

永兴县稻田肥料利用率与科学施肥对策

李新菊

永兴县农业农村局, 湖南 郴州

收稿日期: 2024年6月25日; 录用日期: 2024年7月27日; 发布日期: 2024年10月11日

摘要

探明永兴县稻田土壤肥力情况, 弄清施肥效益与肥料利用率, 可为科学施肥提供理论依据。采集永兴县52个稻田样本, 其中早稻田23个, 晚稻田22个, 中稻田7个, 设置空白区与全肥区, 测定并计算早稻、晚稻与中稻土壤氮(N)、磷(P)、钾(K)含量、吸收量及肥料利用率, 提出稻田土壤培肥改良对策。结果表明: 早稻、晚稻与中稻平均基础产量分别为291.00kg/亩, 287.80kg/亩, 365.50 kg/亩, 其中中稻空白产量显著高于早稻与晚稻($P < 0.05$)。早稻、晚稻与中稻全肥区产量分别为408.80kg/亩, 395.80kg/亩, 520.70 kg/亩, 呈现中稻 > 早稻 > 晚稻的趋势, 且差异显著($P < 0.05$); 早稻、晚稻与中稻对土壤养分的依存率分别为65.20%、65.60%、71.00%。早稻100 kg产量N:P₂O₅:K₂O吸收比例为1:0.56:1.79, 晚稻比例为1:0.53:1.73, 中稻比例为1:0.47:1.71。早稻、晚稻与中稻NPK综合利用率分别为66.00%、70.10%、65.10%, 其中早稻与中稻NPK综合利用率均显著低于晚稻($P < 0.05$)。参照《中国三大粮食作物肥料利用率研究报告》显示中国水稻N、P₂O₅和K₂O利用率分别为41.73%、12.68%、52.86%, 可以看出, 早稻N、P肥利用率偏低, 晚稻N、P、K肥利用率偏低, 中稻N、P肥利用率偏低。针对永兴县稻田土壤NPK含量、吸收量及肥料利用率, 文章提出科学的稻田土壤改良与培肥建议。

关键词

永兴县, 稻田, 养分吸收量, 肥料利用率, 对策

Fertilizer Utilization Rate of Rice Fields in Yongxing County and Crop Scientific Fertilization Countermeasures

Xinju Li

Yongxing County Agriculture and Rural Affairs Bureau, Chenzhou Hunan

Received: Jun. 25th, 2024; accepted: Jul. 27th, 2024; published: Oct. 11th, 2024

Abstract

The investigation of soil fertility in the rice fields of Yongxing County, along with the understanding of fertilizer efficacy and fertilizer utilization rates, can provide a theoretical basis for scientific fertilization practices. A total of 52 paddy samples were collected from Yongxing County, including 23 early rice fields, 22 late rice fields, and 7 medium rice fields. Blank areas and full fertilizer areas were set up to determine and calculate the nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) content, absorption and fertilizer utilization rates of early rice, late rice and medium rice soil, and propose countermeasures for soil fertilizer cultivation and improvement in rice fields. The results showed that the average basic yields of early rice, late rice and medium rice were 291.00, 287.80, and 365.50 kg/mu, respectively, of which the blank yield of medium rice was significantly higher than that of early rice and late rice ($P < 0.05$). The yields of early rice, late rice and medium rice in the whole fertilizer area were 408.80, 395.80, and 520.70 kg/mu, respectively, showing the trend of medium rice > early rice > late rice, with obvious differences ($P < 0.05$); the dependence rates of early rice, late rice and medium rice on soil nutrients were 65.20%, 65.60%, 71.00%. The yield of 100 kg of early rice N:P₂O₅:K₂O absorption ratio is 1:0.56:1.79, the ratio of late rice is 1:0.53:1.73, and the ratio of medium rice is 1:0.47:1.71. The comprehensive utilization rate of NPK of early rice, late rice and medium rice was 66.00%, 70.10%, and 65.10%. Among them, the comprehensive utilization rate of NPK of early rice and medium rice was significantly lower than that of late rice ($P < 0.05$). Referring to the "Research Report on Fertilizer Utilization Rates of China's Three Major Food Crops", it shows that the utilization rates of N, P₂O₅ and K₂O of rice in China are 41.73%, 12.68%, 52.86%. It can be seen that the utilization rate of N and P fertilizer for early rice is low, the utilization rate of N, P, and K fertilizer for late rice is low, and the utilization rate of N and P fertilizer for medium rice is low. In view of the NPK content, absorption and fertilizer utilization rate of rice field soil in Yongxing County, this paper puts forward scientific suggestions for soil improvement and fertilizer cultivation in rice fields.

