

等氮条件下磷钾互作对氮肥利用率及烤烟产量和质量的影响 ——¹⁵N 同位素示踪法

陶怡帆¹, 邓小鹏², 赵正雄¹, 徐照丽^{2*}, 欧阳铖人^{1*}

(1. 云南农业大学烟草学院, 昆明 650201; 2. 云南省烟草农业科学研究院, 昆明 650021)

摘要:肥料合理施用在全球控制肥料施用量、降低环境污染背景下对于农业的绿色发展具有更为重要的意义, 适宜的肥料配比是合理利用肥料的关键措施之一。为进一步明确不同氮磷钾比例条件下的烟叶质量特征, 摸清不同肥料配比下肥料的利用率, 以云烟 87 为材料, 采用 ¹⁵N 同位素示踪法, 研究了等氮条件下不同氮磷钾配比, 即不施处理 (T1), 常规施肥处理 (1:0.5:2, CK), 增钾处理 (1:0.5:3, T2), 增磷处理 (1:1:2, T3) 和提磷增钾处理 (1:1:3, T4) 下烤烟产量及氮肥利用率特征。结果表明: (1) 等氮条件下提磷增钾的措施显著提高烟叶的产量和产值。产量表现为 T4 > T3 > T2 > CK > T1, 产值表现为 T4 > T2 > T3 > CK > T1。与 CK 相比, T2、T3 和 T4 处理的产量分别增加了 11.81%、3.48% 和 20.72%, 产值分别增加了 9.66%、1.17% 和 19.81%。(2) ¹⁵N 同位素示踪标记结果表明, 等氮条件下提磷增钾措施能促进烟株对硝态氮和铵态氮的吸收, 提高氮肥利用率。上、中、下部叶的铵态氮和硝态氮含量 (氮分布) 分别为: T4 > T2 > T3 > CK。与 CK 相比, T2、T3 和 T4 处理的氮肥利用率分别增加了 16.87%、15.88% 和 31.00%。(3) 等氮条件下增钾处理的氮肥利用率高于增磷处理, 产量和产值较高。结果显示, 等氮条件下提磷增钾的施肥措施促进烟株对肥料的吸收, 有效提高烟株的氮肥利用率, 提高烤烟产量和增加农民经济收入, 为优质烟叶的生产提供一定的理论依据。

关键词: 烤烟; 产量; 质量; 氮肥利用率; ¹⁵N 同位素示踪法

中图分类号: S572.062

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2022)04-0552-06

Effects of P, K ratio of nitrogen use efficiency and yield, quality of flue-cured tobacco under the same N input using ¹⁵N tracer methods

TAO Yifan¹, DENG Xiaopeng², ZHAO Zhengxiong¹, XU Zhaoli², OUYANG Chengren¹

(1. College of Tobacco Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201;

2. Yunnan Academy of Tobacco Agricultural Science, Kunming 650021)

Abstract: Reasonable application of fertilizer ratio is an effective measure to control fertilizer application and reduce environmental pollution, which is a significant for the green development of agriculture. To clarify and evaluate the characteristics of tobacco leaves and improve the fertilizer utilization efficiency, the medium fertility soil was observed and the ¹⁵N tracer method were used and the effectiveness of no fertilization treatment T1, conventional fertilization treatment (1:0.5:2, CK), increasing potassium treatment (1:0.5:3, T2), increasing phosphorus treatment (1:1:2, T3) and increasing phosphorus and potassium (1:1:3, T4) treatments were designed in the field experiment to evaluate the effectiveness of yield and quality and nitrogen use efficiency of flue-cured tobacco with different P and K ratios with the same N conditions. The results suggested that: (1) The yield and economic income were increased under the treatment of increasing phosphorus and potassium with the same N conditions. The yield with the same N input were: T4 treatment > T3 treatment > T2 treatment > CK treatment > T1 treatment, and the economic income were: T4 treatment > T2 treatment > T3 treatment > CK treatment > T1 treatment. Compared with CK treatment, the yield and economic benefits in T2, T3 and T4 treatments increased by 11.81%, 3.48%, 20.72% and 9.66%, 1.17%, 19.81%,

