

基于 GIS 的山地村域水稻推荐施肥量研究

牟桂婷 冯跃华* 李杰 许桂玲 黄佑岗 叶勇 管正策 张佳凤 唐鑫

(贵州大学, 贵阳 550025; 第一作者: 137098354@qq.com; * 通讯作者: fengyuehua2006@126.com)

摘要: 为探究山地村域水稻合理施肥量, 以贵州省安顺市西秀区旧州镇文星村吴章组稻田为研究区域, 于 2014-2016 年进行“3414”肥料试验, 对 3 年 11 个点的“3414”试验数据进行回归分析, 建立基于地力的施肥模型; 利用 ArcGIS 软件对吴章组稻田 24 个随机取样点土壤各养分含量进行插值分析, 生成吴章组稻田土壤各有效养分含量分布图, 预测吴章组所有田块土壤有效养分含量; 根据吴章组田块土壤有效养分含量, 应用基于地力施肥模型, 获得吴章组各田块的推荐施肥量。

关键词: GIS; 土壤养分; 施肥模型; 施肥量

中图分类号: S511.062 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8082(2017)04-0119-04

水稻是我国重要的粮食作物, 据统计, 我国水稻种植面积约占全国谷物种植面积的 30%, 稻谷产量约占全国粮食总产的 40%^[1-3]。肥料作为农业生产的重要资料, 对水稻产量的形成起着举足轻重的作用, 合理施肥是提高作物产量、改善品质和保护环境的一项重要技术措施^[4]。目前在我国农村, 基本都是采用传统施肥模式, 该模式虽然施用方式简单, 但主要是根据经验来确定施肥量, 随机性大, 忽略了农田间的差异性, 肥料施用常常不合理, 导致水稻产量不高、肥料浪费甚至破坏生态环境^[5-9]。因此, 探寻一种提高肥料利用效率、减少对环境的污染、降低生产成本和增加农民收入的施肥技术迫在眉睫^[10-15]。本文以贵州省安顺市西秀区旧州镇文星村吴章组水稻种植区为研究区域, 开展基于 GIS 的山地村域水稻推荐施肥量研究, 为在山地村域种植水稻区域精确施肥带来新思路。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本研究在贵州省安顺市西秀区旧州镇文星村吴章组稻田(以下简称“吴章组稻田”)进行, 试验地位于安顺市东南面(东经 106°08′55.8″~106°09′29.2″, 北纬 26°14′45.7″~26°15′28.5″), 稻田总面积约 30.4 hm², 总计 614 块, 属亚热带季风性气候, 四季分明, 雨量充沛, 无霜期 269.9 d, 年均降雨量 1 360 mm, 紧邻邢江河, 水源充足^[16-17]。

1.2 试验设计

于 2014-2016 年每年选取 3~4 块具有代表性的田块开展“3414”试验, 小区面积为 15 m²(5 m×3 m), 采用

随机区组排列方法, 2 次重复。每 667 m² 推荐施肥量: 纯 N 10 kg、P₂O₅ 6.4 kg、K₂O 9 kg。肥料施用方式: 氮肥分 4 次施, 基肥占 35%、分蘖肥占 20%、促花肥占 30%、保花肥占 15%; 磷肥作基肥一次性施用; 钾肥分 2 次施用, 基肥和穗肥各占 50%。为防止肥水渗漏, 在小区四周筑高 30 cm、宽 20 cm 的田埂, 并铺塑料薄膜入土 30 cm。栽培管理同一般生产田^[18]。

于油菜收割前(2017 年 4 月 26 日), 随机选择 24 个均匀分布于吴章组稻田区域的土壤采样点(如图 1), 采用混合取样法采集这 24 个点的土壤样品, 分别测定这 24 个点的土壤碱解氮、速效磷和速效钾含量^[19]。

分别以 24 个采样点土壤各养分信息为基础, 采用克里金插值分析方法, 形成克里金插值分析图, 预测吴章组所有稻田土壤的各种养分含量。

根据稻田土壤各养分含量, 通过基于地力施肥模型, 精确计算出各稻田肥料的适宜施用量。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤样品采集及养分含量