Keywords

Yongxing County, Rice Fields, Absorption Rate, Fertilizer Utilization Rate, Countermeasure

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水稻作为中国重要的农作物之一，其在农业生产中占据着举足轻重的地位。不仅因为它是我国种植最广泛、产量最高的三大粮食作物之首，更是因其对国家粮食安全与人民生活质量有着不可替代的贡献[1][2]。据统计数据显示，全国各地种植的水稻面积和产出总量，分别大约占到了全国耕地总面积的25%和粮食产量的50%，这一比例无疑凸显了水稻在我国农业经济中的核心作用[3][4]。因此，确保水稻获得充足的营养供应显得尤为关键。良好的养分管理不仅能提高水稻的生长效率和产量，而且对于保障我国人民的粮食供给和食品安全具有决定性的意义[5][6]。通过科学合理的施肥技术，可以有效地促进水稻的健康生长，提升稻米品质[7]，并对国家的粮食安全具有重要意义。

研究发现探究稻田养分状况，准确评估其肥力水平，可以为采用科学合理的施肥策略提供坚实的理论基础[8]-[10]。水稻的正常生长发育离不开氮、磷、钾肥三种肥料的综合协调施用[11]。左琴等[12]分析

稻田养分含量,能够指导农民优化施肥方式,实现作物产量的提升与品质的改善。因此,本研究针对永兴县土壤养分不平衡、施肥结构不合理等问题,收集近5年52个水稻肥料利用率试验样本,其中早稻23个,晚稻22个,中稻7个,测定并计算早稻、晚稻与中稻土壤氮(N)、磷(P)、钾(K)含量、吸收量及肥料利用率,提出稻田土壤培肥改良对策。针对永兴县稻田土壤NPK含量、吸收量及肥料利用率,开展永兴县耕地质量等级评价和土壤肥力特征研究,摸清耕地质量的关键障碍因子,以期永兴县耕地土壤退化治理、耕地质量保护与提升、农业提质增效和可持续发展提供科学依据,并提出科学的稻田土壤改良与培肥建议。

2. 材料与方法

2.1. 研究区基本概况

永兴县(东经112°43'~113°35',北纬25°54'~26°29'),隶属湖南省郴州市,地处湖南省东南部、郴州市北陲,东邻资兴市,南连苏仙区,西靠桂阳县,北接安仁县及衡阳市耒阳。属中亚热带大陆湿润季风气候,境内热量丰富,光照充足,雨量充沛,四季分明。小盆地冷热气候变化明显,山丘气候类型多样。年平均气温17.6℃,年平均日照时数1625.2h,日照率37.0%。全年无霜期307d。年平均降雨量1417.0mm,最大达1986.8mm,最小的915.9mm。光、热条件配合基本同季,适宜于水稻种植。

2.2. 试验设计

水稻试验设5个处理,随机排列,不设重复。

处理1:空白区,即试验小区不施用化肥;

处理2:无氮区,即试验小区不施氮肥,仅施用磷、钾肥;

处理3:无磷区,即试验小区不施磷肥,仅施用氮、钾肥;

处理4:无钾区,即试验小区不施钾肥,仅施用氮、磷肥;

处理5:氮磷钾区,即试验小区施用氮、磷、钾肥。

处理5氮、磷、钾肥用量应符合当地生产实际。处理2、处理3、处理4的氮、磷、钾肥种类、剂型、用法、用量尽可能与处理5保持一致。例如,处理5应用缓释氮肥时,处理3、处理4也应选用缓释氮肥。

主要影响因素分析:不同的耕地肥力、施肥方法、肥料种类、田间管理、气候条件等因素都将对试验结果产生影响。

2.3. 样品采集

按照《耕地地力调查与质量评价》《测土配方施肥理论与实践》《湖南省水稻氮磷钾肥利用率试验方案》等技术资料的要求,以本县第二次土壤普查资料为基础,结合我县农业生产特点和耕地土壤分布、面积情况,按照代表性、可比性、典型性的原则,共设置采样点52个,其中早稻田23个,晚稻田22个,中稻田7个。土壤带回实验室去除碎屑物、风干、磨细、过2mm尼龙筛,用于测定土壤指标。

