

DOI: 10.11766/trxb201212030499

江西上饶市水稻肥料利用率的空间差异及其影响因素研究*

赵海东^{1,2} 赵小敏^{1,2,3†} 谢林波^{1,2,4} 郭熙^{1,2}

(1 江西农业大学江西省作物生理生态与遗传育种重点实验室, 南昌 330045)

(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 南昌师范高等专科学校, 南昌 330103)

(4 江西省水土保持科学研究所, 南昌 330029)

摘要 依据 138 个“3414”水稻施肥试验结果,应用 ARCGIS 和 SPSS 分析软件,分析了上饶市水稻当季肥料利用率的空间分布及土壤类型、施肥水平、地貌类型和土壤肥力等对水稻肥料利用率的影响。结果表明,上饶市水稻当季氮、磷、钾肥料平均利用率分别为 36.86%、18.86%、43.89%,在上饶市的不同区域存在差异,表现为:西南 > 东南 > 西北 > 北部 > 中部。水稻当季肥料利用率受土壤类型(土种)影响呈现出一定规律性,其中发育较差的潴育型红沙泥田中水稻的当季肥料利用率最高,而发育程度最高的潴育型乌鳢泥田中的利用率最低;不同施肥水平的影响为:随着氮、磷、钾施用量的增加,水稻肥料利用率呈下降趋势;地貌类型的影响为山地 > 丘陵 > 平原;不同土壤肥力水平下水稻肥料当季利用率的影响为低肥力 > 中肥力 > 高肥力。

关键词 肥料利用率;空间差异;“3414”肥料试验

中图分类号 S158.5; S159.2 **文献标识码** A

长期以来,盲目施肥和过量施肥不仅造成肥料的浪费,肥料利用率降低,而且带来农业面源污染。目前,国外肥料利用率为 50%~55%,我国一般只有 30%~35%^[1]。张福锁等^[2]的调查数据显示,从 1980—2008 年,我国粮食产量扩大了 1.5 倍,但化肥用量却增加了 3 倍以上。测土配方施肥项目的实施对提高肥料利用率、增加作物产量、减少肥料投入和环境污染等取得了较大的成效,但如何进一步提高肥料利用率、减少环境污染还是施肥研究的核心问题。长期以来,国内外对水稻肥料利用率的研究较多^[3-5],特别是如何提高肥料利用率方面有较全面的研究^[6-7]。但除陈同斌等^[8]根据全国各县的粮食产量、肥料用量、作物播种面积等统计数据,以 GIS 为基础,按照高肥区、中肥区和低肥区对中国的化肥利用率进行了区域分异研究外,基于大量田间试验的区域水稻肥料利用率的研究还鲜见报道。

本研究应用江西省上饶市 12 个县(市、区)测土配方施肥“3414”试验数据,在 GIS 技术的支持下,研究上饶市水稻肥料利用率的空间分布和区域差异,分析土壤类型、施肥水平、地貌类型和土壤肥力等因素对水稻肥料利用率的影响,为合理施肥、提高肥料利用率等提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

上饶市位于 116°13′~118°29′E, 27°34′~29°34′N 之间。东联浙江、北接安徽、南邻福建,下辖 12 个县(市、区)。属中亚热带湿润型气候,全年平均气温在 16.7~18.3℃之间,气候温暖,光照充足,雨量充沛,无霜期长,有利于作物生长。地貌类型以丘陵为主,北、东、南三面环山,西面为中国第一大淡水湖鄱阳湖,中部为信江盆地。境内土壤资源丰

* 国家自然科学基金项目(41361049)、土壤与农业可持续发展国家重点实验室开放基金项目(0812201202)、江西省自然科学基金项目(20122BAB204012)资助

† 通讯作者, E-mail: zhaoxm889@126.com

作者简介:赵海东(1973—),博士研究生,主要从事作物生产和土壤肥料等研究。E-mail: jac1030@163.com

收稿日期:2012-12-03;收到修改稿日期:2013-09-20

富,类型多样,分异规律明显,水稻土包括潜育型、潜育型、淹育型水稻土三个亚类。土地总面积 22 791 km²,占全省土地总面积的 13.65%。总人口 657.97 万人,其中农业人口 382.35 万人。2010 年耕地面积 33.49 万 hm²,水稻播种面积为 54.23 万 hm²,其中早稻播种面积为 22.58 万 hm²,中稻及一季晚稻为 6.35 万 hm²,二季晚稻为 25.30 万 hm²,播种面积较 2009 年均有一定幅度的增加。2010 年水稻总产量为 292.8 万 t,较 2009 年增产 1.66%。

1.2 试验设计

在上饶市的 12 个县(市、区)内选取分布面积较广的 4 个水稻土属、11 个土种布置 138 个“3414”田间肥料效应试验(图 1),试验设置 N、P、K 3 个因素、4 个施肥水平、14 个处理。14 个处理分别为 N₀P₀K₀、N₀P₂K₂、N₁P₂K₂、N₂P₀K₂、N₂P₁K₂、N₂P₂K₂、N₂P₃K₂、N₂P₂K₀、N₂P₂K₁、N₂P₂K₃、N₃P₂K₂、N₁P₁K₂、N₁P₂K₁、N₂P₁K₁,其中 N₀、N₁、N₂、N₃ 的纯量分别为 0、67.5、135.0 和 202.5 kg hm⁻²;P₀、P₁、P₂、P₃ 的纯量分别为 0、30.0、60.0 和 90.0 kg hm⁻²;K₀、K₁、K₂、

