

不同轮作模式农田钾养分表观平衡及其对土壤速效钾含量的影响

许仙菊^{1,3}, 赵 坚², 张维理^{3*}, 张永春¹, 姚 政⁴

- (1. 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所, 农业部江苏耕地保育科学观测实验站, 江苏 南京 210014;
2. 山西省运城市绛县农业委员会蔬菜办, 山西 运城 043600;
3. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081;
4. 上海农业科学院环境科学研究所, 上海 201106)

摘要: 通过连续3年监测上海郊区43块定位农田, 比较了50种作物以及5种不同轮作模式农田的钾养分表观盈余状况及其对土壤速效钾含量的影响。结果表明: (1) 不同作物农田的钾养分盈余趋势为水生蔬菜类、果树类 > 旱作蔬菜 ≥ 草皮 > 大田作物; 不同轮作模式农田钾养分盈余大小表现为作物轮作 > 菜作轮作 > 草皮单作 > 菜作轮作 > 果树单作; (2) 不同作物及轮作模式农田收获时土壤速效钾含量随土层的加深而逐渐增加, 钾养分盈余多的农田土壤的表层速效钾含量也高; (3) 不同作物及不同轮作模式农田钾养分盈余量与收获时土壤表层(0~30 cm)的速效钾含量呈正相关, 但未达显著水平。

关键词: 轮作; 农田; 钾养分表观平衡; 速效钾

中图分类号: S153.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6257(2016)03-0037-06

土壤养分平衡是指养分在土壤-肥料-作物三者之间进行迁移与转化过程中达到的动态平衡, 一般用土壤中输入与输出的养分之间的差值来表示。随着人民生活水平的提高, 种植的作物种类及轮作类型不断增多。然而, 由于农民对不同作物种类和不同轮作类型的需肥特点不够了解, 在化肥施用上出现了不少不合理现象, 如氮肥施用过多、钾肥施用不足、不重视有机肥的施用等, 这些均导致土壤养分不均衡状况愈发严重, 严重影响了农业的可持续发展。因此, 急需研究不同作物种类和不同轮作模式农田的养分平衡状况, 并探讨这种平衡状况对土壤养分含量的影响。

钾是作物必需的3大矿质元素之一。国内已经有很多关于不同农田类型和不同栽培模式土壤钾养

分平衡状况方面的报道^[1-12]。总体来看, 我国土壤钾养分平衡状况均表现为亏缺。顾永明等^[6]于1994年报道了上海郊区1986~1992年间主要大田作物水稻、三麦、油菜等的农田钾养分表观平衡状况, 均表现为亏缺。林青慧^[7]研究了上海黄浦江上游水源保护区不同作物类型周年钾养分平衡状况, 结果表明, 大田作物和蔬菜作物钾养分亏缺, 果树和苗木表现为钾稍盈余。而长期条件下不同农田钾养分盈余状况对土壤钾养分含量状况的影响会更大, 有必要对不同农田土壤进行多年监测。钾肥当年利用率为40%~70%, 未被作物吸收利用的钾会导致表层土壤钾的积累^[11-12], 由于钾移动性高, 易流失, 这也是造成钾养分亏缺或耗竭的原因之一。因此, 有必要系统研究多年试验条件下不同作物种类和不同轮作模式农田钾养分平衡状况, 并探讨这些养分平衡状况对土壤钾养分含量的影响。本研究选用50种作物以及5种不同轮作模式农田, 对上海郊区43块定位农田的钾养分状况进行了3年连续跟踪监测, 评价了不同作物种类和不同轮作模式农田土壤钾养分平衡状况及其对土壤速效钾含量的影响。

本研究中钾养分平衡指的是钾养分的表观平衡, 即钾养分输入部分只考虑肥料输入(包括有

收稿日期: 2015-03-27; 最后修订日期: 2015-06-26

基金项目: 江苏省农业科技自主创新引导资金项目 [CX (15) 1004]; 公益性行业(农业)科研专项(201003014-1-2; 201203013-01-01); 上海市科学技术委员会科研计划项目(14395810602)。

