效硫呈极显著正相关,与碱解氮呈极显著负相关;有效锰与速效钾、有机质均呈极显著正相关,与有效硫呈

极显著负相关;交换性镁与交换性钙、氯离子均呈显著负相关;交换性钙与有效硫呈极显著正相关,与有机质、碱解氮均呈极显著负相关;碱解氮、有效磷、速效钾、有机质彼此均呈极显著正相关。

表4 土壤理化指标的相关性分析

Tab.4 Correlation analysis of physical and chemical indicators

指标 Indicator	pH	AFe	AMn	Ex-Mg	Ex-Ca	AHN	AP	AK	OM	Cl ⁻	AS
pH	1	-0.165**	-0.081*	0.147**	0.778**	-0.152**	-0.075*	-0.172**	-0.347**	0.022	0.267**
AFe		1	-0.027	-0.039	-0.089*	-0.153**	-0.081*	-0.070	-0.089*	-0.019	0.165**
AMn			1	0.013	0.029	0.075*	0.018	0.178**	0.173**	-0.045	-0.344**
Ex-Mg				1	0.122**	-0.017	0.023	0.082*	-0.032	0.101**	-0.008
Ex-Ca					1	-0.112**	-0.062	-0.053	-0.197**	-0.005	0.197**
AHN						1	0.203**	0.202**	0.682**	-0.104**	-0.221**
AP							1	0.510**	0.196**	-0.052	-0.072
AK								1	0.330**	-0.021	-0.354**
OM									1	-0.051	-0.286**
Cl ⁻										1	0.146**

注:**表示在0.01水平相关性极显著;*表示在0.05水平相关性显著。

Note: ** represented significant correlation at the 0.01 level; * represented significant correlation at the 0.05 level.

2.4 土壤适宜性评价与分析

适宜性评价分为3步,第1步通过隶属度函数公式,计算出各指标隶属值;第2步采用主成分分析法,将11个土壤指标提取出7个主成分,累计贡

献率达86.726%,具有代表性,据此可以得出各成分权重值(表5);第3步将隶属值与隶属值进行计算。

表5 适宜性评价的主成分分析

Tab.5 Principal component analysis of suitability

主成分 Principal component	初始特征值 Initial eigenvalue				主成分 Principal component	初始特征值 Initial eigenvalue			
	总计 Aggregate	方差百分比 Percentage of variance	累计贡献率/% Cumulative con- tribution rate	权重 Weighting		总计 Aggregate	方差百分比 Percentage of variance	累计贡献率/% Cumulative con- tribution rate	权重 Weighting
1	2.697	24.519	24.519	0.282 7	7	0.859	7.806	86.726	0.090 0
2	1.68	15.275	39.794	0.176 1	8	0.587	5.336	92.062	
3	1.179	10.721	50.515	0.123 6	9	0.412	3.742	95.804	
4	1.148	10.433	60.948	0.120 3	10	0.281	2.554	98.358	
5	1.055	9.595	70.543	0.110 6	11	0.181	1.642	100	
6	0.921	8.376	78.919	0.096 6					

$$W = X_1 \times M_1 + X_2 \times M_2 + X_3 \times M_3 + X_4 \times M_4 + X_5 \times M_5 + X_6 \times M_6 + X_7 \times M_7 \quad (5)$$

式中, W 为土壤适应性得分, X_i 为适宜性指标在主成分中的得分值, M_i 为各主成分的权重。

由此得到永州市7个县土壤在烤烟种植方面的适宜性得分(表6),得分由高到低依次为蓝山>新田>宁远>江华>东安>道县>江永,蓝山县土壤适宜性得分显著高于其他县,为0.606 7,适应性较好;宁远县、东安县、江华县、新田县土壤适应性得分差距不显著,适宜性合格;道县与江永县土壤适应性达到合格,但得分显著低于其他各县。

各县均出现有效铁含量过高,有效磷、速效钾、有机质需要补充。

从图1可以看出,道县土壤pH适宜性呈现两极差异,相当一部分没有达到适宜程度,该县基本上还存在有效硫含量过高问题。交换性钙与有效锰是2个急需改善的问题,交换性钙分布不均匀,过高或是过低,有效锰则是含量较低。该市土壤pH问题更加明显,大部分土壤pH不处于烤烟生长的最适宜范围。交换性钙含量问题主要体现在部分地区含量过高,接近50%;土壤有效锰含量过低。