收稿日期: 2021-10-31

基金项目: 云南省烟草公司科技计划重点专项 (2019530000241012), 云南省烟草公司重点科技项目 (2018530000241017) 和云南中烟工业有限责任公司科技计划 (S-6016011) 共同资助。

作者简介: 陶怡帆, 硕士研究生。E-mail: 1771021220@qq.com

* 通信作者: 欧阳铖人, 博士, 副教授。E-mail: oyocr6018@126.com 徐照丽, 副研究员。E-mail: kmxuzhl@126.com

respectively. Nitrogen utilization efficiency using the ¹⁵N tracer methods were: T4 treatment> T2 treatment> T3 treatment> CK treatment. (2) The value of nitrate and ammonium nitrogen in the subsoil were increased under the treatment of increasing phosphorus and potassium with the same N conditions. Compared with CK treatment, the nitrogen use efficiency in T2, T3 and T4 treatments increased by 16.87%, 15.88% and 31.00%, respectively. (3) The yield, economic income and nitrogen utilization efficiency of flue-cured tobacco under increasing potassium treatment were higher than that of increasing phosphorus treatment with the same N conditions. The results suggested that increasing P and K under the same N input can improve the fertilizer utilization efficiency of flue-cured tobacco, which is beneficial to the production of high-quality tobacco and provide a theoretical basis for the green development of agriculture.

Key words: flue-cured tobacco; yield; quality; nitrogen use efficiency; ¹⁵N tracer methods

农业绿色发展是未来农业发展方向,是促进农业全面转型升级和高质量发展的国家战略。一系列绿色发展理念的提出,对我国及全球农业绿色发展的基础问题探究具有重要理论和现实意义^[1]。施肥是维持和提升轮作系统生产力的物质基础,肥料施用对提高产量起着至关重要的作用,但过量或不合理的施用不仅降低作物品质和经济效益,还会造成氮肥利用率低,导致养分在环境中累积,严重威胁农业的绿色发展^[2]。据报道,中国肥料利用率普遍不高,因而合理施用肥料,提高肥料利用率仍是亟待解决的问题,对于农业的绿色发展具有重要的意义^[3]。肥料配比是影响肥料利用率及作物生长的重要因素之一,适宜的氮磷钾比例一直是农业生产中的重要问题^[5-6]。大量研究关注于不同肥料比例对作物(如水稻、小麦、玉米、荞麦及中草药等)生长和产量的影响^[7-8]。作为我国重要的经济作物之一烤烟也不例外,其肥料中氮磷钾元素的含量及氮磷钾的比例直接影响着烤烟产量与质量,进而影响农民的经济收入和工业的可用性。因而适宜的氮磷钾比例是提升烟叶质量的关键环节之一^[7-10]。目前,大量研究关注氮磷钾比例对烟叶产质量的影响,研究认为合理的氮磷钾比例能改善烟叶生理特性、增加产量并提高品质^[11];能有效提高烤烟各类致香物质的

含量,上部叶和中部叶中性致香物质含量较高^[12]。然而,不同土壤肥力条件下的肥料比例需求不一致,导致烤烟生产中仍然存在氮磷钾比例不协调导致肥料利用不充分的问题,如何提升不同肥力下的肥料利用率是烟叶生产中面临的重要问题^[13-14]。近年来研究表明,氮磷钾互作能提高作物产量^[15-18],但氮磷钾互作能否提高烤烟的肥料利用率还不清楚。本研究针对云南烟区烤烟种植中肥料利用率低的问题,利用¹⁵N示踪法探讨等氮条件下不同磷钾配比对烤烟产质量和肥料利用率的影响,通过施肥方法的改进建立合理的施肥模式,以期对云南烤烟烟叶优质生产以及农业的绿色发展提供理论依据及技术支撑。

1 材料与方

1.1 供试材料

试验品种为云烟 87。

试验地点:云南省玉溪市红塔区大营街镇赵桅村(24.33°N, 102.49°E, 海拔 1 625 m),该区属中亚热带高原季风型气候,年均温 17.5 °C,年均降雨量 900~1 200 mm。全年日照总时数 2 172 h,日照率 50%。土壤类型为水稻土,种植烤烟前土壤化学性质见表 1。

