

引用格式:

王新月, 肖汉乾, 邓小华, 黄杰, 周孚美, 李伟, 陈治锋, 单雪华. 追肥氮量对稻茬烤烟生长和养分积累的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2021, 47(2): 153-160.

WANG X Y, XIAO H Q, DENG X H, HUANG J, ZHOU F M, LI W, CHEN Z F, SHAN X H. Effect of different amounts of topdressing nitrogen on the growth and nutrient accumulation of flue-cured tobacco in rice-tobacco rotation[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2021, 47(2): 153-160.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



追肥氮量对稻茬烤烟生长和养分积累的影响

王新月¹, 肖汉乾², 邓小华^{1*}, 黄杰¹, 周孚美³, 李伟², 陈治锋², 单雪华³

(1.湖南农业大学农学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南省烟草公司烟叶处, 湖南 长沙 410004; 3.湖南省烟草公司衡阳市公司, 湖南 衡阳 421001)

摘要:以湖南稻茬烤烟(云烟87)为材料, 研究追肥施氮量 66.75 kg/hm²(减施氮肥总量 10%)、84.75 kg/hm²(当地推荐施氮量)、102.75 kg/hm²(增施氮肥总量 10%)的烤烟农艺性状、根系形态指标、叶面积指数和干物质及氮、磷、钾积累的动态变化, 以及烤烟对氮、磷、钾的利用效率。结果表明: 随烤烟发育进程, 干物质和氮、磷、钾的积累量在烟叶中的分配比例变小; 稻茬烤烟追肥增施氮肥总量的 10%, 可促进烤烟根系生长, 改善农艺性状; 移栽后 90 d, 叶面积指数较常规追肥量、减施氮肥总量的 10% 分别提高 2.38% 和 10.58%, 氮肥吸收效率分别提高 24.52% 和 12.82%, 钾肥吸收效率分别提高 33.09% 和 18.11%; 叶片干物质积累量较减施氮肥增加; 减施追肥氮会削弱根系和地上部生长, 减少干物质积累, 降低氮肥和钾肥吸收效率。针对湖南稻茬烤烟, 应适当增加追肥施氮量, 以提高氮、磷、钾肥的利用率。

关键词: 稻茬烤烟; 施氮量; 生长; 物质积累; 养分利用效率

中图分类号: S572.01

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2021)02-0153-08

Effect of different amounts of topdressing nitrogen on the growth and nutrient accumulation of flue-cured tobacco in rice-tobacco rotation

WANG Xinyue¹, XIAO Hanqian², DENG Xiaohua^{1*}, HUANG Jie¹,
ZHOU Fumei³, LI Wei², CHEN Zhifeng², SHAN Xuehua³

(1.College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2.Tobacco Department of Hunan Tobacco Company, Changsha, Hunan 410004, China; 3.Hengyang Tobacco, Hunan Tobacco Company, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: Rice-tobacco(Yunyan87) of Hunan province was taken to determine the dynamic change of agronomic characters, root morphology parameter, leaf area index and the accumulation of dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium, and to determine the utilization efficiency of nitrogen, phosphorus and potassium of flue-cured tobacco with different amounts of topdressing nitrogen (66.75 kg/hm², 84.75 kg/hm², 102.75 kg/hm²). The results showed that the dry matter and accumulation of nitrogen, phosphorus, potassium of flue-cured tobacco in rice stubble mainly allocated to tobacco leaf; with the growth of tobacco, the distribution ratio of the dry matter and accumulation of nitrogen, phosphorus, potassium in tobacco leaf became smaller; adding 10% nitrogen fertilizer promotes the growth of root system, improves agronomic characters; 90 days after transplanting, the leaf area index was respectively 2.38% and 10.58% higher than that of conventional topdressing and reduced nitrogen fertilizer, and the dry matter accumulation of leaves increased by

收稿日期: 2020-04-17

修回日期: 2021-01-20

基金项目: 湖南省烟草专卖局项目(19-22Aa03)

作者简介: 王新月(1997—), 女, 湖南岳阳人, 硕士研究生, 主要从事烟草栽培与调制研究, 1468909857@qq.com; *通信作者, 邓小华, 博士, 教授, 主要从事烟草科学与工程技术研究, yzdxh@163.com

25.73% compared with the reduced nitrogen fertilizer treatment; nitrogen absorption efficiency was respectively increased by 24.52% and 12.82% compared with conventional topdressing and reduced nitrogen application, potassium absorption efficiency was respectively increased by 33.09% and 18.11% compared with conventional topdressing and reduced nitrogen application. Reduction of topdressing nitrogen will weaken root system and above-ground growth, reduce dry matter accumulation, and reduce nitrogen and potassium absorption efficiency. Therefore, for flue-cured tobacco from rice stubble in Hunan, the amount of topdressing nitrogen should be appropriately increased to improve the utilization efficiency of nitrogen, phosphorus and potassium.