2.4. 测定方法

收获时,各处理随机抽取10株进行经济性状考察,记录并实收测产。另采集收获期水稻植株,清洗、剪碎、混匀后于105℃杀青30min,75℃烘干至恒重,并测定地上部干物重,粉碎过筛后,采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮-半微量开氏法测定全氮含量[13];采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮-钒钼黄比色法测定全磷含量[14];采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮-火焰分光光度法测定全钾含量[15]。

2.5. 计算公式

$$\text{依存率(\%)} = \text{无肥区作物产量} / \text{全肥区作物产量} \times 100\%$$

$$\text{肥料利用率(\%)} = (\text{氮磷钾区作物吸收的养分量} - \text{缺素区作物吸收的养分量}) / \text{养分施入量} \times 100\%$$

相对产量：指缺素区产量占全肥区产量的百分比，是划分土壤养分丰缺指标的重要参数[16]。

相对养分吸收量：指缺素区 N、P、K 养分吸收量占全肥区养分吸收量的百分比，客观上反映了土壤养分贡献率的大小，是进行相关分析(校验研究)，筛选土壤有效养分测试方法的重要参数[12]。

2.6. 数据分析与统计

所有数据采用 Excel 2010 进行数据处理，用 IBM SPSS Statistic 25.0 软件统计分析。采用最小显著差异法(LSD)进行处理间差异显著性分析。

3. 结果与分析

3.1. 稻田土壤基础地力

3.1.1. 水稻空白产量、全肥区产量及作物对土壤养分的依存率

表 1 为永兴县 2008~2010 年水稻田间试验空白产量、全肥区产量及作物对养分依存率统计结果，早稻、晚稻与中稻平均基础产量分别为 291.00、287.80、365.50 kg/亩，其中中稻空白产量显著高于早稻与晚稻($P < 0.05$)。早稻、晚稻与中稻全肥区产量分别为 408.80、395.80、520.70 kg/亩，呈现中稻 > 早稻 > 晚稻的趋势，差异明显($P < 0.05$)。早稻、晚稻与中稻对土壤养分的依存率分别为 65.20%、65.60%、71.00%，其中中稻对土壤养分的依存率显著高于早稻与晚稻($P < 0.05$)。此外，早稻、晚稻与中稻的全肥区产量较空白产量分别增加 40.48%、37.53%、42.46%。

Table 1. The basic land power of rice in Yongxing County and the dependence rate of crops on soil nutrients

表 1. 永兴县水稻空白产量、全肥区产量及作物对土壤养分的依存率

处理	空白产量(kg/亩)	全肥区产量(kg/亩)	依存率(%)
早稻	291.00b	408.80b	65.20b
晚稻	287.80b	395.80c	65.60b
中稻	365.50a	520.70a	71.00a

3.1.2. 永兴县水稻作物 NPK 相对产量

表 2 为永兴县水稻作物 NPK 相对产量，早稻、晚稻与中稻 N 相对产量分别为 71.40%、68.60%、67.30%，其中早稻 N 相对产量显著高于中稻($P < 0.05$)。早稻、晚稻与中稻 P 相对产量分别为 86.90%、91.50%、83.30%，其中晚稻 P 相对产量显著高于中稻($P < 0.05$)。早稻、晚稻与中稻 K 相对产量分别为 87.40%、91.50%、78.30%，呈现晚稻 > 早稻 > 中稻的趋势，差异明显($P < 0.05$)。

Table 2. Relative NPK yield of rice crops in Yongxing County

表 2. 永兴县水稻作物 NPK 相对产量

处理	N 相对产量(%)	P 相对产量(%)	K 相对产量(%)
早稻	71.40a	86.90ab	87.40b
晚稻	68.60ab	91.10a	91.50a
中稻	67.30b	83.30b	78.30c

3.2. 永兴县水稻土壤养分吸收量及相对吸收量

表 3 为永兴县水稻土壤养分吸收量及相对吸收量, 早稻、晚稻与中稻无 N 区 N 吸收量、无 P 区 P 吸收量、无 K 区 K 吸收量、全肥区 N 吸收量、全肥区 P 吸收量、全肥区 K 吸收量与无 N 区 N 相对吸收量差异不明显, 不同作物的 N、P、K 相对养分吸收量差异与相对产量差异表现一致的趋势, 早中晚稻均以 N 的相对吸收量最低, P 的相对吸收量最高, N 的相对吸收量以晚稻最低。相反, 早稻、晚稻与中稻无 P 区 P 相对吸收量分别为 92.05%、96.78%、89.88%, 其中晚稻无 P 区 P 相对吸收量显著高于早稻与中稻($P < 0.05$)。早稻、晚稻与中稻无 K 区 K 相对吸收量分别为 86.23%、88.26%、80.69%, 早稻与晚稻无 K 区 K 相对吸收量显著高于中稻($P < 0.05$)。