表 1 供试土壤基本化学性质

Table 1 Characteristics of soil nutrient of flue-cured tobacco in the field experiments

供试土壤	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/%	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	全磷/%	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	全钾%	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
水稻土	6.88	25.56	0.20	106.44	0.08	21.34	2.30	103.68
丰缺等级	中等	中等	-	中等	-	中等	-	中等

根据《全国土壤养分含量及分级标准表》的标准,该试验地土壤基础地力为中等肥力,即土壤 pH 为中性,有机质为中等,碱解氮为中等偏上,速效磷为丰富,速效钾为中等。

1.2 试验设计

试验设不施肥处理(T1),常规施肥处理(1:0.5:2, CK, 玉溪市测土配方施肥结果指导的常年

施肥习惯),增钾处理(1:0.5:3, T2),增磷处理(1:1:2, T3),提磷增钾处理(1:1:3, T4)共 5 个处理。试验采用随机区组排列,重复 3 次,共计 15 个小区。

试验于 2019 年 4 月到 9 月进行。采用田间小区试验的方法,每小区种植烟 120 株,行株距 120 cm×50 cm,起垄高度为 30~35 cm,种植密度为每

亩 1 111 株。每亩施用纯氮 5 kg, CK 处理采用烟草专用复合肥 (12:6:24), 移栽时塘每亩施复合肥 14 kg, 栽后 15 d 每亩追施复合肥 14 kg, 40 d 培土每亩追施复合肥 14 kg。T2、T3 和 T4 处理磷肥用含 P₂O₅ 18% 的钙镁磷肥补充, 钾肥用硫酸钾补充。其他田间管理按当地生产方式进行。

为测定不同处理下的肥料利用率, 每小区分别留 10 株不施复合肥的植株用于 ¹⁵N 同位素标记, 5 株用于铵态氮 (¹⁵N 丰度为 15.22%), 5 株用于硝态氮 (¹⁵N 丰度为 15.09%), 施氮量与试验处理保持一致, ¹⁵N 同位素标记的肥料由上海化工研究院提供。为降低肥料中养分的迁移扩散能力, 打塘时在烟苗移栽位置挖深和直径均为 0.5 m 的坑取出全部土壤后沿坑壁围上油毛毡, 再将土壤按顺序全部填回土坑达到隔离的效果, 标记。硝酸铵施用量为每亩 5 kg, 施用时间与其他烟株一致, 即分别在移栽时采用环施的施用方式施入塘中、移栽后 15 d 采用追施的方式, 施用深度为入土 5 cm, 移栽后 40 d 追施肥料后进行培土, 培土高度为 10 cm。

1.3 测试方法

1.3.1 烟株叶面积系数、产量和经济性状测定 叶面积以小区为单位, 单叶叶面积=叶长×叶宽×0.635, 叶面积系数=(平均单叶面积×单株叶数×每公顷株数)/10 000。产量和经济性状以小区为单位, 每小区单独采收、编杆、烘烤、分级、计产和存储, 初烤烟叶按照国标 GB2635—1992^[19] 分级, 统计每个小区烟叶的产量和中上等烟比例, 根据 2019 年玉溪市烟叶收购价格计算烟叶的产值和均价。

1.3.2 烟株肥料氮利用率测定及氮分布计算 肥料氮利用率计算如下:

$$\text{肥料氮利用率}/\%=(\text{样品 } ^{15}\text{N 丰度测定值}-0.366\ 3)/(\text{标记肥料 } ^{15}\text{N 丰度}-0.366\ 3)\times\text{样品总氮量}/\text{施氮量}\times 100\%$$

氮分布计算公式如下:

$$\text{烟叶氮素积累量}=\text{烟叶干物质质量}\times\text{氮素含量}$$

$$\text{Ndff}=\text{样品 } ^{15}\text{N 原子百分超}/\text{标记肥料的 } ^{15}\text{N 原子百分超}\times 100\%$$

$$\text{烟叶中来自肥料的氮含量}=\text{烟叶全氮}\times\text{烟叶 Ndff}$$

1.3.3 烟株样品和烟叶化学成分测定 烟叶样品采集和测定: 将 ¹⁵N 同位素标记的烟叶按株采收, 将采收烟叶样品在 105 °C 杀青 30 min, 在 80 °C 烘干至恒重并分别称重, ¹⁵N 同位素样品由河北省农科院理化所分析, ¹⁵N 丰度采用质谱仪测定。