收稿日期: 2017-06-25

基金项目: 国家自然科学基金(31360311; 31160263); 公益性行业(农业)科研专项(201503118-03); 贵州省农业科技攻关项目(黔科合 NY [2011]3085 号; 黔科合 NY [2013]3005 号、黔科合支撑[2016]2563 号); 贵州省作物学省级重点学科建设计划(黔学位合字 ZDXK[2014]8 号); 贵州省普通高等学校粮油作物遗传改良与生理生态特色重点实验室项目(黔教合 KY 字[2015]333)

土壤样品采集时间为油菜收割前(2017年4月26日),采用随机抽样方法,在吴章组稻田随机选取24个土壤采样点^[20](图1),根据混合土壤采集方法,分别以取样点为圆心,以5m为半径,选择该圆上的4个对称点,再分别采集这4个点和圆心15~20cm耕层的土壤样品各1kg左右,并将5个点的样品混合均匀作为该取样点的土壤样品^[21]。置于通风阴凉处自然风干、去杂、磨碎、过筛,分别采用扩散法、钼锑抗比色法、火焰光度法测定土壤中碱解氮、速效磷、速效钾含量^[19, 22-23]。

1.3.2 取样点地理信息采集

本文试验中取样点地理信息的采集使用 explorer 610 手持 GPS 仪,定位精度为 3~5 m,使用时应尽量避免周围较高实物,并保持 GPS 仪与水平方向呈 45°角,以提高定位的精度。取样点地理信息的测定过程:握住 GPS 仪站在取样点,使 GPS 仪与取样点在垂直方向上重合,点击 GPS 仪上“平均位置”按钮,获得该取样点的地理信息。

使用手持 GPS 仪采集的取样点地理信息文件格式为 .gpx, 通过 MapTrack 软件将取样点的地理信息先转换为 .shp 文件格式,再导入至 ArcMap 软件中。

1.3.3 克里金插值分析

本试验中,采用普通克里金插值分析方法,对吴章组稻田土壤各养分含量进行预测,具体过程如下:在 ArcMap 软件中,添加 24 个土壤取样点的养分含量,使用克里金插值分析工具下的普通克里金插值分析,设定处理范围为吴章组稻田区域,获得吴章组稻田土壤各养分含量的预测值。

使用 ArcMap 软件中的统计分析工具,即可获得吴章组水稻种植区各田块各养分含量的平均值^[24]。

1.3.4 基于地力施肥模型构建方法

通过“3414”试验,根据氮肥、磷肥、钾肥施用量与相应产量之间的关系,分别进行三元二次回归分析、二元二次回归分析(设其中1个施肥量为定值)、一元二次回归分析(设其中2个施肥量为定值),获得4个施肥量与产量间关系的模型,三元二次方程的模型为: $Y=a_1X_1+a_2X_2+a_3X_3+a_4X_1X_2+a_5X_1X_3+a_6X_2X_3+a_7X_1^2+a_8X_2^2+a_9X_3^2+a_0$; 二元二次方程的模型共有3个,分别为: $Y=a_1X_1+a_2X_2+a_3X_1X_2+a_4X_1^2+a_5X_2^2+a_0$, $Y=a_1X_1+a_2X_3+a_3X_1X_3+a_4X_1^2+a_5X_3^2+a_0$, $Y=a_1X_2+a_2X_3+a_3X_2X_3+a_4X_2^2+a_5X_3^2+a_0$; 一元二次方程的模型共有3个,分别为: $Y=a_1X_1+a_2X_1^2+a_0$, $Y=a_1X_2+a_2X_2^2+a_0$, $Y=a_1X_3+a_2X_3^2+a_0$ 。式中,Y为水稻每 hm^2 产量, X_1 为每 hm^2 氮肥施用量, X_2 为每 hm^2 磷肥施



