

江西省旱地土壤有效硅含量的分布特征及其影响因素

卢志红¹, 周慧梅^{1, 2}, 颜晓¹, 吴建富¹, 李琳¹

(1. 江西农业大学国土资源与环境学院 / 江西省鄱阳湖流域农业资源与生态重点实验室, 江西 南昌 330045; 2. 福建农林大学资源与环境学院 / 福建农林大学国际镁营养研究所, 福建 福州 350002)

摘要: 了解江西旱地土壤有效硅含量分布规律及影响因素, 可为今后江西省旱地土壤采取合理的硅肥施用措施提供理论依据。本研究采用柠檬酸浸提—硅钼蓝比色法测定了江西省旱地耕层 185 个土样的有效硅含量, 结果表明: (1) 江西旱地土壤有效硅含量范围在 12.7 ~ 192.0 mg · kg⁻¹, 空间分布存在较大差异, 整体表现为北高南低, 西高东低, 赣东北最低分布特征。(2) 赣东北、赣北、赣西土壤中有效硅含量随着土壤 pH 值升高而显著 ($P < 0.05$) 增加; 赣南旱地土壤有效硅含量随碱解氮、有效磷的升高而显著 ($P < 0.05$) 降低。(3) 江西省除赣东北土壤有效硅平均含量稻田高于旱地, 其他 4 个区旱地土壤有效硅平均含量均高于稻田。且旱地土壤有效硅含量主要集中在 25 ~ 115 mg · kg⁻¹, 而稻田土壤有效硅含量主要集中在 25 ~ 70 mg · kg⁻¹, 旱地有效硅含量缺 (25 ~ 70 mg · kg⁻¹) 与极缺 (<25 mg · kg⁻¹) 的土壤占比分别比稻田低 7.09% 和 6.03%。但江西省旱地土壤有效硅含量缺和极缺的也占 57.3%, 超过一半, 急需通过合理施肥提高其含量, 保证作物的产量和品质。

关键词: 江西; 旱地土壤; 有效硅; 影响因素

硅素对植物体的生长具有不可或缺的作用, 是植物体的重要组分。已有研究证实: 硅具有保持细胞活性、维持细胞体结构, 有利于植物体茎秆、叶片保持直立, 增加光能吸收, 提高光合效率, 且能提高植物根系活力, 增加植物对矿质养分的吸收, 增强植物体的抗逆性, 从而提高作物产量和品质^[1-4]。此外, 还有研究表明硅具有活化土壤磷的作用^[5]。而植物体生长期间对硅的吸收多少, 主要取决于土壤有效硅的含量, 而土壤有效硅的供应主要受土壤类型, 尤其是土壤母质和土壤本身的理化性质 (如 pH 值、质地、有机质含量等) 的影响^[6-7]。江西土壤类型众多, 母质类型有花岗岩、红砂岩、石英岩、泥质岩、紫色岩、石灰岩、河流冲积物、湖积物、第四纪红粘土、下蜀系黄土等多种, 而且不同土壤质地也不尽相同, 曾有研究表明, 红砂岩发育或浅海沉积物发育的砂壤土以及花岗岩、片麻岩发育的粉砂壤土、轻质第四纪红色黏土发育的黏壤土供硅能力低, 黏质第四纪红色黏土发育的黏壤

土供硅能力中等, 而玄武岩发育的黏质土和江湖沉积物或江河下游三角洲沉积物或紫色岩发育的黏壤土供硅能力高^[8]。贺立源等^[9]研究表明一般土体越黏重其供硅能力也越强, 而砂性越强有效硅含量则越低; 土壤 pH 值增加其有效硅含量增加。因此江西省不同土壤有效硅含量差异很大。

