

## 湖南植烟水稻土碱解氮分布特征及其影响因素<sup>①</sup>

金江华<sup>1</sup>, 李旭<sup>1</sup>, 秦凌<sup>2</sup>, 全柯颖<sup>3</sup>, 智磊<sup>4</sup>, 于大鹏<sup>1</sup>, 吴文信<sup>4</sup>, 李思军<sup>4</sup>, 夏冰<sup>3</sup>, 邓小华<sup>3\*</sup>

(1 吉林烟草工业有限责任公司, 吉林延吉 133000; 2 湖南省烟草公司永州市公司, 湖南永州 425000; 3 湖南农业大学农学院, 长沙 410128; 4 湖南省烟草公司郴州市公司, 湖南郴州 423000)

**摘要:** 为明确湖南植烟水稻土碱解氮含量、空间分布和影响因素, 检测了2698个耕层土壤样本的碱解氮含量, 分析了其空间分布特征及丰缺状况, 探讨了其与种植制度、耕层厚度、海拔和土壤pH、有机质、颗粒组成之间的关系。土壤碱解氮变幅为57.10~447.40 mg/kg, 平均为183.78 mg/kg, 碱解氮适宜(110~180 mg/kg)的样本占比为46.55%; 安仁县、桂阳县和临武县等10个县(区)土壤碱解氮平均值较高, 其他16个县(区)都在适宜范围; 土壤碱解氮空间分布有从东南向西北递减的分布趋势; 烟—玉米轮作的土壤碱解氮相对较低; 土壤碱解氮随耕层深度、土壤pH、有机质增加而增加, 与海拔呈抛物线关系(峰值在海拔150~250 m区间), 随土壤粉砂占比增加而升高, 随粗砂占比增加而降低。湖南植烟水稻土碱解氮含量空间分布不均匀, 且受多种因素影响, 要因地制宜分区制定氮肥施用策略。

**关键词:** 植烟土壤; 土壤碱解氮; 空间分布; 影响因素

中图分类号: S153.6 文献标志码: A

## Distribution Characteristics and Influencing Factors of Alkaline Hydrolysis Nitrogen in Tobacco-planting Paddy Soil in Hunan Rotation Area

JIN Jianghua<sup>1</sup>, LI Xu<sup>1</sup>, QIN Ling<sup>2</sup>, QUAN Keying<sup>3</sup>, ZHI Lei<sup>4</sup>, YU Dapeng<sup>1</sup>, WU Wenxin<sup>4</sup>, LI Sijun<sup>4</sup>, XIA Bing<sup>3</sup>, DENG Xiaohua<sup>3\*</sup>

(1 Jilin Tobacco Industry Co., Ltd., Yanji, Jinlin 133000, China; 2 Yongzhou Tobacco Company of Hunan Province, Yongzhou, Hunan 425000, China; 3 College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 3 Chenzhou Tobacco Company of Hunan Province, Chenzhou, Hunan 423000, China)

**Abstract:** To clarify the alkaline nitrogen (AN) content, spatial distribution, and influencing factors of tobacco-planting paddy soil in Hunan, 2698 topsoil samples were collected, and AN contents were tested. Meanwhile, the distribution characteristic of AN content and the potential influencing factors including planting system, plough layer thickness, altitude, soil pH, organic matter, and soil particle composition were explored. The results showed that AN content was abundant, with the range of 57.10~447.40 mg/kg (mean of 183.78 mg/kg). 46.55% of soil samples were in the suitable range of AN (110~180 mg/kg) for tobacco-planting. Average AN content was higher in 10 counties (districts), including Anren, Guiyang and Linwu, while within the suitable range in other 16 counties (districts). AN content was spatially decreased from southeast to northwest. AN content was lower in tobacco-corn rotation, and increased with the increases of plough layer thickness, soil pH and organic matter content. A parabolic relationship was found between AN content and altitude (highest AN content occurred within 150~250 m altitude). AN content increased with the proportion of silts and decreased with the proportion of coarse sands. In conclusion, the spatial distribution of AN content is heterogeneous in tobacco-planting paddy soil in Hunan, and significantly affected by planting system, plough layer thickness, altitude, soil pH, organic matter, and soil particle composition. Therefore, rational regional fertilization strategies should be formulated according to local conditions.