作者简介: 许仙菊(1976-), 女, 博士, 山西绛县人, 副研究员, 主要从事土壤质量管理和农业面源污染方面的研究。

E-mail: xuxianju76@163.com。

通讯作者: 张维理, wlzhang@caas.ac.cn。

机肥料和化肥); 钾养分输出只考虑作物收获带走的钾 (包括经济产量和废弃物的产量消耗), 最后根据二者之差计算出农田土壤钾养分表观平衡状况。

1 材料与与方法

1.1 试验方法

试验采用养分平衡记录单法。农田养分表观平衡记录方法详见参考文献 [13]。农田定位点的轮作周年钾养分平衡 = 每茬的钾养分平衡之和 ÷ 作物生长时间 × 365, 其中果树的钾养分带出量是用钾养分换算系数计算得到的^[14]。

试验轮作模式和平均施肥量均有代表性, 在上海黄浦江水源保护区选出 43 个定位地块, 连续监测 3 年 (2002 年 12 月 ~ 2005 年 12 月)。被研究定位地块中包含了蔬菜 - 蔬菜轮作、蔬菜 - 大田作物轮作、草皮单作、果树单作和作物 - 作物轮作 5 种主要的轮作模式; 监测的作物类型有水生蔬菜类、水果类、旱作蔬菜类、大田作物和草皮等 5 种作物。试验地块的唯一标识符是试验地点代码。每一茬作物在收获期采集植物和土壤样品, 并对定位地块的每茬作物的种植方式进行农户调查, 详细记录情况见参考文献 [13]。

1.2 样品采集与测定

1.2.1 样品采集

植物样: 在所监测 43 个定位地块的每茬作物收获时采集地上部植株样品, 随机选取具有代表性正常生长的植株 3 ~ 10 株, 分别取经济产量和废弃物制成样品。并对所取样品采取除杂物、洗涤, 并用蒸馏水冲洗, 尽快用吸水纸擦干净。取混合样, 放入烘箱中 105℃ 杀青 15 ~ 30 min, 在 65℃ 烘干至恒重, 称重、记录, 计算植株样品含水量。烘干后用粉碎机粉碎, 样品全部过 0.5 mm 筛, 编号, 备用。

土壤样品: 对所监测 43 个定位地块的每茬作物收获时采集土壤剖面样品 (0 ~ 30、30 ~ 60、60 ~ 90 cm)。按“S 型”路线多点采样, 制备每一层的混合样。所取土样除杂混匀后, 风干, 过 1 mm 筛, 用来测定土壤速效钾含量。

1.2.2 样品测定方法

植株全钾含量^[15]: 采用 $H_2SO_4 - H_2O_2$ 消煮定容, 用火焰光度法测定植株全钾。

土壤速效钾含量^[15]: $1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 醋酸铵浸提,

用火焰光度法测定。

1.3 数据分析

本研究的数据分析用 SPSS 11.5 统计软件来进行。

2 结果与分析

2.1 不同轮作模式农田的钾养分表观盈余状况比较

2.1.1 不同作物农田钾养分表观盈余状况比较

不同作物农田钾养分投入量和带出量的比较 (图 1) 结果表明: 不同作物钾养分投入量之间达极显著差异, 整体趋势为水生蔬菜类、果树类 > 旱作蔬菜 ≥ 草皮 > 大田作物, 其中水生蔬菜钾平均投入量分别为大田作物投入量 12.3 倍, 而且其它作物投入钾量与大田作物相比达显著差异。对图 1 不同作物之间钾养分带出量的比较结果表明, 水生蔬菜高于其它各类, 旱作蔬菜、果树高于大田作物、草皮。因此, 不同作物农田带出钾量差异很大。