烟叶化学成分测定: 烟叶采烤结束后, 分别取不同处理上部叶 (B3F)、中部叶 (C3F) 和下部叶

(X3F) 各 1.5 kg 样品进行常规化学成分分析测定, 送云南省烟草农业科学研究院进行分析检测。烟碱、总氮、总糖和还原糖含量采用连续流动分析仪进行测定, 方法参照中华人民共和国烟草行业标准^[20]; 全磷采用钼锑抗紫外分光光度法; 全钾采用火焰分光光度法。

1.4 统计分析方法

所有指标采用 IBM SPSS Statistics 23.0 进行数据统计和方差分析。方差分析采用 LSD 方法进行单因素比较。显著水平均为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 不同氮磷钾对比对烤烟叶面积系数的影响

叶面积系数是反映烟株长势及其对肥料吸收利用率的关键指标之一。表 2 表明, 移栽后 30 d, 施肥处理的叶面积系数显著高于不施肥处理, 但常规施肥 (T1) 处理、增磷处理 (T3)、增钾处理 (T2) 和提磷增钾处理 (T4) 的叶面积系数处理间差异不显著。移栽后 50 d, 施肥处理的叶面积系数显著高于不施肥处理; T2 处理和 T4 处理的叶面积系数高于 CK 处理, T3 处理则低于 CK 处理, 尽管差异不显著。移栽后 70 d, 施肥处理的叶面积系数显著高于不施肥处理; T2 处理和 T4 处理的叶面积系数显著高于 CK 处理, T3 处理则低于 CK 处理, 但差异不显著。与 CK 处理相比, T4 处理和 T2 处理的叶面积系数分别增加了 16.52% 和 12.42%。说明施氮量一致条件下增钾和磷钾互作能有效提高烟株生育后期叶面积。

移栽后 30、50 和 70 d 结果相一致, 即 T2 处理的叶面积系数高于 T3 处理, 但差异不显著。说明增钾能促进叶片生长。

2.2 不同氮磷钾对比对烤烟产量和经济性状影响

由表 3 可知, 等氮条件下增磷处理、增钾处理和提磷增钾处理的产量和产值均高于常规施肥处理, 以提磷增钾处理效果最优。与 CK 处理相比, T3 处理的产量和经济效益均增加, 但中上等烟比例和均价降低; T2 处理的产量和产值显著增加, 中上等烟比例增加; T4 处理的产量、产值以及中上等烟比例显著高于 T1 处理。与 CK 相比, T2, T3 和 T4 处理的产量分别增加了 11.81%、3.48% 和 20.72%, 产值分别增加了 9.66%、1.17% 和 19.81%。说明等氮条件下磷钾互作有利于优质烟叶生产。

等氮条件下增钾处理的产量和产值高于增磷处理, 说明增钾有利于烟株生长, 提高中上等烟比例。

2.3 不同氮磷钾对比对烟叶化学成分的影响

由表 4 可知, 施氮量一致情况下, 不同磷钾配

比影响烟叶质量。其中, T4 和 T2 处理烟叶的化学成分趋于协调, 总糖、还原糖及烟碱等各指标均在优质烟叶的指标范围内, 但不同部位烟叶化学成分含量有所差异。对于上部烟叶而言, 与 CK 处理相比, T2 处理的总糖、还原糖和全钾含量增加, 总氮和烟碱含量降低, 糖碱比和氮碱比增加; T3 处理的总糖、还原糖、总氮和烟碱含量增加, 全钾含量降低, 糖碱比和氮碱比降低; T4 处理的总糖、还原糖和总钾含量降低, 总氮和烟碱含量增加, 糖碱比和氮碱比降低。对于中部叶而言, 与 CK 处理相比, T2 处理的总糖和还原糖含量减少, 总氮、烟碱和全

