

江西省水稻氮肥推荐施肥体系研究

邵 华^{1,2}, 朱安繁², 石庆华^{1*}, 赵小敏^{1*}

(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, 江西 南昌 330045;

2. 江西省土壤肥料技术推广站, 江西 南昌 330046)

摘 要: 研究了江西省不同稻田土壤氮素状况和水稻产量目标下的氮肥用量及其调整系数, 以建立适合江西省的水稻氮肥推荐施肥体系, 为省级区域水稻氮素推荐施肥提供科学依据。以在江西 88 个县(市、区)布置的 1 207 个“3414”水稻施肥田间试验及其采集土壤、植株进行室内分析得到的数据为基础, 分别进行相关和回归等定量分析。研究表明: 氮肥增产效果明显, 平均每千克氮可增产稻谷 11.2 kg, 但达到最佳施用量后, 随着施氮量的增加水稻增产效应降低, 最佳施肥处理为 $N_2P_2K_2$ 。碱解氮和全氮与相对产量的相关系数分别为 0.591 5 和 0.233 2, 尽管都达到极显著水平, 但碱解氮相关系数远高于全氮与相对产量的相关系数, 说明碱解氮更能反映稻田土壤的供氮能力。应用回归方程得出不同碱解氮含量时的水稻施氮量分别是: 碱解氮含量分别为 60、120、170、250 mg/kg 时的水稻最佳施氮量分别为 175、160、150、120 kg/hm²。根据不同碱解氮含量下的水稻施氮量, 再结合目标产量法, 得出了不同土壤碱解氮含量时的氮肥施用调整系数分别为 0.8、0.9、1.0、1.1 和 1.2 及推荐施氮量计算公式, 计算了江西省分别在 7 500 和 9 000 kg/hm² 目标产量下不同土壤碱解氮时的氮肥推荐参考值。

关键词: 水稻; 氮肥; 调整系数; 推荐施氮量; 江西省

中图分类号: S143.1; S511

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257(2016)05-0055-06

土壤氮素状况及氮肥施用对水稻生长和产量影响的研究有不少报道。较早时期就有国内外不少学者开展了水稻氮素营养、水稻吸氮特征和水稻不同氮肥利用率的研究^[1-3]。近年来, 水稻施氮方面的研究更加丰富, 包括: 开展水稻氮肥合理施用量的研究^[4-5], 施用氮肥对水稻群体发育与产量的影响^[6], 对水稻产量形成及氮素吸收的影响^[7-8], 水稻施氮效果及推荐施肥量^[2,5,9], 对水稻增产潜力的影响^[10], 应用田间试验结合模型得出水稻氮肥管理策略, 提高氮肥利用率^[11]。氮肥效应田间试验是获得各种作物最佳施肥量、施肥比例、施肥时期、施肥方法的根本途径, 也是筛选、验证土壤养分测试方法, 建立施肥指标体系的基本环节。“3414”方案具有回归最优设计

处理少、效率高的优点, 有不少利用“3414”试验方案开展水稻施肥效应研究并得出推荐施肥方案^[12-14]。但是, 以上研究都是以较小区域的数据进行研究, 开展省级区域范围的水稻氮肥效应研究并得出水稻氮肥施用推荐体系的报道较少, 特别是氮肥施用推荐方案调整系数的定量计算更加缺乏。大区域的水稻氮肥推荐施肥体系的构建对水稻施肥的宏观决策和农业环境保护也具有重要意义。本文通过在江西省 2012 年和 2013 年开展的 1 207 个“3414”水稻施肥田间试验, 研究在当前水稻生产中土壤氮素养分临界指标及氮素分级标准, 构建适合江西省水稻氮肥施用推荐调整系数及不同产量目标下不同土壤氮素含量时的推荐施氮量, 为水稻生产中科学合理施用氮肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 田间试验方案