表 6 适宜性评价

Tab.6 Suitability evaluation

县名	County name	得分	Score	排名	Rank	等级	Rating	县名	County name	得分	Score	排名	Rank	等级	Rating
道县	Dao county	0.531 3		6		适应性合格		新田	Xintian	0.565 2		2		适应性合格	
宁远	Ningyuan	0.562 4		3		适应性合格		蓝山	Lanshan	0.606 7		1		适应性较好	
东安	Dong'an	0.553 9		5		适应性合格		江永	Jiangyong	0.511 9		7		适应性合格	
江华	Jianghua	0.555 7		4		适应性合格									

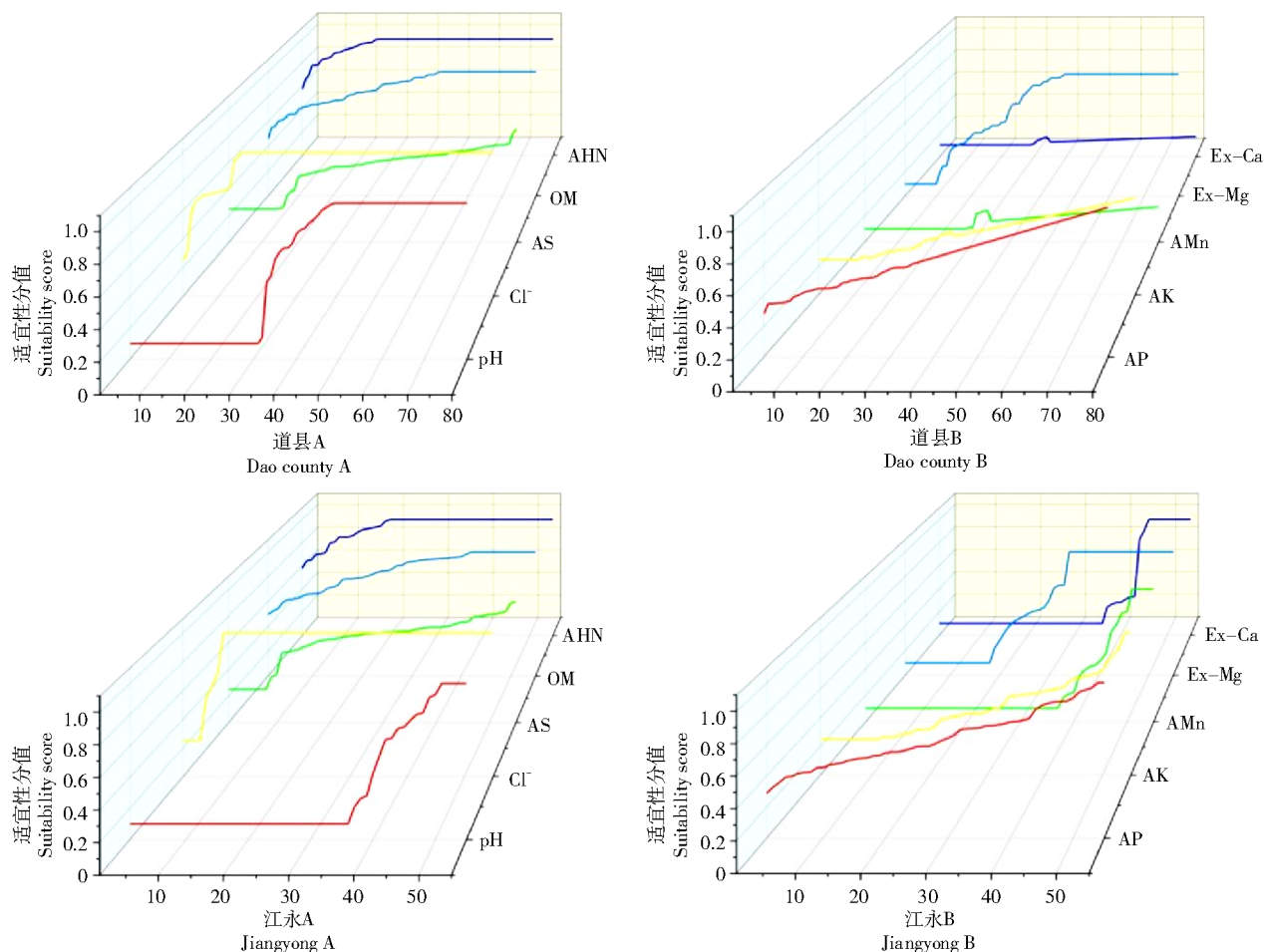


图 1 土壤指标适宜性分值

Fig.1 Suitability score of soil indicators

3 结论与讨论

本研究表明,湖南省永州市 7 个县中,大部分土壤 pH 值处于不适宜范围。pH 的提高降低了土壤中微量元素和营养成分的有效性。因为 pH 升高时,土壤中氢离子浓度下降,土壤胶体对钙离子与镁离子的吸附性减小,从而有更多的交换性钙与镁离子能释放到土壤中,钙离子与镁离子遇到硫酸盐时会形成硫酸钙与硫酸镁等,这提高了土壤中有效硫的含量。其次,土壤中氢氧根离子与

铵离子结合成氨气挥发,从而降低了碱解氮浓度,更多的钾离子会被吸附到土壤胶体表面,导致土壤中速效钾含量降低^[20],影响烤烟正常生长发育。各县烟田土壤中有效铁含量严重超出烤烟生长需求水平,过量的铁会促进活性氧的产生,破坏细胞膜的完整性^[21],还会导致烤烟对钙、镁等离子的吸收,造成营养失衡,需要采取措施改善。江永县与道县有机质含量与其他县相比较低,需要进行补充,考虑两地土壤的 pH 值高于烤烟最佳生长需求,可以使用一些酸性肥料进行补充,其余县有机