Table 3. Nutrient absorption and relative absorption of rice soil in Yongxing County

表 3. 永兴县水稻土壤养分吸收量及相对吸收量

处理	无 N 区 N 吸收 量 kg	无 P 区 P 吸收量 kg	无 K 区 K 吸收 量 kg	全肥区 N 吸收 量 kg	全肥区 P 吸收量 kg	全肥区 K 吸收 量 kg	无 N 区 N 相对 吸收量%	无 P 区 P 相对吸 收量%	无 K 区 K 相对 吸收量%
早稻	6.63a	2.18a	12.29a	9.51a	2.35a	14.12a	69.22a	92.05b	86.23a
晚稻	6.26a	2.09a	11.80a	9.27a	2.16a	13.29a	67.09a	96.78a	88.26a
中稻	8.21a	2.16a	13.48a	11.78a	2.41a	16.70a	69.69a	89.88b	80.69b

3.3. 永兴县水稻单位产量 NPK 养分吸收量

表 4 为永兴县水稻 NPK 养分吸收量, 早稻、晚稻与中稻 100 kg 产量 N 的吸收量分别为 2.04、2.06、1.77 kg, 差异不明显。类似地, 早稻、晚稻与中稻 100 kg 产量 P 的吸收量分别为 1.15、1.09、0.83 kg, 差异不明显。早稻、晚稻与中稻 100 kg 产量 K 的吸收量分别为 3.66、3.56、3.02 kg, 差异不明显。早稻 100 kg 产量 N、P₂O₅、K₂O 吸收量分别为 2.04、1.15、3.66 kg, NPK 吸收比例为 1:0.56:1.79, 晚稻 100 kg 产量 N、P₂O₅、K₂O 吸收量分别为 2.06、1.09、3.56 kg, N、P、K 吸收比例为 1:0.53:1.73, 中稻 100 kg 产量 N、P₂O₅、K₂O 吸收量明显低于早、晚稻, 分别为 1.77、0.83 和 3.02 kg, 三要素吸收比例为 1:0.47:1.71。早稻、晚稻与中稻 N:P₂O₅:K₂O 比例显示晚稻与中稻 P₂O₅ 占比较低, 晚稻与中稻 K₂O 占比较高。

Table 4. NPK nutrient absorption per unit yield of rice in Yongxing County

表 4. 永兴县水稻单位产量 NPK 养分吸收量

处理	N 的吸收量(kg)	P ₂ O ₅ 的吸收量(kg)	K ₂ O 的吸收量(kg)	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O
早稻	2.04a	1.15a	3.66a	1:0.56:1.79
晚稻	2.06a	1.09a	3.56a	1:0.53:1.73
中稻	1.77a	0.83a	3.02a	1:0.47:1.71

3.4. 永兴县水稻 NPK 养分利用率

表 5 为永兴县水稻 NPK 养分利用率, 早稻、晚稻与中稻 N 养分利用率分别为 30.80%、31.40%、32.50%, 差异不显著。早稻、晚稻与中稻 P 养分利用率分别为 9.50%、6.10%、11.20%, 其中中稻 P 养分利用率显著高于晚稻($P < 0.05$), 略高于早稻, 且早稻 P 养分利用率略高于晚稻。早稻、晚稻与中稻 K 养分利用率分别为 52.90%、35.80%、65.70%, 呈现中稻 > 早稻 > 晚稻的趋势, 差异明显($P < 0.05$)。早稻、晚稻与中稻 NPK 综合利用率分别为 66.00%、70.10%、65.10%, 其中早稻与中稻 NPK 综合利用率均显著

低于晚稻($P < 0.05$)。参照《中国三大粮食作物肥料利用率研究报告》显示中国水稻 N、 P_2O_5 和 K_2O 利用率分别为 41.73%、12.68%、52.86%，可以看出，早稻 N、P 肥利用率偏低，晚稻 N、P、K 肥利用率偏低，中稻 N、P 肥利用率偏低。

Table 5. Nutrient utilization rate of rice NPK in Yongxing County

表 5. 永兴县水稻 NPK 养分利用率

处理	N 养分利用率(%)	P 养分利用率(%)	K 养分利用率(%)	NPK 综合利用率(%)
早稻	30.80a	9.50ab	52.90b	66.00b
晚稻	31.40a	6.10b	35.80c	70.10a
中稻	32.50a	11.20a	65.70a	65.10b

