

廖玉琴·永定区烟后稻氮磷钾施肥效应与肥料利用率研究 [J]. 福建农业科技, 2022, 53 (1): 48-53.

永定区烟后稻氮磷钾施肥效应与肥料利用率研究



廖玉琴

(龙岩市永定区农业农村局土肥站, 福建 龙岩 364100)

摘要: 为明确永定区烟后稻氮磷钾施肥效应与肥料利用率, 结合测土配方施肥“3414”试验在坎市镇清溪村和大溪乡大溪村开展田间试验。结果表明: 全肥区处理化肥用量投入 $N\ 150\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $P_2O_5\ 43.5\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $K_2O\ 100.5\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时烟后稻整体经济性状表现最佳, 稻谷和稻草产量最高, 稻谷产量比缺氮、缺磷与缺钾区分别增产 11.1%、9.4%、4.6%, 氮、磷、钾肥料贡献率分别为 10.0%、8.6%、4.4%, 施肥相应提高了稻谷与稻草氮、磷、钾养分含量, 其中全肥区稻谷分别增长 10.5%、4.7%、1.1%, 稻草分别增长 44.4%、0.8%、2.4%。氮、磷、钾肥单季利用率分别为 25.9%、16.7% 和 50.5%。上述表明, 永定区烟后稻对氮肥最为敏感, 施氮肥对产量贡献率最大, 对钾肥最不敏感, 应适当降低烟后稻钾肥施用量, 进一步优化氮磷钾施用比例。

关键词: 烟后稻; 配方施肥; 肥料利用率; 产量

中图分类号: S 511 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2301 (2022) 01-0048-06

DOI: 10.13651/j.cnki.fjnykj.2022.01.009

Study on the Fertilization Effect of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in Post-tobacco Rice and the Fertilizer Utilization Efficiency in Yongding District

LIAO Yu-qin

(Soil and Fertilizer Station, Yongding District Bureau of Agriculture and Rural Areas, Longyan, Fujian 364100, China)

Abstract: In order to clarify the fertilization effect of nitrogen, phosphorus and potassium and the fertilizer utilization rate of post-tobacco rice variety in Yongding District, the field experiment was carried out in Qingxi Village of Kanshi Town and Daxi Village of Daxi Town combined with the soil testing fertilization "3414" test. The results showed that when $150\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\ N$, $43.5\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\ P_2O_5$ and $100.5\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\ K_2O$ were applied in the whole fertilizer area, the overall economic characters of post-tobacco rice was the best, and the yields of paddy rice and straw were the highest. The yield of paddy rice increased by 11.1%, 9.4% and 4.6%, respectively, compared with that in the areas with nitrogen deficiency, phosphorus deficiency and potassium deficiency. The contribution rates of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers were 10.0%, 8.6% and 4.4%, respectively. The fertilizer application correspondingly increased the contents of nitrogen, phosphorus and potassium in paddy rice and straw, which were respectively increased by 10.5%, 4.7% and 1.1% in paddy rice and 44.4%, 0.8% and 2.4% in straw in the whole fertilizer area. The single-cropping utilization rates of nitrogen, phosphorus and potassium were 25.9%, 16.7% and 50.5%, respectively. The above results showed that the post-tobacco rice in Yongding District was the most sensitive to nitrogen fertilizer, with the largest contribution rate of applying nitrogen fertilizer to the yield, while was the least sensi-

收稿日期: 2021-11-10

作者简介: 廖玉琴, 女, 1978年生, 农艺师, 主要从事土壤肥料技术研究。

基金项目: 福建省化肥减量增效项目 (闽财农指〔2020〕59号)。

tive to potassium fertilizer. Therefore, the application rate of potassium fertilizer in the post-tobacco rice should be appropriately reduced and the application ratio of nitrogen, phosphorus and potassium should be further optimized.

