

皖北主产烟区亳州市谯城区农田耕作层土壤钾素研究^①

张东启¹, 郭 卢¹, 赵 安¹, 桑传杰¹, 崔爱华¹, 李成贵¹, 宋效东²,
易 晨², 李德成^{2*}, 祖朝龙³, 姜超强³, 张 林³

(1 安徽省烟草公司亳州市公司,安徽亳州 236000;2 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所),南京 210008;
3 安徽省农业科学院烟草研究所,合肥 233100)

摘要:亳州市谯城区是皖北烟叶主产区,但烟叶钾含量低,导致烟叶品质不高。土壤钾素状况是影响烟叶钾含量的主要因素之一,为此,本研究于2013年采集谯城区90个典型农田的耕作层土壤,测定了其全钾、缓效钾和速效钾含量,并与第二次土壤普查的相应结果进行了对比,旨在摸清谯城区农田耕作层土壤钾素现状及其变化趋势,通过指导钾肥施用提高烟叶含钾量。研究结果表明:谯城区农田耕作层土壤缓效钾和速效钾含量总体上较高,但现烟叶种植集中的西北部是土壤缓效钾和速效钾含量相对最低的地区;与第二次土壤普查期间相比,种烟少的土壤耕作层速效钾含量呈增加趋势,但种烟多的土壤耕作层速效钾呈勉强平衡或亏损状态;西北部应加大烟叶种植期间钾肥施用量,并可以考虑在土壤缓效钾和速效钾含量较高的西南部和中部扩大烟叶种植面积。

关键词:土壤钾素;耕作层;成土母质;亳州市谯城区

中图分类号:S158.3

烤烟是喜钾作物,一般而言,烟叶中钾含量越高,烟草制品的品质和安全性就越高^[1-3]。安徽亳州在20世纪80年代烟叶种植面积曾达16 000 hm²,是当时安徽省的主产烟区^[4]。但我国烟叶中K₂O含量一般均低于20 g/kg,亳州烟叶则多低于15 g/kg^[5],相比之下,国际上优质烟叶,如美国和津巴布韦的烟叶中K₂O含量多在40~60 g/kg。低钾制约了我国烟叶品质的提升^[6-9],也导致皖北烟叶工业需求不强,烟叶种植面积萎缩,目前集中分布在亳州市谯城区。据统计,近年来亳州烟叶种植面积基本维持在3 400 hm²左右。

土壤钾素状况和土壤条件影响着烟叶中钾含量^[8,10]。由于耕作层对农作物的产量和品质的影响最大,为此,为摸清土壤的钾素状况,指导烤烟种植钾肥的科学施用,本文以亳州市谯城区典型农田的耕作层土壤为研究对象,测定分析了其全钾、缓效钾、速效钾的现状含量、变化趋势以及空间分布状况。

1 材料与方法

1.1 谯城区概况

亳州市谯城区位于115°30'~116°05'E,33°25'~

34°05'N,面积为2 226 km²,地处淮北平原北部,由于受河流蜿蜒切割变迁和黄河历次南泛的影响,形成了平原中岗、坡、碟形洼地相间分布,具有“大平小不平”的地貌特征,海拔介于32~42 m,由西北向东南海拔逐渐变低。涡河横贯全境并勾通黄淮水系,区域气候属暖温带半干润气候,日照时数2 508 h,年均气温14.5℃,降水量805 mm,水面蒸发量1 748 mm,无霜期209天。谯城区耕地面积约12.6万hm²,土壤类型主要是潮土(石灰淡色潮湿雏形土,面积8.35万hm²)和砂姜黑土(砂姜钙积潮湿变性土或砂姜潮湿雏形土,面积4.25万hm²),均为旱作,主要种植制度为小麦-玉米(大豆、棉花)轮作、中药材,烟田主要为烤烟-红薯套种。目前谯城区烟区主要集中在西北的牛集、魏岗、古井、华佗和芦庙(20世纪40年代就开始种烟),少量分布于西南部的双沟和中部的大杨(20世纪70年代中期开始种烟)。

1.2 土壤基本信息获取

土壤钾素和pH信息来自两个年限:历史数据来自1985年亳州市土壤普查办公室和亳州市农

基金项目:安徽省烟草公司项目(20130551003)资助。

* 通讯作者(dcli@issas.ac.cn)