钾含量增加, 糖碱比降低, 氮碱比增加; T3 处理的总糖、还原糖和烟碱含量增加, 总氮和总钾含量降低, 糖碱比和氮碱比降低; T4 处理的总糖、还原糖含量降低, 总氮、全钾和烟碱量降低, 糖碱比和氮碱比降低。对于下部叶而言, 与 CK 处理相比, T2 处理的总糖、还原糖和烟碱含量增加, 总氮和全钾含量降低, 糖碱比增加; T3 处理的总糖、还原糖和烟碱含量增加, 总氮和总钾含量降低, 糖碱比和氮碱比降低; T4 处理的总糖、还原糖和烟碱含量增加, 总氮和全钾含量降低, 糖碱比增加, 氮碱比降低。

表 2 等氮条件下不同磷钾比对叶面积系数的影响

Table 2 Characteristics of leaf area coefficient of flue-cured tobacco under different P, K ratio treatments with same N input

处理	移栽后 30 d	移栽后 50 d	移栽后 70 d
不施肥处理 T1	0.15±0.03 ^b	1.83±0.09 ^b	2.03±0.29 ^c
常规施肥 CK	0.50±0.08 ^a	2.72±0.31 ^a	3.03±0.22 ^b
增钾处理 T2	0.45±0.04 ^a	3.21±0.45 ^a	3.46±0.37 ^a
增磷处理 T3	0.33±0.05 ^a	2.52±0.22 ^a	2.79±0.36 ^b
提磷增钾处理 T4	0.37±0.05 ^a	2.94±0.34 ^a	3.63±0.41 ^a

注: 同列不同字母表示差异达 5% 为显著水平。下同。

表 3 等氮条件下不同磷钾比对烟叶产量和经济性状的影响

Table 3 Effects of yield, economic benefits of flue-cured tobacco under different P, K ratio treatments with same N input

处理	产量/(kg·hm ⁻²)	产值/(元·hm ⁻²)	中上等烟比例/%	均价/(元·kg ⁻¹)
不施肥处理 T1	2 357.55±103.33 ^c	66 106.65±169.27 ^c	79.56	27.91
常规施肥 CK	3 169.65±218.15 ^b	90 987.90±135.81 ^b	76.41	28.49
增钾处理 T2	3 543.90±247.91 ^{ab}	99 780.45±192.49 ^{ab}	79.19	28.08
增磷处理 T3	3 279.90±281.20 ^b	92 055.30±163.72 ^b	65.34	27.91
提磷增钾处理 T4	3 826.35±238.46 ^a	109 016.25±159.40 ^a	74.04	28.24

表 4 等氮条件下不同磷钾配比处理的烟叶内在化学成分含量

Table 4 Characteristics of chemical components of flue-cured tobacco under different P, K ratio treatments with same N input

部位	处理	总糖/%	还原糖/%	总氮/%	烟碱/%	糖碱比	氮碱比	P/%	K/%
上部叶 (B3F)	不施肥处理 T1	39.44	37.04	1.71	2.56	15.39	0.67	0.17	1.12
	常规施肥 CK	32.53	29.13	1.98	3.10	10.51	0.64	0.16	1.42
	增钾处理 T2	37.26	34.07	1.77	2.58	14.45	0.69	0.16	1.47
	增磷处理 T3	32.89	30.32	2.05	3.31	9.94	0.62	0.17	1.39
中部叶 (C3F)	提磷增钾处理 T4	31.73	29.45	2.06	3.41	9.31	0.61	0.17	1.37
	不施肥处理 T1	45.98	41.82	1.25	1.20	38.30	1.04	0.22	0.99
	常规施肥 CK	40.59	36.17	1.50	1.52	26.70	0.99	0.19	1.26
	增钾处理 T2	39.88	35.68	1.68	1.51	26.40	1.11	0.15	1.31
下部叶 (X3F)	增磷处理 T3	40.63	36.44	1.54	1.79	22.66	0.86	0.18	1.02
	提磷增钾处理 T4	37.95	34.70	1.55	1.79	21.19	0.87	0.19	1.21
	不施肥处理 T1	42.16	39.46	1.25	0.88	47.91	1.42	0.21	1.18
	常规施肥 CK	36.23	32.97	1.45	1.17	30.96	1.24	0.17	1.87
	增钾处理 T2	36.34	33.17	1.42	1.15	31.73	1.24	0.16	1.80
	增磷处理 T3	37.39	33.85	1.42	1.25	30.00	1.14	0.18	1.52
	提磷增钾处理 T4	40.65	36.98	1.34	1.11	36.53	1.21	0.14	1.69