“3414”试验是指氮、磷、钾 3 个因素、4 个水平、14 个处理。4 个水平的含义: 0 水平为不施肥, 2 水平指当地最佳施肥量近似值, 1 水平为 2

收稿日期: 2015-09-12; 最后修订日期: 2015-12-23

基金项目: 国家自然科学基金(41361049); 农业部“江西省测土配方施肥”项目。

作者简介: 邵华(1967-), 女, 浙江余姚人, 博士, 推广研究员, 研究方向为作物施肥和土壤质量建设。E-mail: shaohua26@163.com。

通讯作者: 石庆华, E-mail: qinghua.shi@163.com; 赵小敏, E-mail: zhaoxm889@126.com。

水平 0.5 倍 (该水平为不足施肥水平), 3 水平为 2 水平的 1.5 倍 (该水平为过量施肥水平)。

根据试验目的, 本研究选用“3414”完全方案中的部分处理开展试验和分析, 每个试验小区面积为 $5\text{ m} \times 6\text{ m} = 30\text{ m}^2$, 试验设计 5 个处理, 每个处理 3 次重复 (表 1)。供试肥料分别为尿素 (N 46%)、

钙镁磷肥 (P_2O_5 12%)、氯化钾 (K_2O 60%)。磷肥做基肥一次性施入, 氮、钾肥平均按基肥: 蘖肥: 穗肥 = 5: 3: 2 施入 (表 1)。试验地设置保护行, 采用随机区组排列, 区组内土壤、地形等条件相对一致, 区组间允许有差异。小区单灌单排, 避免串灌串排。

表 1 田间肥效试验处理方案 (kg/hm²)

试验编号	对应 3414	处理	氮肥平均用量			磷肥平均用量			钾肥平均用量		
			早稻	中稻	晚稻	早稻	中稻	晚稻	早稻	中稻	晚稻
1	处理 1 (CK)	$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	处理 2	$\text{N}_0\text{P}_2\text{K}_2$	0	0	0	71.7	64.5	70.5	121.9	132.0	130.5
3	处理 3	$\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_2$	66.9	79.5	78.8	71.7	64.5	70.5	121.9	132.0	130.5
4	处理 4	$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$	133.8	159.0	157.5	71.7	64.5	70.5	121.9	132.0	130.5
5	处理 5	$\text{N}_3\text{P}_2\text{K}_2$	200.7	238.5	236.3	71.7	64.5	70.5	121.9	132.0	130.5

1.2 供试地点和供试水稻品种

在江西省 88 个农业县 (市、区) 水稻主产区选择地势平坦、整齐、不同肥力水平、均匀、具有代表性的田块作为试验点, 每县每年设置 15 个试验点, 共计 1 320 个试验, 剔除出现异常的 113 个

试验点, 实际用于研究分析的试验点 1 207 个。以氮养分含量为依据, 高、中、低肥力水平地块各占 30%、50%、20%。试验前多点采集土壤样品, 试验田土壤养分状况如表 2。

表 2 供试土壤养分状况

项目	pH 值	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (P mg/kg)	速效钾 (K mg/kg)	全氮 (g/kg)
平均值	5.5	34.9	163.2	17.7	87.5	1.4
变动幅度	4.4 ~ 7.7	14.6 ~ 72.4	30.3 ~ 242.7	3.8 ~ 97.8	18.7 ~ 159.1	0.4 ~ 2.3

1 207 个试验点均选择当地主栽水稻品种, 以双季稻为主, 有部分中稻。主要品种有神农 102、先农 37、株两优 02、金优 213、早糯稻、金优 403、隆平 001、两优培九、准两优 527、博优 141、两优 125、两优 308、赣晚籼 29、赣晚籼 30 号、天优 998、五丰优 T025、汕优 998、浚鑫 608、浚鑫 688、先农 20、26、隆平 207、两优培九、岳优 9113、美香粘 2 号。

1.3 土壤和水稻植株养分测试

试验前采集基础土样进行测定, 收获期采集水稻植株样品分别对秸秆和稻谷进行测定。测定项目和方法如下:

