

江苏省域农田土壤速效钾含量变化及其影响因子研究^①

全思懋¹, 管晓进², 王绪奎³, 胡 锋^{1*}

(1 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 2 环境保护部南京环境科学研究所, 南京 210042;

3 江苏省耕地质量与农业环境保护站, 南京 210036)

摘 要: 为研究江苏省域农田土壤速效钾含量的变化特征及其影响因子, 根据 2008 年和 2015 年江苏省基本农田质量长期监测点实测数据, 运用经典统计学和地统计学分析了土壤速效钾的时空变化, 运用多因素方差分析探明了成土母质、气候、种植制度、化肥因子对土壤速效钾含量变化的影响及不同影响因子间的交互效应。结果表明: 2015 年江苏农田土壤速效钾平均含量为 107.9 mg/kg, 与 2008 年相比无显著变化; 与 2008 年相比, 2015 年江苏沿海地区农田土壤速效钾含量下降明显, 其中盐城部分地区下降最多, 达 10.0 ~ 30.5 mg/kg; 徐淮部分地区土壤速效钾含量增加较多, 达 10.1 ~ 20.5 mg/kg; 成土母质、气候、钾肥对 2008—2015 年江苏农田土壤速效钾含量的变化存在显著影响。在钾肥超低投入下速效钾含量的变化主要受成土母质和气候影响, 在钾肥低投入及以上水平, 速效钾含量的变化主要受钾肥投入影响, 说明施用钾肥是提高土壤速效钾含量的主要途径。

关键词: 江苏省; 农田土壤; 速效钾; 时空变化; 影响因子

中图分类号: S158 文献标识码: A

钾与氮、磷是植物生长必需的三大营养元素。速效钾作为植物能够直接吸收的钾素形态, 通常被视作衡量土壤供肥能力的重要指标之一。土壤速效钾主要来源于土壤矿物的释放、钾肥投入以及植物秸秆中钾的返还, 植物吸收和钾素径流是土壤速效钾减少的主要途径^[1-2]。长期以来, 学术界通过实验或统计分析研究了成土母质、气候、土壤质地、土壤 pH、施肥、种植制度等影响因子与土壤速效钾转化循环的关系^[3-6], 为提升土壤钾素的有效性, 增加土壤速效钾含量提供了科学依据。但这些研究大多是针对土壤钾素有效性或土壤速效钾含量变化的单一影响因子研究, 对不同影响因子之间交互作用, 特别是自然因素与施肥等人为因素之间的交互效应探讨较少。

研究表明, 第二次土壤普查后江苏省农田土壤速效钾含量一直处于下降趋势, 直到 20 世纪 90 年代中期推广“补钾工程”, 这一趋势才得到遏制^[7-9]。为了对土壤钾素资源进行科学管理, 不少学者围绕江苏农田土壤速效钾的时空变异及其影响因子开展了大量研究。徐茂^[10]研究发现, 江苏

环太湖地区 21 世纪初的土壤速效钾含量与第二次土壤普查相比总体持平, 自然因素和人为因素对该地区土壤速效钾的影响力相当; 杨艳丽等^[11]和沈德福等^[12]分别对江苏北部和沿江地区的土壤养分空间变异进行研究, 认为土壤速效钾受成土母质影响显著, 同时受生物、气候等条件影响深刻。孙瑞娟等^[13]研究认为, 钾肥投入不足是导致苏南地区土壤速效钾含量下降的重要原因。这些研究大多集中于较小的行政区域或特定流域, 研究方式一般为近年来的肥力数据与第二次土壤普查的结果进行对比, 缺乏对近年来全省农田土壤速效钾含量变化的长期定位监测研究, 对土壤速效钾的各影响因子交互效应也较少涉及。

本文基于江苏基本农田质量长期监测点土壤速效钾的实测数据, 分析了 2008—2015 年全省农田土壤速效钾的时空变异特征, 并运用多因素方差探明了成土母质、气候、种植制度、化肥对土壤速效钾含量变化的影响及不同影响因子间的交互效应, 为提升江苏农田土壤钾素资源的功能潜力和利用效率提供科学依据。