Key words: Post-tobacco rice; Formula fertilization; Fertilizer utilization rate; Yield

福建省是我国最早引入烟叶种植的省份之一，具有400多年种烟史，是全国优质烟叶重点产区。位于福建省西南部的龙岩永定区是福建省的烤烟主产区，也是全国闻名的烤烟种植之乡，全区每年种植烤烟面积约2000多hm²，主要推行烟—稻轮作方式耕种，烟后稻种植面积占总水稻种植面积比例较大。因前茬作物为烟草，而烟农在栽培种植过程中往往为了追求高产出、高效益，存在过量施肥等问题，在烟叶采收后土壤中还存留较高的养分可以供给水稻生长利用，加上土壤本身矿化过程还会释放养分，土壤肥力相对较高。张寿南等^[1-2]研究发现烟后稻自然生产率为全肥区的87.18%。因此，烟后稻施肥管理不同于常规稻田，探索烟后稻氮、磷、钾肥合理施用，减少肥料损失、提高肥料利用率、发展绿色农业极其重要。

利用土壤测试结合肥料田间试验，可以明确烟后稻需肥规律、土壤供肥性能和肥料效应，有效解决烤烟生产过程中高水平施肥带来的养分流失、环境污染等问题。氮肥是水稻生产过程中产量和品质的关键因子^[3]，磷肥和钾肥是水稻正常生长的必需元素^[4-5]。经前人多年的试验发现合理施用氮、磷、钾肥均可有效提高烟后稻产量^[5-7]，特别是氮肥。杨羽^[8]通过平衡施肥研究发现在烟后稻肥料贡献率依次为氮肥>磷肥>钾肥。胡万星^[9]通过分析移栽密度、施氮量和施钾量对烟后稻产量的影响，发现氮肥的影响最大。但肥料利用率与贡献率受到土壤肥力、施肥技术、作物品种、土壤水分、气候因子、栽培管理措施等诸多因素的影响^[10]。为探明永定区烟后稻对氮、磷、钾肥的吸收利用率，更好地科学合理施用氮、磷、钾肥，本研究在测土配方施肥基础上，在永定区坎市镇清溪村、大溪乡大溪村开展烟后稻肥料利用率试验，旨在稳步提高水稻肥料利用率，不断优化烟后稻氮、磷、钾肥的施肥结构和方式，为深入推进本稻区化肥减施增效、提

升耕地质量提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

参试水稻品种：野香优676（坎市镇清溪村）、中浙优8号（大溪乡大溪村）；供试肥料：尿素（46% N）、过磷酸钙（12% P₂O₅）、氯化钾（60% K₂O）^[5]。

1.2 试验设计

试验设在龙岩市永定区坎市镇清溪村和大溪乡大溪村，供试土壤肥力均匀，地势平坦，形状整齐，排灌条件良好。基础土样理化性状见表1。试验设4个处理：无氮区（PK）、无磷区（NK）、无钾区（NP）、全肥区（NPK），采用随机区组排列，每个处理3次重复，共12个小区。小区间用覆有塑料薄膜的土埂隔离，田埂高25 cm，宽25 cm，边缘深入土层25 cm，以防不同小区间串水串肥，并设置保护行。

1.3 试验过程

试验采用湿润育秧，坎市镇小区面积16 m×2.5 m，于2020年6月21日播种，7月19日移栽；水稻株行距为22.1 cm×25.0 cm，18.1万丛·hm⁻²，每丛2粒谷秧；于11月2日开展现场测产验收。大溪乡小区面积22 m×2.5 m，于6月23日播种，7月21日移栽；水稻株行距为25.3 cm×31.5 cm，12.55万丛·hm⁻²，每丛2粒谷秧；于11月4日开展现场测产验收。两个试验点氮磷钾推荐施肥量一致，在水稻生育期共施用3次肥料，分别为基肥施用50%氮、50%钾肥与100%磷肥；分蘖期追施40%氮肥、50%钾肥，抽穗期追施10%氮肥。其中无氮区是指在水稻生育期均不施用氮肥、无磷区是指均不施用磷肥，无钾区是指均不施用钾肥。具体施肥情况详见表2。

表1 供试土壤主要理化性状

Table 1 Main physical and chemical properties of the tested soil

试验地点	土壤类型	pH	有机质 (g·kg ⁻¹)	碱解氮 (mg·kg ⁻¹)	有效磷 (mg·kg ⁻¹)	速效钾 (mg·kg ⁻¹)
坎市镇清溪村	灰黄泥田	5.9	35.6	163	78.5	286
大溪乡大溪村	乌黄泥田	5.6	40.9	138	76.9	157