土壤有机质—油浴加热, 重铬酸钾氧化容量法; 土壤全氮—半微量凯氏蒸馏法; 土壤碱解氮—碱解扩散法; 土壤有效磷—碳酸氢钠浸提, 钼锑抗比色法; 土壤速效钾—醋酸铵浸提, 火焰光度计法; 土壤 pH 值—水土比 2.5: 1, 电位法; 秸秆和稻谷氮含量—过氧化氢消煮蒸馏滴定法。

1.4 数据处理与分析

试验中运用 SPSS 7.0 进行数据统计分析和检验。

土壤养分数据来源各试验点稻田土壤碱解氮和全氮测定值, 选取试验方案中处理 1 空白区、处理 2 不施氮肥区、处理 4 最佳氮磷钾施肥区进行相对产量分析。对相对产量与土壤养分进行相关分析, 选用对数方程 $y = a + b \ln(x)$ 建立回归方程, 采用五级制, 以相对产量大于 95% 所对应的土壤氮养分定为极丰富, 85% ~ 95% 为丰富, 75% ~ 85% 为中等 (丰缺临界值), 50% ~ 75% 为缺乏, 小于 50% 为极缺。

水稻施氮相对产量 = 不施氮区产量 / 最佳氮磷钾施肥区产量

水稻氮肥当季利用率 = (施氮区吸收氮量 - 不施氮区吸收氮量) / 肥料中有效氮含量 × 100%

水稻基准施氮量 = 每百千克水稻产量氮素吸收量 × (目标产量 - 不施氮区产量) / 氮肥当季利

用率/100

水稻施氮调整系数 = (基准需氮量 + 模型计算施氮量)/2/实际施氮量

2 结果与分析

2.1 不同施氮量对水稻产量的影响

对 1 207 个试验点所在 11 个地区各处理水稻产量进行汇总, 得到结果如表 3。从中可知, 各处理水稻单产由低到高的顺序为不施肥 $N_0P_0K_0$ 区 < 不施氮 $N_0P_2K_2$ 区 < 氮不足 $N_1P_2K_2$ 区 < 氮过量 $N_3P_2K_2$

区 < 最佳施肥 $N_2P_2K_2$ 区。试验显示, 氮肥增产效果明显, 平均每千克氮可增产稻谷 11.2 kg, 但随着施氮量的增加, 其增产幅度降低, 施氮量达到一定值稻谷产量不增反减。最佳施氮肥 (N_2) 水平总体表现出最高产量, 全省平均 150 kg/hm^2 的施氮量可满足平均 $7\ 100 \text{ kg/hm}^2$ 产量的氮需求; 平均 75 kg/hm^2 的施氮量虽然较最佳施氮量表现出更好的氮肥增产效益, 但低氮施肥不能达到高产的需要; 平均 225 kg/hm^2 的施氮量 11 个地区有 9 个表现出因氮肥过量致产量减少的现象。

表 3 各地区不同施氮水平对水稻单产的影响 (kg/hm²)