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201503121)资助。

* 通讯作者(fenghu@njau.edu.cn)

作者简介: 全思懋(1978—), 男, 江苏泰州人, 副研究员, 博士研究生, 主要从事土壤生态研究。E-mail: smquan@njau.edu.cn

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

江苏省位于我国东部,地处长江、淮河下游,介于 $116^{\circ}22' \sim 121^{\circ}55'E$ 、 $30^{\circ}46' \sim 35^{\circ}07'N$,东滨黄海,西邻安徽省,北接山东省,南与上海市和浙江省毗邻,主要由苏南平原、江淮平原、黄淮平原和东部滨海平原组成。全省成土母质按其成因可分为 9 类,分别为残积母质、坡积母质、河流冲积母质、黄土和黄土状堆积母质、第四纪红土母质、火山喷发堆积母质、泻湖相沉积母质、三角洲相沉积母质和海相沉积母质^[14-15]。根据热量和降水量的地区分布差异,全省农业气候区划可划分为湿润亚热带、湿润暖温带和半湿润暖温带 3 个气候带类型^[16]。江苏经济发达,耕地资源约束矛盾突出,农业集约化程度高,化肥单位面积投入是全国平均水平的 1.5 倍^[17];随着现代农业发展,全省农业种植结构发生了显著变化,粮食种植面积比重有所下降,蔬菜、瓜果种植面积比重上升较快,2000 年以来蔬菜类成为江苏除水稻和小麦以外的第三个种植面积最多的作物^[18]。

1.2 数据来源

数据来自于 300 个江苏省基本农田质量长期监测点 2008 年和 2015 年的监测数据(图 1)。监测点设在永久性耕地的典型地块上,中心点用 GPS 定位。每年最后一季作物收获后,在监测地块采集土壤样品进行测试分析,每个样品由 20 个以上取样点采土混合。土壤速效钾含量采用醋酸铵浸提-火焰光度计法进行测定。

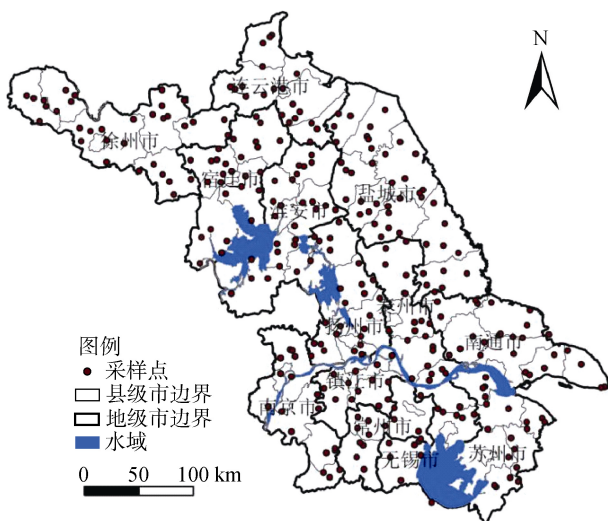


图 1 江苏省基本农田质量监测点分布

Fig.1 Geographic location of soil monitoring sites

每个监测点的采集内容还包括成土母质、种植制度、气候类型和化肥投入等肥力影响因子信息(表 1、表 2)。全省 300 个监测点的主要成土母质可分为泻湖相沉积母质、三角洲相沉积母质、黄土和黄土状堆积物、河流冲击母质和海相沉积母质 5 类(残积母质、坡积母质、第四纪红土母质、火山堆积母质发育的土壤监测点均少于 3 个,予以舍去),种植制度分为稻麦轮作、棉玉旱作、蔬菜、茶果 4 类;气候类型依据监测点的 GPS 经纬度,参照育苗等^[16]对江苏省气候带划分及其地理分布的研究,将 300 个监测点归类为湿润亚热带、湿润暖温带和半湿润暖温带。化肥投入的等级以全省稻麦轮作化肥投入量为参考,运用统计软件 SPSS “可视分箱”对监测点的化肥投入量进行等级自动划分。