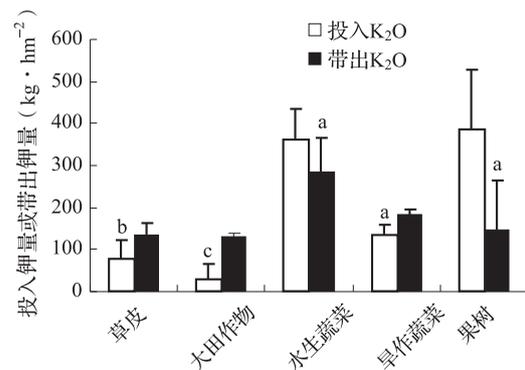


图 1 不同作物农田钾养分投入量、产出量及钾养分表观平衡

注: 图中标注的字母表示养分表观平衡 (即钾投入量减去钾带出量) 显著性检验, 下同。

不同作物农田钾养分表观盈余比较结果见图 1。总体来看, 不同作物农田的钾养分表观盈余表现为亏缺, 水生蔬菜 K_2O 盈余量为 $77.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 大田作物 K_2O 亏缺量为 $100.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 旱作蔬菜 K_2O 亏缺量为 $48.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 而果树的 K_2O 盈余量为 $238.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。草皮 K_2O 亏缺量为 $58.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 但其亏缺量比旱作蔬菜、果树等经济作物小, 且钾盈余量大小趋势为果树类 > 水生蔬菜类 > 旱作蔬菜 ≥ 草皮 > 大田作物, 这和不同作物钾养分投入量的趋势一致。虽然不同作物钾养分状况

整体表现为亏缺，而且大田作物和草皮的钾亏缺较严重，但果树和水生蔬菜却出现钾盈余现象，因此，钾亏缺需要视不同作物类型和不同施钾量而定，作物吸收的部分钾养分来自土壤。

同理得到不同作物钾养分年盈余量：水生蔬菜 K_2O 盈余量为 $175.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$ ，大田作物 K_2O 亏缺量为 $310.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$ ，旱作蔬菜 K_2O 亏缺量为 $230.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$ ，而果树的 K_2O 盈余量为 $237.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$ 。草皮 K_2O 亏缺量为 $182.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$ 。可以看出，水生蔬菜钾盈余量多，钾的移动性比较高，钾流失风险相对最大。

2.1.2 不同轮作模式农田钾养分表观平衡

不同轮作模式农田年平均钾养分投入量和带出量的比较结果见图2。其中，不同轮作模式养分投入量的结果表明，菜菜轮作模式农田年平均钾投入量最多，作物轮作模式钾投入量最少，前者年平均钾投入量是后者的15.1倍。可见，不同农田轮作模式年平均钾投入量相差很大。不同轮作模式钾养分带出量比较结果表明，菜菜轮作农田带走的钾养分稍大于作物轮作，但作物轮作钾养分投入量只是菜菜轮作的十几分之一，这是造成作物轮作钾亏缺的原因之一，而果树单作和草皮单作钾养分带出量都较少。

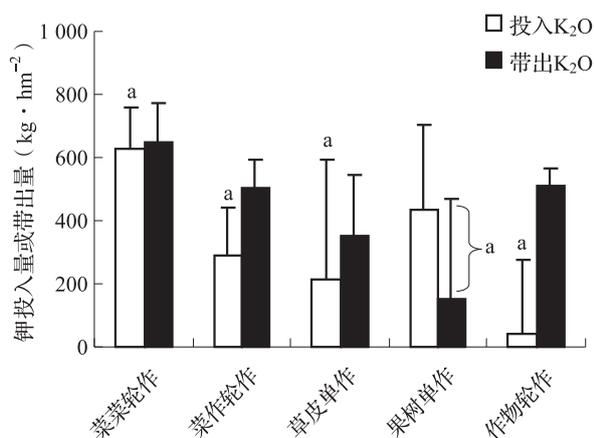


图2 不同轮作模式农田钾养分投入量、产出量及钾养分表观平衡

从图2的5种轮作模式钾养分表观盈余量平均值来看，农田的钾养分表观盈余量整体上也表现为钾亏缺，这和其他不同作物农田的钾养分表观盈余状况是一致的(图1)。不同轮作模式农田之间的比较结果表明，钾养分表观平衡不同轮作模式农田之间

差异不显著，钾亏缺的整体趋势为作物轮作 > 菜作轮作 > 草皮单作 > 菜菜轮作 > 果树单作，其中，菜菜轮作农田 K_2O 亏缺量为 $24.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$ ，菜作轮作 K_2O 亏缺量为 $212.9 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$ ，草皮单作 K_2O 亏缺量为 $139.9 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$ ，果树单作 K_2O 亏缺量为 $284.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$ ，作物轮作 K_2O 亏缺量为 $471.4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$ 。可见，钾养分表观平衡整体表现为亏缺，其中作物轮作钾亏缺最严重，但果树却表现为钾盈余。对于不同作物或不同轮作模式农田而言，钾养分表观平衡主要表现为亏缺，即作物吸收的部分钾养分来自土壤，对部分地块应适当补施钾肥，如果长期不补施钾肥可能会造成土壤钾库的枯竭。