20 世纪 50 年代, 日本首先对硅元素作为肥料进行研究, 之后迅速在朝鲜、韩国、菲律宾等国开展相关研究和推广, 我国于 20 世纪 70 年代在中国科学院南京土壤所与原化工部等多地研究, 而后又在浙江、江苏、江西等地开展试验研究及推广, 继蔡德龙^[10]引进钢渣造硅肥技术之后, 国内开始大规模开展硅肥相关研究, 包括对各类植物生长及抗逆性的促进、改良土壤结构、改善土壤重金属污染等方面。其中有效硅的研究多集中于水稻抗逆增产, 硅肥与其他元素配施以及对土壤重金属的螯合以降低污染等方面^[10-14], 也有研究表明硅元素对多种旱地植物 (大豆、黄瓜、绿肥、甘蔗、荞麦、油菜、花生等) 有促进生长并提高其抗逆性等作用^[3-4, 15-21]。故本研究通过测定江西旱地土壤中有有效硅含量, 分析其区域分布特征及影响因素, 为今后江西省旱地土壤采取合理有效的施肥方法与农田管理措施提供理论依据, 以促进作物稳产高产及改善农产品品质。

收稿日期: 2019-07-19; 录用日期: 2019-10-13

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31860589); 国家科技部重点研发计划项目 (2016YFD0300903-03、2017YFD0301601-01)。

作者简介: 卢志红 (1970-), 女, 江西鄱阳人, 副教授, 博士, 主要从事土壤与植物营养研究。E-mail: luzhihong1@163.com。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

1.1.1 土壤样品的采集

采集江西省 94 个县市具有代表性的稻田和旱地耕层 (0 ~ 25 cm) 土样, 共计 370 个, 本试验重点分析其中 185 个旱地土样。样点分布见图 1。用 GPS 记录采样点的坐标, 每个土样样点均采用 5 点取样法, 将所取耕层土样进行混合, 通过四分法每样点取 1 kg 左右的土装袋、贴好标签带回实验室。



图 1 江西省典型土壤耕层采样点的空间分布^[22]

1.1.2 土壤样品的预处理

采集的土样拿回实验室及时处理, 放在阴凉、通风、干燥且无药品的实验室内, 平铺于干净的塑料膜上, 摊成薄层 (厚约 2 cm), 进行风干。在此期间尽可能将肉眼所见的动物残体、枯枝落叶、根茎和小石子等杂物剔除。阴干后, 将土样碾磨过尼龙筛, 制备成 1 和 0.25 mm 的分析样品待用。

1.2 土壤有效硅的测定

有效硅的测定普遍使用的有醋酸铵浸提—硅钼蓝比色法与柠檬酸浸提—硅钼蓝比色法, 但前者多运用于碱性土壤, 后者运用更广泛, 其适用于各类土壤, 且用该法所浸提出的有效硅含量与植物所吸

收的有效硅含量接近, 故本试验选取柠檬酸浸提—硅钼蓝比色法测定有效硅^[23]。

1.2.1 操作步骤

(1) 称取过 1 mm 筛孔的风干土 5.00 g, 置于 100 mL 塑料瓶中, 再加柠檬酸浸提剂 50 mL, 塞好瓶塞并摇匀后, 放于预先调置 30℃ 的恒温箱中保温 5 h, 注意每隔 1 h 摇动一次, 再取出后用滤纸过滤。

(2) 用移液管吸取滤液 5 mL, 至 50 mL 容量瓶中, 用蒸馏水稀释至 15 mL 左右; 再依次加入 0.6 mol · L⁻¹ (1/2 H₂SO₄) 溶液 5 mL, 在 30℃ 下放置 15 min; 加钼酸铵溶液 5 mL, 摇匀后放置 5 min; 依次加入草酸溶液 5 mL 和抗坏血酸溶液 5 mL, 用水定容; 放置 20 min 后在分光光度计 700 nm 波长处比色, 同时做空白试验。

(3) 在样品测定的同时配制 0.00、0.25、0.50、1.00、1.50、2.00、2.5 μg · mL⁻¹ 的硅标准系列浓度, 建立回归方程, 或以硅浓度为横坐标, 吸收值为纵坐标, 绘制工作曲线。

1.2.2 计算公式

土壤有效硅 Si 含量 (mg · kg⁻¹) = C × V × TS / (m × k)

C—标准曲线或回归方程硅的质量浓度 (μg · mL⁻¹)

V—测定时定容体积 (mL)