质充足,能够满足烤烟生长的需求。永州市各县土壤中碱解氮含量充足,有利于烤烟的茎秆和叶片的生长,因烤烟生长吸收大量氮素,释放出氢离子有利于降低土壤pH值。速效钾在烤烟生长中能促进细胞分裂和生长,增加叶片大小,有效磷促进根系发育,增加根系长度与吸收面积,并且2种元素都参与光合作用的调节,在永州市的7个县中,速效钾与有效磷整体上都需要补充,采用含磷、钾元素的复合肥可同时补充。永州市土壤中有效锰含量处于较好水平,适当的有效锰在烤烟生长过程中可调节呼吸作用,加强抗逆性,促进有机物的氧化分解;适宜的交换性钙促进烤烟的防御酶活性,增强抗虫性,提高根系的支撑力和对土壤的附着力^[22],参与渗透压的调节,但过多的交换性钙会造成土壤板结,影响根系生长。交换性镁参与光合作用以及促进蛋白质的合成与转化,提高体内酶活性,是烤烟生长不可缺少的元素。永州市土壤中交换性钙与交换性镁处于较好水平,需要对部分含量过高的区域加强管理。在本研究中,永州市土壤适应性评价主要存在以下几个问题:一是永州市土壤处于弱碱性土壤,碱性土不利于一些固氮、固磷等有益微生物的生长,会影响土壤中养分的转化,导致了烤烟的营养吸收受到限制;二是永州市土壤中有效铁含量过高,这会导致土壤变得更紧实,降低透气性与透水性,干扰烤烟对其他养分的吸收;三是适应性评价得分较低的道县与江永县,主要为交换性钙分布不均与有效锰含量均未达到适宜烤烟生长的范围。

对烤烟种植土壤进行适宜性评价对优化种植布局,提升烤烟产量与品质,维持可持续发展都有着重要作用。针对土壤碱性问题,可以采取生理酸性肥料进行调节,如过磷酸钙、磷酸二铵等,但要避免过多使用含硫肥料;交换性钙含量较高的土壤可以采用秋季施加农家肥,或者与豆科类作物轮作、套作,都可以降低土壤中交换性钙含量。

永州市土壤的适应性评价均达到合格水平,主要限制因素为土壤pH值高于适宜范围,土壤有效铁含量过高。应采取措施进行解决,深翻土壤的同时,配施如磷酸二氢铵等不含硫的酸性肥料可以有效降低土壤pH值;添加蛭石、珍珠岩、堆肥、厩肥等可以降低土壤中有效铁含量;7个县中速效钾含量与有效磷都需要补充,可以使用磷酸二氢钾等复合肥,避免过多使用含硫、氯等肥料;