2.2 不同轮作模式农田的土壤速效钾分布特征

2.2.1 不同作物农田的土壤速效钾含量状况

钾是植物生长所需的养分之一。速效钾由交换性钾和水溶性钾组成，可以被作物直接吸收利用。不同作物农田收获后土壤速效钾含量比较(表1)表现为水生蔬菜、果树、旱作蔬菜 > 大田作物、草皮，而相同作物农田不同剖面的土壤速效钾含量随着土层加深而增加。

表1 不同作物农田收获后的土壤速效钾含量状况比较

作物	n	速效钾 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)		
		0~30 cm	30~60 cm	60~90 cm
草皮	8	$117.4 \pm 8.0b$	$163.0 \pm 6.7b$	$213.0 \pm 18.5a$
大田作物	27	$139.9 \pm 7.9b$	$139.2 \pm 6.3b$	$180.9 \pm 9.6a$
水生蔬菜	2	$250.0 \pm 20.0ab$	$185.0 \pm 65.0a$	$215.0 \pm 65.0a$
旱作蔬菜	111	$186.4 \pm 15.0a$	$203.2 \pm 51.3a$	$182.0 \pm 8.0a$
果树	8	$186.6 \pm 32.8ab$	$211.6 \pm 31.3a$	$180.8 \pm 16.9a$
平均值	156	175.6 ± 11.0	190.3 ± 36.5	183.8 ± 6.1

2.2.2 不同轮作模式农田的土壤速效钾分布特征

由表2可以看出，不同轮作模式农田收获后土壤速效钾的含量比较表现为果树单作 > 菜菜轮作 > 菜作轮作 > 草皮单作 > 作物轮作，而部分轮作模式比如菜菜轮作、草皮单作、作物轮作等农田土壤速效钾含量随着土层厚度加深有增大的趋势。这与菜地的施肥量、耕作制度以及管理方式有关。而且统计结果与不同轮作农田的养分表观平衡变化规律相同。

表2 不同轮作农田收获后的土壤速效钾含量状况比较

类型	n	速效钾 (mg · kg ⁻¹)		
		0 ~ 30 cm	30 ~ 60 cm	60 ~ 90 cm
菜菜轮作	20	187.8 ± 13.9ab	206.2 ± 53.0a	187.8 ± 13.2ab
菜作轮作	11	186.4 ± 20.0ab	158.5 ± 10.4b	172.5 ± 12.1b
草皮单作	2	121.6 ± 16.8b	161.4 ± 6.5ab	211.6 ± 5.8a
果树单作	2	265.6 ± 101.3a	205.6 ± 10.4a	164.9 ± 35.7b
作物轮作	4	144.4 ± 31.0b	116.1 ± 19.5b	183.6 ± 10.1ab
平均值	39	183.6 ± 10.9	179.8 ± 26.2	182.8 ± 7.6

2.2.3 不同轮作模式农田的土壤速效钾累积量比较

不同作物农田 0 ~ 30 cm 和 0 ~ 90 cm 土层速效钾累积差异不明显 (图 3a)。其中 0 ~ 30 cm 速效钾累积量最大的是水生蔬菜农田, 累积最少的为草皮农田, 前者是后者的 1.3 倍。0 ~ 30 cm 土层速效钾

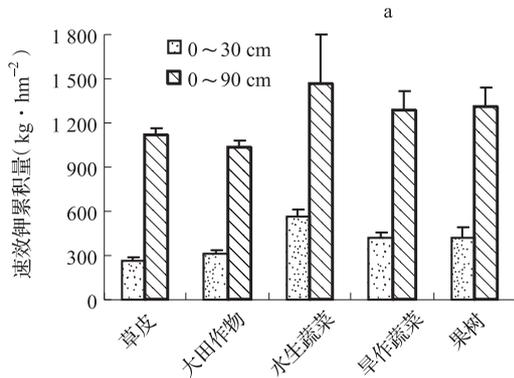


图3 不同作物及不同轮作农田土壤剖面速效钾累积

2.3 不同轮作模式农田钾养分表观平衡与土壤速效钾含量的相关关系

2.3.1 不同作物农田钾养分表观盈余量对土壤速效钾含量的影响

结合图 1 和表 1 可以看出, 不同作物农田钾养分盈余量大的相应表层土壤 (0 ~ 30 cm) 中速效钾含量就高, 与 30 ~ 60 cm 和 60 ~ 90 cm 响应关系不大。对不同作物农田钾养分盈余量与土壤速效钾含量相关关系分析 (图 4) 可以看出, 不同作物农田钾养分盈余量与 0 ~ 30 cm 土层中速效钾含量呈正相关 (n = 50, r_{0.05} = 0.273), 说明钾养分盈余容易造成地表土层速效钾含量的累积。