表 2 试验施肥方案

Table 2 Fertilization scheme in the experiments

处理	基肥	分蘖期追肥	分蘖期追肥	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O
无氮区(PK)	过磷酸钙 362.5 kg·hm ⁻² 、氯化钾 83.75 kg·hm ⁻²	氯化钾 83.75 kg·hm ⁻²	—	0-43.5-100.5
无磷区(NK)	尿素 163.05 kg·hm ⁻² 、氯化钾 83.75 kg·hm ⁻²	尿素 130.5 kg·hm ⁻² 、氯化钾 83.75 kg·hm ⁻²	尿素 32.55 kg·hm ⁻²	150-0-100.5
无钾区(NP)	尿素 163.05 kg·hm ⁻² 、过磷酸钙 362.5 kg·hm ⁻²	尿素 130.5 kg·hm ⁻²	尿素 32.55 kg·hm ⁻²	150-43.5-0
全肥区(NPK)	尿素 163.05 kg·hm ⁻² 、过磷酸钙 362.5 kg·hm ⁻² 、氯化钾 83.75 kg·hm ⁻²	尿素 130.5 kg·hm ⁻² 、氯化钾 83.75 kg·hm ⁻²	尿素 32.55 kg·hm ⁻²	150-43.5-100.5

1.4 测定指标

于 2020 年 11 月 1 日和 11 月 3 日分别对坎市镇、大溪乡试验田每个小区以梅花点方法随机选取 20 丛水稻测定有效穗数，并取代表株 1 丛带回室内考察穗粒数、千粒重，成熟期采用小型脱粒机脱粒方法将稻草和谷粒分离，测定湿稻谷产量，晒干后测定晒干率并折算干谷产量，随机采集各小区 10 丛稻草和稻谷样品烘至恒重，经粉碎后过筛检测全氮、全磷、全钾含量计算肥料利用率、肥料产量贡献率。

1.5 分析方法

按测土配方施肥技术规程 (NY/T2911-2016) 差减法计算：

$$\text{氮肥料利用率} = (\text{施肥区谷粒产量} \times \text{谷粒 N 含量} + \text{施肥区稻草产量} \times \text{稻草 N 含量} - \text{缺氮区谷粒产量} \times \text{谷粒 N 含量} - \text{缺氮区稻草产量} \times \text{稻草 N 含量}) / 1000 / \text{施肥量 (纯量)} \times 100\%$$

$$\text{磷肥料利用率} = (\text{施肥区谷粒产量} \times \text{谷粒 P 含量} + \text{施肥区稻草产量} \times \text{稻草 P 含量} - \text{缺磷区谷粒产量} \times \text{谷粒 P 含量} - \text{缺磷区稻草产量} \times \text{稻草 P 含量}) \times 2.29 / 1000 / \text{施肥量 (纯量)} \times 100\%$$

$$\text{钾肥料利用率} = (\text{施肥区谷粒产量} \times \text{谷粒 K 含量} + \text{施肥区稻草产量} \times \text{稻草 K 含量} - \text{缺钾区谷粒产量} \times \text{谷粒 K 含量} - \text{缺钾区稻草产量} \times \text{稻草 K 含量}) \times 1.2 / 1000 / \text{施肥量 (纯量)} \times 100\%$$

$$\text{肥料产量贡献率} = (\text{施肥区产量} - \text{缺素区产量}) / \text{施肥区产量} \times 100\%^{[11-12]}$$

数据采用 DPS 7.05 统计软件与 Excel 2003 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对水稻经济性状的影响

由表 3 可知，不同处理间经济性状存在差异，整体表现为全肥区 (NPK) 烟后稻经济性状最好，两地平均有效穗较其他处理增幅 2.1%~12.6%，穗实粒数增幅 1.6%~6.1%，千粒重增幅 0~1.5%，理论产量增幅 6.1%~15.2%，其中以无氮区 (PK) 产量最低，说明烟后稻对氮肥最为敏感。另外，无氮区 (PK) 处理有效穗数最低，这是导致其产量最低的经济性状因子；无磷区 (NK) 处理千粒重最低。由此推测，施氮肥有助于提高有效穗，磷肥有助于提高千粒重。