作者简介:张东启(1984—),男,安徽安庆人,学士,长期从事烟叶生产和管理工作。E-mail: qszdq1984@139.com

牧渔业局编制的《亳州土壤》中相应的土种数据；

现状数据来自 2013 年度进行的典型农田调查采样结果，典型农田布设考虑土种类型、现在种植烟叶、将来计划种植烟叶、空间分布均匀性等，合计布设了 90 个典型农田(图 1)。

1.3 土壤采样和测定方法

在确定的每个典型农田中，采用“S”形随机 8~10 个点取样，取样深度为耕作层(0~20 cm)，充分混匀后采用“四分法”留取 2 kg 土壤组成农化分析样品。土样在室内常温风干、去杂、磨细，过 2 mm 筛用于测定缓效钾、速效钾，过 0.149 mm 筛用于测定全钾，采用火焰光度计法测定钾，其中全钾采用氢氧化钠熔融，缓效钾采用硝酸消煮，速效钾采用乙酸铵浸提，具体的测定方法详见文献[11]。

1.4 典型农田耕作层土壤的母质来源

考虑到成土母质与土壤钾素，尤其是与土壤全钾和缓效钾的关系密切，依据调查采样的典型农田的经纬度信息从 1:50 000 亳州土壤图中提取出其对应的土种名称，然后依据《亳州土壤》中关于各土种的成土母质和剖面形态的描述信息，将其耕作层土壤母质归纳为近代黄泛“砂质”冲积物、近代黄泛“粉砂质”冲积物、近代黄泛“黏质”淤积物和古黄土性“黏质”河湖相沉积物 4 大类型(表 1)，需要指出的是，这里



图 1 谯城区典型农田耕作层土壤采样点空间分布图

Fig. 1 Sampling sites of plough horizons of typical fields in Qiaocheng

表 1 谯城区典型农田土种及其耕作层土壤母质类型
Table 1 Types of soil species and parental materials of plough horizons of typical fields in Qiaocheng

土属	土种	农田数量	耕作层土壤 母质类型	黏粒(<0.001mm) (g/kg)	砂粒(1~0.05mm) (g/kg)
砂土	青砂土	4	近代黄泛“砂质”冲积物	90~110/100	230~270/250
	砂土	3			
两合土	两合土	5	近代黄泛“粉砂质”冲积物	110~180/150	190~300/230
	上位于底两合土	3			
	下位于底两合土	2			
	上位沙底两合土	10			
	下位沙底两合土	10			
	夹沙两合土	1			
淤土	红花淤	4	近代黄泛“黏质”淤积物	160~420/270	90~280/190
	淤土	3			
	红花黑底淤	1			
	上位夹沙淤	1			
	下位夹沙淤	8			
	间层淤	3			
	黑底淤	5			
淤黑土	厚淤黑土	14			
	薄淤黑土	3			
	挂淤黑土	5			
砂姜黑土	青黑土	1	古黄土性“黏质”河湖相沉积物	210~370/260	170~280/200
	黑土	2			
青白土	白淌土	2			

注：采用的卡钦斯基值； 数据为：最低值 ~ 最高值/平均值。

的“砂质”、“粉砂质”、“黏质”是以4类母质中黏粒和砂粒的含量情况相对而言的(表2)。另外,《亳州土壤》中共有30个土种,调查采样的90个典型烟田覆盖了其中的20个土种,没有涉及土种或是因为不适宜种植烟叶(如碱土类和盐土类),或是面积偏小的、或是离城镇近将被建设用地占用的。

砂土、两合土、淤土、砂姜黑土和青白土5个土属,整个土体母质来源相对稳定单一,其中,砂土和两合土2个土属均为近代黄泛冲积物,质地均偏“砂”,但砂土由于离涡河河道相对近于两合土,其母质中砂粒含量相对高于两合土;淤土距离涡河河道相对远于两合土和砂土,其成土母质为近代黄泛淤积物,质地自然偏“黏”;普通砂姜黑土主要分布在涡河以南地区,砂姜黑土和青白土2个土属为古黄土性河湖相沉积物,质地自然偏“黏”;但淤黑土属于二元成土母质,土体下部成土母质为古黄土性河湖相沉积物,上部则为近代黄泛淤积物,但这两类母质质地均是偏“黏”。谯城区烟田绝大部分分布在两合土上,