K₃ 的纯量分别为 0、45.0、90.0 和 135.0 kg hm⁻²。采取随机排列,不设置重复,每个小区面积为 66.67 m²,试验小区四周设置保护行,单排单灌,其他栽培管理措施同当地大田。

1.3 样品采集与分析

土样采集于秋收后、秋冬作物播种或移栽前,在所确定的田块采用 9 点“S”形法采集 0~20cm 耕层土样。土壤各养分含量和酸碱度采用常规分析方法^[9],其中有机质采用重铬酸钾容量-外加加热法测定;碱解氮采用扩散法测定;有效磷采用 0.5 mol L⁻¹ NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法测定;速效钾采用 1 mol L⁻¹ NH₄OAc 浸提-火焰光度法测定;pH 采用电位法(水土比为 1:1)测定。

植株全氮采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮法测定;全磷采用钒钼黄分光光度计法测定;全钾采用火焰光度计法测定^[10]。在水稻成熟收获期,对各个“3414”试验点进行考种得出每个小区的水稻产量,考种时记录有效穗数、每穗总粒数、饱满粒数、空瘪粒数和千粒重等指标,并对茎秆和籽粒分开称重。

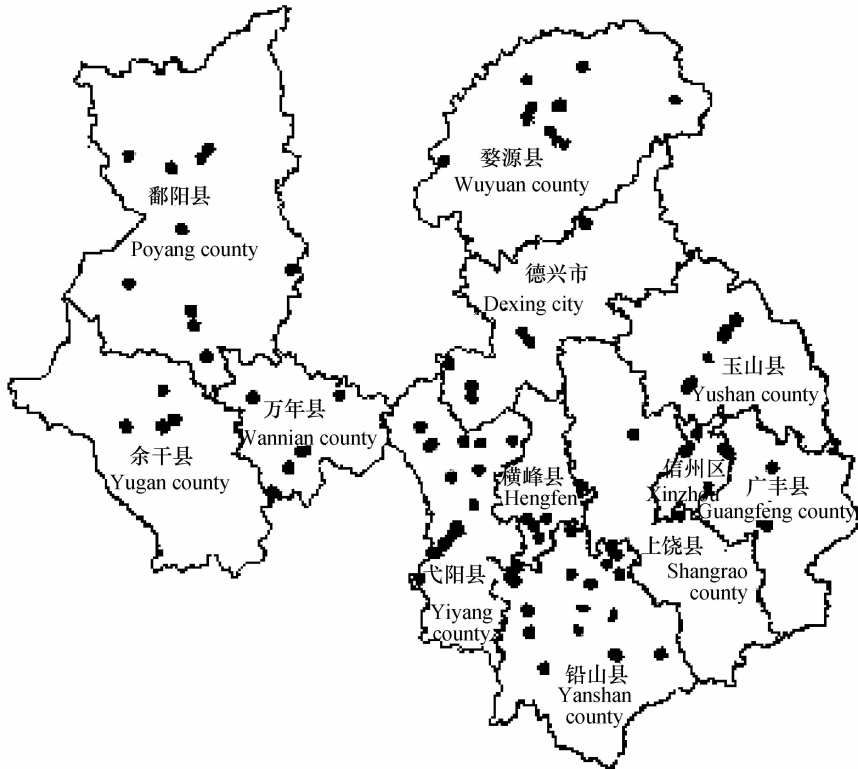


图 1 上饶市水稻施肥田间试验点分布图

Fig. 1 Map of the rice fertilization field trials in Shangrao City

1.4 数据处理与分析

当季肥料利用率的计算采用田间差减法^[2,11]:
 当季肥料利用率(%) = (施肥区作物养分吸收量 - 施肥空白区作物养分吸收量) / 肥料中有效养分含

量 × 100%。根据试验小区考种的稻谷产量和每百 kg 水稻经济产量所吸收的氮、磷、钾养分量计算每个小区的水稻养分吸收量。每百 kg 水稻经济产量所吸收的氮、磷、钾养分量采用江西省平均水

平,分别为 2.61 kg、0.52 kg、2.58 kg。试验设计中的零水平,如 $N_0P_0K_0$ 、 $N_0P_2K_2$ 、 $N_2P_0K_2$ 、 $N_2P_2K_0$,为空白对照和用于计算某一元素施肥空白区养分吸收量。

土壤类型图来源于江西省土壤肥料技术推广站,2010 年土地利用现状图来源于江西省国土资源厅,图件应用 ARCGIS 软件进行数字化处理。在 ARCGIS 中输入 138 个试验点肥料利用率,应用反距离加权插值法 (IDW) 进行插值后与水稻土分布图叠加^[12],得到研究区水稻肥料利用率的分布