2.2 不同施肥处理对水稻产量及肥料产量贡献率的影响

从表 4 可知，全量施肥 (NPK) 处理烟后稻产量最高，其次为无钾区 (NP)，再者是无磷区 (NK)，无氮区 (PK) 产量最低，全肥区稻谷产量较缺素区分别增产 11.1%、9.4% 和 4.6%，两个试验点稻谷产量均表现为无氮区、无磷区显著低于全肥区。根据肥料产量贡献率计算可知，氮、磷、钾肥产量贡献率分别为 10.0%、8.6%、4.4%，即为氮肥 > 磷肥 > 钾肥。由此可见，施肥均能促进烟后稻增产，尤其是施用氮肥。

从表 5 可知，两个试验点均是无氮区 (PK) 稻草产量最低；全肥区 (NPK) 稻草产量最高，与稻谷产量表现一致。缺素区稻草产量较全肥区分别减产 27.8%、17.6%、14.5%，不同处理间差异显著。缺素同样会降低稻草的产量，缺氮影响最大。

表3 不同施肥处理对水稻经济性状的影响

Table 3 Effects of different fertilization treatments on the economic traits of rice

试验地点	处理	有效穗 (万穗·hm ⁻²)	每穗实粒数 (粒)	千粒重 (g)	理论产量 (kg·hm ⁻²)
坎市镇清溪村	无氮区(PK)	149.9	189.3	26.9	7630.7
	无磷区(NK)	180.5	168.3	26.8	8139.2
	无钾区(NP)	179.9	175.3	27.0	8512.5
	全肥区(NPK)	185.3	186.3	27.1	9352.8
大溪乡大溪村	无氮区(PK)	194.9	180.7	27.1	9541.8
	无磷区(NK)	198.8	185.8	26.7	9859.7
	无钾区(NP)	200.3	186.5	27.3	10195.7
	全肥区(NPK)	202.8	189.5	27.3	10491.6
平均值	无氮区(PK)	172.4	185.0	27.0	8609.0
	无磷区(NK)	189.6	177.1	26.8	8999.0
	无钾区(NP)	190.1	180.9	27.2	9351.3
	全肥区(NPK)	194.1	187.9	27.2	9920.3

表4 不同施肥处理对稻谷产量及肥料产量贡献率的影响

Table 4 Effects of different fertilization treatments on the rice yield and the contribution rate of applying fertilizers to yield

处理	坎市镇清溪村 (kg·hm ⁻²)	大溪乡大溪村 (kg·hm ⁻²)	两地平均 (kg·hm ⁻²)	全肥区较缺素区		肥料产量贡献率 (%)
				增产(kg·hm ⁻²)	增产率(%)	
无氮区(PK)	7492.5 b	8356.4 b	7924.4 c	878.7	11.1	10.0
无磷区(NK)	7615.8 b	8480.6 b	8048.2 c	754.9	9.4	8.6
无钾区(NP)	8117.5 a	8717.0 ab	8417.2 b	385.9	4.6	4.4
全肥区(NPK)	8314.2 a	9292.1 a	8803.1 a	—	—	—

注：同列数据后不同小写字母表示不同处理间在 ($P < 0.05$) 水平差异显著。下同。

表5 不同施肥处理对水稻稻草产量的影响

Table 5 Effects of different fertilization treatments on the yield of rice straw

处理	坎市镇清溪村产量 (kg·hm ⁻²)	大溪乡大溪村产量 (kg·hm ⁻²)	两地平均 (kg·hm ⁻²)	缺素区比全肥区	
				减产 (kg·hm ⁻²)	减产率 (%)
无氮区(PK)	5767.5 c	6312.4 c	6039.9 d	2326.2	27.8
无磷区(NK)	6621.6 b	7168.6 b	6895.1 c	1471	17.6
无钾区(NP)	6766.1 b	7544.2 b	7155.2 b	1210.9	14.5
全肥区(NPK)	7917.0 a	8815.2 a	8366.1 a	—	—

2.3 不同施肥处理对水稻肥料利用率的影响

从成熟期植株养分可知(表6、7、8),全肥区(NPK)处理稻谷氮、磷、钾含量分别为11.20、1.11、0.94 g·kg⁻¹,较其余缺素处理分别增长10.5%、4.7%、1.1%。全肥区(NPK)处理稻草氮、磷、钾含量分别为4.94、1.27、30.45 g·kg⁻¹,分别较其余缺素处理增长44.4%、