2.4 不同氮磷钾配比下烟叶中来自肥料的氮含量分析

由表 5 可知, 铵态氮标记时, 下部叶、上部叶

和中部叶结果一致, 即 T4 处理的铵态氮吸收量高于 T2、T3 和 CK 处理, 即提磷增钾处理最优。表明磷钾互作促进了铵态氮吸收。硝态氮标记时, 上

部叶、中部叶和下部叶结果一致,即 T2、T3 和 T4 处理的确态氮吸收量高于 CK 处理,以增钾处理最优,表明增钾促进硝态氮吸收,增加叶面积。

铵态氮标记时,上部叶、中部叶和下部叶结果一致,即增磷和增钾处理的铵态氮吸收量差异不大。

硝态氮标记时,上部叶和中部叶结果一致,增钾处理的确态氮吸收量高于增磷处理,下部叶则显著差异,说明增钾后烟株主要吸收硝态氮促进中部和上部叶片的生长。

表 5 等氮条件下不同磷钾配比处理 ^{15}N 在烟叶中的分布

处理	部位	常规施肥 CK	增钾处理 T2	增磷处理 T3	提磷增钾处理 T4
$^{15}\text{NH}_4^+$	上部叶	10.32±1.39 ^b	12.39±2.18 ^b	12.71±3.41 ^b	15.82±1.97 ^a
	中部叶	11.84±2.03 ^b	12.85±1.47 ^b	14.60±2.75 ^b	17.21±2.43 ^a
	下部叶	14.98±1.87 ^b	14.12±3.05 ^b	14.74±1.70 ^b	16.15±2.50 ^a
$^{15}\text{NO}_3^-$	上部叶	13.40±2.78 ^b	19.15±2.98 ^a	16.18±1.92 ^a	16.77±2.01 ^a
	中部叶	13.74±3.00 ^b	19.30±2.41 ^a	17.16±2.79 ^a	17.80±3.28 ^a
	下部叶	16.48±3.21 ^b	19.37±1.90 ^a	19.66±2.06 ^a	18.64±1.86 ^a

表 6 等氮条件下不同磷钾配比处理的烟叶氮肥利用率

处理	部位	常规施肥 CK	增钾处理 T2	增磷处理 T3	提磷增钾处理 T4
$^{15}\text{NH}_4^+$	上部叶	4.50±0.38	6.33±0.55	4.25±0.21	5.29±0.44
	中部叶	3.21±0.47	4.87±0.36	5.57±0.36	5.52±0.56
	下部叶	3.81±0.58	3.50±0.40	3.82±0.20	5.01±0.31
	小计	11.52	14.71	13.63	15.82
$^{15}\text{NO}_3^-$	上部叶	6.75±0.30	7.02±0.49	7.55±0.61	6.99±0.31
	中部叶	6.31±0.57	5.66±0.30	7.18±0.34	8.34±0.40
	下部叶	3.44±0.39	5.38±0.55	4.13±0.58	5.57±0.15
	小计	16.51	18.05	18.85	20.90
合计	28.03	32.76	32.48	36.72	

2.5 不同氮磷钾配比对氮肥利用率的影响

肥料利用率是反映肥料的利用程度的关键指标。整体而言,增磷和增钾处理增加烤烟的氮肥利用率,以提磷增钾处理最优(表 6)。与 CK 相比,T2、T3 和 T4 处理的氮肥利用率分别增加了 16.87%、15.88%和 31.00%。铵态氮标记时,氮肥利用率表现为 T2、T3 和 T4 处理的铵态氮吸收量高于 CK 处理,以提磷增钾处理最优。与 CK 相比,T2、T3 和 T4 处理的铵态氮利用率分别增加了 27.69%、18.32%和 37.33%。硝态氮标记时的结果与铵态氮标记结论一致。与 CK 相比,T2、T3 和 T4 处理的确态氮利用率分别增加了 9.33%、14.17%和 26.59%。