表 1 研究区成土母质、气候类型、种植制度
Table 1 Types of soil parent material, climate and cropping system in the study area

| 因子 | 类别 | 样点数 |
|------|-----------|-----|
| 成土母质 | 泻湖相沉积母质 | 65 |
| | 三角洲相沉积母质 | 58 |
| | 黄土和黄土状堆积物 | 34 |
| | 河流冲击母质 | 106 |
| | 海相沉积母质 | 29 |
| 气候类型 | 湿润亚热带 | 172 |
| | 湿润暖温带 | 111 |
| | 半湿润暖温带 | 17 |
| 种植制度 | 稻麦轮作 | 185 |
| | 棉玉旱作 | 56 |
| | 蔬菜 | 37 |
| | 茶果 | 22 |

表 2 研究区化肥投入种类及等级划分
Table 2 Fertilizer inputs and grading in the study area

| 化肥种类 | 折纯投入量 ($kg/(hm^2 \cdot a)$) | 等级 | 样点数 |
|------|----------------------------------|------|-----|
| 氮肥 | $N \leq 312$ | 低投入 | 34 |
| | $312 < N \leq 414$ | 中等投入 | 96 |
| | $414 < N \leq 517.5$ | 高投入 | 140 |
| | $N > 517.5$ | 超高投入 | 30 |
| 磷肥 | $P_2O_5 \leq 69$ | 超低投入 | 51 |
| | $69 < P_2O_5 \leq 106.5$ | 低投入 | 100 |
| | $106.5 < P_2O_5 \leq 142.5$ | 中等投入 | 116 |
| 钾肥 | $P_2O_5 > 142.5$ | 高投入 | 33 |
| | $K_2O \leq 82.5$ | 超低投入 | 38 |
| | $82.5 < K_2O \leq 114$ | 低投入 | 122 |
| | $114 < K_2O \leq 147$ | 中等投入 | 93 |
| | $K_2O > 147$ | 高投入 | 47 |

1.3 数据分析

为保证分析结果的可靠性，用“平均值加二倍标准差法”剔除异常值，最终用于分析的样点数为 298 个。

利用 GS+9.0 软件对速效钾含量进行半方差分析，运用 ArcGIS10.1 软件进行基本克里金插值。采用多因素方差分析对土壤速效钾时空变异的影响因子进行研究。以实测点 2008—2015 年速效钾含量的变化值为因变量，以成土母质、气候类型、种植制度、化肥为自变量，运用 SPSS 23.0 中一般线性模型 Type 平方和分析模型，在全变量模型的基础上，依据

F 测验，采用显著水平 $P = 0.05$ ，逐步淘汰不显著的影响因子，直至模型中所含因子均显著为止，得到最终的优化模型。

2 结果与分析

2.1 土壤速效钾含量变化特征

统计结果显示，2008 年、2015 年江苏省农田土壤速效钾含量均呈偏态分布，经对数变换后符合正态分布。2008 年、2015 年土壤速效钾含量分别为 106.4 mg/kg 和 107.9 mg/kg，二者差异不显著，两个年份变异系数分别为 42.67% 和 36.43%(表 3)。

表 3 江苏省农田土壤速效钾含量统计特征(2008 年和 2015 年)
Table 3 Descriptive statistics of soil available potassium in farmlands in Jiangsu Province(2008 and 2015)

| 时间 | 样点数 | 平均值(mg/kg) | 最小值(mg/kg) | 最大值(mg/kg) | 标准差(mg/kg) | 变异系数(%) | 偏度 | 峰度 |
|--------|-----|------------|------------|------------|------------|---------|-------|-------|
| 2008 年 | 298 | 106.4 | 34.1 | 230.2 | 46.0 | 42.67 | 1.143 | 2.338 |
| 2015 年 | 298 | 107.9 | 36.2 | 224.4 | 39.7 | 36.43 | 0.965 | 1.970 |