图。运用 SPSS17.0 对试验数据进行描述性统计分析和检验。应用综合加权模型 $Y = \sum W_i \cdot X_i$ 评价土壤肥力的高低,其中 W_i 为肥力因素的影响权重、 X_i 为每个样点的肥力因素指标值。

2 结果与讨论

2.1 水稻当季肥料利用率

对采集的 138 个肥料试验点土样进行分析,得出的土壤肥力状况见表 1。

表 1 试验点土壤肥力指标统计特征

Table 1 Statistics of fertility indices in soils at the trial sites

肥力指标 Fertility index	样点数 Number of samples	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV (%)
pH	138	5.0	7.0	5.21	0.421	8.08
有机质 ($g\ kg^{-1}$) Organic matter	138	7.9	55.4	27.99	10.45	37.35
碱解氮 ($mg\ kg^{-1}$) Alkalytic N	138	10.8	288.0	144.5	63.70	44.07
有效磷 ($mg\ kg^{-1}$) Available P	138	1.2	87.5	18.85	15.13	80.27
速效钾 ($mg\ kg^{-1}$) Available K	138	12	590	86.70	70.75	81.60

采用田间差减法得出 138 个田间试验点氮、磷、钾肥料利用率如表 2,结果表明:钾肥利用率最高、氮肥利用率次之、磷肥利用率最低,变异系数表明氮肥利用率较磷、钾空间离散度小。

表 2 上饶市水稻肥料利用率统计特征

Table 2 Statistics of fertilizer use efficiency of the current rice crop in Shangrao City (%)

肥料类别 Fertilizer type	最大值 Max	最小值 Min	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV (%)
N	53.36	10.21	36.86	7.59	20.59
P	32	5.4	18.96	5.33	28.11
K	79.17	11.61	43.89	11.96	27.25

2.2 不同区域水稻肥料利用率

由于自然和社会经济等原因,不同区域土壤类型、土壤肥力、地形地貌和施肥水平等的不同,造成肥料利用率有较大差异。IDW 插值得出的上饶市水稻氮、磷、钾利用率的分布图表明(图 2、图 3 和图 4),上饶市南部区域的氮肥和磷肥利用率高、

而钾肥利用率高的区域在西南部,中部区域的氮肥、磷肥和钾肥的利用率均较高、南部区域钾肥利用率也较高,北部区域的氮肥、磷肥、钾肥利用率均处于较低或低的水平,整个上饶市域范围内氮、磷、钾的水稻肥料利用率有较为明显的一致性。

根据上饶市各县(市、区)的行政区划位置,将上饶市划分为 5 个区域,分别为北部:德兴市、婺源县;西北部:余干、万年、鄱阳三个县;中部:上饶县、信州区;西南部:弋阳、横峰、铅山三个县;东南部:玉山县、广丰县。不同区域的水稻肥料利用率分别见表 3。从表中可知,上饶市水稻氮肥利用率总体较高,而磷、钾肥利用率均偏低,各区域氮肥和磷肥的利用率大小均表现为西南 > 东南 > 西北 > 北部 > 中部,钾肥表现为西南 > 西北 > 东南 > 北部 > 中部,西南区域氮、磷、钾肥当季利用率较中部分别高 19.83%、47.70% 和 31.50%。方差分析结果表明:氮、磷、钾肥利用率的 F 值均大于 $F_{0.05} = 2.38$,氮、磷、钾肥利用率显著性值均小于 0.05,表明不同区域氮、磷、钾肥利用率之间存在显著性差异;钾肥利用率显著性值小于 0.01,差异极显著。