**Key words:** Tobacco-planting soil; Soil alkali hydrolysis nitrogen; Space distribution; Influencing factor

①基金项目: 吉林烟草工业有限责任公司科技项目(KJXM-2023-15)和郴州市烟草专卖局科技项目(CZYC2022JS06)资助。

\* 通讯作者(yzdxh@163.com)

作者简介: 金江华(1977—), 男, 吉林延边人, 学士, 工程师, 主要从事烟叶原料生产和管理研究。E-mail: ftmy99@126.com

氮素是烟草生长发育必需的营养元素<sup>[1-2]</sup>。土壤氮素丰缺状况会影响烤烟产质量和经济性状<sup>[3-4]</sup>。土壤氮素缺乏会导致烟株生长缓慢、发育不良、烟碱含量低；而土壤氮素过高时，会导致烟株生长过旺、成熟延迟、烟叶落黄差、烟碱含量高，甚至造成黑暴烟<sup>[5-6]</sup>。碱解氮通常作为土壤有效氮的指标，直接影响烟株生长发育和烟叶产量及品质，一直是土壤养分研究的重要指标<sup>[7-8]</sup>。如李永富等<sup>[9]</sup>采用传统统计学和地统计学方法研究了湖南邵阳烟区耕层土壤碱解氮含量空间分布状况及变化趋势；王晓强等<sup>[10]</sup>基于 GIS 分析了豫中襄城县紫云镇烟田的土壤碱解氮时空变异性；彭月月等<sup>[11]</sup>研究表明土壤碱解氮会影响微量元素有效态含量，提出通过精准施肥提升烟叶品质；张恒等<sup>[12]</sup>运用基于反距离权重空间插值法研究了遵义烟区的土壤碱解氮时空变化，提出了区域配方施肥策略。不同烟区土壤碱解氮会存在差异，其主要影响因子可能也不尽相同。湖南稻作烟区是中国浓香型烟叶的典型产区，但迄今其土壤碱解氮空间分布特征和影响因素的研究报道较少。本研究采集湖南稻作烟区的耕层土壤样品，采用地统计学和 GIS 技术相结合的方法研究土壤碱解氮含量及其影响因素，为湖南稻作烟区烤烟氮肥施用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区域为湖南省稻作烟区( $110^{\circ}81'E \sim 114^{\circ}14'E$ ,  $24^{\circ}70'N \sim 28^{\circ}49'N$ )，包括郴州市、衡阳市、邵阳市、永州市、长沙市和株洲市的 26 个县(市、区)。该区域为大陆性亚热带季风湿润气候区，年均气温一般为  $16 \sim 19$  °C，降水量为  $1339 \sim 1726$  mm，光照时数为  $1529.3$  h；目前稻田种植制度多样，年产优质烟叶约 12 万 t，属于南岭丘陵焦甜醇甜香型生态区<sup>[13]</sup>。

### 1.2 样品采集

根据烤烟种植情况，2015 年，将连片基本烟田面积  $20 \sim 26.67$  hm<sup>2</sup> 确定为最小采样片区，合计 2 698 个片区。在晚稻收获后和烤烟翻耕整地前，在每个片区内，按“S”形随机采集  $10 \sim 15$  个点土样，制成  $0.5$  kg 左右的均匀混合土样。另外在每个片区中心点，使用 GPS 采集取样点地理坐标(包括经度和纬度)和海拔高度，并且记录耕层厚度和种植制度。采集的土样经室内风干、混匀、磨细、过筛等预处理后装瓶，以备检测。

### 1.3 土壤指标测定

土壤碱解氮采用碱解扩散法测定<sup>[14]</sup>，并按罗

建新等<sup>[15]</sup>的方法分为极低 ( $<60$  mg/kg)、低 ( $60 \sim 110$  mg/kg)、适宜 ( $110 \sim 180$  mg/kg)、高 ( $180 \sim 240$  mg/kg) 和很高 ( $>240$  mg/kg) 5 级。土壤 pH 采用电位计法测定，有机质采用重铬酸钾滴定法测定<sup>[14]</sup>，颗粒组成采用国际制分类和比重计法测定<sup>[16]</sup>。

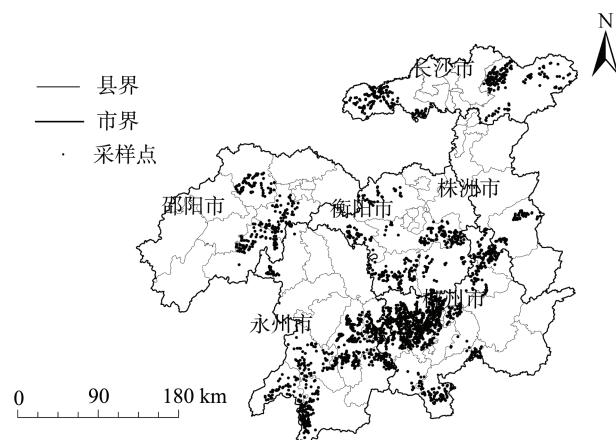


图 1 湖南植烟水稻土采样点空间位置  
Fig. 1 Sampling sites of tobacco-planting paddy soils in Hunan

### 1.4 数据处理

采用 SPSS17.0 软件进行原始数据处理与统计分析，多重比较采用新复极差法。采用 ArcGIS 9 软件地统计学模块中的反距离权重法绘制植烟土壤碱解氮空间分布图。