2.2 土壤速效钾空间变异特征

采用对数转换数据对土壤速效钾含量进行半方差分析，2008 年土壤速效钾的半方差拟合模型为球状模型，2015 年为指数模型，两个模型的拟合决定系数均达到显著水平(表 4)。与 2008 年相比，2015 年土壤速

效钾的块金值(C_0)和基台值(C_0+C)均有所下降，说明速效钾的随机变异和总变异在强度上均有较大程度的减小。就块金值占基台值比($C_0/(C_0+C)$)而言，速效钾在两个时期均具有中等的空间自相关性，但 2015 年的空间自相关性有所降低，变程也有所减小。

表 4 土壤速效钾含量对数值半方差函数理论模型及相关参数(2008 年和 2015 年)
Table 4 Semivariance theoretic models and parameters of log available potassium (2008 and 2015)

| 时间 | 理论模型 | 块金值(C_0) | 基台值(C_0+C) | 变程(km) | $C_0/(C_0+C)$ | 决定系数 R^2 | 残差 RSS |
|--------|------|--------------|----------------|--------|---------------|------------|-----------------------|
| 2008 年 | 球状模型 | 0.016 3 | 0.032 7 | 76.9 | 0.502 | 0.833 | 3.17×10^{-5} |
| 2015 年 | 指数模型 | 0.010 6 | 0.024 2 | 71.1 | 0.562 | 0.852 | 1.03×10^{-5} |

注：块金值占基台值比($C_0/(C_0+C)$)表明系统变量的空间相关性的程度。比值 $< 25\%$ ，说明系统具有强烈的空间相关性；比值在 $25\% \sim 75\%$ 之间，表明系统具有中等的空间相关性；比值 $> 75\%$ ，说明系统空间相关性很弱。

图 2A、图 2B 分别是 2015 年和 2008 年江苏农田土壤速效钾含量的空间分布图，两个年份的空间分布规律基本一致，总体而言，东部高于西部、苏北高

于苏南。速效钾含量高于 130 mg/kg 的土壤集中分布在苏北沿海地区；苏中泰州、如皋等地的土壤速效钾含量最低，低于 80 mg/kg。与 2008 年相比，2015 年江

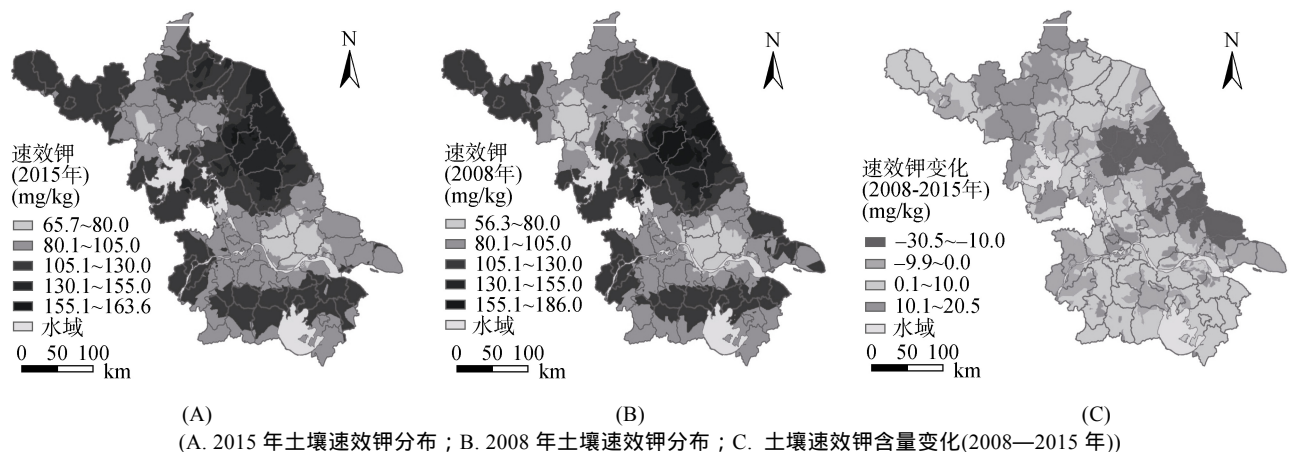


图 2 2008 年和 2015 年江苏省农田土壤速效钾含量空间分布及变化示意图

Fig. 2 Spatial distribution and change of soil available potassium(AP) in farmlands in Jiangsu Province(2008 and 2015)