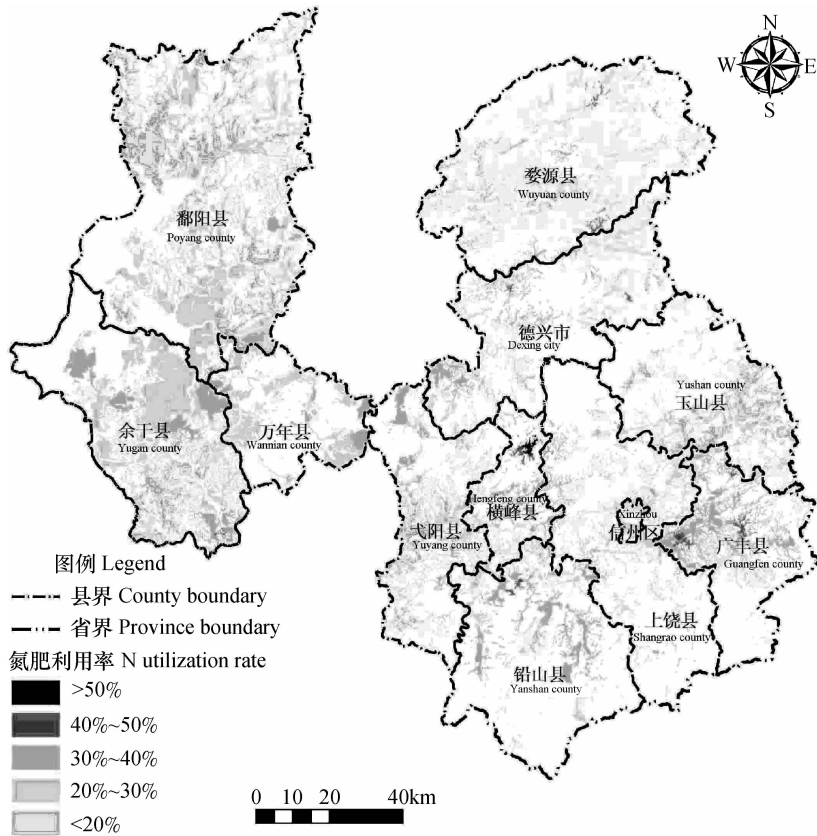


图2 上饶市水稻氮肥利用率

Fig. 2 N fertilizer use efficiency in Shangrao

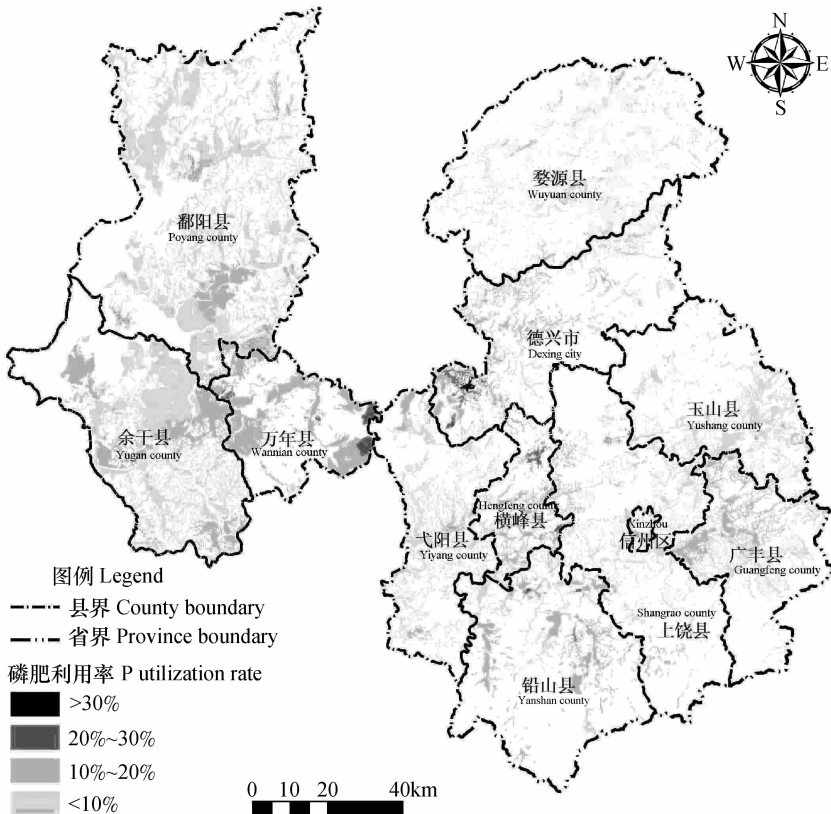


图3 上饶市水稻磷肥利用率

Fig. 3 P fertilizer use efficiency in Shangrao City

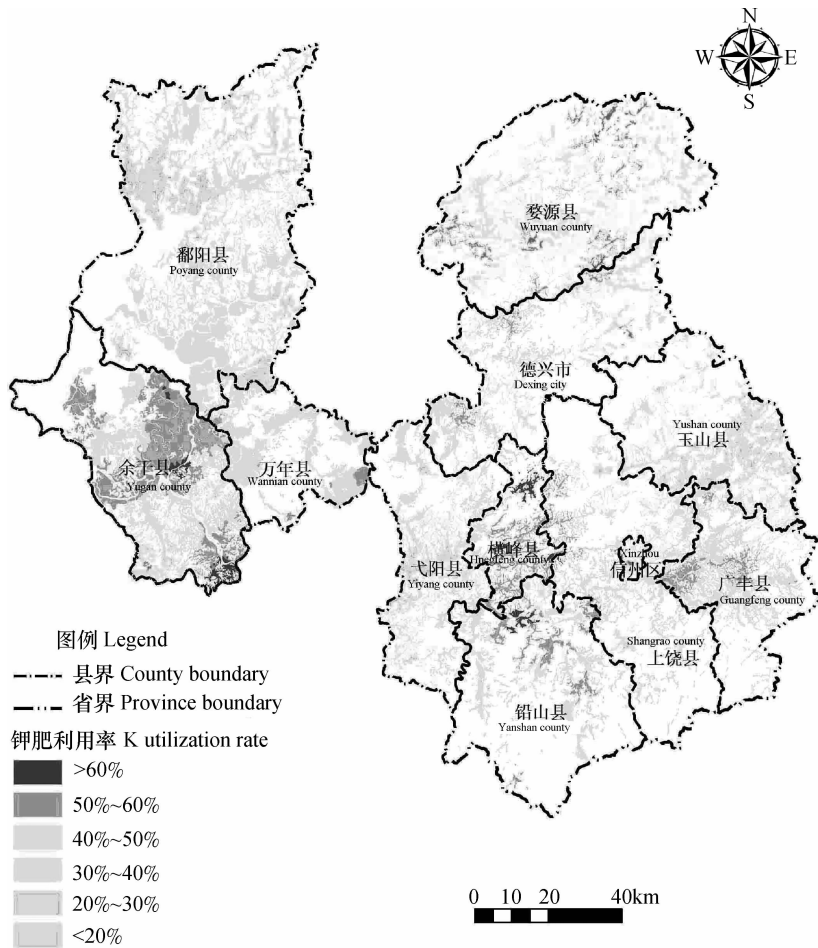


图4 上饶市水稻钾肥利用率

Fig. 4 K fertilizer use efficiency in Shangrao City

2.3 水稻当季肥料利用率的影响因素

上饶市 12 个县(市、区)水稻当季肥料利用率受土壤类型、施肥水平、地貌类型和土壤肥力等因素影响,虽区域范围较小,但肥料利用率之间仍存在较大差异。

2.3.1 土壤类型对水稻肥料当季利用率的影响

各试验点 11 个水稻土种肥料利用率计算结果如表 4,表明水稻肥料利用率受土壤类型的影响呈现出一定规律性,除个别土种外,不同土种的氮、磷、钾肥料利用率大小顺序基本表现一致,只有个别土种磷和钾当季利用率与氮表现不一致,但水平上无明显差异。11 个土种肥料利用率的高低总体为:潴育型红沙泥田 > 潴育型潮沙泥田 > 潴育型鳊泥田 > 潴育型灰红沙泥田 > 潴育型灰潮沙泥田 > 潴育

型灰黄泥田 > 潴育型灰鳊泥田 > 潴育型乌红沙泥田 > 潴育型乌潮沙泥田 > 潴育型乌黄泥田 > 潴育型乌鳊泥田。不同土壤类型发育演变的程度不同,导致土壤养分含量、土壤结构等存在差异,在一定程度上影响肥料利用率。肥力较高的土壤,保肥性能强,肥料利用率随施肥量变化不大,相反肥力较低的土壤,保肥性能较差,肥料利用率随施肥量变化较为明显。潴育型红沙泥田发育状况较差,有机质含量和土壤养分含量低,作物生长对氮、磷、钾肥料施用的依赖性大,肥料当季利用率最高。而潴育型乌鳊泥田发育条件好,有机质与氮素丰富,磷、钾养分也比较协调,保水保肥能力较强,土壤供肥性好,可基本满足作物生长所需求的养分,对施加的氮、磷、钾肥敏感性差,导致肥料利用率相对最低。

表 3 上饶市不同区域的水稻肥料利用率

Table 3 Fertilizer use efficiency in different regions of Shangrao City