## 2 结果与分析

### 2.1 植烟水稻土碱解氮含量分布特征

**2.1.1 市域分布统计** 由表 1 可知，湖南植烟水稻土碱解氮含量在  $57.10 \sim 447.40$  mg/kg，“适宜”样本比例最高，为 46.55%；其次是“高”样本(34.77%)，“极低”和“低”样本比例均低于 5%。从不同地级市看，各市碱解氮含量平均值在  $154.76 \sim 202.98$  mg/kg，以郴州市最高( $202.98$  mg/kg)，邵阳市最低( $154.76$  mg/kg)。各市碱解氮含量在“适宜”的分布频率为 32.51% ~ 70.77%，以郴州市最低，株洲市最高；在“高”的分布频率为 18.46% ~ 41.52%，以株洲市最低，郴州市最高；在“很高”的分布频率为 0.85% ~ 23.03%，以长沙市最低，郴州市最高。可见，湖南稻作烟区植烟土壤碱解氮含量高，并且在不同地级市间差异较大。

**2.1.2 县域分布统计** 由表 2 可知，湖南植烟水稻土碱解氮含量各县平均值在  $145.11 \sim 247.85$  mg/kg；其中，“很高”的县有北湖区、嘉禾县和苏仙区，分别为  $245.14$ 、 $245.10$  和  $247.85$  mg/kg；“高”的县有 10 个，分别为安仁县、桂阳县、临武县、宜章县、永兴县、常

宁市、东安县、蓝山县和宁远县;其他各县均在适宜范围内。各县碱解氮含量在“极低”的分布频率为0~2.74%,在“低”的分布频率为0~17.89%,在“适宜”的分布频率为0~76.71%,在“高”的分布频率为

14.29%~58.33%,在“很高”的分布频率为0~57.78%,特别是临武县、嘉禾县和苏仙区的碱解氮含量在“高”和“很高”的比例之和在90%以上。可见,稻作烟区各县植烟土壤碱解氮含量高,不同县间差异较大。

表1 植烟水稻土碱解氮含量地区分布  
Table 1 Regional distribution of AN content in tobacco-planting paddy soil

地区	样本数	均值±标准差 (mg/kg)	变幅 (mg/kg)	不同碱解氮含量区间的样本分布频率(%)				
				<60 mg/kg	60~110 mg/kg	110~180 mg/kg	180~240 mg/kg	≥240 mg/kg
郴州市	1 055	202.98 ± 54.07 a	64.70 ~ 447.40	0.00	2.94	32.51	41.52	23.03
衡阳市	321	167.43 ± 36.81 c	83.70 ~ 334.80	0.00	3.12	64.80	28.04	4.05
邵阳市	216	154.76 ± 38.54 d	58.60 ~ 296.00	0.93	8.80	68.98	19.44	1.85
永州市	689	186.61 ± 51.92 b	64.70 ~ 389.60	0.00	4.06	44.85	36.14	14.95
长沙市	352	158.24 ± 38.85 cd	57.10 ~ 369.00	0.28	11.36	57.10	30.40	0.85
株洲市	65	157.60 ± 36.38 d	82.90 ~ 292.20	0.00	7.69	70.77	18.46	3.08
平均值		183.78 ± 51.81	57.10 ~ 447.40	0.11	4.93	46.55	34.77	13.64

注:同列数据小写字母不同表示不同地区间差异达P<0.05显著水平,下同。

表2 植烟水稻土碱解氮含量县域分布  
Table 2 County distribution of AN content in tobacco-planting paddy soil