地区	$N_0P_0K_0$ 区	$N_0P_2K_2$ 区	$N_1P_2K_2$ 区	$N_2P_2K_2$ 区	$N_3P_2K_2$ 区
南昌	4 485 ± 2 220	5 010 ± 2 332	6 405 ± 2 486	7 335 ± 2 362	7 500 ± 2 925
九江	4 830 ± 2 498	5 190 ± 2 910	6 210 ± 2 505	7 170 ± 2 588	7 065 ± 2 648
鹰潭	4 230 ± 2 625	5 025 ± 2 505	5 985 ± 2 025	6 840 ± 2 198	6 825 ± 2 115
上饶	4 680 ± 2 887	5 325 ± 3 083	6 315 ± 3 052	7 080 ± 3 218	6 825 ± 3 345
抚州	4 290 ± 3 045	5 040 ± 3 270	6 135 ± 2 332	6 990 ± 2 857	7 035 ± 3 240
新余	5 310 ± 2 085	6 165 ± 3 292	6 720 ± 1 650	7 275 ± 1 800	7 005 ± 2 055
萍乡	5 595 ± 2 798	6 015 ± 2 385	7 020 ± 2 258	7 740 ± 2 528	7 545 ± 2 828
宜春	4 320 ± 2 407	5 175 ± 2 610	6 060 ± 2 985	7 020 ± 2 437	6 720 ± 2 820
吉安	4 230 ± 2 580	4 830 ± 2 670	6 270 ± 2 850	7 140 ± 3 202	7 215 ± 3 953
景德镇	4 740 ± 2 932	5 310 ± 3 248	6 285 ± 2 220	6 630 ± 2 394	6 585 ± 2 482
赣州	4 590 ± 2 805	5 205 ± 2 632	6 150 ± 2 542	7 005 ± 3 547	6 825 ± 3 030
全省	4 665 ± 3 135	5 295 ± 3 383	6 345 ± 3 465	7 095 ± 3 773	7 005 ± 3 953

在同等管理条件下, 可以把空白处理 (不施肥) 的水稻产量作为土壤基础地力贡献量, 比较空白处理的水稻产量与各施肥处理水稻产量, 可得到稻田土壤基础地力对各处理区产量的贡献率, 由低到高的顺序为最佳施肥 $N_2P_2K_2$ 区 65.8% < 氮过量 $N_3P_2K_2$ 区 66.6% < 氮不足 $N_1P_2K_2$ 区 73.5% < 不施氮 $N_0P_2K_2$ 区 88.1%, 最佳施肥水平区地力贡献率最低, 氮过量区地力贡献率小于氮不足区地力贡献率。

2.2 土壤氮素养分丰缺指标

将 1 207 个试验点中得到的 $N_0P_2K_2$ 区 (即不施氮肥区) 产量除以 $N_2P_2K_2$ 区产量得到施用氮肥的相对产量, 分别以稻田碱解氮或全氮为 x 轴, 相对产量为 y 轴绘制散点图, 选用对数方程 $y = a \ln x + b$ 绘制趋势线 (图 1、图 2)。稻田土壤碱解氮或全氮与缺氮肥区相对产量的相关性均达 0.01 极显著水平, 但碱解氮与相对产量的相关性 ($R = 0.5915^{**}$) 远高于全氮与相对产量的相关性 ($R = 0.2332^{**}$), 说明碱解氮更能表征稻田土壤的供氮能力。