图1 土壤取样点分布图

用量, X_3 为每 hm^2 钾肥施用量, $a_0 \sim a_9$ 为回归系数。

将各回归方程分别对 X_1 、 X_2 、 X_3 求偏导或求导,根据 N 、 P_2O_5 、 K_2O 的价格, $P_N=5$ 元/kg, $P_P=6.25$ 元/kg, $P_K=6.17$ 元/kg, 稻谷的价格 $P_r=3$ 元/kg, 可以计算出水稻最佳施氮量、施磷量及施钾量。

通过对3年11个点水稻经济最佳施肥量与对应土壤各养分含量进行回归分析,得到水稻经济最佳施肥量与对应土壤各养分含量之间的关系模型^[4, 18, 25-26]。

2 结果与分析

2.1 土壤养分含量分布图

分别以24个随机采样点的土壤养分含量为依据,对吴章组稻田养分含量进行进行克里金插值分析后,得到该组稻田各养分预测含量分布图。

由图2可知,吴章组稻田碱解氮含量基本呈北高南低的趋势,最高含量为218.357 mg/kg,位于吴章组稻田的东北角处,最低含量为118.680 mg/kg,位于吴章组稻田的中部地区。

由图2可知,吴章组稻田速效磷含量基本呈南高北低的趋势,最高含量为21.985 mg/kg,位于吴章组稻田的南部地区,最低含量为3.982 mg/kg,位于吴章组稻田的东北地区。

由图2可知,吴章组稻田速效钾含量差异较大,其最高含量为417.102 mg/kg,位于吴章组稻田的偏西部地区,最低含量为60.682 mg/kg,位于吴章组稻田的中部地区。