县域	样本数	均值±标准差 (mg/kg)	变幅 (mg/kg)	不同碱解氮含量区间的样本分布频率(%)				
				<60 mg/kg	60~110 mg/kg	110~180 mg/kg	180~240 mg/kg	≥240 mg/kg
安仁县	100	190.44 ± 41.12 de	101.20 ~ 303.60	0	2.00	39.00	48.00	11.00
北湖区	17	245.14 ± 48.13 a	184.10 ~ 340.10	0	0	58.82	41.18	0
桂阳县	560	188.69 ± 48.05 de	64.70 ~ 372.10	0	3.57	41.43	40.89	14.11
嘉禾县	110	245.10 ± 53.73 a	133.20 ~ 425.30	0	0	8.18	40.00	51.82
临武县	12	233.99 ± 35.98 ab	181.90 ~ 286.90	0	0	0	58.33	41.67
苏仙区	45	247.85 ± 51.53 a	108.80 ~ 374.40	0	2.22	4.44	35.56	57.78
宜章县	96	202.42 ± 56.45 cd	66.20 ~ 328.70	0	6.25	28.13	42.71	22.92
永兴县	115	216.63 ± 56.11 bc	105.00 ~ 447.40	0	1.74	29.57	37.39	31.30
常宁市	101	180.14 ± 41.61 ef	92.10 ~ 334.80	0	0.99	57.43	33.66	7.92
衡南县	100	157.00 ± 32.84 fghi	83.70 ~ 266.30	0	4.00	76.00	18.00	2.00
衡阳县	32	150.00 ± 32.40 i	101.20 ~ 215.30	0	12.50	65.63	21.88	0
耒阳市	50	178.34 ± 31.25 efg	127.10 ~ 249.60	0	0	54.00	40.00	6.00
祁东县	38	161.20 ± 28.17 hi	108.80 ~ 218.40	0	2.63	68.42	28.95	0.00
隆回县	73	157.00 ± 38.40 hi	58.60 ~ 296.00	2.74	2.74	76.71	15.07	2.74
邵阳县	70	146.72 ± 33.79 i	71.50 ~ 227.10	0	12.86	72.86	14.29	0
新宁县	73	160.24 ± 42.05 ghi	89.00 ~ 274.30	0	10.96	57.53	28.77	2.74
道县	80	176.34 ± 48.75 efgh	74.60 ~ 277.00	0	7.50	48.75	28.75	15.00
东安县	30	226.27 ± 55.06 b	136.20 ~ 389.60	0	0	20.00	43.33	36.67
江华县	136	176.73 ± 43.05 efgh	105.00 ~ 301.30	0	2.21	56.62	33.82	7.35
江永县	55	176.68 ± 58.46 efgh	76.10 ~ 332.50	0	12.73	40.00	34.55	12.73
蓝山县	80	224.17 ± 58.96 b	105.80 ~ 365.20	0	1.25	23.75	40.00	35.00
宁远县	193	185.28 ± 50.12 de	64.70 ~ 365.20	0	3.11	45.60	37.82	13.47
新田县	115	175.95 ± 40.45 efgh	94.40 ~ 293.70	0	4.35	50.43	37.39	7.83
浏阳市	190	145.11 ± 34.91 i	57.10 ~ 242.70	0.53	17.89	64.74	16.32	0.53
宁乡市	162	173.63 ± 37.65 efgh	86.70 ~ 369.00	0	3.70	48.15	46.91	1.23
茶陵县	65	157.60 ± 36.38 hi	82.90 ~ 292.20	0	7.69	70.77	18.46	3.08

**2.1.3 空间分布特征** 由图 2 可知, 土壤碱解氮含量从东南向西北呈现递减的趋势, 东南部和南部为含量较高区域。郴州市中部和南部、永州市东部和西北部与衡阳市南部土壤碱解氮含量平均值达到 240 mg/kg 以上, 为“很高”; 而邵阳市中部极少区域土壤碱解氮含量平均值小于 110 mg/kg, 为“低”; 其他地区的土壤碱解氮含量平均值均在 110~180 mg/kg, 为“适宜”。土壤碱解氮含量在<60、60~110、110~180、180~240 和>240 mg/kg 的面积所占比例分别为 0.01%、0.17%、68.97%、25.51% 和 5.34%, “极低”和“低”合计仅占 0.18%, 表明湖南植烟水稻土碱解氮含量相对较高。

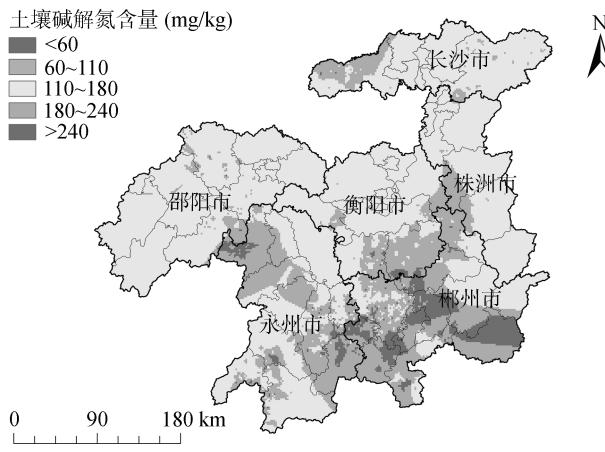


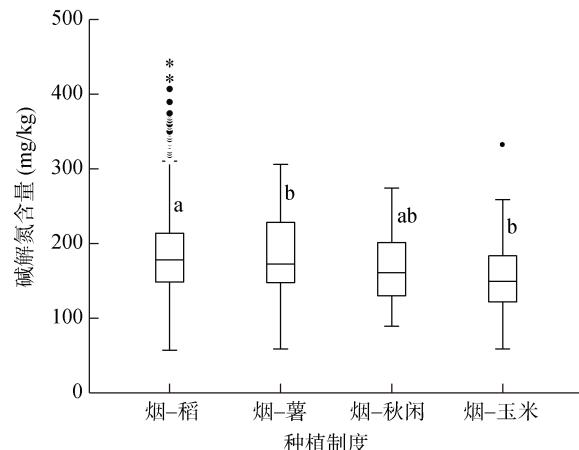
图 2 植烟水稻土碱解氮空间分布  
Fig. 2 Space distribution of AN content in tobacco-planting paddy soil