位置 Location	处理内 NPK NPK in treatments	当季肥料利用率 Fertilizer use efficiency of the current rice crop (%)		
		N	P	K
北部 North	最大值 Max	47.27	32.00	55.90
	最小值 Min	10.21	5.40	11.61
	平均值 Mean	33.41	17.39	39.50
	标准差 SD	9.77	6.12	12.74
西北 Northwest	最大值 Max	45.82	32.00	67.47
	最小值 Min	19.97	7.29	28.38
	平均值 Mean	36.45	19.32	45.66
	标准差 SD	6.34	5.81	9.79
中部 Middle	最大值 Max	43.85	19.38	59.99
	最小值 Min	26.18	11.40	25.14
	平均值 Mean	32.43	14.57	36.29
	标准差 SD	6.61	3.76	11.00
西南 Southwest	最大值 Max	51.57	29.70	79.17
	最小值 Min	27.26	9.22	29.55
	平均值 Mean	38.86	21.52	47.72
	标准差 SD	5.81	4.52	11.01
东南 Southeast	最大值 Max	53.36	29.31	62.45
	最小值 Min	21.58	11.87	16.63
	平均值 Mean	37.81	20.31	42.57
	标准差 SD	9.3	4.86	13.52

2.3.2 施肥水平对水稻肥料当季利用率的影响

为了比较不同施肥水平对肥料利用率的影响,当分析某一元素不同施肥水平的利用率差异时,其余两个元素均保持在二级水平。氮、磷、钾不同施肥水平下水稻当季肥料利用率如表 5。结果表明不同施肥水平是影响水稻当季肥料利用率的主要因素之一,当氮、磷、钾施肥量为一级水平(N_1 、 P_1 、 K_1)时,肥料利用率最高,随着氮、磷、钾肥施肥量增加,氮、磷、钾肥当季利用率均呈下降的趋势。随着氮肥施用量的增加, $N_2P_2K_2$ 处理和 $N_3P_2K_2$ 处理较 $N_1P_2K_2$ 处理氮肥利用率分别降低了 1.29 个百分点和 15.93 个百分点; $N_2P_1K_2$ 处理磷肥当季利用率最高值达到 22.05%,随着施磷量的增加磷肥利用率显著下降,当施磷量为二级水平($N_2P_2K_2$)时,磷肥利用率降至 18.96%, $N_2P_3K_2$ 处理磷肥当季利用率仅为 10.19%;钾肥随着施肥量增加变化趋势与氮、磷

