

余广兰. 闽清县水田肥力现状及中稻 NPK 施肥效应 [J]. 福建农业学报, 2014, 29 (11): 1104-1108.

YU G-L. Paddy Soil Fertility and Effects of NPK Fertilization on Middle-season Rice in Mingqing County [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2014, 29 (11): 1104-1108.

闽清县水田肥力现状及中稻 NPK 施肥效应

余广兰

(福建省闽清县土壤肥料技术站, 福建 闽清 350800)

摘要: 为掌握闽清县水稻田土壤养分状况, 采集并检测 4 005 个水田土壤样本的土壤养分含量, 并与第 2 次土壤普查结果进行比较, 同时通过 2007—2012 年实施的中稻 3414 田间肥效试验结果分析, 比较 NPK 施肥效应。结果表明: 闽清县水田土壤有机质、有效磷含量以丰富和中等为主, 中等含量以上分别占 88.44%、75.21%, 碱解氮含量以中等为主, 占 86.04%, 速效钾以缺乏为主, 占 83.50%; 交换性钙、有效硫、有效锌以中等以上含量为主, 交换性镁、有效硼以缺乏为主。同第 2 次土壤普查相比, 酸性土壤比重进一步加大, 而有机质、速效养分含量均呈上升趋势。NPK 肥对中稻产量贡献率分别为 20.5%、3.6%与 6.5%, 有别于 20 世纪 80 年代的水稻增产效应: $N > P > K$ 。针对闽清县水田肥力状况, 中稻应适量施用石灰调节 pH 值, 增施氮、钾肥, 酌施磷肥和中微量元素, 并多施有机肥。

关键词: 水田; 土壤肥力; 中稻; 施肥效应; 3414 试验

中图分类号: S 153; S 143

文献标识码: A

Paddy Soil Fertility and Effects of NPK Fertilization on Middle-season Rice in Mingqing County

YU Guang-lan

(Soil and Fertilizer Technology Station, Mingqing, Fujian 350800, China)

Abstract: 4005 paddy soils in Mingqing county was used to assay the fertility, and which was compared with the second general soil survey, then the effect of NPK fertilization on middle-season rice was character by 3414 experiments from 2007 to 2012. The results showed that organic matter and available phosphorus account for 88.44% and 75.21%, respectively. Available nitrogen and potassium accounted for 86.04% and 83.50%. Available calcium, sulfur and zinc were above middle, but the available magnesium and boron were scarce. Compared with the results of second general soil survey, the proportion of acid soil increased and the organic matter and available nutrient content increased. The effect of NPK on middle-season rice were 20.5%, 3.6% and 6.5% respectively, but it is different from results in the 1980s ($N > P > K$). Our results suggest that lime will be used to adjust pH, organic fertilizer, nitrogen and potassium will be used to increased fertilizer, and phosphorus and medium trace element also will be used in middle-season rice in Mingqing County.

Key words: paddy field; soil fertility; middle-season rice; fertilization effect; 3414 experiment

闽清县位于福州市西北部, 闽江下游, 属中亚热带季风气候区。年降雨量 1 300~1 800 mm, 年平均温度 20.2℃, 年均有效积温 2 942.2℃, 年日照总时数 1 186~1 645 h。闽清县耕作土壤类型以水稻土为主, 面积达 17 484.36 hm², 占全县耕地总面积的 98.34%。近年来闽清县水田以种植中稻为主, 面积约 7 330 hm², 占水稻种植面积的 78.5%, 占粮食播种面积的 62.1%。为指导中稻

科学合理施肥, 提高肥料利用率, 减少农业面源污染, 增产增收, 依托闽清县国家级测土配方施肥项目, 于 2007 年开始对闽清县稻田土壤进行采样检测分析, 全县共取 4 005 个水稻田的土壤样品, 开展了常规五项、交换性钙、交换性镁、有效锌、有效硼等项目的分析测定, 旨在了解全县水田土壤的肥力状况, 结合多年 3414 田间肥效试验结果, 提出中稻施肥的相应对策。

收稿日期: 2014-07-02 初稿; 2014-08-18 修改稿

作者简介: 余广兰 (1957-), 男, 高级农艺师, 主要从事基层土肥技术推广与研究

基金项目: 国家级测土配方施肥项目 [闽财 (农) 指 (2011) 141 号]