TS—分取倍数

m—风干土重 (g)

k—水分系数

1.3 土壤养分的测定

土壤碱解氮、速效钾、有效磷、有机质、pH 值等均采用常规方法测定^[23]。

1.4 分级标准

土壤养分分级标准参考《中国土壤》^[24], 将有效硅分为 5 级, 见表 1。

表 1 土壤有效硅养分等级划分

(mg · kg⁻¹)

级别	极丰富	丰富	中	缺	极缺
有效硅含量	>230	115 ~ 230	70 ~ 115	25 ~ 70	<25

注: 各指标数值分级区间的分界点包含关系均为下 (限) 含, 上 (限) 不含。

1.5 数据处理

用 Excel 2007 和 SPSS 17.0 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 江西省旱地土壤有效硅含量地区分布特征

由表 2 数据统计分析可知: 江西旱地土壤有效

硅含量范围在 12.7 ~ 192.0 mg · kg⁻¹, 且含量相差大、分布不均。所测土壤有效硅含量没有高于 230 mg · kg⁻¹ 的, 全省旱地土壤有效硅平均含量为 70.2 mg · kg⁻¹, 多介于 25 ~ 115 mg · kg⁻¹, 占比高达 84.2%, 有效硅最高含量是最低含量的 15 倍。

表 2 还可反映出江西旱地土壤有效硅空间分

布存在较大差异,将所测样点划分为赣东北、赣北、赣西、赣南和赣中5个区,整体表现为赣北>赣南>赣西>赣中>赣东北,可见赣东北最低,其他4个区有效硅含量呈中间低四周高的分布特征。由各区域旱地土壤有效硅不同含量土样占比分析可知:各区域有效硅含量丰富的占比介于9.1%~14.3%,差异相对较小;而各区域有效硅含量中等的占比相差较大,表现为赣北(51.6%)>赣南(42.4%)>赣东北(25.5%)>

赣中(23.8%)>赣西(21.9%),其中赣北、赣南旱地土壤有效硅含量在中等以上的占比均高于50%,分别达61.3%和51.5%;各区旱地土壤有效硅含量缺(25~70 mg·kg⁻¹)的占比赣西与赣东北大致相当,达60%左右,赣南与赣中约48%,赣北最低,为35.5%;各区旱地土壤有效硅含量极缺(<25 mg·kg⁻¹)的,赣南没有,赣中占比最高,为14.3%,而赣东北、赣北、赣西3区占比在2.1%~3.2%。

表2 江西省旱地土壤有效硅含量区域分布

区域	土样数 (个)	含量范围 (mg·kg ⁻¹)	平均数 (mg·kg ⁻¹)	标准差 (mg·kg ⁻¹)	不同含量土样的百分率(%)				
					>230 mg·kg ⁻¹	115~230 mg·kg ⁻¹	70~115 mg·kg ⁻¹	25~70 mg·kg ⁻¹	<25 mg·kg ⁻¹
赣南	33	25.1~182.0	72.3	110.9	0.00	9.09	42.42	48.48	0.00
赣北	31	13.1~140.6	78.4	90.11	0.00	9.68	51.61	35.48	3.23
赣中	42	12.7~158.5	65.0	103.09	0.00	14.29	23.81	47.62	14.29
赣西	32	24.8~192.0	70.8	118.23	0.00	12.50	21.88	62.50	3.13
赣东北	47	19.4~155.3	64.3	96.11	0.00	10.64	25.53	61.70	2.13

2.2 影响旱地土壤有效硅含量的因素

表3相关分析结果表明:赣东北、赣北、赣西旱地土壤的pH值与土壤有效硅含量呈极显著($P<0.01$)正相关,赣南旱地土壤有效硅含量与土

壤碱解氮、有效磷呈显著($P<0.05$)负相关,除此,江西其他旱地土壤有效硅与土壤有机质、碱解氮、全氮、全磷、全钾不同程度相关,而且有的表现为正相关,有的表现为负相关,但相关性均不显著。