2.3.2 不同轮作模式农田的钾养分表观盈余量对土壤速效钾含量的相关关系

结合图 2 和表 2 可看出: 不同轮作模式农田钾养分盈余多的相应表层土壤 (0 ~ 30 cm) 中速效钾含量就高, 与 30 ~ 60 cm 和 60 ~ 90 cm 响应关系不

累积大小顺序为水生蔬菜 > 果树 ≥ 旱作蔬菜 > 大田作物 > 草皮。而 0 ~ 90 cm 速效钾累积最大的是水生蔬菜农田, 最少的是大田作物农田, 前者是后者的 1.3 倍。农田土壤剖面 0 ~ 90 cm 速效钾累积大小顺序为水生蔬菜 > 果树 ≥ 旱作蔬菜 > 草皮 > 大田作物。其中不同作物的土壤 0 ~ 30 cm 速效钾累积占 0 ~ 90 cm 累积量的 23.8% ~ 38.5%。

不同轮作模式农田 0 ~ 30 cm 和 0 ~ 90 cm 土层速效钾累积差异不大 (图 3b), 其中累积最多的是果树单作, 最少的是作物轮作, 前者是后者的 1 倍左右。不同轮作模式农田土壤剖面 0 ~ 30 cm 和 0 ~ 90 cm 速效钾累积大小顺序为果树单作 > 菜菜轮作 > 菜作轮作 > 作物轮作 > 草皮单作。其中不同轮作模式农田的土壤 0 ~ 30 cm 速效钾累积占 0 ~ 90 cm 累积量的 24.6% ~ 41.8%。

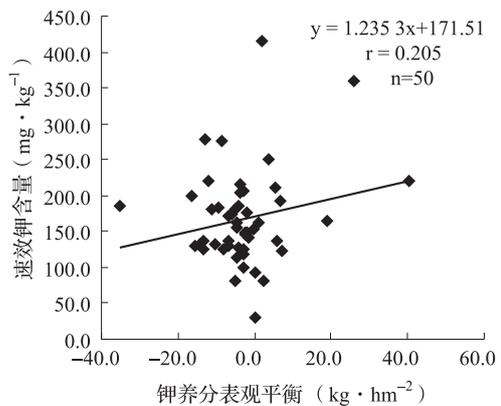
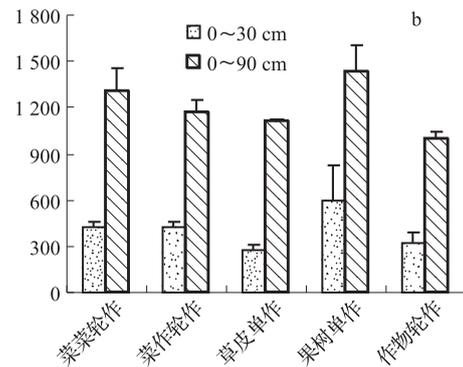


图4 不同作物农田钾养分表观平衡与表层土壤速效钾含量的相关分析

大。对不同轮作模式农田钾养分盈余量与土壤速效钾含量相关关系分析 (图 5) 可以看出, 不同轮作模式农田的钾养分盈余量与 0 ~ 30 cm 土层速效钾含量的相关系数为 0.80 (n = 5, r_{0.05} = 0.811), 但没有达到显著水平。Askegaard 等^[16]的研究表明:

豌豆-大麦轮作农田的钾养分表观平衡与土壤中交换性钾含量呈正相关, 与本研究结果一致。在尼泊尔的 20 年长期稻麦轮作试验中, 钾亏缺, 且对土壤中的钾影响不大, 可能与土壤中缓效态钾含量较高有关, 也可能因为土壤起始钾含量较高^[17]。