道县与江永县还需注意土壤交换性钙分布不均问题,含量较低时及时补充,含量较高时可以考虑施加农家肥、豆科植物轮作、客土法等方法加以改善。

参考文献:

- [1] 刘晶,吕俊波,张媛媛,等.烟草种植土地适宜性评价方法及综合应用[J].数字农业与智能农机,2024(10):94-96.
LIU J, LÜ J B, ZHANG Y Y, et al. Evaluation method and comprehensive application of tobacco planting land suitability [J]. Digital Agriculture and Intelligent Agricultural Machinery, 2024(10):94-96.
- [2] 许金亮,熊佳诚,向世鹏,等.基于品质指标综合评价的长沙烟区雪茄烟品种适宜性研究[J].江苏农业科学,2023,51(23):54-60.
XU J L, XIONG J C, XIANG S P, et al. Study on suitability of cigar cultivars in Changsha tobacco-growing area based on comprehensive evaluation of quality index[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2023, 51(23):54-60.
- [3] 李娟,杨满元,杨宁.紫色土不同土地利用类型的土壤质量综合评价[J].森林与环境学报,2024,44(6):662-672.
LI J, YANG M Y, YANG N. Comprehensive assessment of purple soil characteristics under different land use types[J]. Journal of Forest and Environment, 2024, 44(6):662-672.
- [4] 张毅,刘颖,程存刚,等.牛粪与化肥配比比例对苹果园土壤有机碳库和酶活性的影响[J].中国农业科学,2024,57(20):4107-4118.
ZHANG Y, LIU Y, CHENG C G, et al. Effects of combined application proportion of cow manure and chemical fertilizer on soil organic carbon pool and enzyme activity in apple orchard[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2024, 57(20):4107-4118.
- [5] 黄承建,赵思毅,刘玉莲,等.川东丘陵区农田土壤重金属污染分析及生态风险评价[J].江苏农业科学,2024,52(14):271-279.
HUANG C J, ZHAO S Y, LIU Y L, et al. Analysis and ecological risk assessment of heavy metal pollution in farmland soil in hilly area of eastern Sichuan[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2024, 52(14):271-279.
- [6] 周春衡,王文林,郑树芳,等.基于隶属函数法的不同生草栽培模式下澳洲坚果果园土壤理化性质的综合评价[J].热带作物学报,2024,45(11):2362-2370.
ZHOU C H, WANG W L, ZHENG S F, et al. Comprehensive evaluation of soil physico-chemical properties in *Macadamia* orchard under different sod-cultural practices based on membership function method[J]. Journal of Tropical Crops, 2024, 45(11):2362-2370.
- [7] 字春光,钱颖颖,倪明,等.云南南亚热带气候区植烟土壤养分空间分布特征及肥力评价[J].西南农业学报,2024,37(10):2252-2260.
ZI C G, QIAN Y Y, NI M, et al. Spatial distribution characteristics of soil nutrients and fertility evaluation in tobacco-growing areas of south subtropics, Yunnan province[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2024, 37(10):2252-2260.