少量分布在淤土上,其他土属基本没有种植烟叶。

1.5 数据处理

采用SPSS 20软件对数据进行常规统计分析,采用ArcGIS 10.0软件地统计学模块对综合评价价值进行Kriging空间插值和图形绘制。

2 结果与讨论

2.1 钾素现状

2.1.1 钾素的总体现状 从表2可以看出,97.5%的典型烟田全钾含量介于10~15 g/kg,其余介于15~20 g/kg,91.25%的典型烟田缓效钾含量>600 mg/kg,2.5%介于500~600 mg/kg,1.25%介于400~500 mg/kg,5%介于300~400 mg/kg;27.5%的典型烟田速效钾>200 mg/kg,35%介于150~200 mg/kg,33.75%介于100~150 mg/kg,3.75%介于50~100 mg/kg。依据相关研究,我国北方烟区土壤速效钾含量应高于150 mg/kg^[1,12],按此标准,谯城区农田耕作层土壤的速效钾含量总体上还是适宜种植烟叶的。

表2 亳州市谯城区典型农田耕作层土壤钾素
Table 2 Potassium statistics of plough horizons in typical fields in Qiaocheng

母质类型	2013年			1980s	
	全钾 (g/kg)	缓效钾 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	全钾 (g/kg)	速效钾 (mg/kg)
近代黄泛“砂质”冲积物(2013,n=7)	13.02±0.21 a	989±136 a	129±22 b	18.39±0.58	102±10
近代黄泛“粉砂质”冲积物(2013,n=31)	13.63±0.75 a	901±275 a	141±45 b	19.63±0.66	139±27
近代黄泛“黏质”淤积物(2013,n=47)	13.69±1.06 a	1 000±208 a	204±71 a	21.22±1.29	210±27
古黄土性“黏质”湖相沉积物(2013,n=5)	12.96±0.74 a	888±78 a	172±50 ab	17.44±0.39	158±18
合计(n=90)	13.56±0.93	958±229	174±67	-	-

注:表中数据为平均值±标准差;同列数据小写字母不同表示不同母质类型典型农田钾素之间差异达P<0.05显著水平。

由表2也可以计算出,谯城区农田耕作层土壤的缓效钾和速效钾分别占全钾的6.6%~7.6%和1.0%~1.5%,介于一般土壤中缓效钾和速效钾占全钾的比例范围(比例分别为2%~8%和1%~2%)^[13~14]。

2.1.2 不同母质类型的钾素比较 由表2可以看出,4类母质之间在全钾、缓效钾的含量上均没有显著性差异;但在速效钾方面,近代黄泛“黏质”淤积物平均值为204 mg/kg,达到很丰富水平,略高于古黄土性“黏质”湖相沉积物(高出18.60%,未达显著水平),并显著高于近代黄泛“砂质”冲积物和近代黄泛“粉砂质”冲积物(分别高出58.14%和44.68%);古黄土性“黏质”湖相沉积物平均值为172 mg/kg,达到丰富水平,高于近代黄泛“砂质”冲积物和近代黄泛“粉砂质”冲积物(分别高出33.33%和21.99%,但未达到显著水平);近代黄泛“粉砂质”冲积物和近代黄泛“砂质”冲积物平均值分别为141 mg/kg和

129 mg/kg,均为中等水平,前者高出后者9.30%,但未达到显著水平。

2.2 钾素空间分布

根据获取的90个典型农田耕作层土壤的全钾、缓效钾和速效钾数据,对整个谯城区上述3个属性进行空间预测以探讨其空间分布特征(图2)。由图2可见,全钾含量表现为西北部的古井、牛集、魏岗、华佗、芦庙和中东部的十九里、赵桥、大杨和城父相对较高;缓效钾含量表现为西北部的古井、牛集、魏岗、华佗、芦庙,东部的砂土,南部的龙杨和立德相对较低;速效钾含量表现为涡河以北(包括古井、牛集、魏岗、华佗、芦庙、五马、张店、谯东、砂土、关塘、颜集)以及最南部的龙杨相对较低。