苏农田土壤速效钾含量下降的地区主要集中在沿海地区,其中盐城部分地区下降最多,达 10.0~30.5 mg/kg;土壤速效钾含量增加较多的区域主要集中在徐淮部分地区,达 10.1~20.5 mg/kg(图 2C)。

2.3 土壤速效钾含量变化的影响因子

表 5 是 2008—2015 年江苏农田土壤速效钾含量变化影响因子的多因素优化模型。结果显示,成土母

质、气候、钾肥、钾肥×成土母质、钾肥×气候对速效钾的含量变化存在显著影响,氮肥、磷肥、种植制度以及作为协变量的土壤有机质对速效钾的含量变化影响不显著。从模型中各因子的 III 类平方和来看,各因子对土壤速效钾含量变化的影响力依次为:钾肥>钾肥×成土母质>成土母质>钾肥×气候>气候,钾肥是土壤速效钾含量变化的主要影响因素。

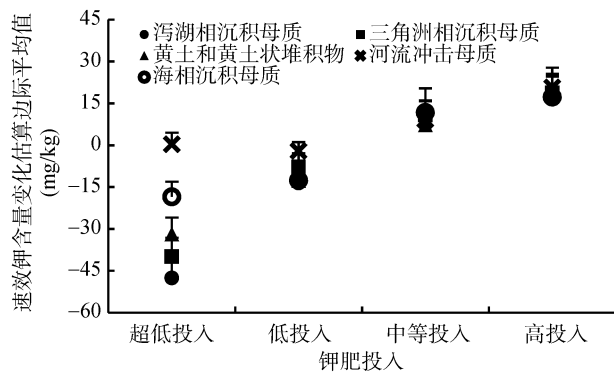
表 5 2008—2015 年土壤速效钾含量变化影响因子多因素优化模型
Table 5 Multifactor optimal model of soil available potassium content (2008—2015)

| 因子 | III 类平方和 | 自由度 | 均方 | F | 显著性 |
|---------|-------------|-----|-----------|--------|-------|
| 模型 | 65 187.153 | 31 | 2 102.811 | 10.284 | 0.000 |
| 成土母质 | 5 823.622 | 5 | 1 164.724 | 5.696 | 0.000 |
| 气候 | 2 419.981 | 2 | 1 209.991 | 5.918 | 0.003 |
| 钾肥 | 18 360.191 | 3 | 6 120.064 | 29.932 | 0.000 |
| 钾肥×成土母质 | 7 475.815 | 15 | 498.388 | 2.438 | 0.002 |
| 钾肥×气候 | 4 828.742 | 6 | 804.790 | 3.936 | 0.001 |
| 误差 | 54 183.362 | 265 | 204.466 | | |
| 总计 | 119 370.515 | 296 | | | |

注:在全变量模型分析结果的基础上,依据 F 测验,采用显著水平 $P = 0.05$,逐步淘汰不显著的影响因子,直至模型中所含因子均显著为止。

钾肥分别与成土母质、气候存在交互效应,说明在不同的成土母质和气候类型下,钾肥使用量的不同对土壤速效钾含量的变化存在显著差异。总体而言,在钾肥超低投入和低投入下土壤速效钾含量呈现下降,在钾肥中等投入和高投入下土壤速效钾含量呈现上升,说明江苏农田钾肥投入只有达到中等投入以上,才能实现土壤速效钾含量的增加。