1 材料与方法

1.1 样品采集

根据闽清县不同乡镇水田面积的分布、土种类型、田块肥力等级和地形等因素，以 $2\sim 5\text{ hm}^2$ 为 1 个取样单元确定采样点数量，每个单元采 7~20 个点。每个采样单元选择相对中心位置有代表性的 $670\sim 6\,660\text{ m}^2$ 田块上采用随机、等量 S 形或梅花形布点取样，并避开路边、田埂、沟边、肥堆等特殊部位，采样深度为 0~20 cm 土层，全县共取 4 005 个土样。每个采样单元各点采集的土壤样本均匀混合后，用四分法取 1 kg 左右，供检测分析。

1.2 NPK 施肥效应

2007—2012 年中稻实施的 3414 田间肥效试验，采用《全国测土配方施肥技术规范》推荐的 3 因素（氮、磷、钾）；4 水平（0、1、2、3）14 个处理的试验方案^[1]，不设重复，每个小区面积 20 m^2 。小区间筑田埂并用塑料薄膜包裹单灌，防肥水窜渗。供试肥料：碳铵（N 17%）、尿素（N 46%）、过磷酸钙（ P_2O_5 12%）、氯化钾（ K_2O 60%）。氮肥分 3 次施，基肥 45%，蘖肥 45%，穗肥 10%。基肥、蘖肥用碳铵，穗肥用尿素。磷肥全部作基肥。钾肥基肥 44%，蘖肥 56%。其中 2007—2009 年供试水稻品种为‘准两优 527’，试验分 21 组，每组 14 个小区；2010—2012 年供试水稻品种‘扬两优 6 号’，试验分 6 组，每组 14 个小区。合计 27 组供试土壤理化性状平均值为：pH 5.1，有机质 $28.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，碱解氮 $138.7\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，有效磷 $27.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，速效钾 51.3

$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。其中土壤肥力“高”（土壤养分指标 N、P、K 分别为中、丰、中为主）的 7 组；“中”等（土壤养分指标 N、P、K 分别为中、中、缺为主）的 13 组；“低”的（土壤养分指标 N、P、K 分别为中、缺、缺为主）7 组。

1.3 测定指标

土样检测根据全国农业技术推广服务中心编写的《土壤分析技术规范》^[2]进行，不同项目采取的检测方法如下：土壤 pH 值用电位法测定；有机质用油浴加热重铬酸钾氧化-容量法测定；碱解氮用碱解扩散法测定；有效磷用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定；速效钾用乙酸铵浸提-火焰光度法测定；交换性钙、交换性镁用 EDTA 络合滴定法测定；有效锌用 DTPA 浸提-原子吸收分光光度法测定；有效硼用姜黄素比色法测定。

1.4 数据处理

数据采用 DPS 软件处理^[3]。

2 结果与分析

2.1 闽清县水田土壤肥力

2.1.1 闽清县土壤 pH 值分布 土壤酸碱度影响土壤养分有效性和作物根系生长，是评价土壤肥力水平的重要指标^[4-5]。从表 1 可看出，闽清县水稻土以酸性为主。同第二次全国土壤普查相比，闽清水田在酸性范围内的土壤样品由 87.1% 提高到 90.1%，全县水田土壤有酸化的趋势，这可能与农户在生产过程中长期偏施化肥和施用酸性肥料有关。

表 1 闽清县水田土壤 pH 值
Table 1 pH of paddy soil in Minqing County

样品数 /个	变化幅度	平均值	标准差	变异系数 /%	土壤酸碱度等级比例/%			
					强酸性 0~4.5	酸性 4.6~5.5	微酸性 5.6~6.5	中性 6.6~7.5
4005	4~7.4	5.1	0.33	6.52	1.85	90.14	7.49	0.52

注：土壤养分丰缺指标参照 2009 年 6 月 19 日福建省测土配方施肥技术专家组第四次制定的标准，表 2、3 同。

2.1.2 闽清县土壤有机质含量分布 有机质含量是评价土壤质量的重要指标之一^[6-7]。从 4 005 个代表性耕层土样测定结果（表 2）来看，闽清县水田土壤有机质含量以中等和丰富为主。与第 2 次土壤普查相比，水田土壤有机质提高 $2.9\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，有机质含量提升可能与稻草高留桩、稻草盖畦及冬种紫云英有关。