2.3 钾素变化

由表2可见,与1980s开展的第二次土壤普查结果相比,4类母质的耕作层土壤全钾均呈降低趋势,

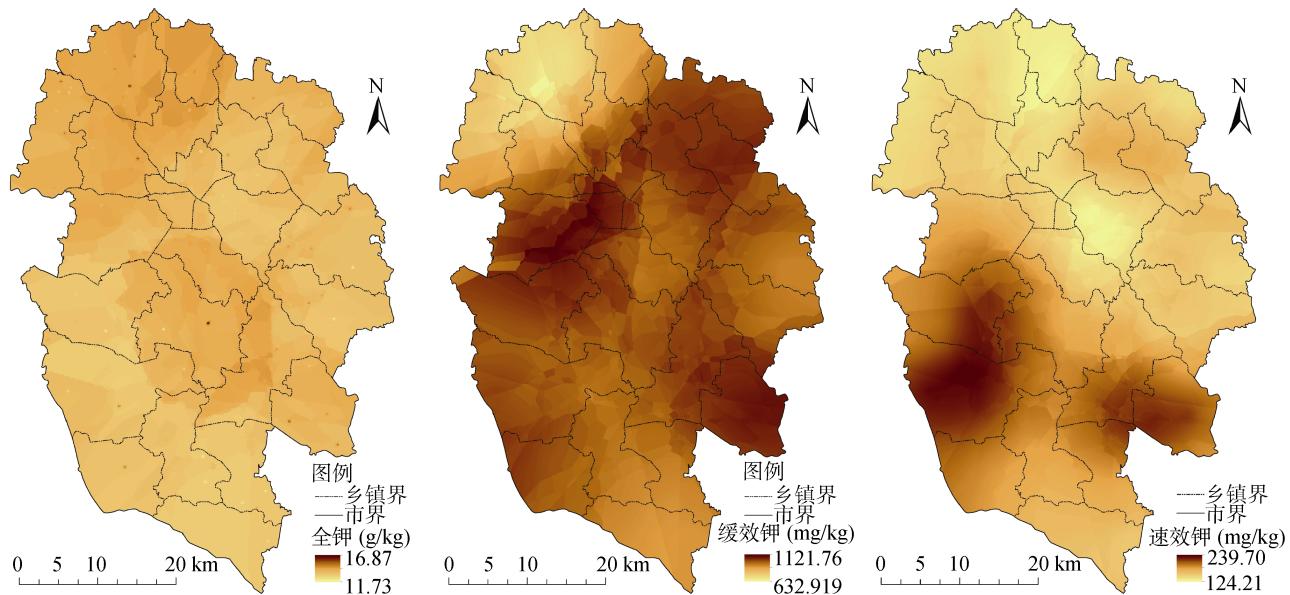


图 2 肇庆市肇城区农田耕作层土壤钾素含量空间分布
Fig. 2 Distributions of potassium contents in plough horizons of typical fields in Qiaocheng

降低幅度为 25.7%~35.5%。发育于近代黄泛“砂质”冲积物和古黄土性“黏质”河湖相沉积物母质上耕作层土壤(分别是砂土、砂姜黑土、青白土)速效钾含量呈较为明显的增加趋势，增幅分别为 26.63% 和 9.3%；但发育于近代黄泛“粉砂质”冲积物和近代黄泛“黏质”淤积物上的耕作层土壤(分别是两合土、淤土、淤黑土)速效钾含量则大致持平，仅分别提高了 1.4% 和降低了 2.6%。

2.4 讨论

2.4.1 土壤钾素的动态变化 肇城区农田耕作层土壤全钾呈降低趋势，一个原因可能是第二次土壤普查和 2013 年在取样田块以及分析测定上的差异，另外钾素的“入不敷出”也是一个原因。亳州烟田的轮作制度为：3 年烟叶—山芋套种，然后 2 年其他作物轮作，然后再 3 年烟叶—山芋套种。应该说在这种模式下，很多农田都曾种过烟叶。如同我国钾肥发展历史一样^[15]，亳州农田直到 20 世纪 80 年代中期才开始逐渐施用钾肥，但烟叶—山芋套种耗钾高，据测算，肇城区烟株干生物量为 6 000~7 500 kg/hm²(全部移出农田)，干烟株平均 K₂O 含量约为 12 g/kg；鲜山芋(指地下块茎，移出农田)产量大致为 22 500~30 000 kg/hm²，每生产 1 000 kg 鲜山芋消耗约 5 kg 的 K₂O^[16]，则每年烟株和山芋合计从土壤中消耗的 K₂O 约 210 kg/hm²。可以说 1985—1990 年，由于我国农田钾肥用量普遍很低^[15]，亳州农田土壤的钾素一直处于亏损状态，此种状态下，土壤的矿物钾就会逐渐释放出来被作物吸收利用^[13,17~18]。