图 3 显示,钾肥超低投入时,河流冲击物母质土壤的速效钾含量几乎没有变化,海相沉积母质土壤有所下降,其他 3 种成土母质发育的土壤速效钾含量下



(估算边际平均值是指因变量受多个自变量交互影响的情况下,控制其他自变量,单纯在一个自变量作用下的因变量均值^[19])

图 3 钾肥和成土母质对 2008—2015 年土壤速效钾含量变化的影响

Fig.3 Effects of potassic fertilizer and parent material on changes in soil available potassium (2008—2015)

降较多;在钾肥低投入、中等投入和高投入下,不同成土母质条件下土壤速效钾含量的变化差异不显著。图 4 显示,钾肥超低投入时,湿润亚热带土壤速效钾的减少含量显著低于湿润暖温带和半湿润暖温带;在钾肥低投入、中等投入和高投入下,不同气候类型下土壤速效钾含量的变化差异不显著。

3 讨论

研究结果显示,2008—2015 年江苏农田土壤速效钾含量无显著性变化,这与郁洁等人^[20]的研究结果较为一致。2008 年和 2015 年江苏农田土壤速效钾

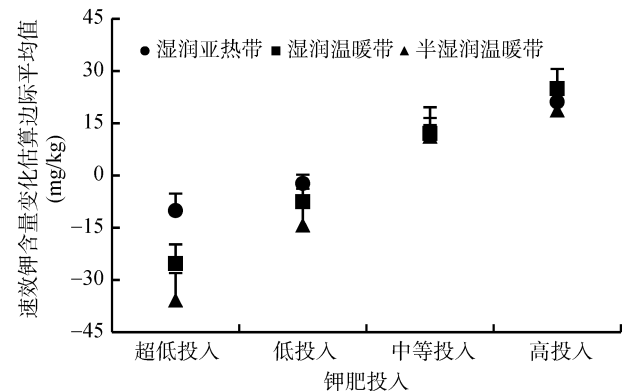


图 4 钾肥和气候对 2008—2015 年土壤速效钾含量变化的影响

Fig.4 Effects of potassic fertilizer and climate on changes in soil available potassium (2008—2015)

均具有中等的空间自相关性,说明成土母质、气候等自然因素和施肥等人为因素对速效钾空间变异的影响大致相当,这与该地区土壤速效钾含量变化影响因子的多因素方差分析结果较为吻合。与 2008 年相比,2015 年江苏农田土壤速效钾的空间自相关性有所降低,表明人为因素对土壤速效钾含量的影响在增加,自然因素的影响在下降,这与孙永健等^[21]的研究结果一致。

钾肥与成土母质存在交互效应,是影响江苏省农田速效钾变化的主要因素。钾肥超低投入时,成土母质是影响土壤钾含量的主要因子^[22-23]。土壤矿物中钾长石、微斜长石、水云母富含钾素^[24],含有这几类矿物的成土母质发育的土壤钾含量均较高。如苏北地区河流冲击母质以富含钾素的水云母为主;苏南地区主要为三角洲相、泻湖相、黄土和黄土状堆积母质,水云母含量较低,这是苏南、苏北土壤速效钾含量差异的主要原因之一^[14]。随着钾肥投入量的逐步增加,不同成土母质和气候带土壤速效钾含量的变化差异不明显,且所有成土母质和气候带土壤的速效钾含量均随钾肥的投入量增加而上升,而钾肥投入低的地区土壤速效钾含量低,因此钾肥成为影响土壤速效钾含量变化的主要因素。本研究中,2008—2015 年间江苏盐城地区土壤速效钾含量下降较多,这与钾肥投入不足相关。如盐城建湖县域范围,同期钾肥年均投入折纯仅为 0.36 kg/hm²,远远低于全省 0.51 kg/hm² 的平均水平。