## 2.2 植烟水稻土土壤碱解氮含量影响因素

**2.2.1 种植制度** 湖南植烟水稻土目前主要种植制度是烟-稻、烟-薯、烟-秋闲(春季种烤烟, 秋天不种其他作物)和烟-玉米 4 类, 其土壤碱解氮含量的均值分别为 184.08、184.19、164.81 和 154.96 mg/kg, 大小排序为: 烟-薯>烟-稻>烟-秋闲>烟-玉米。烟-稻和烟-薯的土壤碱解氮含量为“高”, 烟-秋闲和烟-玉米的为“适宜”; 烟-稻和烟-薯的土壤碱解氮含量显著高于烟-玉米, 这可能与水稻施氮量较高(烟-稻)和甘薯耗氮量较少(烟-薯)有关。

**2.2.2 耕层厚度** 由图 4 可知, 按 <15、15~20、20~30 和 ≥30 cm 将耕层厚度分为 4 级, 其土壤碱解氮含量分别为 232.61、179.00、180.35 和 185.70 mg/kg, 大小排序依次为 <15、≥30、20~30 和 15~20 cm。耕层厚度 <15 cm, 土壤碱解氮属于“高”; 而相对含量最低的 15~20 cm 土壤碱解氮含量也在“适宜”的范围内。<15 cm 的土壤碱解氮含量显著高于其他耕

层厚度, 这可能与土壤碱解氮易于表层富集有关。



(箱型图的上、下横线分别表示非异常范围内的最大值和最小值, 方框上、下边分别表示上四分位数和下四分位数, 中间线表示中位数; \* 表示样本数据中的异常值, • 表示样本数据中的极端值; 图中小写字母不同表示差异达  $P<0.01$  显著水平; 下图同)

图 3 不同种植制度的植烟土壤碱解氮含量

Fig. 3 AN contents in tobacco-planting paddy soils under different rotation systems

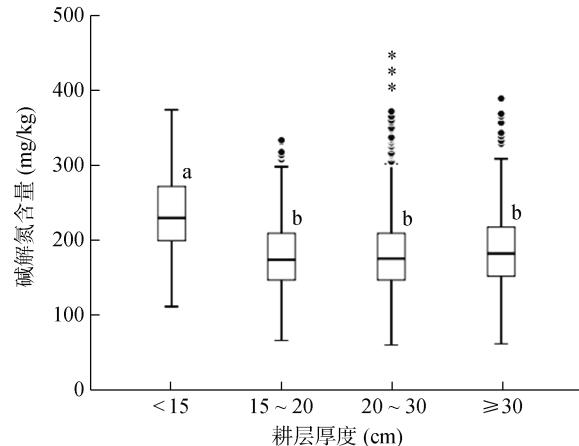


图 4 不同耕层厚度的植烟水稻土碱解氮含量

Fig. 4 AN contents in tobacco-planting paddy soils with different plough layer thicknesses

**2.2.3 海拔** 由图 5 可知, 将海拔分为 <150、150~250、250~350、350~450 以及 ≥450 m 5 级, 其土壤碱解氮含量平均值分别为 172.40、190.72、188.08、188.89 和 169.67 mg/kg, 由高到低为 150~250、350~450、250~350、<150 和 ≥450 m。海拔在 150~450 m 的土壤碱解氮含量为“高”; <150 m 和 ≥450 m 的土壤碱解氮含量为“适宜”; 150~250、250~350 和 350~450 m 的土壤碱解氮含量显著高于 <150 m 和 ≥450 m。随海拔升高, 土壤碱解氮含量呈先升后降的趋势 ( $y = -9.076\ln(x) + 246.42$ ,  $R^2 = 0.030$  3,  $P<0.05$ )。

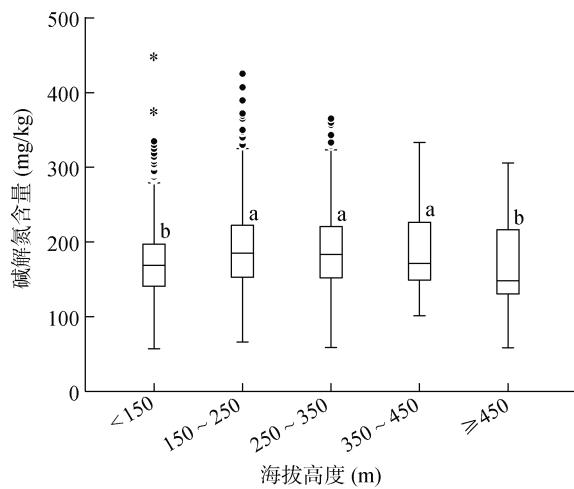


图 5 不同海拔高度的植烟水稻土碱解氮含量  
Fig. 5 AN contents in tobacco-planting paddy soils at different altitudes