2.2 田块土壤养分含量平均值

采用 ArcMap 软件中“Zonal Statistics as Table”工

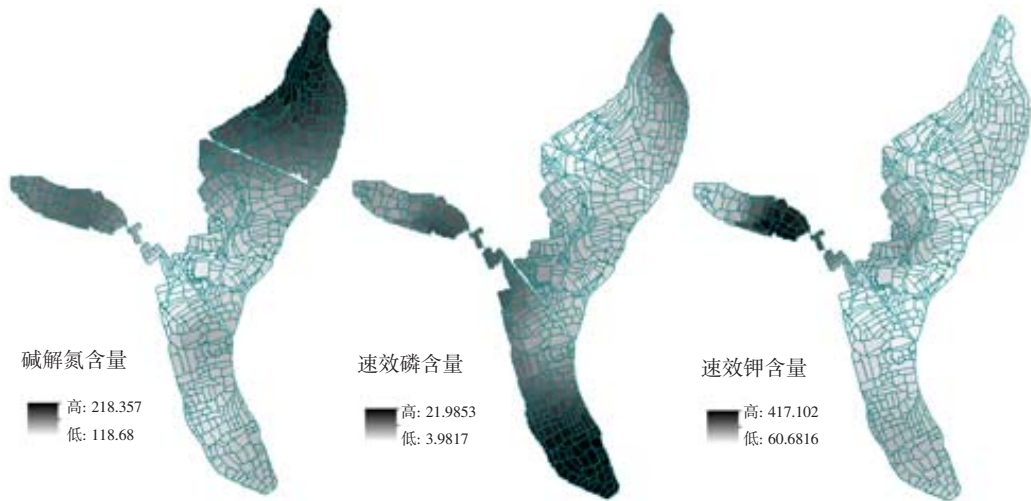


图 2 碱解氮、速效磷和速效钾含量分布图

表 1 吴章组各稻田养分含量均值和水稻推荐施肥量

田块 编号	面积 (m ²)	速效氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	施氮量 (kg/hm ²)	施磷量 (kg/hm ²)	施钾量 (kg/hm ²)
1	476.66	148.79	21.39	127.89	130.24	26.32	75.28
2	408.57	148.32	21.51	130.31	130.65	25.60	74.59
3	286.00	149.69	21.36	127.87	129.46	26.44	75.28
4	762.66	147.79	21.62	133.30	131.12	24.91	73.76
.....							
300	204.28	144.88	8.68	175.13	133.85	79.50	64.50
301	544.75	147.80	7.94	84.68	131.11	81.18	92.18
302	177.05	149.50	8.02	75.46	129.63	81.00	97.56
303	585.61	166.74	15.96	345.29	118.92	54.68	46.21
.....							
611	299.61	208.82	13.90	80.53	126.25	63.28	94.49
612	381.33	207.36	14.37	80.44	125.20	61.42	94.54
613	245.14	209.01	13.69	80.86	126.39	64.08	94.30
614	340.47	207.92	14.02	80.90	125.60	62.79	94.27

具,分别对土壤养分预测含量分布图进行统计分析,计算出吴章组各稻田的土壤养分含量均值(表 1)。该组总计稻田 614 块,田块面积相差较大。

2.3 水稻推荐施肥量

通过对 3 年 11 点水稻经济最佳施肥量与对应土壤养分含量进行回归分析,可得到水稻经济最佳施肥量与对应土壤养分含量之间的关系模型。

土壤碱解氮含量与水稻经济最佳施氮量关系模型为:Y=0.0134X²-4.86X+556.46;土壤速效磷含量与水稻经济最佳施磷量关系模型为:Y= -0.14X² +0.13X+ 89.19;土壤速效钾含量与水稻经济最佳施钾量关系模型为:Y=812.41X-0.49。以吴章组稻田土壤碱解氮、速效磷和速效钾含量均值为自变量,计算出各稻田的氮、磷、钾肥施用量(表 1)。由表 1 可知,吴章组 614 块稻田氮肥施用量最高为 168.61 kg/hm²,最低为 134.51 kg/

hm²;磷肥施用量最高为 87.43 kg/hm²,最低为 22.66 kg/hm²;钾肥施用量最高为 108.58 kg/hm²,最低为 42.11 kg/hm²。

3 结论与讨论

本文根据土壤养分含量存在明显的空间变异性的特点,通过测定 24 个取样点的土壤各养分有效含量,利用 ArcGIS 软件,生成吴章组稻田土壤各养分含量分布图,预测吴章组总计 614 块稻田各养分含量,并计算出 614 块稻田各养分含量均值。同时,结合“3414”试验,建立最佳经济施肥量与土壤有效养分含量间的关系模型,分别根据最佳经济施肥量与土壤各有效养分含量间的关系模型,计算出吴章组各稻田的氮、磷、钾肥适宜施用量。

该研究方法与传统施肥方法相比,通过测定少量

取样点的土壤各有效养分含量,结合基于地力施肥模型,根据土壤各有效养分含量,推荐不同地力下的肥料施用量,解决了传统施肥不考虑土壤条件的问题。但也需进一步研究:1)山地稻田土壤养分空间插值分析方法的选择;2)田块各养分含量均值计算方法的选择;3)基于地力施肥模型的精确性。

合理施肥对提高水稻产量、改善水稻品质和保护环境起着举足轻重的作用。本研究采用的基于 GIS 山地村域水稻推荐施肥方法,综合考虑土壤养分的空间变异性、土壤有效养分含量与施肥量间的关系,为精细农业在山地地区的推广应用提供了一种新方法,同时避免了对每块稻田进行土壤有效养分含量测定后确定施肥量的不现实性。