0.8%、2.4%。说明缺素同样影响到稻谷与稻草的养分含量,缺氮对植株氮素降幅最大。从肥料利用率分析,氮、磷、钾肥利用率分别为25.9%、16.7%、50.5%。由此可知,烟后稻施肥中钾肥利用率最高,磷肥利用率最低,这与一般稻田肥料利用率水平基本相似^[11]。

表 6 不同施肥处理下水稻 N 含量及氮肥利用率情况

Table 6 Nitrogen content in rice and the utilization rate of nitrogen fertilizer under different fertilization treatments

试验地点	全肥区(NPK)		无氮区(PK)		氮肥利用率 (%)
	稻谷 N 含量 (g · kg ⁻¹)	稻草 N 含量 (g · kg ⁻¹)	稻谷 N 含量 (g · kg ⁻¹)	稻草 N 含量 (g · kg ⁻¹)	
坎市镇清溪村	11.00	5.47	9.87	3.25	28.0
大溪乡大溪村	11.40	4.41	10.40	3.58	23.5
平均值	11.20	4.94	10.14	3.42	25.9

表 7 不同施肥处理下水稻 P 含量及磷肥利用率情况

Table 7 Phosphorus content in rice and the utilization rate of phosphorus fertilizer under different fertilization treatments

试验地点	全肥区(NPK)		无磷区(NK)		磷肥利用率 (%)
	稻谷 P 含量 (g · kg ⁻¹)	稻草 P 含量 (g · kg ⁻¹)	稻谷 P 含量 (g · kg ⁻¹)	稻草 P 含量 (g · kg ⁻¹)	
坎市镇清溪村	1.07	1.96	1.11	1.86	19.2
大溪乡大溪村	1.14	0.58	1.01	0.65	13.1
平均值	1.11	1.27	1.06	1.26	16.7

表 8 不同施肥处理下水稻 K 含量及钾肥利用率情况

Table 8 Potassium content in rice and the utilization rate of potassium fertilizer under different fertilization treatments

试验地点	全肥区(NPK)		无钾区(NP)		钾肥利用率 (%)
	稻谷 K 含量 (g · kg ⁻¹)	稻草 K 含量 (g · kg ⁻¹)	稻谷 K 含量 (g · kg ⁻¹)	稻草 K 含量 (g · kg ⁻¹)	
坎市镇清溪村	0.92	29.3	0.84	29.9	36.4
大溪乡大溪村	0.95	31.6	1.02	29.6	65.9
平均值	0.94	30.45	0.93	29.75	50.5

3 讨论与结论

烟草轮作的耕作方式是利用两种作物对养分需求的不同,前茬烟叶喜磷钾肥,后茬水稻喜氮肥,形成土壤养分平衡吸收。生产上,烟农为获得高产存在过度施肥的现象。因此,烤烟生产后烟田土壤中仍含有较高养分含量,而烟后稻栽培施肥量尤为关键^[8,13]。张鹏博等^[14]研究发现烟后稻不施氮肥时产量最高。与本试验结果相反,烟后稻施用氮肥显著提高了产量,且增幅优于磷、钾肥,说明本烟一稻区烟后稻对氮的需求要高于钾素与磷素。另外,前人试验发现氮肥通过影响水稻的生物量和有效穗、每穗总粒数、结实率等产量构成因素,从而影响水稻产量^[15-16]。本试验发现在未施氮肥时有效穗最少,影响了稻谷稻草产量。易镇邪等^[6]、李艳芳等^[17]研究发现在一定施肥范围内,施氮对烟后晚稻同样具有显著增产效应,与本试验结果一致。肥料利用率与土壤养分含量呈负相关,土壤养分含量