**2.2.4 土壤 pH** 由图 6 可知, 土壤 pH 按  $<5.0$ 、 $5.0\sim5.5$ 、 $5.5\sim7.0$ 、 $7.0\sim7.5$  和  $\geq7.5$  分为 5 级, 其土壤碱解氮含量平均值分别是  $168.87$ 、 $163.15$ 、 $170.41$ 、 $194.37$  和  $203.36$  mg/kg。pH  $\geq7.5$ 、 $7.0\sim7.5$  区间的土壤碱解氮含量为“高”, pH  $<5.0$ 、 $5.0\sim5.5$ 、 $5.5\sim7.0$  的土壤碱解氮含量为“适宜”。随土壤 pH 升高, 土壤碱解氮呈增加的趋势( $y = 96.552\ln(x) + 1.888$ ,  $R^2 = 0.0914$ ,  $P < 0.05$ ); pH  $\geq7.0$  的碱性土壤的碱解氮含量显著高于酸性和中性植烟土壤。

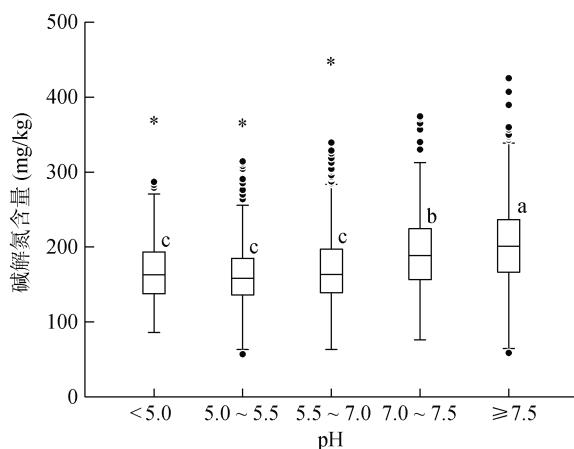


图 6 不同 pH 的植烟水稻土碱解氮含量  
Fig. 6 AN contents in tobacco-planting paddy soils with different pH

**2.2.5 土壤有机质** 由图 7 可知, 将湖南稻作烟区的土壤有机质含量按  $<15$ 、 $15\sim25$ 、 $25\sim35$ 、 $35\sim45$  和  $\geq45$  g/kg 分为 5 组, 其土壤碱解氮含量平均值分别是  $79.60$ 、 $117.45$ 、 $147.47$ 、 $174.95$  和  $227.26$  mg/kg。土壤有机质  $\geq45$  g/kg 的土壤碱解氮含量为“高”,  $<15$  g/kg 的土壤碱解氮含量为“低”, 其他区间的土壤碱

解氮含量为“适宜”。不同有机质区间的土壤碱解氮含量差异显著。可见, 土壤有机质影响土壤碱解氮含量, 随土壤有机质含量升高, 土壤碱解氮为增加的趋势( $y = 125.42\ln(x) - 279.63$ ,  $R^2 = 0.6339$ ,  $P < 0.05$ )。

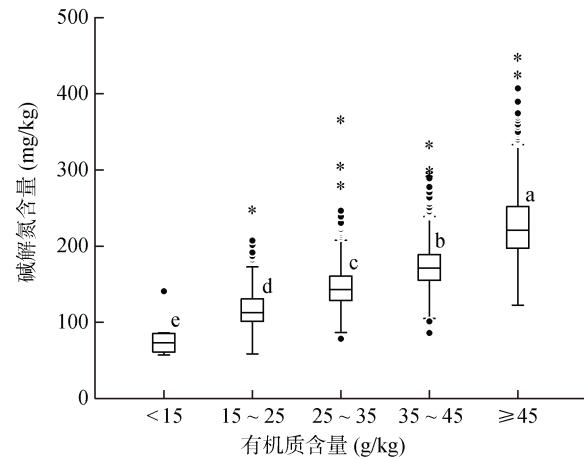


图 7 不同有机质含量的植烟水稻土碱解氮含量  
Fig. 7 AN contents in tobacco-planting paddy soils with different organic matter contents

**2.2.6 土壤颗粒组成** 根据国际制土壤粒级分为黏粒( $<0.002$  mm)、粉砂( $0.002\sim0.02$  mm)、细砂( $0.02\sim0.2$  mm)和粗砂( $0.2\sim2$  mm) 4 类<sup>[17]</sup>。由表 3 可知, 在  $<0.002$  mm、 $0.02\sim0.2$  mm 土壤颗粒中, 不同碱解氮含量的占比差异不显著; 在  $0.002\sim0.02$  mm 土壤颗粒中, 以碱解氮含量  $>240$  mg/kg 的占比最高; 在  $0.2\sim2$  mm 土壤颗粒中, 以碱解氮含量  $<60$  mg/kg 的占比相对较高。可见, 植烟水稻土碱解氮含量随着粉砂占比增加而升高, 随着粗砂占比增加而降低, 而黏粒和细砂占比对土壤碱解氮含量没有显著影响。