参考文献

- [1] 凌启鸿.作物群体质量[M].上海:上海科技出版社,2000.
- [2] 张洪程,吴桂成,吴文革,等.水稻“精苗稳前、控蘖优中、大穗强后”超高产定量化栽培模式[J].中国农业科学,2010,43(13):2645-2660.
- [3] 赵浩明.带土秧苗水稻摆栽机的研究[D].武汉:华中农业大学,2013.
- [4] 谭晶芳.作物施肥原理与技术[M].北京:中国农业大学出版社,2011.
- [5] 曾维军.基于农户意愿的减施化肥生态补偿研究[D].昆明:昆明理工大学,2014.
- [6] 管冠.施肥模式对稻麦产量、养分吸收及土壤生物学性状的影响研究[D].武汉:华中农业大学,2012.
- [7] 郭熙.基于 GIS 的水稻施肥决策研究与应用[D].南昌:江西农业大学,2010.
- [8] 戴萍,张超,魏贤坤.邳州市水稻精确施肥技术初探[J].现代农业科技,2009(2):123-124.
- [9] 陈蓉蓉,周治国,曹卫星,等.农田精确施肥决策支持系统的设计和实现[J].中国农业科学,2004,37(4):516-521.
- [10] 张书慧,马成林,吴才聪,等.一种精确农业自动变量施肥技术及其实施[J].农业工程学报,2003,19(1):129-131.
- [11] 张书慧,马成林,吴才聪,等.地理信息系统在精确农业变量施肥中的应用[J].农业机械学报,2003,34(3):92-95.
- [12] 高祥照,胡克林,郭焱,等.土壤养分与作物产量的空间变异特征与精确施肥[J].中国农业科学,2002,35(6):660-666.
- [13] 汪洪洋,徐宗进,许轲,等.精确施肥对水稻增产的效应分析[J].农学学报,2012,2(7):13-15.
- [14] 高辉,冯加根,张洪程,等.江苏水稻精确施肥技术发展分析及对策研究[J].中国农学通报,2006,22(11):198-201.
- [15] 陈桂芬,王越,王国伟.玉米精确施肥系统的研究与应用[J].吉林农业大学学报,2006,28(5):586-590.
- [16] 王小艳,冯跃华,李云,等.基于主成分和聚类分析的村域稻田土壤肥力评价[J].中国农学通报,2014,30(33):46-50.
- [17] 王小艳,冯跃华,李云,等.黔中喀斯特山区村域稻田土壤理化特性的空间变异特征及空间自相关性[J].生态学报,2015,35(9):2926-2936.
- [18] 谢成宜,冯跃华,武彪,等.绥阳县水稻施肥 3414 肥料效应研究[J].耕作与栽培,2013(3):11-12.
- [19] 江厚龙,刘国顺,杨超,等.基于 GIS 丘陵土壤分区与烤烟推荐施肥研究[J].中国烟草科学,2013,34(2):10-17.
- [20] 谢高地,陈沈斌.环境的空间连续变异与精准农业[M].北京:气象出版社,2005.
- [21] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000,12.
- [22] 杜森,高祥照.土壤分析技术规范[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [23] 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.
- [24] 汤国安,杨昕等. Arcgis 地理信息系统空间分析实验教程[M].北京:科学出版社,2012.
- [25] 张福锁.测土配方施肥技术要览[M].北京:中国农业大学出版社,2006.
- [26] 张德军.利用“3414”试验设计进行水稻测土配方施肥研究[J].中国土壤与肥料,2009(6):52-56.

Study on Recommend Fertilization Dosage of Rice at Village-region in Mountainous Area Based on GIS

MU Guiting, FENG Yuehua, LI Jie, HUANG Yougang, XU Guiling, Ye Yong, Guan Zhengce, ZHANG Jiafeng, TANG Xin
(Guizhou University, Guiyang 550025, China; 1st author: 137098354@qq.com; *Corresponding author: fengyuehua2006@126.com)

Abstract: In order to explore rational fertilization of rice at village-region in mountainous area, the ‘3414’ fertilizer experiment was carried out in Wuzhang Group, Wenxing Village, Jiuzhou Town, Xixiu District, Anshun City, Guizhou Province in 2014-2016. The fertilization model is set based on the experiment data from 11 different testing points in 2014-2016 by regression analysis. The distribution maps of each soil available nutrient content (SANC) were created respectively by spacial interpolation analysis, the data of SANC from 24 random sampling points at the testing field through ArcGIS software, and predicted the SANC of all Wuzhang Group’s fields. So we could give suitable fertilization amounts for the fields according to the SANC calculated by the fertilization model based on the soil fertility.

Key words: rice; GIS; soil nutrient; fertilization model; fertilization dosage