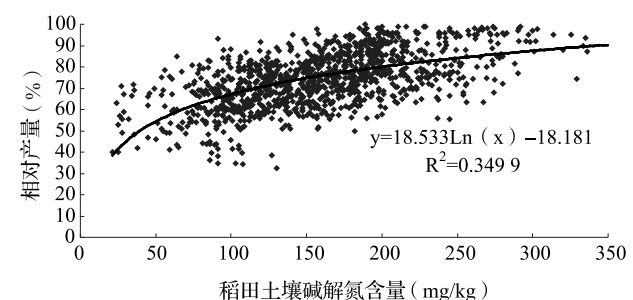


图 1 稻田土壤碱解氮含量与水稻相对产量的关系

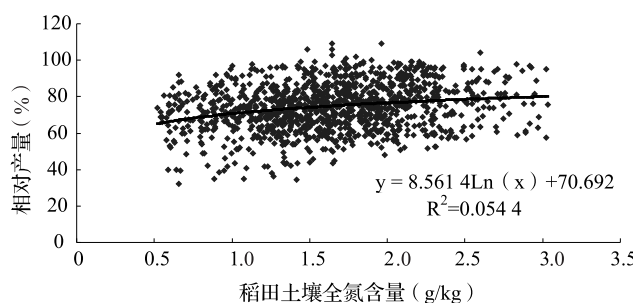


图 2 稻田土壤全氮含量与相对产量的关系

分析土壤氮养分含量和相对产量关系, 在 1 207 个试验点中, 低于 50% 相对产量的试验点为 39 个, 土壤碱解氮平均含量为 61 mg/kg; 相对产量在 50% ~ 75% 之间有 214 个, 土壤碱解氮平均含量为 100 mg/kg, 全氮含量为 0.7 g/kg; 相对产量在 75% ~ 85% 之间有 531 个, 土壤碱解氮平均含量为 165 mg/kg, 全氮含量为 0.9 g/kg; 相对产量在 85% ~ 95% 之间有 365 个, 土壤碱解氮平均含量为 171 mg/kg, 全氮含量为 1.3 g/kg; 相对产量在 95% 以上的有 58 个, 土壤碱解氮平均含量为 222 mg/kg, 全氮含量为 1.5 g/kg。从相关系数可知, 水稻相对产量与土壤碱解氮含量之间的相关性显著大于与土壤全氮含量的相关性; 同时, 尽管有大量试验数据支撑, 但在用于分级的相对产量各区间内, 试验点数量分布极不平衡, 使得分布极低的土壤全氮极缺乏和极丰富与产量的关系均难以准确表达, 需要靠趋势线外推。故稻田土壤氮素养分丰缺指标应选用土壤碱解氮为好, 江西省稻田土壤碱解氮含量对应的碱解氮丰缺指标见表 4。

表 4 稻田土壤碱解氮丰缺指标

土壤养分等级	碱解氮 (mg/kg)	丰缺状况
一	> 250	极丰富
二	170 ~ 250	丰富
三	120 ~ 170	中
四	60 ~ 120	缺乏
五	< 60	极缺乏

2.3 稻田土壤碱解氮与氮肥推荐体系

以 1 207 个试验点试验前碱解氮含量分别与最佳施肥 $N_2P_2K_2$ 区产量和氮肥施用量分别作散点图分析两者间的相关性 (图 3、图 4), 可得出: 水稻产量与稻田土壤碱解氮含量呈极显著正相关关系, 相关系数为 0.531 5** ($r_{0.01} = 0.082, n > 1\ 000$), 说明稻田土壤碱解氮含量越高水稻产量越高, 提高稻田土壤碱解氮含量, 有利于提高水稻单产; 水稻氮

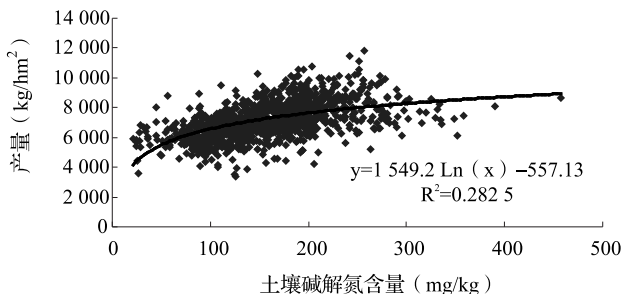


图 3 水稻产量与稻田土壤碱解氮的关系

肥施用量与稻田土壤碱解氮含量呈极显著负相关关系, 相关系数为 -0.446 7** ($r_{0.01} = 0.082, n > 1\ 000$), 说明随着稻田土壤碱解氮含量的提高, 氮肥施用量可适当减少, 即稻田氮肥施用量可随着碱解氮含量而改变。