铵态氮和硝态氮标记结果一致,即增钾处理的氮肥利用率高于增磷处理。表明增钾处理能促进烟株对氮肥的吸收,提高肥料利用率。

3 讨论与结论

在全球控制氮肥施用量、降低环境污染的大环境下,合理施用肥料对于农业的绿色发展具有重要的意义,适宜的氮磷钾比例是解决烟叶生产中肥料

合理施用的重要方向^[8-10]。本研究结果表明,等氮条件下提磷增钾处理能增加叶面积系数,提高烤烟产量、增加农民经济收入,这与施文等^[21]研究结果相类似。可能的原因是提磷增钾后改善了烟株生长的根系环境,促进烟株根系的生长发育^[22-23]。郑亚萍等^[24]研究表明,花生总根长、根体积、根表面积及根总数均随施磷量的增加而增加。也有研究结果表明,增施适量钾肥可以提高植物总根长、根表面积、根体积、根总数及根系活力^[25-26]。说明适当提升磷、钾用量可以促进根系生长,增加根系对不同形态氮素的吸收量,提升氮素的利用率^[27]。

本研究表明,土壤地力为中等肥力,即土壤 pH 为中性,有机质为中等,碱解氮为中等偏上,速效磷为丰富,速效钾为中等。在此肥力基础上, ^{15}N 同位素标记结果表明,等氮条件下磷钾互作增加了烟株对硝态氮和铵态氮的吸收,提高了氮肥利用率,促进烟株生长及叶片的发育。研究表明,氮素吸收的增加能促进烟株生长,即增加茎围、节距和单株叶面积(叶长和叶宽)^[28]。原因是氮素吸收增强改善了烟株叶片的捕光能力,增加净光合速率,提

高烤烟烟叶叶绿素含量(叶绿素 a 和叶绿素 b)和类胡萝卜素的含量^[29]。叶绿素含量的变化进而影响烟株的碳氮代谢水平。烟株氮素吸收增加能增加烟叶中碳氮代谢的关键酶(硝酸还原酶和淀粉酶)活性,在适宜的氮水平下既能保证烟叶既充分进行光合作用,又能在烟叶成熟时落黄成熟,使之烟株碳氮代谢协调,改善烟叶品质,进而提高烤烟的经济效益^[30-31]。