高则肥料利用率低^[18]。本研究中坎市点的土壤速效钾含量约为大溪点的 2 倍,而坎市点的钾肥利用率仅约为大溪点的 50%,从中也进一步验证了土壤肥力越高,肥料利用率越低的规律,说明土壤培肥是提高肥料利用率的关键。由结果还可知,氮、磷、钾肥产量贡献率分别为 10.0%、8.6% 和 4.4%,氮肥贡献率最大,钾肥的最低,但整体贡献率都不大,主要与肥力水平有关。本研究条件下,两个试验点灰黄泥田与乌黄泥田有机质等肥力因子水平较高,影响了施肥效应,但在氮、磷、钾肥 3 种肥料中,烟后稻对氮肥最为敏感,而对钾肥最不敏感,这可能与烤烟生育期施用大量的钾肥有关^[19],该区域烤烟生产推荐的钾肥用量达到 300 kg · hm⁻² 以上,前茬大量未被烟叶吸收的钾素可供后茬水稻利用。因此本区域应适当降低烟后稻钾肥施用量。综上,本区烟后稻的施肥方式有别于双季晚稻或其他稻作,应进一步探索,通过加大测土配方施肥技术推广力度,优化氮磷钾施肥结构,提出适宜比例

与用量，稳步提高肥料利用率和肥料产量贡献率。

参考文献：

- [1] 邱世刚, 李开平, 李敏, 等. 云南景谷湿热地区烟后稻绿色高产高效栽培技术 [J]. 农业科技通讯, 2019 (1): 179-182.
- [2] 张寿南, 翁俊. 种烟对土壤肥力影响及烟后稻施肥肥效试验 [J]. 江西农业学报, 2007, 19 (5): 76-77.
- [3] 凌启鸿. 作物群体质量 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000: 179-197.
- [4] 胡泓, 王光火, 张奇春. 田间低钾胁迫条件下水稻对钾的吸收和利用效率 [J]. 中国水稻科学, 2004, 18 (6): 527-532.
- [5] 康水英. 延平区水稻氮磷钾肥料利用率试验 [J]. 农业科技通讯, 2020 (12): 97-99.
- [6] 陈有强, 林海柱. 永定县烟后稻氮磷钾适宜配比研究 [J]. 耕作与栽培, 2012 (1): 31, 34.
- [7] 易镇邪, 傅莉斌, 刘剑, 等. 烟后晚稻产量形成特性与施氮效应研究 [J]. 湖南农业科学, 2011 (11): 13-15.
- [8] 杨羽. 将乐县界口村烟后稻氮磷钾肥料利用率试验分析 [J]. 南方农业, 2021, 15 (24): 236-238.
- [9] 胡万星. 移栽密度、施氮量和施钾量对烟后稻“深两优 5814”产量的影响 [J]. 福建农业学报, 2014, 29 (5): 431-435.
- [10] 卞阿娜, 潘东明. 洋水仙在漳州地区的引种筛选研究 [J]. 热带作物学报, 2013, 34 (8): 1444-1449.
- [11] 吴明波, 陈秀德. 施秉县水稻肥料利用率试验研究 [J]. 现代农业科技, 2015 (8): 19-20.
- [12] 罗财荣. 将乐县水稻氮磷钾肥料利用率试验 [J]. 现代农业科技, 2019 (16): 10-11.
- [13] 邱桂如. 广 8 优粤禾丝苗作烟后稻机插表现及高质高效栽培技术 [J]. 耕作与栽培, 2021, 41 (1): 66-69.
- [14] 张鹏博, 张杨珠, 李洪斌. 烟稻轮作系统中烟草和晚稻施肥效应的比较研究 [J]. 湖南农业科学, 2014 (13): 9-12, 16.
- [15] 刘武, 黄林, 谢明德, 等. 氮肥用量和移栽密度对超级早稻产量及某些生理指标的影响 [J]. 作物研究, 2008, 22 (4): 254-258.
- [16] 杨梢娜, 俞巧钢, 叶静, 等. 施氮水平对杂交晚粳“浙优 12”产量及氮素利用效率的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16 (5): 1120-1125.
- [17] 李艳芳, 陈平平, 黎娟, 等. 长沙烟区烟后晚稻适宜氮肥施用量与运筹方式研究 [J]. 中国土壤与肥料, 2016 (5): 37-44.
- [18] 陈萍, 李明福, 李天福. 云南植烟土壤肥料利用率研究 [J]. 中国农学通报, 2011, 27 (18): 125-129.
- [19] 霍光, 文涛, 吴珊, 等. 提高烤烟叶片钾含量途径的研究进展 [J]. 湖南农业科学, 2020 (2): 112-114.

(责任编辑：柯文辉)