表3 江西省旱地土壤有效硅与土壤养分的相关分析

区域	pH值	有机质	碱解氮	有效磷	速效钾	全氮	全磷	全钾
赣南	-0.047	-0.254	-0.363*	-0.345*	-0.132	-0.147	-0.045	-0.231
赣北	0.598**	-0.082	-0.311	0.344	0.111	-0.293	-0.053	0.017
赣中	0.221	-0.187	-0.274	0.021	-0.130	-0.256	-0.197	-0.080
赣西	0.632**	0.244	0.213	0.146	0.271	0.210	0.335	0.203
赣东北	0.702**	0.278	-0.052	0.030	-0.095	0.189	0.089	0.079

注:**表示在0.01水平上显著相关,*表示在0.05水平上显著相关。

2.3 江西省旱地与稻田土壤有效硅含量的差异

表4所示稻田土壤有效硅含量范围在11.1~292.1 mg·kg⁻¹之间,平均含量为62.4 mg·kg⁻¹,有效硅含量变幅很大,最高含量是最低含量的26倍,除赣东北最高,其他各区呈中间高周围低的趋势,具体表现为赣东北>赣中>赣北>赣南>赣西,且整体有效硅含量主要集中于25~75 mg·kg⁻¹范围内,但赣

中稻田土壤有效硅含量>230 mg·kg⁻¹占4.76%。可见旱地与稻田土壤相比,其各区土壤有效硅含量表现规律恰恰相反,赣东北最低,其他4个区呈中间低四周高的分布特征,且旱地土壤有效硅含量变幅比稻田小,其有效硅含量集中在25~115 mg·kg⁻¹,旱地有效硅含量缺与极缺的土壤占比分别比稻田低7.09%和6.03%。

表4 江西省旱地与稻田土壤有效硅含量区域分布

区域	利用类型	土样数 (个)	含量范围 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	平均数 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	标准差 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	不同含量土样的百分率 (%)				
						> 230 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	115 ~ 230 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	70 ~ 115 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	25 ~ 70 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	<25 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$
赣南	稻田	33	21.5 ~ 118.6	57.5	68.62	0	6.06	24.24	63.64	6.06
	旱地	33	25.1 ~ 182.0	72.3	110.9	0	9.09	42.42	48.48	0
赣北	稻田	31	15.0 ~ 143.1	59.7	90.55	0	6.45	22.58	67.74	3.23
	旱地	31	13.1 ~ 140.6	78.4	90.11	0	9.68	51.61	35.48	3.23
赣中	稻田	42	14.2 ~ 292.1	64.4	196.46	4.76	4.76	23.81	42.86	21.43
	旱地	42	12.7 ~ 158.5	65.0	103.09	0	14.29	23.81	47.62	14.29
赣西	稻田	32	11.1 ~ 112.0	56.1	71.35	0	0	31.25	56.25	12.5
	旱地	32	24.8 ~ 192.0	70.8	118.23	0	12.5	21.88	62.5	3.13
赣东北	稻田	47	20.2 ~ 148.7	74.1	90.82	0	6.38	21.28	63.83	8.51
	旱地	47	19.4 ~ 155.3	64.3	96.11	0	10.64	25.53	61.7	2.13

3 讨论

土壤中的硅主要由母质风化释放而来,其次近年来硅肥施用量的增加,成为了土壤硅的主要来源,而现有研究均表明硅在作物生长以及抗逆性方面有着不可替代的作用。本试验结果表明:江西旱地土壤有效硅含量范围在 $12.7 \sim 192.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,且含量相差大、分布不均,有效硅最高含量是最低含量的15倍。而且江西旱地土壤有效硅空间分布存在较大差异,整体表现为赣北 > 赣南 > 赣西 > 赣中 > 赣东北,其中赣东北最低,其他4个区有效硅含量呈中间低四周高的分布特征。赣北、赣南旱地土壤有效硅含量中等以上即大于 $70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的占比均高于50%,而赣西、赣东北和赣中旱地土壤有效硅含量缺 ($25 \sim 70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 与极缺 ($<25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 占比均超过60%。究其原因,可能与江西各地旱地土壤母质不同密切相关,李祖章等^[6]研究表明,江西省各地不同母质土壤有效硅含量分布呈现出:下蜀系黄土母质 > 石灰岩 > 紫色岩 > 第四纪红粘土 > 湖积物 > 泥质岩 > 红砂岩 > 河流冲积物 > 花岗岩类 \approx 石英岩类,本研究各区域旱地土壤母质存在差异,其中赣北的丘岗地区母质主要是新生代第四系河湖沉积物和下蜀系黄土母质,赣南一带母质主要为中生代沉积层的白垩纪砂岩、紫色岩、页岩与火山灰及流纹岩,赣西母质主要分布一些元古代变质岩、石灰岩以及火成岩侵入岩类的花岗岩,赣东北主要分布第三系红