### 3 讨论

土壤碱解氮包括无机态氮(铵态氮、硝态氮)及易水解的有机态氮(氨基酸、酰胺和易水解蛋白质), 是衡量土壤氮养分高低的重要指标。陈江华等<sup>[18]</sup>研究表明全国植烟土壤碱解氮含量平均为  $93.5$  mg/kg, 主要分布在  $<65$  mg/kg 范围; 本研究表明湖南水稻土碱解氮含量平均为  $183.8$  mg/kg, 其主要分布在  $110\sim240$  mg/kg 范围, 均高于全国平均水平, 也高于罗建新等<sup>[15]</sup>认为的植烟水稻土碱解氮适宜范围( $110\sim180$  mg/kg)。可见湖南植烟水稻土供氮能力是比较强的, 烤烟生产过程中氮肥施用要重视这一现象, 适当减少化肥氮施用, 防止烤烟后期因土壤供氮能力过强而导致烟叶落黄困难、上部烟叶烟碱含量过高, 影响烟叶可用性。

表 3 不同植烟水稻土碱解氮含量的土壤颗粒组成  
Table 3 Particle compositions with different AN contents in tobacco-planting paddy soils

碱解氮含量 (mg/kg)	土壤颗粒组成比例(%)			
	<0.002 mm	0.002~0.02 mm	0.02~0.2 mm	0.2~2 mm
<60	24.85 ± 15.02 a	29.45 ± 2.32 c	28.32 ± 10.13 a	17.38 ± 11.37 a
60~110	25.94 ± 8.09 a	34.82 ± 9.11 b	27.79 ± 9.67 a	11.45 ± 9.25 b
110~180	28.31 ± 7.39 a	37.24 ± 7.80 ab	25.41 ± 9.41 a	9.04 ± 7.02 b
180~240	28.10 ± 7.21 a	40.32 ± 6.64 ab	23.68 ± 7.29 a	7.90 ± 5.36 b
>240	25.48 ± 7.44 a	42.28 ± 5.34 a	25.58 ± 6.27 a	6.66 ± 3.02 b

湖南植烟水稻土碱解氮含量空间分布不均匀,以东南部和南部分布较高,与其以烟-稻复种连作为主,烤烟和水稻施肥均较高有关;其土壤碱解氮含量不同区段的分布面积也不同,主要分布在 110~180 mg/kg(占 68.97%)和 180~240 mg/kg(占 25.51%)两个区段;还有一部分区域的土壤碱解氮含量为 <60 mg/kg(占 0.01%)。因此,在制定施肥方案时,要因地制宜,分区制定施肥策略,特别是套餐肥中烟草专用肥配方要因地域而不同,不能片面强调一致性。

湖南稻作烟区土壤碱解氮含量受种植制度、耕层厚度、海拔、土壤 pH、有机质和土壤颗粒组成的影响。吕凯飞等<sup>[17]</sup>研究表明土壤翻耕 20 cm 以上可以提高碱解氮的含量,李小飞等<sup>[19]</sup>研究也表明土壤碱解氮含量随耕作层深度增加而增加,本研究结果与此一致。湖南稻作烟区耕层厚度在 16 cm 以上,土壤碱解氮含量随耕作层深度逐渐增加,但湖南稻作烟区的水稻土犁底层不能破坏,可采用逐年加深耕层方法,将耕作层浅的水稻土加深至 20 cm 以上。

赵瑜等<sup>[20]</sup>研究表明四川宜宾地区植烟土壤碱解氮含量随着海拔的升高而升高,在达到峰值后,随着海拔的升高而降低,本研究结果与此规律相同,但峰值有一定的差异。湖南稻作烟区土壤碱解氮峰值在海拔 150~250 m 区间,而赵瑜等<sup>[20]</sup>却是在 1 150~1 350 m 区间,其原因是不同烟区的海拔区间不同。湖南稻作烟区主要分布在 150~300 m 的低海拔地区,可以将部分相对海拔较高且氮养分含量较低的高岸稻田调整种植其他作物。

邓小华等<sup>[21]</sup>研究认为植烟土壤碱解氮含量有随 pH 升高而降低的趋势,而本研究结果表明土壤碱解氮含量随 pH 升高而升高,造成这种差异的主要原因是研究区域土壤不同。邓小华等<sup>[21]</sup>研究的是湘西旱地土壤,且以酸性土壤为主,而本研究是稻田土壤,且以偏碱性为主。

土壤碱解氮含量与有机质含量有较强的线性关系<sup>[22~23]</sup>,随着有机质含量的增加而增加。湖南稻作烟

区主要种植杂交晚稻,有大量水稻根系和秸秆残茬还田,以及冬闲田旱生环境致使杂草生物量大,水稻残茬和杂草还田使土壤有机质含量高;但也有部分烟田有机质含量低,这部分土壤可增施有机肥来提高碱解氮含量。

王洪杰等<sup>[24]</sup>研究表明,土壤碱解氮与粉粒含量之间呈显著的正相关,与粗砂含量之间呈显著的负相关,本研究结果与此一致。土壤粉粒含量高的土壤保肥能力强,加之烤烟和水稻种植的施肥水平高,其土壤碱解氮含量也高。湖南稻作烟区烤烟移栽后的伸根期,阴雨天多、土壤温度低,土壤养分释放慢、流失多,烟苗吸收养分能力弱,影响烤烟早生快发,部分烟农采用加大施氮量的方式来促进烤烟旺盛生长。因此,湖南稻作烟区土壤氮养分高,同时施氮量也大。