就土壤速效钾含量变化而言，进入 20 世纪 90 年代，亳州市烟田开始全面采用现行的烤烟—山芋套种施肥模式 即施用含 K₂O 33.5% 的硝酸钾 75 kg/hm²、含 K₂O 50% 的硫酸钾 75 kg/hm²、含 K₂O 21% 的烟草专用肥 750 kg/hm²，K₂O 合计施用量约 206 kg/hm²，勉强与烟叶和山芋消耗的 K₂O 持平。但降雨和灌溉会导致土壤钾素流失^[10,19]，肇城区年均降水量约 805 mm，而烟叶大田种植期间一般需灌溉 2~3 次，采用沟灌方式，水源为机井浅层地下水；改为小麦—玉米(豆类)轮作后一般需灌溉 1~2 次，播种前如遇干旱则灌溉 1 次，小麦拔节期、玉米抽雄期需补充性灌溉 1 次，采用漫灌方式，大部分农田水源为机井浅层地下水，部分农田水源为河道水^[20]。这样看来，其耕作层土壤的速效钾应为略微亏损状态，而这一状态也可以解释前文指出的两合土、淤土、淤黑土速效钾的大致持平现象(变化范围在-2.6%~1.4%)，因为肇城区现烟区主要分布在西北部的古井、牛集、魏岗、华佗、芦庙以及西南部的双沟和中部大杨，这些地区的烟田土壤类型多是两合土和淤土。而砂姜黑土和砂土多是小麦—玉米(豆类)轮作，农户多盲目施肥(一般每年双季施用复合肥 1 500 kg/hm²，K₂O 含量标记为介于 10%~17%)，加上仍普遍存在的作物秸秆田间焚烧现象，提高了此类土壤耕作层的速效钾含量。

2.4.2 不同母质间速效钾含量差异 从黏土矿物类型来看，由于亳州地区土壤成土母质均来自“黄土”，黏土矿物一般均为 2:1 型的伊利石和蒙脱石为主，

钾含量较高，固钾能力较强^[13,17,20]，这在一定程度上可以解释亳州农田土壤缓效钾和速效钾含量总体上较高的现象。

就速效钾含量而言，近代黄泛“黏质”淤积物>古黄土性“黏质”湖相沉积物>近代黄泛“粉砂质”冲积物>近代黄泛“砂质”冲积物，这与4类母质之间黏粒含量有一定的联系。由表1可见，在黏粒含量方面，近代黄泛“黏质”淤积物(平均为270 g/kg)>古黄土性“黏质”湖相沉积物(平均为260 g/kg)>近代黄泛“粉砂质”冲积物(平均为150 g/kg)>近代黄泛“砂质”冲积物(平均为100 g/kg)，而黏粒含量越高，土壤吸附钾离子的能力越高，速效钾的损失就越低^[13,19-20]。

2.4.3 烟叶含钾低的原因分析 谯城区烟叶钾含量偏低，推测原因如下：烟田土壤中缓效钾和速效钾含量低，谯城区现烟区主要集中在西北部的古井、牛集、魏岗、华佗、芦庙等乡镇，少量分布西南部的双沟和中部的大杨。但从图2可以看出，西北部地区恰是土壤缓效钾和速效钾含量最低的地区。烟叶成熟期的降雨使烟叶中部分钾淋失^[7-8,19]，谯城区烟叶成熟期为7—9月，恰是降雨较多的时节，合计降雨量约728 mm，占全年降雨量的54%。成熟烟叶中钾向茎秆和地下根部的自行流动造成烟叶低钾，这是普遍现象^[2-3,7-8]。土壤酸化会加剧土壤中钾的流失^[19]，依据90个典型农田耕作层土壤pH的测定结果，1985—2013年pH平均值由8.2降低到8.0，降低了0.2个单位。

3 结论

谯城区现烟田集中的西北部是土壤缓效钾和速效钾含量最低的地区，加上套种山芋，消耗的土壤速效钾多，其耕作层土壤速效钾含量呈略微亏损状态。从土壤钾素供给能力和钾肥施用量的角度考虑，建议在烟叶种植期间加大钾肥用量，通过增加土壤中速效钾含量以促进烟叶多吸收钾素；另外可以考虑在土壤缓效钾和速效钾含量较高的西南部和中部扩大烟叶种植面积。