色砂岩、砂页岩,赣中从古老变质岩系到第四纪新老沉积物(主要包括花岗岩、石英岩、红砂岩、泥页岩)^[25],可见,江西省旱地土壤有效硅含量与其土壤母质的关联与李祖章等^[6]研究结论大体一致。

土壤有效硅含量除受各地土壤母质影响外,还受土壤pH值及其他养分含量影响,但各因素对土壤有效硅含量影响程度不一。本试验得出江西旱地土壤有效硅含量除赣南外,赣东北、赣北、赣西、赣中均与土壤pH值呈正相关,其中赣东北、赣北、赣西旱地土壤有效硅含量随着土壤pH值升高而显著增加,这与历年众多研究结论^[26-32]基本一致。其原因可能是旱地土壤随着pH值升高,土壤胶体上硅吸附位点趋于变多,有效硅吸附位点增加从而使有效硅含量增加。另李祖章等^[6]和秦方锦等^[28]研究表明,土壤有效硅含量与土壤有机质呈显著正相关,而与土壤速效氮、磷、钾含量无相关性,而本试验结果得出赣南旱地土壤有效硅含量随土壤碱解氮、有效磷的升高而显著降低,这一结论与熊丽萍等^[33]研究结论相似。其原因可能与土壤中碱解氮、有效磷含量高能促进作物前期的营养生长,同时也会增加作物对有效硅的吸收,继而减少土壤中有效硅含量^[34-35],另外,硅与磷的结构性质相似,土壤有效硅占据磷酸盐的吸附配位点,减少了土壤对磷酸根的吸附,且胶体状态的硅可吸附磷酸根离子,从而产生化学固定,使磷的有效性降低^[36]等相关。

本研究还表明,耕作制度对土壤有效硅含量影响也较大,结果显示土壤有效硅平均含量除赣东北的稻田高于旱地,其他4个区旱地均高于稻田,这与李祖章等^[6]、李家书等^[31]研究结果一致,各区不同耕作制度表现差异,主要原因是稻田土壤一年两熟或三熟种植水稻,对土体有效硅吸收造成土壤硅损失,加之疏于施硅肥造成的,现今生产上常用的硅肥有硅酸钠、硅镁肥、硅锰肥以及液体速效硅肥等,通常可基施或叶面喷施或与氮肥、磷肥等配合施用,而且硅肥多数呈碱性,施用在江西酸性土壤中,不仅可提供作物硅素营养,而且也有利于缓解土壤酸化现象。

4 结论

本研究结果表明:(1)江西旱地土壤有效硅含量范围在12.7~192.0 mg·kg⁻¹,且含量相差大、分布不均,其有效硅最高含量是最低含量的15倍。江西省旱地与稻田土壤有效硅含量相比,旱地土壤有效硅含量主要集中在25~115 mg·kg⁻¹,而稻田土壤有效硅含量主要集中在25~70 mg·kg⁻¹,有效硅含量缺与极缺的土壤占比稻田大于旱地。(2)江西旱地有效硅空间分布存在较大差异,整体表现北高南低,西高东低,赣东北最低的分布特征。赣北、赣南旱地土壤有效硅含量中等的占比高于50%,而赣西、赣东北和赣中旱地土壤有效硅含量缺与极缺占比超过60%,这与江西各地旱地土壤母质、pH值、土壤其他养分含量对有效硅含量影响程度不一密切相关。