一致呈下降趋势,当钾肥施用量为一级水平时,钾肥当季利用率最高达到 51.86%, $N_2P_2K_2$ 处理和 $N_2P_2K_3$ 处理分别较 $N_2P_2K_1$ 处理钾肥利用率分别降低了 7.97 个百分点和 24.36 个百分点。

2.3.3 地貌类型对水稻当季肥料利用率的影响

研究区地貌类型包括山地、丘陵、平原,根据 138 个田间试验结果统计不同地貌类型下当季水稻肥料利用率如表 6。结果表明,地貌类型也是影响水稻肥料利用率的一个重要因素,不同地貌类型土壤基础地力随海拔升高逐渐降低,不同地貌类型氮、磷、钾肥当季利用率顺序均表现为山地 > 丘陵 > 平原;山地氮肥利用率分别较丘陵和平原高 5.78%、8.03%;磷肥利用率分别高 10.95%、18.07%;钾肥利用率分别高 3.44%、4.87%。方差分析结果表明,在同一地貌类型下,N、P、K 之间的肥料利用率无显著差异。

表 4 上饶市不同土壤类型的当季肥料利用率

Table 4 Fertilizer use efficiency of the current rice crop in soil types in Shangrao City

土种 Soil species	样点数 Number of samples	处理内 NPK NPK in treatments	当季肥料养分利用率 Fertilizer use efficiency of the current rice crop (%)		
			N	P	K
潴育型灰鱗泥田 Typic Fe-leachi-Stagnic Anthrosols	26	最大值 Max	53.36	30.08	59.38
		最小值 Min	21.86	9.44	19.21
		标准差 SD	8.07	5.64	11.67
		平均值 Mean	35.97	19.16	41.34
潴育型灰红沙泥田 Typic Fe-leachi-Stagnic Anthrosols	16	最大值 Max	51.17	29.70	79.17
		最小值 Min	21.58	11.28	16.63
		标准差 SD	9.45	6.27	19.33
		平均值 Mean	38.50	21.52	47.26
潴育型潮沙泥田 Typic Hapli-Stagnic Anthrosols	11	最大值 Max	45.46	32.00	54.32
		最小值 Min	34.69	15.74	42.35
		标准差 SD	3.56	4.88	3.96
		平均值 Mean	40.82	22.56	48.22
潴育型乌黄泥田 Typic Gleyi-Stagnic Anthrosols	5	最大值 Max	41.54	18.86	43.52
		最小值 Min	23.40	11.47	28.38
		标准差 SD	7.15	3.08	7.51
		平均值 Mean	30.63	14.68	34.53
潴育型灰潮沙泥田 Typic Fe-leachi-Stagnic Anthrosols	33	最大值 Max	45.82	32.00	67.47
		最小值 Min	19.97	7.29	29.55
		标准差 SD	6.49	5.46	9.65
		平均值 Mean	37.70	18.27	47.39
潴育型灰黄泥田 Typic Fe-accumuli-Stagnic Anthrosols	16	最大值 Max	41.61	26.60	57.11
		最小值 Min	26.82	11.57	31.65
		标准差 SD	3.61	3.65	6.59
		平均值 Mean	37.61	19.10	45.11
潴育型乌鱗泥田 Typic Gleyi-Stagnic Anthrosols	11	最大值 Max	40.58	54.19	78.47
		最小值 Min	10.21	22.50	41.67
		标准差 SD	10.40	4.63	14.53
		平均值 Mean	28.43	13.58	32.36
潴育型乌红沙泥田 Typic Gleyi-Stagnic Anthrosols	3	最大值 Max	43.85	19.38	44.68
		最小值 Min	26.18	11.74	34.06
		标准差 SD	9.09	3.94	5.35
		平均值 Mean	33.78	16.11	39.00
潴育型乌潮沙泥田 Typic Gleyi-Stagnic Anthrosols	4	最大值 Max	36.50	21.22	39.90
		最小值 Min	26.81	11.40	25.14
		标准差 SD	4.63	4.54	6.74
		平均值 Mean	32.07	16.53	35.10
潴育型红沙泥田 Typic Hapli-Stagnic Anthrosols	7	最大值 Max	48.08	21.78	61.99
		最小值 Min	27.99	17.28	31.12
		标准差 SD	7.38	2.03	9.72
		平均值 Mean	42.28	22.69	51.43
潴育型鱗泥田 Typic Fe-accumuli-Stagnic Anthrosols	6	最大值 Max	41.76	23.43	55.26
		最小值 Min	36.02	17.25	43.42
		标准差 SD	1.90	2.66	4.54
		平均值 Mean	37.86	19.87	48.46

注:土种的中文名是按照第二次土壤普查的发生分类系统、英文译名是参照《中国土壤系统分类(第三版)》参比而来,由于江西系统分类的基层分类资料不足,故上表只能参比到亚类 Note: The Chinese name of soil species was from soil genetic classification system of China second soil survey, the English name was referenced from Chinese Soil Taxonomy (Third edition). The name can only reference to subgroup because lack of the basic soil classification data in Jiangxi Province