- [8] 宋若茗,王玉洁,苗圃,等. 洛阳烟区土壤基础养分分析及不同前作植烟土壤肥力综合评价[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(11):260-266.
SONG R M, WANG Y J, MIAO P, et al. Analysis of soil basic nutrients and comprehensive evaluation of tobacco-planting soil fertility under different previous cropping in Luoyang tobacco area[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2024, 52(11):260-266.
- [9] 张瑛,王海洋,姜林,等. 长汀烟区植烟土壤肥力适宜性综合评价及空间分布研究[J]. 作物杂志, 2024(6):171-178.
ZHANG Y, WANG H Y, JIANG L, et al. Comprehensive evaluation and spatial distribution of soil fertility suitability in Changting tobacco-growing area[J]. Crops, 2024(6):171-178.
- [10] 王晓园,黄瑞寅,谢旭明,等. 广东梅州烟区土壤与烟叶化学成分特征评价及其相关性分析[J]. 广东农业科学, 2023, 50(6):62-72.
WANG X Y, HUANG R Y, XIE X M, et al. Evaluation and correlation analysis of soil nutrients and chemical constituents of tobacco leaves in Meizhou tobacco production area of Guangdong[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2023, 50(6):62-72.
- [11] 王珊,邱齐心. 看,创新之路越走越宽阔[N]. 东方烟草报, 2024-10-21.
WANG S, QIU Q X. The road to innovation gets wider and wider[N]. Oriental Tobacco Newspaper, 2024-10-21.
- [12] 甘杰,刘静,唐婉,等. “十三五”期间多省交界区域空气质量演变特征分析[J]. 环境监测管理与技术, 2024, 36(4):23-29.
GAN J, LIU J, TANG W, et al. Evolution characteristics of air quality in multi-provincial border region during the 13th Five-Year Plan period[J]. The Administration and Technique of Environmental Monitoring, 2024, 36(4):23-29.
- [13] 张杨,张本强,王永,等. 山东省烟草发展型产区土壤种植适宜性评价[J]. 现代农业科技, 2024(15):38-44.
ZHANG Y, ZHANG B Q, WANG Y, et al. Evaluation on soil planting suitability in tobacco development-oriented production areas of Shandong province[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2024(15):38-44.
- [14] 苟文平,刘世全,张世熔,等. 西藏土壤有效铁含量及其影响因素[J]. 山地学报, 2007, 25(3):359-363.
GOU W P, LIU S Q, ZHANG S R, et al. Status of soil available iron and its affecting factors in Tibet[J]. Journal of Mountain Science, 2007, 25(3):359-363.
- [15] 肖雪,玛依拉·玉素音,柴仲平,等. 库尔勒香梨园土壤锰的空间分布特征及其有效性与土壤 pH 的关系[J]. 果树学报, 2021, 38(12):2091-2099.
XIAO X, YUSUYIN M Y L, CHAI Z P, et al. Spatial distribution characteristics of soil manganese and its effectiveness in relation to soil pH in Korla fragrant pear orchards[J]. Journal of Fruit Trees, 2021, 38(12):2091-2099.
- [16] 刘杰,谭智勇,周兴华,等. 铜仁市植烟土壤交换性钙镁空间分布特征及其影响因素分析[J]. 核农学报, 2022, 36(4):812-819.
LIU J, TAN Z Y, ZHOU X H, et al. Spatial distribution characteristics and influencing factors of exchangeable calcium and magnesium in tobacco planting soil in Tongren city[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2022, 36(4):812-819.
- [17] 孟赐福,傅庆林,水建国,等. 浙江中部红壤施用石灰对土壤交换性钙、镁及土壤酸度的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(2):129-136.
MENG C F, FU Q L, SHUI J G, et al. Effect of liming on acidity and exchangeable calcium and magnesium of red soil in central Zhejiang[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 1999, 5(2):129-136.
- [18] 曾睿,张果,何忠俊,等. 土壤锰素营养及锰在烟草上的应用研究进展[J]. 江西农业学报, 2009, 21(9):105-109.
ZENG R, ZHANG G, HE Z J, et al. Research advance in soil manganese nutrition and application of manganese in tobacco[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2009, 21(9):105-109.
- [19] 韩会阁,郭芳阳,吴照辉,等. 硫对烤烟生理和生长发育特性的影响[J]. 河南农业科学, 2020, 49(3):40-46.
HAN H G, GUO F Y, WU Z H, et al. Effect of sulphur on physiological, growth and development characteristics of flue-cured tobacco[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2020, 49(3):40-46.
- [20] 唐韵,向德明,周清明,等. 龙山县植烟土壤 pH 时空变异与影响因子研究[J]. 中国土壤与肥料, 2020(6):100-106.
TANG Y, XIANG D M, ZHOU Q M, et al. Temporal and spatial variation of soil pH and its influencing factors in tobacco-growing areas of Longshan county[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2020(6):100-106.
- [21] 赵爽,许自成,孙曙光,等. 重金属对烟草生长发育及品质影响的研究进展[J]. 甘肃农业大学学报, 2012, 47(2):62-67.
ZHAO S, XU Z C, SUN S G, et al. Literature review on effects of heavy metals on tobacco physiological properties, growth and quality[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2012, 47(2):62-67.
- [22] 赵晓绕,李哲,朱江,等. 罗平土壤及烟叶主要中、微量元素含量分析[J]. 中国烟草科学, 2014, 35(3):27-31.
ZHAO X R, LI Z, ZHU J, et al. Contents of major medium and micronutrients in soils and tobacco leaves from Luoping[J]. Chinese Tobacco Science, 2014, 35(3):27-31.