参考文献:

- [1] 贾国涛,顾会战,许自成,等.作物硅素营养研究进展[J].山东农业科学,2016,(5):153-158.
- [2] 田福平,陈子萱,苗小林,等.土壤和植物的硅素营养研究[J].山东农业科学,2007,(1):81-84.
- [3] 贾茜茹,刘奋武,樊文华,等.硅在Cd胁迫下对黄瓜产量和品质的影响[J].土壤通报,2019,50(1):171-176.
- [4] 石彦召,杨海棠,胡延岭,等.增施硅肥对花生的抗倒性和产量的影响研究[J].农业科技通讯,2019,(3):145-149.
- [5] 张译文,孙昭安,李孟,等.硅肥对冬小麦磷素吸收转运的影响[J].土壤通报,2019,50(1):165-170.
- [6] 李祖章,陶其骧,刘光荣,等.江西省耕地土壤有效硅含量调查研究[J].江西农业学报,1999,11(3):1-9.
- [7] 高绘文,吴建富.水稻土供硅特性研究进展[J].南方农业,2018,12(27):189-190.
- [8] 胡霭堂.植物营养学[下](第2版)[M].北京:中国农业大学出版社,2008.
- [9] 贺立源,王忠良.土壤机械组成和pH与有效硅的关系研究[J].土壤,1998,30(5):243-246.
- [10] 蔡德龙.国内外硅肥研究与应用进展[J].磷肥与复肥,2017,32(1):37-39.
- [11] 夏石头,萧浪涛,彭克勤.高等植物中硅元素的生理效应及其在农业生产中的应用[J].植物生理学通讯,2001,37(4):356-360.
- [12] 刘鸣达,张婧婷,马聪,等.施硅降低碱性土壤铅生物有效性的机制研究[J].农业环境科学学报,2019,38(3):555-562.
- [13] 陈思慧,张亚平,李飞,等.钝化剂联合农艺措施修复镉污染水稻土[J].农业环境科学学报,2019,38(3):563-572.
- [14] 田福平,陈子萱,张自和,等.硅对植物抗逆性作用的研究[J].中国土壤与肥料,2007,(3):10-14.
- [15] 王玉萍,王映霞,白向利,等.硅对NaCl胁迫下甜瓜种子萌发及幼苗生长的影响[J].草业学报,2015,24(5):108-116.
- [16] 王霞,杨智超,钱海霞,等.添加外源物质硅对NaCl胁迫下玉米幼苗的缓解作用[J].安徽农业科学,2013,41(17):7404-7405.
- [17] 陈花,王建军.硅对荞麦种子萌发及幼苗生长发育的影响[J].陕西农业科学,2016,(3):5-9,21.
- [18] 卢颖林,陈迪文,江永,等.硅对铝胁迫下甘蔗幼苗的缓解效应研究[J].广东农业科学,2016,(5):87-91.
- [19] 张志,苏德荣,焦健.地下滴灌硅肥对紫花苜蓿生长及品质的影响[J].草业科学,2016,(8):1611-1617.
- [20] 李淑贤,刘卫国,高阳,等.硅对人工荫蔽胁迫下大豆幼苗生长及光合特性的影响[J].中国农业科学,2018,51(19):3663-3672.
- [21] 李清芳,马成仓.土壤有效硅对黄瓜种子萌发和幼苗生长代谢的影响[J].园艺学报,2002,29(5):433-437.
- [22] 袁芳.基于“3S”技术的农田碳库演变机制研究[D].江西:江西农业大学,2008.
- [23] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [24] 金善宝.中国土壤[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [25] 江西省土地利用管理局.江西土壤[M].北京:中国农业科技出版社,1991.
- [26] 刘丽敏.农业土壤中有效硅的测试结果影响因素分析[J].黑龙江科学,2018,9(18):82-83.
- [27] 张冬明,谢良商,肖彤斌,等.海南岛水稻田有效硅含量及其影响因素分析[J].现代农业科技,2017,(8):197-198,206.
- [28] 秦方锦,王飞,陆宏,等.宁波市耕地有效硅含量及其影响因素[J].浙江农业学报,2012,24(2):263-267.
- [29] 于群英,李孝泉,张永兰.安徽省水稻土有效硅含量分布及影响因素[J].安徽农业技术师范学院学报,1998,(1):5-9.
- [30] 张兴梅,张之一,段奎生,等.土壤有效硅含量及其与土