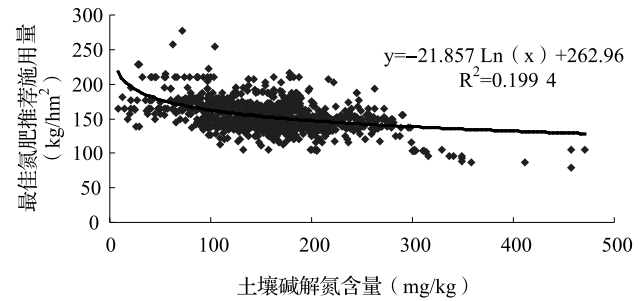


图 4 稻田土壤碱解氮与氮肥推荐用量的关系

碱解氮含量与最佳施肥 $N_2P_2K_2$ 区推荐施氮量拟合出回归方程为 $y = -21.857 \text{Ln}(x) + 262.96$, x 表示稻田土壤碱解氮含量, y 表示对应 x 的最佳推荐施氮量。通过该方程可求得在稻田土壤碱解氮含量分别在 60、120、170、250 mg/kg 时, 水稻最佳氮肥推荐施用量分别为 175、160、150、120 kg/hm²。从各试验点平均土壤碱解氮含量为 156 mg/kg, 实际平均氮肥施用量为 153 kg/hm²来看, 与模型推荐值有较好的吻合度。

但是, 仅仅靠一个模型方程就实现用土壤碱解氮来定量土壤氮素供应量, 进而确定江西省的水稻施氮量显然有所欠缺, 模型还必须考虑水稻目标产量, 而目标产量实际反映了不同区域的农田土壤肥力、生态条件、水稻品种、栽培措施和田间管理水平等因素, 因此依靠模型得出的施肥量还不能直接用于指导水稻氮肥施用, 需要根据目标产量做进一步的调整修正, 得出不同土壤碱解氮等级下的水稻施氮调整系数。

调整系数修正方法是将目标产量法和养分丰缺指标结合, 用目标产量法计算出不同碱解氮丰缺时的基准施氮量, 比较目标产量推荐施氮量、模型推荐施氮量和实际用量, 可得出水稻氮肥施用的调整系数。各试验点最佳施肥 $N_2P_2K_2$ 区平均产量为 7 095 kg/hm², 根据拟合的回归方程得出的最佳氮肥用量可以作为此目标产量下的氮肥推荐参考值。

根据各稻田土壤碱解氮等级的平均施氮量, 与模型 (图 4) 计算值、试验实际施氮量比较, 得出不同碱解氮下水稻氮肥用量的调整系数 (保留一位小数且按 0.1 间隔取值), 见表 5。

表5 水稻施氮量的调整系数

碱解氮等级 (mg/kg)	基准需氮量 (kg/hm ²)	模型计算施肥量 (kg/hm ²)	实际施肥量 (kg/hm ²)	调整系数
>250	95 ± 49	<120	129 ± 41	0.8
170 ~ 250	130 ± 35	120 ~ 140	143 ± 47	0.9
120 ~ 170	165 ± 54	140 ~ 160	158 ± 29	1.0
60 ~ 120	184 ± 31	160 ~ 175	163 ± 37	1.1
<60	212 ± 26	>175	178 ± 30	1.2

根据目标产量法结合调整系数, 得出稻田氮肥参考用量计算公式为: 稻田氮肥参考用量 = (水稻目标产量 - 不施氮区产量) ÷ 100 × 水稻百千克产量氮养分吸收量 × 调整系数 / 氮肥当季吸收利用率。

按照该公式可计算得出江西省达到水稻不同产量目标下不同土壤碱解氮等级时的参考施氮量(表6)。

表6 江西省不同目标产量下不同土壤碱解氮等级的参考施氮量

碱解氮等级 (mg/kg)	目标产量 (kg/hm ²)									
	7 500					9 000				
>250	>250	170 ~ 250	120 ~ 170	60 ~ 120	<60	>250	170 ~ 250	120 ~ 170	60 ~ 120	<60
调整系数	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
参考施氮量 (kg/hm ²)	90	100	115	125	135	150	170	190	210	230

注: 计算参考施氮量时结果取整数, 不施氮区产量、氮肥当季利用率和每百千克稻谷氮素吸收量均按1 207个试验点的平均值, 分别为5 295 kg/hm²、0.41 kg和2.1 kg。