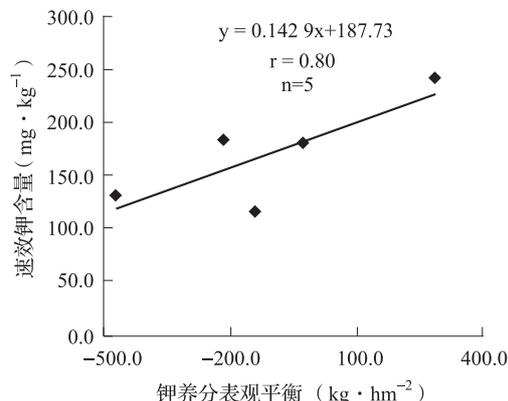


图5 不同轮作农田钾养分表观平衡与表层土壤速效钾相关分析

3 讨论

不同作物农田的钾养分表观平衡表现为盈余或亏缺, 果树 K_2O 盈余为 $237.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$, 水生蔬菜 K_2O 盈余量为 $175.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$, 而大田作物 K_2O 亏缺量为 $310.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$, 旱作蔬菜 K_2O 亏缺量为 $230.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$, 草皮 K_2O 亏缺量为 $182.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$ 。不同轮作模式农田结果也不尽相同, 如菜菜轮作农田 K_2O 亏缺量为 $24.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$, 菜作轮作 K_2O 亏缺量为 $212.9 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$, 草皮单作 K_2O 亏缺量为 $139.9 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$, 果树单作 K_2O 亏缺量为 $284.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$, 作物轮作 K_2O 亏缺量为 $471.4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$ 。可见, 不管是不同作物还是不同轮作模式农田的钾养分盈余量均不同, 除果树和水生蔬菜表现为钾盈额外, 其余的都表现为钾亏缺。

不同作物及不同轮作模式农田钾养分表观盈余与亏缺对土壤的速效钾含量影响很大。从 3 年数据分析结果可以看出果树钾养分表现为盈余, 而其余的均表现为亏缺; 即作物吸收的部分钾养分来自土壤, 如果长期不补施钾肥可能会造成土壤钾养分含量越来越低。而作物轮作农田的土壤钾亏缺最为严重, 如果钾肥长期处于亏缺状态, 而又不及时补施钾肥的话, 就有可能造成土壤钾库的枯竭, 这样严重影响农田土壤钾库的可持续利用。通过本试验分析便于更好地了解人为施肥管理对不同农田土壤

各种养分的影响, 并及时采取相应的措施更好地控制施肥量, 从而达到农田养分的均衡施肥。因此, 建议农民施肥要根据土壤钾养分状况、作物需钾规律以及钾肥的养分含量进行平衡推荐施肥, 关键要控制农田钾养分投入量, 可见, 合理施用钾肥对于保持农田土壤钾养分的可持续利用具有重要意义。

4 结论

本研究连续 3 年跟踪监测上海郊区 43 块定位农田 216 茬次 (50 种作物), 并对 50 种不同作物及 5 种不同轮作模式农田钾养分表观盈余状况、土壤速效钾含量状况以及钾养分表观盈余量与土壤速效钾含量的相关关系进行了研究, 结果表明: 不同作物农田的钾养分盈余量的大小趋势为水生蔬菜类、果树类 > 旱作蔬菜 ≥ 草皮 > 大田作物; 不同轮作模式农田钾养分盈余量的大小表现为作物轮作 > 菜作轮作 > 草皮单作 > 菜菜轮作 > 果树单作。不同作物农田同一剖面的土壤速效钾含量大小为水生蔬菜、果树、旱作蔬菜 > 大田作物、草皮, 而相同作物农田不同剖面的土壤速效钾含量随着土层加深而增加; 不同轮作模式农田同一剖面的土壤速效钾含量大小表现为果树单作 > 菜菜轮作 > 菜作轮作 > 草皮单作 > 作物轮作。不同作物以及不同轮作模式农田钾养分盈余量与土壤表层 (0~30 cm) 的速效钾含量呈正相关关系。

参考文献:

- [1] 黄绍文, 金继运, 左余宝, 等. 农田土壤养分平衡状况及其评价的试点研究 [J]. 土壤肥料, 2000, (6): 14-19.
- [2] 张锡洲, 李廷轩, 杨玉国, 等. 四川盆地丘陵区农田养分平衡研究 [J]. 四川农业大学学报, 2003, 21 (2): 152-156.
- [3] 王建国, 王德禄, 王守宇, 等. 黑龙江农田养分平衡和养分水平的动态变化 [J]. 农业系统科学与综合研究, 2000, 16 (2): 124-127.
- [4] 曹凤进, 王志进, 朱建桦. 农田肥料投入监测与养分平衡分析 [J]. 土壤肥料, 2002, (2): 18-21.
- [5] 李翠萍, 续勇波, 李永梅, 等. 滇池湖滨带设施蔬菜、花卉的农田养分平衡 [J]. 云南农业大学学报, 2005, 20 (6): 804-809.
- [6] 顾永明, 汪寅虎, 陈春宏, 等. 上海郊区农田养分平衡状况的宏观分析 [J]. 土壤通报, 1994, 25 (7): 41-44.
- [7] 林青慧. 黄浦江上游水源保护区不同农田种植模式的环境效应研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2004.
- [8] 孙宁科, 李隆, 索东让, 等. 河西农田磷钾养分平衡及肥料利用率长期定位研究 [J]. 土壤, 2013, 45 (6): 1009-1016.

- [9] 马玉军, 张杰, 倪言成, 等. 淮南市农田土壤速效钾变化规律及钾养分收支平衡分析的研究 [J]. 农业开发与装备, 2014, 9: 83-86.
- [10] 刘瑞, 戴相林, 郑险峰, 等. 半旱地不同栽培模式及施氮下农田土壤养分表观平衡状况研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17 (4): 934-941.
- [11] 钱晓雅, 沈根祥, 顾海蓉. 黄浦江上游水源保护区农田氮磷养分平衡分析 [J]. 环境科学与技术, 2011, 34 (8): 115-119.
- [12] 冀宏杰, 张认连, 武淑霞, 等. 太湖流域农田肥料投入与养分平衡状况分析 [J]. 中国土壤与肥料, 2008, (5): 70-75.
- [13] 许仙菊, 张维理, 张永春, 等. 不同轮作模式农田磷养分平衡及其对土壤 Olsen-P 含量的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2015, (6): 28-33.
- [14] 何康, 刘瑞龙. 中国农业百科全书 (农业化学卷) [D]. 北京: 农业出版社, 1996.
- [15] 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, 2000. 308-316.
- [16] Askegaard M J, Eriksen J E, Olesen. Exchangeable potassium and potassium balances in organic crop rotations on a coarse sand [J]. Soil Use and Management, 2003, 19: 96-103.
- [17] Gami S K, Ladha J K, Pathak H, et al. Long-term changes in yield and soil fertility in a twenty-year experiment in Nepal [J]. Biol Fertil Soil, 2001, 34: 73-78.

Potassium nutrient balance and its impact on soil available K content in Shanghai suburb farmlands

XU Xian-ju^{1,3}, ZHAO Jian², ZHANG Wei-li^{3*}, ZHANG Yong-chun¹, YAO Zheng⁴ [1. Institute of Agricultural Resources and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences; Scientific Observing and Experimental Station of Arable Land Conservation (Jiangsu), Ministry of Agriculture, Jiangsu Nanjing 210014; 2. Vegetable Bureau, Agriculture Committee of Jiang County, Yuncheng City, Shanxi Province, Yuncheng 043600; 3. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, CAAS, Beijing 100081; 4. Environmental Science Research Institute, SAAS, Shanghai 201106]

Abstract: Potassium nutrient balances of the farmland soils in 50 varieties of crops and 5 types of rotation and its impact to soil available K nutrient content were studied in 43 site-specific locations over the past three years in Shanghai suburb. The result indicated that: (1) the potassium nutrient surplus tendency of different crops farmland was: the fewflower wildrice, the fruit > the vegetables ≥ the greensward > the crops; The potassium nutrient surplus of different rotation farmland was: the rotation of crops and crops > the rotation between vegetable and crops > the greensward only > the rotation between vegetable and vegetable > the fruit tree only; (2) Content of soil available potassium after harvest gradually increased with the depths of soil profile in the farmlands of different fields and different rotation fields. The more soil available potassium contents were, the more potassium nutrient surplus had been in different planting patterns fields; (3) Potassium nutrient surpluses of the farmland soil in different crops fields and different planting patterns were positive correlated with the content of available K content in the surface soil (0~30 cm) in harvesting, but not significantly.

Key words: cropping rotation; farmlands; potassium nutrient balance; available K