- 壤理化性状的相关研究 [J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 1996, (2): 42-45.
- [31] 李家书, 谢振翅, 胡定金, 等. 湖北省土壤有效硅含量分布 [J]. 热带亚热带土壤科学, 1997, (3): 176-181.
- [32] 蔡阿瑜, 薛珠政, 彭嘉桂, 等. 福建土壤有效硅含量及其变化条件研究 [J]. 福建省农科院学报, 1997, (4): 48-52.
- [33] 熊丽萍, 蔡佳佩, 朱坚, 等. 硅肥对水稻-田面水-土壤氮磷含量的影响 [J]. 应用生态学报, 2019, 30 (4): 1127-1134.
- [34] 吴建富, 姚仲生, 谢凡, 等. 不同硅肥用量对双季水稻产量和氮素吸收利用的影响 [J]. 江西农业大学学报, 2015, 37 (6): 955-959.
- [35] 郭彬, 娄运生, 梁永超, 等. 氮硅肥配施对水稻生长、产量及土壤肥力的影响 [J]. 生态学杂志, 2004, 23 (6): 33-36.
- [36] 胡克伟, 关连珠, 颜丽, 等. 施硅对水稻土磷素吸附与解吸特性的影响研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8 (2): 214-218.

The distribution characteristics and influence factors of available silicon content in upland soil in Jiangxi province

LU Zhi-hong¹, ZHOU Hui-mei^{1, 2}, YAN Xiao¹, WU Jian-fu¹, LI Lin¹ (1. College of Land Resources and Environment/ Jiangxi Province Key Laboratory of Poyang Lake Basin Agricultural Resource and Ecology, Jiangxi Agricultural University, Nanchang Jiangxi 330045; 2. College of Resources and Environment, Fujian Agriculture and Forestry University/ International Magnesium Institute, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou Fujian 350002)

Abstract: Understanding the distribution law and influencing factors of available silicon content in Jiangxi upland soil can provide theoretical basis for adopting reasonable silicon fertilizer application measures in Jiangxi upland soil in the future. In this study, citric acid extraction-silicon molybdenum blue colorimetric method was used to determine the available silicon content of 185 soil samples in the upland plough layer of Jiangxi province. The results showed that: (1) The available silicon content in the upland soil of Jiangxi province ranges from 12.7 mg · kg⁻¹ to 192.0 mg · kg⁻¹, and there are significant differences in its spatial distribution. The overall distribution characteristics of soil available silicon content are higher in the north region and west region, lower in the south region and the east region, while the lowest area locates in the northeast of Jiangxi province. (2) The available silicon contents in the soils of northeast Jiangxi, north Jiangxi and west Jiangxi increase significantly ($P < 0.05$) with the increase of soil pH value. The content of available silicon in upland soil in southern Jiangxi decreases significantly ($P < 0.05$) with the increase of available nitrogen and available phosphorus. (3) The average content of available silicon in upland soil except northeast Jiangxi is higher than that in paddy field in Jiangxi province. Moreover, the available silicon content in upland soil is mainly concentrated in the range of 25 ~ 115 mg · kg⁻¹, while the available silicon content in paddy field is mainly concentrated in the range of 25 ~ 70 mg · kg⁻¹. The proportion of soil with deficient (25 ~ 70 mg · kg⁻¹) and extremely deficient (< 25 mg · kg⁻¹) available silicon content in upland is 7.09% and 6.03% lower than that in paddy field, respectively. However, the proportion of soil with deficient and extremely deficient available silicon content in upland field in Jiangxi province is 57.3% and more than half. It needs to be improved through reasonable fertilization to ensure crop yield and quality.

Key words: Jiangxi; upland soil; effective silicon; influence factor