本研究利用 ¹⁵N 示踪标记技术观测了中等肥力条件下提磷增钾措施对烟株肥料利用的影响,表明肥力中等施氮量相同条件下提磷增钾措施促进烟株对硝态氮和铵态氮的吸收,提高了烟株对氮肥的利用率,促进了烟株生长,提高了烤烟产量和增加经济收入,为烤烟的优质烟叶生产提供了一定的理论依据。尽管如此,不同土壤肥力下的肥料利用率可能存在一定的差异,肥料施用及控制措施需科学、合理规划。在全球控制氮肥施用量、降低环境污染的大环境下,合理施用氮肥条件下中等肥力需考虑提磷增钾这一施肥策略,对于农业的绿色发展具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 李福夺, 杨鹏, 尹昌斌. 我国农业绿色发展的基本理论与研究展望[J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(10): 1-7.
- [2] 李小坤, 任涛, 鲁剑巍. 长江流域水稻-油菜轮作体系氮肥增产增效综合调控[J]. 华中农业大学学报, 2021, 40(3): 13-20.
- [3] 杨超. 重庆烟区主要生态因子特征及其对烤烟产质量的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2015.
- [4] 牛德新, 连文力, 崔红, 等. 施氮量对烤烟成熟期中部烟叶碳氮代谢及相关基因表达的影响[J]. 烟草科技, 2017, 50(8): 10-15.
- [5] 薛如君, 高天, 马二登, 等. 不同水肥一体化方式和施肥量对烤烟生长、氮磷钾利用及烟叶产质量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(8): 22-30.
- [6] 周锂. 不同施氮水平及氮磷钾比例对烤烟生长及产质量的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2015.
- [7] 周健飞, 武云杰, 薛刚, 等. 烟叶成熟期氮代谢酶活性、基因表达与烤烟氮素利用效率的关系[J]. 植物营养与肥料学报, 2018, 24(3): 625-632.
- [8] 马兴华, 梁晓芳, 刘光亮, 等. 氮肥用量及其基追施比例对烤烟氮素利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(6): 1655-1664.
- [9] 毕淑梅. 氮钾配施对陇东烤烟生长和产质及经济效益的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2012.
- [10] 程智敏, 向金友, 蔡毅, 等. 氮磷钾配比对云烟 100 生长发育及产质量的影响[J]. 江西农业学报, 2014, 26(7): 63-66.
- [11] 鲁泽刚, 卢迎春, 张广辉, 等. 氮磷钾配施对灯盏花产量和品质的影响及肥料效应[J]. 核农学报, 2019, 33(3): 616-622.
- [12] 王涛, 何文寿, 姜海刚, 等. 氮磷钾不同用量对马铃薯产量和淀粉含量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2016(3): 80-86.
- [13] 裴晓东, 李帆, 钟越峰, 等. 施氮量与氮磷钾配比对浏阳烟区烤烟农艺性状与产量的影响[J]. 湖南农业科学, 2014(3): 37-39.
- [14] 马猛. 不同氮磷钾比例烤烟专用复合肥的施用量对烤烟产质量的影响[D]. 昆明: 云南农业大学, 2017.
- [15] LI Z, ZHANG Q P, WEI W R, et al. Determining effects of water and nitrogen inputs on wheat yield and water productivity and nitrogen use efficiency in China: a quantitative synthesis[J]. Agric Water Manag, 2020, 242: 106397.
- [16] GU J, WU Y, TIAN Z, et al. Nitrogen use efficiency, crop water productivity and nitrous oxide emissions from Chinese greenhouse vegetables: a meta-analysis[J]. Sci Total Environ, 2020, 743: 140696.
- [17] 唐海龙, 龚伟, 王景燕, 等. 氮磷钾不同配比对藤椒产量和品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2019, 47(10): 18-26.
- [18] 邓秋林, 杨正明, 陈雨, 等. 氮磷钾配施对瓦布贝母产量及总生物碱质量分数的影响[J]. 西北农业学报, 2019, 28(7): 1138-1146.
- [19] 国家烟草专卖局. 烤烟: GB 2635-1992[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992.
- [20] 国家烟草专卖局. 中华人民共和国烟草行业标准: 烟草及烟草制品 烟碱的测定 气相色谱法: YC/T 246-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [21] 施文, 杨林, 张广富, 等. 氮条件下不同氮磷钾比例对烟叶产量与质量的影响[J]. 现代农业科技, 2018(9): 15-17.
- [22] 梁慧珍, 董薇, 许兰杰, 等. 不同氮磷钾处理大豆苗期主根长和侧根数的 QTL 定位分析[J]. 中国农业科学, 2017, 50(18): 3450-3460.
- [23] 张舒涵. 磷钾肥增施量及氮肥基追比对马铃薯生长发育及根系生理的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2018.
- [24] 郑亚萍, 王春晓, 郑祖林, 等. 磷对花生根系形态特征的影响[J]. 中国油料作物学报, 2019, 41(4): 622-628.
- [25] 郭泽, 李子坤, 代晓燕, 等. 低钾胁迫下外源生长素对烟草根系生长及钾吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(7): 1173-1184.
- [26] 赵志成, 王为木, 郭相平. 水钾耦合对水稻根际土壤钾空间分布及根系生长的影响[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(7): 28-34.
- [27] 崔佩佩, 刘鹏, 刘佳琪, 等. 不同养分配比对高粱根系生长及养分吸收的影响[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(11): 1643-1652.
- [28] 高琴, 刘国顺, 李姣, 等. 不同氮肥水平对烤烟质体色素和碳氮代谢及品质的影响[J]. 河南农业大学学报, 2013, 47(2): 138-142.
- [29] 方明, 符云鹏, 刘国顺, 等. 磷钾配施对晒红烟碳氮代谢和光合效率的影响[J]. 中国烟草科学, 2007, 28(2): 27-30.
- [30] 刘国顺, 彭智良, 黄元炯, 等. N、P 互作对烤烟碳氮代谢关键酶活性的影响[J]. 中国烟草学报, 2009, 15(5): 33-37.
- [31] 岳红宾. 不同氮素水平对烟草碳氮代谢关键酶活性的影响[J]. 中国烟草科学, 2007, 28(1): 18-20.