气候也是影响土壤速效钾含量的重要因子,土壤钾的影响主要体现在气温和降水对土壤交换性钾释放。金继运等^[25]研究表明,在 5、25 和 40℃ 3 种温度下,随着温度的升高,土壤供钾能力增加、缓冲性能下降。有研究认为,在淹水条件下土壤溶液中有大量的可溶性 Fe²⁺ 能从黏土复合体中取代出交换性钾,使交换性钾保持在较高的水平^[4-5];吴利杰等^[26]定量分析了近万年以来气候变化与土壤钾素演变规律,发现年均降水量越大或年均气温越高,土壤中速效钾、缓效钾含量也越高。本研究中,钾肥超低投入下气候对土壤速效钾含量变化的影响显著,其中湿润亚热带土壤速效钾减少量显著低于湿润暖温带和半湿润暖温带,这可能是因为湿润亚热带高温高湿环境更有利于土壤缓效钾的释放,当土壤供钾能力无法满足作物需求时,土壤中难溶性矿物钾及缓效钾会逐渐转化为速效钾,这一现象与金继运等^[25]和吴利杰等^[26]的研究结果比较吻合。此外,江苏湿润亚热带地区以稻麦轮作制度为主,在

干湿交替条件下,由于无定型铝硅酸盐或铁铝氧化物结晶度的提高和水化度的降低,土壤对速效钾的固钾量会降低^[1]。徐国华等^[3]报道,经过干湿交换处理能促进低钾水平的土壤中交换性钾的释放。这可能也是江苏湿润亚热带地区在钾肥超低投入下土壤速效钾含量下降较少的原因之一。

4 结论

与 2008 年相比,2015 年江苏省域农田土壤速效钾平均含量无明显变化;就不同地区而言,同期江苏沿海地区农田土壤速效钾含量下降明显,其中盐城部分地区下降最多。

成土母质、气候、钾肥对 2008—2015 年江苏农田土壤速效钾含量的变化存在显著影响,其中成土母质与气候、钾肥分别存在交互效应。总体而言,土壤速效钾含量的变化值随着钾肥投入量的增加而增加。在钾肥超低投入下速效钾含量的变化主要受成土母质和气候影响,在钾肥低投入及以上水平,速效钾含量的变化主要受钾肥投入影响,说明钾肥是土壤速效钾含量变化的主要影响因素。

参考文献：

- [1] 徐晓燕, 马毅杰, 张瑞平. 土壤中钾的转化及其与外源钾的相互关系的研究进展[J]. 土壤通报, 2003, 34 (5): 489-492
- [2] Feng X, Simpson M J. Temperature and substrate controls on microbial phospholipid fatty acid composition during incubation of grassland soils contrasting in organic matter quality[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2009, 41(4): 804-812
- [3] 徐国华, 鲍士旦, 史瑞和. 生物耗竭土壤的层间钾自然释放及固钾特性[J]. 土壤, 1995(4): 182-185
- [4] Dobremann A, Cassman K G, Stacurzp C, et al. Fertilizer inputs, nutrient balance, and soil nutrient supplying power in intensive, irrigated rice systems. II. Effective soil K-supplying capacity[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 1996, 46: 11-21
- [5] Dobremann A, Stacurzp C, Cassman K G. Fertilizer input, nutrient balance, and soil nutrient supplying power in intensive, irrigated rice system. I. Potassium uptake and K balance[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 1996, 46: 1-10
- [6] Srinivasarao C, Kundu S, Ramachandrapa B K, et al. Potassium release characteristics, potassium balance, and finger millet (*Eleusine coracana* G.) yield sustainability in a 27-year long experiment on an Alfisol in the semiarid tropical India[J]. Plant and Soil, 2014, 374(1): 315-330
- [7] 王绪奎. 江苏耕地质量建设的实践与思考[J]. 江苏农村经济, 2013(12): 29-30