2.1.3 闽清水田速效养分分布 土壤速效养分是土壤所提供的易被作物吸收利用的营养元素，其含量对作物生长发育起十分重要的作用^[8-9]。从表 2 来看，闽清县水稻田土壤碱解氮含量整体处在中等水平。同第 2 次土壤普查相比，水田碱解氮含量提高 $8.3\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，这与 20 世纪 90 年代以来，化肥生产能力普遍提高，施肥水平相应提升有关；有

效磷含量以丰富和中等为主，比第 2 次土壤普查时水田土壤有效磷含量增加 $12.8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，有较大的提高，原因是磷肥施肥水平提高，特别是与 20 世纪 80~90 年代重视施用磷肥有关；而速效钾含量则以缺乏为主。同第 2 次土壤普查相比，全县稻田速效钾含量提高 $6.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，钾肥缺失可能与我国钾肥肥源不足，多靠进口，单价高，限制其施用量有关。

表 2 闽清县水田土壤有机质与养分含量状况
Table 2 Organic matter and nutrient of paddy soil in Minqing County

项目	样品数 /个	变化幅度	平均值	标准差	变异系数 /%	土壤养分丰、中、缺比例/%		
						丰富	中等	缺乏
有机质/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	4005	7.7~78.1	27.9	50.66	25.46	35.38	53.06	11.56
碱解氮/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	4005	28~313	135.9	31.68	23.31	3.37	86.04	10.59
有效磷/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	4005	0.3~110.1	29.1	24.00	82.32	42.05	33.16	24.79
速效钾/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	4005	13~305	56.5	32.53	57.55	4.37	12.13	83.50

2.1.4 中、微量元素状况 钙、镁、硫是作物生长发育的必需养分元素，需要量属于中量水平^[10]。按照完整性和均匀性的原则，挑选 15% 土样进行中、微量元素检测。600 个代表性耕层土壤样品测定结果见表 3，闽清县水田土壤交换性钙含量以丰富和中等为主；有效硫含量以丰富为主；而交换性镁含量则以缺乏为主，说明闽清水田中镁肥的输入较为欠缺。

硼、锌在土壤中也属于必需的营养元素^[11-12]。从检测统计结果（表 3）看，水田土壤有效锌含量以丰富和中等的为主；而有效硼严重缺乏。

表 3 闽清县水田中微量元素含量
Table 3 Medium trace element of paddy soil in Minqing County

项目	样品数 /个	变化幅度	平均值	标准差	变异系数 /%	土壤养分丰、中、缺比例/%		
						丰富	中等	缺乏
交换性钙/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	600	10~796.9	407.4	180.15	44.22	46.33	43.17	10.50
交换性镁/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	600	0.3~181.2	34.4	24.65	71.72	2.33	19.33	78.34
有效硫/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	600	5~147	49.3	29.04	58.88	81.33	7.00	11.67
有效锌/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	600	0.45~4.99	2.1	1.13	52.92	40.67	47.67	11.67
有效硼/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	600	0.1~1.05	0.3	0.16	47.71	0.50	14.00	85.50

2.2 NPK 施肥效应

2007—2012 年中稻实施的 3414 田间肥效试验结果表明，2007—2009 年推荐的 2 水平施肥量是 $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=11:5:8$ ；2010—2012 年推荐的 2 水平施肥量是 $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=11:4:7$ 。27 组肥效试验结果分析表明，无论是高、中、低土壤肥力水平，均是氮肥增产效果最好，对产量的贡献率平均达 20.5%，其次钾肥，贡献率达 6.5%，最后是磷肥，贡献率仅为 3.6%（表 4）。

表 4 不同肥力水平下中稻施用氮磷钾肥效应(2007—2012 年)
Table 4 The effect of NPK fertilization for middle-season rice under different fertility (2007—2012)

土壤肥力水平	部分“3414”处理	处理	点数	平均产量/ ($\text{kg}\cdot667\text{ m}^{-2}$)	对产量的贡献率 /%
高	无肥区	$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	7	425.8	79.83(基础地力)
	无氮区	$\text{N}_0\text{P}_2\text{K}_2$	7	436.2	18.22(氮)
	无磷区	$\text{N}_2\text{P}_0\text{K}_2$	7	516.8	3.12(磷)
	无钾区	$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_0$	7	502.7	5.75(钾)
	推荐的 NPK 区	$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$	7	533.4	