致谢：感谢亳州市谯城区土肥站提供的测土配方施肥项目获取的基础数据信息以及其与谯城区各烟站在2013年度采样过程中给予的大力支持和帮助。

参考文献：

- [1] 中国农业科学院烟草栽培所. 中国烟草栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005
- [2] 洪丽芳, 苏帆. 烤烟钾素营养的研究进展[J]. 西南农业学报, 2001, 14(2): 87-91
- [3] 左天觉. 烟草的生产、生理和生物化学[M]. 上海: 远东出版社, 1993
- [4] 郑向铁, 孟庆雷. 亳州市烟区烤烟生产发展情况浅析[J]. 中国烟草, 1987(2): 20-22
- [5] 宋军. 亳州烟区土壤利用状况与烤烟生产对策[J]. 安徽农业科学, 2003, 31(1): 35-36
- [6] 胡国松, 赵元宽. 我国主要产烟省烤烟元素组成和化学品质评价[J]. 中国烟草学报, 1997, 3(3): 36-43
- [7] 李佛琳, 彭桂芬, 萧风回, 杨焕文. 我国烟草钾素研究的现状与展望[J]. 中国烟草科学, 1999, 20(1): 22-25
- [8] 韩锦峰, 朱大恒, 刘华山. 我国烤烟含钾量低的原因及解决途径[J]. 河南农业科学, 2010(2): 31-36
- [9] 李强, 周冀衡, 何伟, 李章海, 杨中义, 张一扬, 张发明, 杨虹琦. 中国烤烟含钾量的区域特征研究[J]. 安徽农业大学学报, 2010, 37(2): 363-368
- [10] 颜丽, 关连珠, 栾双. 土壤供钾状况及土壤湿度对我国北方烤烟烟叶含钾量的影响研究[J]. 土壤通报, 2001, 32(2): 84-87
- [11] 张甘霖, 龚子同. 土壤调查实验室分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2012
- [12] 任四海, 徐辰生, 孙敬权, 唐经祥. 土壤肥力因子与烤烟品质的关系[J]. 安徽农业科学, 2004, 32(2): 368-369, 390
- [13] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 农业出版社. 2000
- [14] 谢建昌. 土壤钾素研究的现状与展望[J]. 土壤学进展, 1981, 9(1): 1-16
- [15] 李玉田. 我国钾化肥使用的历史、现状和对策[J]. 北京农业科学, 1992(4): 30-35
- [16] 汪专政. 山芋优质高产平衡施肥技术[J]. 农技服务, 2007(8): 75
- [17] 黄绍文, 金继运, 王泽良, 程明芳. 北方主要土壤钾形态及其植物有效性研究[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(2): 156-164
- [18] 李贵宝, 尹澄清, 孙克刚, 焦有, 白乐高. 河南省土壤库中钾养分资源状况的研究[J]. 自然资源学报, 2000, 15(2): 138-142
- [19] 张亦驰, 李林, 史喜林, 刘淑霞, 高强, 娄玉杰. 土壤钾素形态及有效性的研究进展[J]. 吉林农业科学, 2013, 38(6): 52-54, 61
- [20] 汤广民, 沈涛. 安徽淮北平原农田灌溉的基本特征[J]. 安徽农业科学, 2003, 31(4): 566-568
- [21] 熊毅, 李庆连. 中国土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1990

Potassium Status of Plough Horizons of Typical Fields in Qiaocheng of Bozhou City

ZHANG Dong-qi¹, GUO Lu¹, ZHAO An¹, SANG Chuan-jie¹, CUI Ai-hua¹, LI Cheng-gui¹,
SONG Xiao-dong², YI Chen², LI De-cheng^{2*}, ZU Chao-long³, JIANG Chao-qiang³, ZHANG Lin³

(1 Bozhou Branch of Anhui Tobacco Corporation, Bozhou, Anhui 236000, China; 2 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China; 3 Institute of Tobacco Science, Anhui Agricultural Academy of Sciences, Hefei 233100, China)

Abstract: Qiaocheng district of Bozhou City is the main region of tobacco-planting of North Anhui, but the potassium content is low in the tobacco leaves. In order to disclose the potassium status in soils and their changes, this study collected soil samples in the year of 2013 from the plough horizons of 90 typical fields, analyzed the contents of total potassium (TK), slowly available potassium (SAK) and rapidly available potassium (RAK), compared these data with the corresponding historical data obtained in the 2nd national soil survey of 1980s. The results showed that TK content was low while SAK and RAK contents generally were high. SAK contents were lower in northwest, south and east regions, RAK was lower in the north of Guo River. Compared to the corresponding data obtained in 1980s, RAK contents increased in plough horizons where no tobacco was planted, but kept rough balance or decreased in plough horizons where tobacco was planted. SAK and RAK contents were lower in the current main tobacco-planting region of northwest, so it should increase the application amount of potassium fertilizers and plant tobacco in the southwest region and middle region where SAK and RAK contents were higher.

Key words: Soil potassium; Plough horizon; Soil parental material; Qiaocheng district of Bozhou City