- [8] 钱剑峰, 王红. 二十年来无锡市耕地土壤养分含量的变化及培肥措施[J]. 上海农业科技, 2003(4): 13-14
- [9] 巩万合, 郁伟, 王志强, 等. 南通市耕地土壤肥力演变趋势及培肥对策[J]. 现代农业科技, 2014(8): 189-191
- [10] 徐茂. 基于地统计学的江苏省环太湖地区土壤肥力质量演变特征研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2006
- [11] 杨艳丽, 史学正, 于东升, 等. 区域尺度土壤养分空间变异及其影响因素研究[J]. 地理科学, 2008, 28 (6): 788-792
- [12] 沈德福, 史学正, 吕成文, 等. 江苏沿江地区土壤肥力空间分布及其区域对比研究[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14 (3): 316-321
- [13] 孙瑞娟, 王德建, 林静慧. 太湖流域土壤肥力演变及原因分析[J]. 土壤, 2006, 38(1): 106-109
- [14] 周传槐, 彭补拙. 江苏省的成土母质及其与土属类型关系的研究[J]. 南京大学学报(地理学), 1983(s1): 53-65
- [15] 江苏省土壤普查办公室. 江苏土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995
- [16] 买苗, 查书评, 朱宝, 等. 江苏省农业气候资源区划[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(8): 4692-4695
- [17] 闫湘. 我国化肥利用现状与养分资源高效利用研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2008
- [18] 唐惠燕. 基于 GIS 江苏种植结构演变研究 (1949—2011)[D]. 南京: 南京农业大学, 2014
- [19] 杜子芳. 多元统计分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2016
- [20] 郁洁, 王绪奎. 江苏省耕地土壤肥力概述[J]. 江苏农村经济, 2017(4): 45-47
- [21] 孙永健, 周蓉蓉, 王长松, 等. 稻麦两熟农田土壤速效钾时空变异及原因分析——以江苏省仪征市为例[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(3): 543-549
- [22] Luebs R E, Stanford G, Scott A D. Relation of available potassium to soil moisture[J]. Soil Science Society of America Journal, 1956, 20(1): 45-50
- [23] 章明清, 颜明娟, 林琼, 等. 土壤钾素解吸模型及其特征值的作物效应[J]. 土壤学报, 2008, 45(1): 120-129
- [24] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [25] 金继运, 高广领, 王泽良, 等. 温度对土壤钾素容量和强度 (Q/I) 关系的影响[J]. 土壤学报, 1992, 29(2): 137-141
- [26] 吴利杰, 于娟, 王成敏, 等. 长尺度气候变化下土壤钾素演变规律的研究——以泾河中游将军村黄土剖面为例[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2006, 34(1): 69-73

Changes of Soil Available Potassium Content in Farmland in Jiangsu Province and Its Influential Factors

QUAN Simao¹, GUAN Xiaojin², WANG Xukui³, HU Feng^{1*}

(1 College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2 Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China; 3 Jiangsu Station of Farmland Quality and Agro-Environmental Protection, Nanjing 210036, China)

Abstract: In order to investigate the change of soil available potassium in farmlands in Jiangsu Province and its influential factors, the data of the long-term monitoring points of farmlands in 2008 and 2015 were used to analyse the temporal and spatial variation of soil available potassium by classical statistical and geostatistical methods, and multifactor analysis was used to study the effects of parent material, climate, cropping system, fertilizer and their interaction on the change of soil available potassium. The results showed that the average content of soil available potassium was 107.9 mg/kg in 2015, insignificantly different with 2008. The contents of soil available potassium in coastal areas decreased obviously in 2015 compared with 2008, and the largest decrease appeared in Yancheng city, decreased by 10.0-30.5 mg/kg; While the largest increase appeared in Xuhuai region, increased by 10.1-20.5 mg/kg. Soil parent material, climate and potash fertilization had significant effects on the content of soil available potassium from 2008 to 2015. Soil parent material and climate dominated the change of soil available potassium under the extreme-low input level of potassium fertilizer, but potash fertilization dominated that under the low and higher input levels of potassium fertilizer, indicating potash fertilization is the main measure to improve soil available potassium content.

Key words: Jiangsu Province; Farmland soil; Available potassium; Temporal and spatial variation; Influential factors