表 5 上饶市不同施肥水平下的当季肥料表现观利用率

Table 5 Fertilizer use efficiency of the current rice crop as affected by fertilization use efficiency in Shangrao City

NPK	施肥处理 Treatments	当季肥料利用率 Fertilizer use efficiency in the current rice crop (%)		
		N	P	K
N	N ₁ P ₂ K ₂	38.15	—	—
	N ₂ P ₂ K ₂	36.86	—	—
	N ₃ P ₂ K ₂	22.22	—	—
	平均值 Mean	32.08	—	—
P	N ₂ P ₁ K ₂	—	22.05	—
	N ₂ P ₂ K ₂	—	18.96	—
	N ₂ P ₃ K ₂	—	10.19	—
	平均值 Mean	—	17.07	—
K	N ₂ P ₂ K ₁	—	—	51.86
	N ₂ P ₂ K ₂	—	—	43.89
	N ₂ P ₂ K ₃	—	—	27.50
	平均值 Mean	—	—	41.08

表 6 不同地貌类型下当季肥料利用率

Table 6 Effect of landform on Fertilizer utilization use efficiency of the current rice crop

地貌类型 Landform	样点数 Number of samples	处理内 NPK NPK in treatments	当季肥料利用率 Fertilizer use efficiency of the current rice crop (%)		
			N	P	K
山地 Mountainous region	18	最大值 Highest value	53.36	29.31	79.17
		最小值 Lowest value	21.58	11.67	16.63
		平均值 Mean value	38.63	21.17	45.41
		标准差 SD	9.18	5.85	15.89
平原 Plain region	46	最大值 Highest value	45.50	31.20	67.47
		最小值 Lowest value	19.97	7.29	25.14
		平均值 Mean value	35.76	17.93	43.30
		标准差 SD	6.49	4.36	9.60
丘陵 Hilly region	74	最大值 Highest value	51.17	32.00	77.40
		最小值 Lowest value	10.21	5.40	11.61
		平均值 Mean value	36.52	19.08	43.90
		标准差 SD	7.92	5.64	12.38

2.3.4 不同土壤肥力水平对水稻当季肥料利用率的影响 根据土样分析的 pH 及有机质、碱解氮、有效磷和速效钾,将 138 个田间试验点分为低肥力、中肥力、高肥力三个土壤肥力水平,分析各肥力水平氮、磷、钾肥料利用率如表 7。结果表明土壤肥力水平对水稻肥料利用率有重大影响,表现为水稻当季肥料利用率高与土壤肥力成反比,不同肥力水

平下水稻当季肥料利用率大小顺序为低肥力 > 中肥力 > 高肥力。低肥力田块氮、磷、钾肥料利用率较高肥力田块分别高 18.62%、31.20% 和 13.50%; 较中肥力田块分别高 11.32%、17.57% 和 11.21%。土壤肥力低,供肥性能弱,水稻对肥料依赖性大,肥料利用率高;土壤肥力高,供肥性能强,水稻对肥料依赖性小,肥料利用率低。

表 7 不同土壤肥力水平当季肥料利用率

Table 7 use efficiency as affected by soil fertility

肥力水平 Fertility level	样点数 Number of samples	NPK 处理内 NPK in treatments	当季肥料利用率 Fertilizer use efficiency of the current rice crop (%)		
			N	P	K
低肥力 Low fertility	56	最大值 Max	51.16	32.00	79.17
		最小值 Min	26.10	9.22	17.20
		平均值 Mean	39.62	21.15	46.84
		标准差 SD	6.04	4.30	11.01
中肥力 Middle fertility	59	最大值 Max	53.36	29.05	67.47
		最小值 Min	13.34	7.73	14.45
		平均值 Mean	35.59	17.99	42.12
		标准差 SD	7.53	4.67	11.86
高肥力 High fertility	23	最大值 Max	47.27	29.23	64.70
		最小值 Min	10.21	13.33	11.61
		平均值 Mean	33.40	16.12	41.27
		标准差 SD	9.03	4.79	13.36

3 结 论

江西上饶市土壤 pH 平均为 5.21, 土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾等土壤肥力总体处于中等水平, 在此条件下水稻氮、磷、钾肥料利用率平均分别为 36.86%、18.86%、43.89%, 与江西全省肥料利用率平均水平相比, 氮肥利用率偏高, 而磷、钾肥利用率均低于全省平均水平。虽然上饶市区域范围较小, 但各区域之间肥料利用率仍存在显著差异, 各区域肥料利用率大小为西南 > 东南 > 西北 > 北部 > 中部, 各区域水稻肥料利用率的差异主要受土壤类型、施肥水平、地貌类型和土壤肥力等因素的影响。

致 谢 水稻土种类型的参比得到了中国科学院南京土壤研究所张甘霖研究员的大力帮助, 特此致谢!