3 讨论与结论

3.1 施氮对水稻产量的影响

1 207个试验点的结果表明, 水稻平均单产最高的氮素用量为N₂处理(氮素用量分别为早稻133.8 kg/hm²、中稻159.0 kg/hm²和晚稻157.5 kg/hm²), 增加氮肥用量(N₃处理)反而使水稻平均单产有所降低, 这符合肥料施用的报酬递减规律, 达到一定施肥量后随施氮量的增加水稻增产幅度降低, 施氮过量水稻产量不增反减。江西省农户水稻实际施氮量已经超过了适宜用量, 经抽样调查农户的水稻氮素用量, 单季氮素平均用量为203.0 kg/hm², 最高的达到239.0 kg/hm², 江西省水稻生产中应减量施用氮肥。

3.2 碱解氮是稻田土壤氮素的主要丰缺指标

江西稻田土壤碱解氮是比土壤全氮更能反映其供氮能力的重要指标, 这与朱兆良^[15], 闫德志等^[16]认为土壤碱解氮可作为田间土壤供氮指标的结论一致。通过分析比较, 得出江西省稻田土壤碱解氮作为土壤供氮能力指标即土壤氮素的丰缺指标: 碱解氮>250 mg/kg为极丰富, 处于170~250 mg/kg为丰富, 120~170 mg/kg为中等, 60~120 mg/kg为缺乏, <60 mg/kg为极缺乏。

3.3 稻田土壤碱解氮与施氮量的关系

稻田土壤碱解氮含量高, 土壤供氮能力大, 有利

于水稻的生长和水稻产量的提高, 碱解氮与水稻单产之间呈极显著正相关关系, 相关系数为0.531 5** ($r_{0.01}=0.082, n>1\ 000$)。水稻氮肥施用量与稻田土壤碱解氮含量呈极显著负相关关系, 相关系数为-0.446 7** ($r_{0.01}=0.082, n>1\ 000$), 说明随着稻田土壤碱解氮含量的提高, 氮肥施用量可适当减少, 即稻田氮肥施用量可随着碱解氮含量而改变。通过分别分析N₂处理区(N₂P₂K₂)稻田土壤碱解氮与氮肥施用量之间的回归方程, 得出不同碱解氮含量时的水稻施氮量: 碱解氮含量分别为60、120、170、250 kg/hm²时的水稻最佳施氮量分别为175、160、150、120 kg/hm²。

3.4 不同目标产量下水稻施肥量调整系数

仅仅根据土壤碱解氮含量确定水稻氮素的施用量只是反映了土壤氮素状况下的需肥量, 影响水稻生产的因素还有很多, 这些因素会综合反映在水稻的目标产量上。因此, 应用丰缺指标得出的不同碱解氮含量下的水稻施氮量, 再结合目标产量法做进一步的调整修正, 得出在不同碱解氮含量(>250、170~250、120~170、60~120和<60)时, 水稻施氮的调整系数分别为0.8、0.9、1.0、1.1和1.2。最后, 根据施氮调整系数和得出的稻田氮肥参考用量计算公式, 计算出江西省水稻目标产量分别在7 500和9 000 kg/hm²下, 不同稻田土壤碱解氮含量时的氮肥施用量参考值。

参考文献:

- [1] 孙羲, 林荣新, 马国瑞. 水稻氮素营养及其诊断 [J]. 浙江农业大学学报, 1981, 7 (2): 41-50.
- [2] Novoa R, Loomis R S. Nitrogen and plant production [J]. Plant and Soil, 1981, 58 (1-3): 177-204.
- [3] 杨园英, 钟士俊, 詹寿, 等. 杂交水稻吸氮特性及氮肥的增产效果 [J]. 土壤, 1987, (19): 196-201.
- [4] 朱兆良. 推荐施肥适宜用量的方法论刍议 [J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12 (1): 1-4.
- [5] 冯涛, 杨京平, 施宏鑫, 等. 高肥力稻田不同施氮水平下的氮肥效应和几种氮肥利用率研究 [J]. 浙江大学学报 (农业与生命科学版), 2006, 32 (1): 60-64.
- [6] 陈英, 李木英, 石庆华, 等. 施氮量对直播稻群体发育及产量的影响 [J]. 作物杂志, 2011, (1): 33-37.
- [7] 曾勇军, 石庆华, 潘晓华, 等. 施氮量对高产早稻氮素利用特征及产量形成的影响 [J]. 作物学报, 2008, 34 (8): 1409-1416.
- [8] 林忠成, 叶世超, 戴其根. 太湖流域不同施氮水平对水稻产量和土壤氮素的影响 [J]. 江苏农业科学, 2009, (6): 386-389.
- [9] 施泽升, 续勇波, 雷宝坤, 等. 洱海北部地区水稻氮肥投入阈值研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19 (2): 462-470.
- [10] Alam M M, Ladha J K, Foyjunn E, et al. Nitrogen management for increased productivity of rice-wheat cropping system in Bangladesh [J]. Field Crops Research, 2006, 96: 374-386.
- [11] Jing Q, Bouman B A M, Hengsdjk H, et al. Exploring options to combine high yields with high nitrogen use efficiencies in irrigated rice in China [J]. European Journal of Agronomy, 2007, 26 (1): 166-177.
- [12] 文建平, 叶祥盛. 水稻“3414”施肥效果及推荐肥料用量研究 [J]. 湖北农业科学, 2013, 52 (9): 2010-2015.
- [13] 滕志英, 韩国华, 屠灿英. 水稻配方施肥对“淮稻5号”产量的影响初探 [J]. 上海农业科技, 2013, (1): 102-103.
- [14] 肖石江, 季寿堂, 张光乔, 等. “3414”法确定陆良县水稻氮磷钾合理用量试验 [J]. 云南农业科技, 2013, (4): 10-12.
- [15] 朱兆良. 土壤氮素有效性指标与土壤供氮量的预测 [J]. 土壤, 1990, (4): 177-179.
- [16] 闫德志, 王德建. 土壤供氮能力研究方法进展 [J]. 土壤, 2005, 37 (1): 20-24.

Study on the recommended nitrogen fertilization system of rice in Jiangxi province

SHAO Hua^{1,2}, ZHU An-fan², SHI Qing-hua^{1*}, ZHAO Xiao-min^{1*} (1. Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding of Jiangxi Province, Jiangxi Agricultural University, Nanchang Jiangxi 330045; 2. Jiangxi Province Soil and Fertilization Extension Station, Nanchang Jiangxi 330046)

Abstract: This paper studied the soil N status in different paddy fields and the amount of used N fertilizer and its adjustment coefficient to reach rice yield target in Jiangxi province, in order to establish the recommended N fertilization system for rice in provincial area. Based on the data from 1 207 sites' field "3414" experiment distributed in 88 counties for rice fertilization, and from collected soil and rice plant analyzed in laboratory, the correlation coefficients and regression equations was analyzed, respectively. The results showed that N had the significant effect for rice yield, and average per kilogram N increased the rice yield by 11.2 kg. But after the best amount of application, with the increase of N application content, the yield of rice increased, and the optimum fertilization treatment was N₂P₂K₂. The correlation coefficients between soil available N and relative yield and between total N and relative yield were 0.591 5 and 0.233 2, respectively. Although both coefficients reached extremely significant level, the coefficient of available N was higher than that of total N. This indicated that soil available N was more capable of reflecting the ability of paddy soil N supply. The optimum N content for rice in different available N content was: the best N application was 175 kg/hm², 160 kg/hm², 150 kg/hm² and 120 kg/hm² when soil available N content was 60 mg/kg, 120 mg/kg, 170 mg/kg and 250 mg/kg, respectively. According to the nitrogen application value under different soil available N content, and combination with the target yield method, the adjustment coefficient of nitrogen fertilizer application was 0.8, 0.9, 1.0, 1.1 and 1.2 in different soil available N content, respectively. The recommended values of N application in different soil available N contents at 7 500 kg/hm² and 9 000 kg/hm² of target yield in Jiangxi province were calculated.

Key words: rice; N fertilizer; adjustment coefficient; recommended values of N application; Jiangxi province