土壤肥力水平	部分“3414”处理	处理	点数	平均产量/ (kg · 667 m ⁻²)	对产量的贡献率 /%
中	无肥区	N ₀ P ₀ K ₀	13	400.2	77.35(基础地力)
	无氮区	N ₀ P ₂ K ₂	13	408.6	21.03(氮)
	无磷区	N ₂ P ₀ K ₂	13	499.0	3.55(磷)
	无钾区	N ₂ P ₂ K ₀	13	483.1	6.63(钾)
	推荐的 NPK 区	N ₂ P ₂ K ₂	13	517.4	
低	无肥区	N ₀ P ₀ K ₀	7	376.3	74.93(基础地力)
	无氮区	N ₀ P ₂ K ₂	7	390.1	22.32(氮)
	无磷区	N ₂ P ₀ K ₂	7	482.2	3.98(磷)
	无钾区	N ₂ P ₂ K ₀	7	466.5	7.11(钾)
	推荐的 NPK 区	N ₂ P ₂ K ₂	7	502.2	

3 讨论与结论

中稻的科学施肥对闽清县粮食增产和示范推广科学施肥都有积极的作用。根据闽清县耕地土壤养分状况,结合多年多点中稻 3414 肥料田间试验,特提出如下施肥建议。

3.1 推广测土配方施肥成果,合理施用化肥

从上述分析数据可以看出,闽清县土壤速效养分中速效钾含量处于极度缺乏,同时通过 2007—2012 年中稻实施的 3414 田间肥效试验结果分析看,氮肥增产效果最好,对产量的贡献率达 20.5%。其次钾肥,贡献率达 6.5%。最后是磷肥,贡献率仅为 3.6%。闽清县肥料对产量贡献表现为氮肥>钾肥>磷肥,同 20 世纪 80 年代初期的氮肥>磷肥>钾肥有所不同,故目前闽清中稻应增施氮、钾肥,酌施磷肥。根据每 1 000 kg 稻谷中需吸收氮(N) 18~25 kg、磷(P₂O₅) 8~13 kg、钾(K₂O) 18~32 kg^[13],结合闽清县水田土壤供肥特性以及耕地土壤养分分级指标的丰缺状况和中稻需肥特性,我们提出中稻产量每 667 m² 500~600 kg 施用纯氮 9~13 kg, N:P₂O₅:K₂O=1:0.3:0.7。磷肥全部用作基肥,钾肥基追肥占 50%;氮肥基蘖肥各占 45%,穗肥占 10%。肥料品种宜选用测土配方肥或氮、磷、钾配比针对性强的复合肥及复混肥。施肥方法上基肥采用全层施肥,追肥深施,减少表施或浅施,施肥后 3 d 内应避免大水灌溉,以防养分流失,确保提高肥料利用率。

3.2 增施有机肥

增施有机肥可增加土壤有机质和养分含量,既能改善土壤理化性质特别是土壤胶体性质,又能增大土壤环境容量,提高土壤的保水保肥能力。

3.2.1 种植绿肥 紫云英是我国主要的稻田豆科

绿肥,是稻田土壤有机质和养分的主要来源之一^[14]。从各地研究表明:每压入绿肥 1 000 kg,平均相当于往土壤中加入有机质 200 kg,氮素 5 kg,磷素(P₂O₅) 2 kg,钾素(K₂O) 4 kg^[15]。利用冬闲田种植紫云英,不仅能固定空气中氮素,减少连作障碍和下茬的化肥用量,而且压青还田后还能增加土壤有机质含量,达到培肥地力。

3.2.2 着力提倡秸秆还田与农家肥 闽清县年水稻秆量约 5.6 万 t,其有机物含量达到 26.99%;全氮(N)含量为 0.3%;全磷(P)含量为 0.04%;全钾(K)含量是 0.66%^[16],稻草还田能提高土壤氮、磷、钾的含量,尤其是钾和有机质的含量,有利改良土壤肥力。主要可采用高留桩、堆沤还田、盖畦还田及直接还田。同时还可因地制宜,广辟优质农家肥肥源,可利用人粪尿、厩肥、堆肥和沼液肥,每年每 667 m² 施入农家肥 1 500~2 000 kg,促进稻田土壤生态良性循环。

3.3 调节土壤 pH 值

土壤 pH 值直接影响土壤微生物的活动,也间接影响土壤中氮、磷、钾、钙、镁、铁、锰、硼等营养元素的有效性,其中水稻生长以微酸性土壤生长最好。闽清县水稻田土壤以酸性为主,因此要适量使用石灰,对于 pH 值 5.0 以下每 667 m² 的施石灰 20~25 kg,进行降酸调节,同时适量增施有机肥,或每 667 m² 可用草木灰 50~60 kg,此外,施肥中 N、P、K 化肥平衡配施。