4. 永兴县稻田培肥改良对策与方案

4.1. 当前永兴县施肥存在问题

① 有机肥用量不平衡。离农户住地较近的田土有机肥施用较多，而山坡田或离住地较远的田土有机肥施用较少或不施。加之目前我县由于绿肥种植没有激励机制，绿肥种植者越来越少。

② 有机肥用量减少。我县自 20 世纪 90 年代以来，有机肥料施用量呈现逐年减少趋势，农作物秸秆焚烧、弃置，猪粪尿、沼气肥流失，既造成了环境污染，又造成资源损失。有的农民甚至多年不施有机肥，导致化肥肥效和土壤基础地力下降。

③ 化肥用量过大。在少施或不施有机肥的情况下，片面相信化肥的增产能力，导致化肥用量越来越大，而施肥效益越来越低，不仅造成化肥资源的巨大浪费，而且导致日益严重的农业面源污染。

④ 肥料结构不合理。氮肥、磷肥用量偏高，而有机肥、钾肥用量偏少，造成养分比例失衡。

⑤ 基追肥比例不合理。重基肥轻追肥，造成作物前期生长旺盛，后期出现早衰，不仅使肥料因流失、渗漏、硝化和反硝化作用等损失，而且造成作物减产。

⑥ 施肥方法不当。表施和撒施现象比较普遍，化肥利用率不高。

4.2. 稻田土壤改良与培肥建议

4.2.1. 有机肥与无机肥配合施用

在施肥环节上一定要加大有机肥料施用比重，扭转重无机肥轻有机肥的施肥习惯。有机肥养分齐全、肥料持久；化学肥料养分单一，但含量高，见效快。两者配合使用能取长补短，提高肥效。可采取以下措施提高有机肥的施用：一是狠抓秸秆还田技术推广，扩大秸秆还田面积，重点推广稻草高桩还田、覆盖还田及使用催腐剂等新技术；二是扩种绿肥，利用政策加大投入，逐步恢复绿肥生产；三是积制农家肥，引导农民多施农家肥。

4.2.2. 适当补充中微量元素

中量元素硅、钙、镁、硫，均具有增强植株抗逆性，改善植株抗病能力，促进生长的作用，实践表明：缺硫土壤施用硫肥、缺硅土壤施用硅肥，均有显著的增产效果。微量元素如锌、硼等，能改善水稻根部氧的供应，增强稻株的抗逆性，提高植株抗病能力，促进后期根系发育，延长叶片功能期，防止早衰；能加速花的发育，增加花粉数量，促进花粒萌发，有利于提高水稻成穗率；还能促进穗大粒多，提高结实率和子粒的充实度，从而增加稻谷产量。从本次取样调查结果看，针对我县部分耕地土壤有效硼含量偏低，因此，在作物施肥的过程中要适当增加硼肥中微量元素肥料的施用，做到大量元素肥料与微量元

素肥料平衡施用。

4.2.3. 调整化肥施用结构

改变目前“重氮轻磷钾肥”的传统施肥习惯，按照“控氮适磷增钾，分次施用”的施肥思路，大力推广普及配方肥施用技术。磷肥以基肥为宜，钾肥以追施较好。双季早稻和晚稻(包括烟后晚稻)氮肥按 5:4:1 (基肥:分蘖肥:穗肥)模式施用，即基肥 50%、分蘖肥 40%、穗肥 10%。中稻(一季晚稻)氮肥按 5:3:2 (基肥:分蘖肥:穗肥)模式施用，即基肥 50%、分蘖肥 30%、穗肥 20%。冰糖橙成年树氮肥按 3.5:3:3.5 (基肥:花期肥:采果肥)模式施用，即基肥 35%、花期肥 30%、采果肥 35%，详见表 6。

Table 6. Soil improvement and fertilization plan for rice Fields in Yongxing County

表 6. 永兴县稻田土壤改良、施肥方案

作物	基肥施用量	分蘖肥施用量	穗肥施用量	肥料比例
双季稻(早稻和晚稻)	基肥 50%	分蘖肥 40%	穗肥 10%	5:4:1
中稻(一季晚稻)	基肥 50%	分蘖肥 30%	穗肥 20%	5:3:2

5. 结论

1) 永兴县不同稻田模式(早稻、晚稻与中稻)下，中稻产量最高，早稻次之，晚稻最低。早稻、晚稻与中稻对土壤养分的依存率分别为 65.20%、65.60%、71.00%，表明稻田总体肥力较高。