参 考 文 献

- [1] 常赞, 刘树庆, 张仲新, 等. 新型缓释氮肥肥效及经济效益分析研究. 中国土壤与肥料, 2008(6): 59—63. Chang Z, Liu S Q, Zhang Z X, et al. Study on the fertilizer efficiency and the economic benefit of new slow-release nitrogenous fertilizers (In Chinese). Soil and Fertilizer Sciences in China, 2008(6): 59—63
- [2] 张福锁, 王激清, 张卫峰, 等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径. 土壤学报, 2008, 45(5): 915—924. Zhang

- F S, Wang J Q, Zhang W F, et al. Nutrient use efficiencies of major cereal crops in China and measures for improvement (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2008, 45(5): 915—924
- [3] Dobermann A, Witt C, Abdurachman S, et al. Soil fertility and indigenous nutrient supply in irrigated rice domains of Asia. Agronomy Journal, 2003, 95: 913—923
- [4] Liu L J, Sang D Z, Liu C L, et al. Effects of real-time and site-specific nitrogen managements on rice yield and nitrogen use efficiency. Agricultural Sciences in China, 2004, 3(4): 262—268
- [5] 李虎, 唐启源. 我国水稻氮肥利用率及研究进展. 作物研究, 2006, 20(5): 401—405. Li H, Tang Q Y. Rice nitrogen utilization rate and research progress in China (In Chinese). Crop Research, 2006, 20(5): 401—405
- [6] 彭少兵, 黄见良, 钟旭华, 等. 提高中国稻田氮肥利用率的研究策略. 中国农业科学, 2002, 35(9): 1095—1103. Peng S B, Huang J L, Zhong X H, et al. Research strategy in improving fertilizer-nitrogen use efficiency of irrigated rice in China (In Chinese). Scientia Agricultural Sinica, 2002, 35(9): 1095—1103
- [7] 闫湘, 金继运, 何萍, 等. 提高肥料利用率技术研究进展. 中国农业科学, 2008, 41(2): 450—459. Yan X, Jin J Y, He P, et al. Recent advances in technology of increasing fertilizer use efficiency (In Chinese). Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(2): 450—459
- [8] 陈同斌, 曾希柏, 胡清秀. 中国化肥利用率的区域分异. 地理学报, 2002, 57(5): 531—538. Chen T B, Zeng X B, Hu Q X. Utilization efficiency of chemical fertilizers among different counties of China (In Chinese). Acta Geographica Sinica, 2002, 57(5): 531—538
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 2000. Bao S D. Soil and agricultural chemistry analysis (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 2000

- [10] 孙磊. 植物营养学实验. 北京:北京大学出版社,2012. Sun L. Experiment of plant nutrition (In Chinese). Beijing: Peking University Press, 2012
- [11] 刘小虎,邢岩,赵斌,等. 施肥量与肥料利用率关系研究与应用. 土壤通报,2012,43(1):131—135. Liu X H, Xing Y, Zhao B, et al. Study on relation between fertilizer dosage and its recovery efficiency and their application (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2012,43(1):131—135
- [12] 赵明松,张甘霖,王德彩,等. 徐淮黄泛平原土壤有机质空间变异特征及主控因素分析,土壤学报,2013,50(1):1—11. Zhao M S, Zhang G L, Wang D C, et al. Spatial variability of soil organic matter and its dominating factors in Xu-Huai alluvial plain (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2013, 50(1): 1—11

SPATIAL VARIATION AND ITS AFFECTING FACTORS OF RICE FERTILIZER USE EFFICIENCY IN SHANGRAO CITY OF JIANGXI PROVINCE

Zhao Haidong^{1,2} Zhao Xiaomin^{1,2,3†} Xie Linbo^{1,2,4} Guo Xi^{1,2}

(1 Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Crop Genetic Breeding of Jiangxi Province, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

(2 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

(3 Nanchang Teachers College, Nanchang 330103, China)

(4 Soil and Water Conservation Research Institute of Jiangxi Province, Nanchang 330029, China)

Abstract The data of 138 rice “3414” fertilizer tests conducted in Shangrao City of Jiangxi Province were studied and analyzed for spatial distribution of fertilizer use efficiency of the current rice crop and impacts of its affecting factors, such as soil type, fertilization rate, landform type and soil fertility, using ARCGIS and SPSS analysis software. Results show that in Shangrao City the nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer utilization rate of the current rice crop averaged 36.86%, 18.86% and 43.89%, respectively, which varied to some extent from region to region, showing a decreasing order of Southwest > Southeast > Northwest > North > Central. The fertilizer nutrient utilization rate of the current rice crop varied in a certain pattern as affected by soil type (or soil species). It was the highest in the poorly developed Typic Hapli-Stagnic Anthrosols, and the lowest in the highly developed Typic Gleyi-Stagnic Anthrosols; the fertilizer use efficiency of the current rice crop was negatively related to fertilization rate, The higher the fertilization rate, the lower the fertilizer use efficiency; the effect of landform followed the order of plain > hilly land > mountain land; and the effect of soil fertility was also very important, displaying a decreasing order of low fertility > middle fertility > high fertility.

Key words Fertilizer use efficiency, Spatial variation, “3414” fertilizer experiment

(责任编辑:檀满枝)