3.4 强调中、微肥元素使用

从检测结果看,闽清县水田土壤钙、硫、锌部分缺乏,镁和硼以缺乏为主。根据水稻需肥特性,酌情施用中微肥,但特别要重视镁硼肥的施用,建议对缺镁的水田每 667 m² 用硫酸镁 8~10 kg,缺硼用硼砂 0.5~0.7 kg 作基肥。

根据闽清县耕地土壤养分状况,结合多年多点

水稻 3414 肥料田间试验,笔者认为 2009 年 6 月 19 日福建省测土配方施肥技术专家组第 4 次制定的土壤养分丰缺指标中,水稻土的磷(缺乏临界 $12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、钾(缺乏临界 $80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)指标对闽清县来说不是很适合,其标准可能过高,因为按因缺补缺的原理,不同土壤肥力的磷或钾肥效应是有显著差别的,而 3414 田间试验结果表明磷丰富水平和缺乏之间经 F 值检测未达到显著水平,同样钾中等水平和缺乏之间亦未达到显著水平,而且试验田 78% 以上属缺钾型,但钾对产量的供贡献率平均只有 6.5%,这有待进一步研究探讨。

闽清县采集的 4 005 个水田土壤样本表明,土壤有机质、有效磷含量以丰富和中等为主,中等含量以上分别占 88.44%、75.21%,碱解氮含量以中等为主,占 86.04%,速效钾以缺乏为主,占 83.50%;交换性钙、有效硫、有效锌以中等以上含量为主,交换性镁、有效硼以缺乏为主。同 2 次土壤普查相比,酸性土壤比重进一步加大,而有机质、速效养分含量均呈上升趋势。NPK 肥对中稻产量贡献率分别为 20.5%、3.6%与 6.5%,有别于 20 世纪 80 年代的水稻增产效应: $N > P > K$ 。

参考文献:

- [1] 全国测土配方施肥技术规范(试行) [M]. 北京: 全国农业技术推广中心, 2005: 4—7.
- [2] 杜森, 高祥照, 李昆, 等. 土壤分析技术规范 [M]. 第 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2006: 36—167.
- [3] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 304—310.
- [4] 戴文灿, 孙水裕, 陈涛, 等. 恩恩市农业土壤理化性质研究 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37 (34): 16944.
- [5] 马廷刚, 郝庆照, 李俊良, 等. 平度市测土配方施肥土壤养分现状分析 [J]. 陕西农业科学, 2010, (5): 73.
- [6] 董宝财, 贾秀娟, 杜新东. 水稻秸秆还田作用研究 [J]. 现代农业, 2014, (3): 22—23.
- [7] 潘世娟, 李菊梅, 王惠生. 长期定位试验条件下的水稻田土壤有机质含量变化研究 [J]. 中国土壤与肥料, 2011, (5): 8—9.
- [8] 解文艳, 周怀平, 关春林, 等. 山西省主要农田土壤速效养分状况与分布 [J]. 山西农业科学, 2011, 39(10): 1083—1087.
- [9] 杨奇勇, 杨劲松, 刘广明. 土壤速效养分空间变异的尺度效应 [J]. 应用生态学报, 2011, 22 (2): 431—436.
- [10] 姚建族, 章明清, 李娟. 永春县水稻土肥力状况及其若干指标演变特点 [J]. 福建农业学报, 2014, 29 (1): 82—87.
- [11] 牛育华, 李仲谨, 郝明德, 等. 植物硼素的作用机理及其研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(36): 17865—17867.
- [12] 陈志锦, 彭克勤, 周浩, 等. 植物微量元素锌的研究进展 [J]. 湖南农业科学, 2007, (3): 110—112.
- [13] 林新坚, 章明清, 王飞. 新型肥料与施肥新技术 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2011: 10—11.
- [14] 刘威, 鲁剑巍, 苏伟, 等. 氮磷钾肥对紫云英产量及养分积累的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2009, (5): 49—51.
- [15] 何平安, 邢文英. 中国有机肥料资源 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 147.
- [16] 何平安, 邢文英, 李荣, 等. 中国有机肥料养分数据集 [M]. 北京: 全国农业技术推广服务中心, 1999: 108.

(责任编辑: 张 梅)