## 4 结论

湖南稻作烟区植烟土壤碱解氮含量介于 57.10~447.40 mg/kg,平均为 183.78 mg/kg,“适宜”样本比例为 46.44%;土壤碱解氮含量空间分布不均匀,有从东南向西北递减的分布趋势,且受多个因素影响,烟-玉米轮作土壤碱解氮含量相对较低,土壤碱解氮含量随耕作层深度、土壤 pH、有机质含量增加而增加,与海拔呈抛物线关系,随粉砂占比增加而升高,随粗砂占比增加而降低。应因地制宜分区制定施肥策略。

## 参考文献:

- [1] 曹志洪. 优质烤烟生产的土壤与施肥[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1991.
- [2] 邓小华, 杨丽丽, 邹凯, 等. 烟稻轮作模式下烤烟增密减氮的主要化学成分效应分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(4): 991~997.
- [3] 陈懿, 林英超, 杨志晓, 等. 炭基肥对黄壤烤烟生理和氮素吸收与平衡的影响[J]. 土壤学报, 2022, 59(3): 864~872.
- [4] Collins W K, Hawks S N J. Principles of flue-cured tobacco production[M]. Raleigh: North Carolina State University, 1994.

- [5] 张静, 斯志丽, 王兴祥, 等. 湘南典型植烟土壤养分供应及烟株吸收特征[J]. 土壤, 2021, 53(5): 1008–1014.
- [6] 李春俭, 张福锁, 李文卿, 等. 我国烤烟生产中的氮素管理及其与烟叶品质的关系[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(2): 331–337.
- [7] 周子军, 郭松, 陈琨, 等. 长期秸秆覆盖对免耕稻-麦产量、土壤氮组分及微生物群落的影响[J]. 土壤学报, 2022, 59(4): 1148–1159.
- [8] 姜冰, 王松涛, 孙增兵, 等. 潍坊市土壤大量营养元素有效量及其影响因素[J]. 土壤, 2023, 55(1): 218–223.
- [9] 李永富, 邓小华, 邹凯, 等. 湖南邵阳烟区耕层土壤碱解氮含量分布及变化趋势[J]. 北京农学院学报, 2013, 28(4): 22–25.
- [10] 王晓强, 何晓冰, 常栋. 基于 GIS 的烟田土壤碱解氮时空变异性研究——以豫中襄城县紫云镇为例[J]. 土壤通报, 2018, 49(5): 1130–1136.
- [11] 彭月月, 余雪莲, 李启权, 等. 川西南高海拔烟区土壤微量元素空间分布特征及影响因素[J]. 中国烟草科学, 2018, 39(3): 39–47.
- [12] 张恒, 黄莺, 刘明宏, 等. 基于空间插值法的遵义烟区植烟土壤养分时空变化[J]. 中国烟草科学, 2020, 41(3): 36–43.
- [13] 罗登山, 王兵, 乔学义. 《全国烤烟烟叶香型风格区划》解析[J]. 中国烟草学报, 2019, 25(4): 1–9.
- [14] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [15] 罗建新, 石丽红, 龙世平. 湖南主产烟区土壤养分状况与评价[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2005, 31(4): 376–380.
- [16] 周健民, 沈仁芳. 土壤学大辞典[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [17] 吕凯飞, 周峰, 安瞳昕, 等. 耕作深度及秸秆还田对耕层土壤理化性状的影响[J]. 西南农业学报, 2021, 34(7): 1503–1509.
- [18] 陈江华, 李志宏, 刘建利, 等. 全国主要烟区土壤养分丰缺状况评价[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(3): 14–18.
- [19] 李小飞, 孙永明, 叶川, 等. 不同耕作深度对茶园土壤理化性状的影响[J]. 南方农业学报, 2018, 49(5): 877–883.
- [20] 赵瑜, 杨懿德, 鄢敏, 等. 宜宾烟区不同海拔对土壤主要养分分布的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2022, 53(1): 115–122.
- [21] 邓小华, 张瑶, 田峰, 等. 湘西植烟土壤 pH 和主要养分特征及其相互关系[J]. 土壤, 2017, 49(1): 49–56.
- [22] 王艳杰, 付桦. 雾灵山地区土壤有机质全氮及碱解氮的关系[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(S1): 85–90.
- [23] 王树会, 邵岩, 李天福, 等. 云南植烟土壤有机质与氮含量的研究[J]. 中国土壤与肥料, 2006(5): 18–20, 27.
- [24] 王洪杰, 李宪文, 史学正, 等. 不同土地利用方式下土壤养分的分布及其与土壤颗粒组成关系[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 44–46, 50.