2) 早稻、晚稻与中稻 N 相对产量分别为 71.40%、68.60%、67.30%，表明施用氮肥增产潜力较大；早稻、晚稻与中稻 P 相对产量分别为 86.90%、91.50%、83.30%，其中晚稻 P 相对产量显著高于中稻，表明早稻后，将会提高土壤磷的有效性；早稻、晚稻与中稻 K 相对产量分别为 87.40%、91.50%、78.30%，呈现晚稻 > 早稻 > 中稻的趋势，差异明显，表明中稻需注重钾肥施用。

3) 参照《中国三大粮食作物肥料利用率研究报告》显示中国水稻 N、P₂O₅ 和 K₂O 利用率分别为 41.73%、12.68%、52.86%，永兴县稻田早稻 N、P 肥利用率偏低，晚稻 N、P、K 肥利用率偏低，中稻 N、P 肥利用率偏低，表明永兴县水稻施肥还需进一步优化，在稻田生产中，按照“优氮、减磷、增钾”的原则优化施肥方案。根据目标产量优化氮肥用量；依土壤有效磷丰缺状况调减磷肥用量，特别注意晚稻要减少磷肥施用；在高产水稻生产中需增加钾肥用量。同时应注重有机肥与无机肥配合施用、适当补充中微量元素、调整化肥施用结构。

参考文献

- [1] 钟俊杰, 李晓镜, 尹泽润, 等. 紫泥田水稻土细菌群落对不同农艺调控措施响应[J]. 农业环境科学学报, 2022, 41(2): 367-374.
- [2] 田广丽, 孔亚丽, 张瑞卿, 等. 不同氮水平下功能叶片数量和位置对水稻产量性状的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(5): 721-728.
- [3] 张守网. 安徽省水稻病虫害监测预警系统预测模块的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽农业大学, 2018.
- [4] 唐先干, 谢金水, 徐昌旭, 等. 红壤性稻田紫云英与化肥减施对早稻品质与养分吸收的影响[J]. 中国水稻科学, 2021, 35(5): 466-474.
- [5] 杨建昌. 水稻高产与水氮高效利用的栽培调控途径与技术[C]//中国作物学会. 2018 中国作物学会学术年会论文摘要集. 2018: 1.
- [6] 蒋炳伸, 沈健林, 王娟, 等. 秸秆还田稻田土壤生物有效性磷及水稻磷吸收[J]. 水土保持学报, 2020, 34(6): 309-317.
- [7] 李殿平, 曹海峰, 张俊宝, 等. 全程深施肥对水稻产量形成及稻米品质的影响[J]. 中国水稻科学, 2006(1): 73-78.

-
- [8] 郑网宇, 陈功磊, 吴迪, 等. 不同肥力水平土壤小麦的氮磷钾肥料效应及养分吸收利用研究——以太湖流域丹阳市为例[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(23): 96-101.
- [9] 柳瑞, Abdul H, 李恩琳, 等. 减氮配施稻秆生物炭对稻田土壤养分及植株氮素吸收的影响[J]. 应用生态学报, 2020, 31(7): 2381-2389.
- [10] 张禹, 张文勇, 张佳佳, 等. 化肥减量配施有机肥对浙南双季稻养分吸收及土壤养分平衡的影响[J]. 浙江农业科学, 2023, 64(2): 278-281.
- [11] 洪秀杨, 钟于秀, 李伟芳, 等. 海南农田养分平衡状况及环境风险评价[J]. 植物营养与肥料学报, 2022, 28(11): 2070-2081.
- [12] 左琴, 刘彦伶, 李渝, 等. 长期不同轮作方式对黄壤区水稻产量和养分吸收及土壤养分含量的影响[J]. 土壤通报, 2023, 54(4): 881-888.
- [13] 刘丽敏, 顾重武, 曾燕燕. 半微量凯氏法测定植株中全氮及测量不确定度评定[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(34): 7-9+46.
- [14] 万辰, 马瑛骏, 陈思玮, 等. 不同比例有机肥替代化肥对水稻氮磷利用率和稻田氮磷平衡的影响[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(1): 93-98.
- [15] 吴雯. 氮磷钾肥配施对水稻产量及肥料利用率的影响[J]. 农技服务, 2023, 40(9): 24-27.
- [16] 张连云. 基于“3414”试验的土壤氮磷钾丰缺指标制定与应用研究[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2008.