Keywords: flue-cured tobacco in rice-tobacco rotation; nitrogen rate; growth; dry matter accumulation; nutrient utilization efficiency

氮肥施用是保证作物产量、改善作物品质的重要栽培措施,但不合理施氮会造成作物对氮的利用率低和环境污染的不良后果^[1]。烤烟生育过程中对氮素的需求有“伸根期少、旺长期多、成熟期控”的规律^[2],但管理上片面理解“少时富、老来贫”的重基肥、轻追肥现象,在南方稻作烟区更加突出^[3-4],导致施用氮肥不符合烤烟生长过程中的氮素需求规律。湖南3—5月的稻茬烤烟,生育前期降水量多而集中^[5],传统重施基肥氮的方式,使得大田氮素供应量大,而烟苗的吸收量有限,导致土壤固定和氮肥随降雨径流损失较多,造成氮肥利用率低和污染环境;而在旺盛生长期,氮素供应不足,影响烤烟生长,进而影响烟叶产量和品质^[6-7]。有研究表明,移栽前一次性施肥,可能抑制烟株根系前期生长,而不利于烟株在旺长期的发育^[8]。近年来,南方稻茬烟区正由重施基肥氮向适当减少基肥氮并结合分次追施转变^[6,9],但关注重点是对烤烟产量和品质的影响^[9-11]。据此,笔者研究湘南典型稻茬烟区在基施氮磷钾量相同的基础上追施不同氮量对烤烟生长和对氮磷钾积累动态和养分利用效率的影响,旨在为稻茬烟区制定化肥减施策略提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

烤烟品种为云烟87。

供试肥料为生物发酵饼肥(氮、磷、钾质量比5.0 0.8 1.0);烟草专用基肥(氮、磷、钾质量比8.0 10.0 11.0);烟草专用提苗肥(氮、磷、钾质量比20.0 9.0 0.0);烟草专用追肥(氮、磷、钾质量比10.0 0.0 32.0)。

1.2 试验设计

试验于2019年在湖南省耒阳市马水镇(N26.65°、E113.06°)进行。水稻土全氮2.30 g/kg,

全磷1.80 g/kg,全钾14.50 g/kg,铵态氮7.82 mg/kg,硝态氮13.86 mg/kg,pH 7.25,有机质23.20 g/kg。基肥氮(94.50 kg/hm²)、磷肥(145.35 kg/hm²)、钾肥(442.50 kg/hm²)保持一致。设3个追肥施氮量处理:T1,追肥氮66.75 kg/hm²,基肥、追肥氮比例为0.59 0.41,总施氮量为161.25 kg/hm²,相当于减施氮肥总量的10%;T2(常规处理),追肥氮84.75 kg/hm²,基肥、追肥氮比例为0.53 0.47,总施氮量为179.25 kg/hm²,为当地推荐施肥量;T3,追肥氮102.75 kg/hm²,基肥、追肥氮比例为0.48 0.52,总施氮量为197.25 kg/hm²,相当于增施氮肥总量的10%。3次重复,小区面积60 m²,随机区组排列。种植密度为16 500株/hm²。

烟草专用基肥900.00 kg/hm²,在起垄时作基肥条施;在移栽前10 d穴施生物发酵饼肥450.00 kg/hm²和钙镁磷肥375.00 kg/hm²;烟草专用提苗肥在烟苗移栽时(15.00 kg/hm²)和第1次追肥时(60.00 kg/hm²)分2次对水浇施;烟草专用追肥(T1为420 kg/hm²、T2为600.00 kg/hm²、T3为780.00 kg/hm²)分4次对水浇施;硫酸钾肥(T1为340.20 kg/hm²、T2为225.00 kg/hm²、T3为109.80 kg/hm²)分2次对水浇施;硝酸钾肥75.00 kg/hm²在第2次追肥时对水浇施。两段育苗,3月28日大田移栽,5月25日现蕾打顶,并去除低脚叶4~5片,留叶数16~18片。其他栽培管理措施按照衡阳市优质烤烟生产技术规程实施。

1.3 主要检测指标及方法

于烟苗移栽后30、60、90 d,每小区选取具有代表性的烟株,按照YC/T142—2010《烟草农艺性状调查测量方法》,测定株高、茎围、节距、叶片数、最大叶长、最大叶宽等农艺性状;采用LA-2400多参数根系分析系统^[12],测量根长、根表面积、根体积、根直径及根尖数;取根、茎、叶杀青烘干至

恒重,测定干物质质量;粉碎后,参照文献[13]方法,测定 N、P、K 含量。

1.4 数据处理

参照文献[14–15],计算烟叶叶面积指数、单位面积干物质积累量、单位面积氮磷钾积累量、干物质(氮、磷、钾)分配率、氮磷钾肥吸收效率、氮磷钾肥利用效益、烟叶生产效率、收获指数。

采用 Excel 2003 和 SPSS 17.0 进行数据处理和统计分析,采用 Duncan 法检验显著性。

2 结果与分析

2.1 追肥施氮量对烤烟生长的影响

2.1.1 烤烟农艺性状

由表 1 可知,移栽后 30 d,增施追肥氮处理烤烟的农艺性状最佳,减施追肥氮的表现差;增施追肥氮处理烤烟的株高、茎围、节距和最大叶面积显

著高于减施追肥氮处理的。移栽后 60 d,增施追肥氮烤烟的农艺性状表现最佳,减施追肥氮的表现差;增施追肥氮烤烟的节距和最大叶面积显著高于其他处理。移栽后 90 d,增施追肥氮烤烟的农艺性状指标表现最佳,减施追肥氮的表现差;增施追肥氮烤烟的茎围、节距显著高于减施追肥氮的。烤烟移栽后 30 d,增施追肥氮烤烟的叶面积指数较常规处理、减施追肥氮处理分别提高 20.90%、27.36%;移栽后 60 d,增施追肥氮烤烟的叶面积指数较常规处理、减施追肥氮处理分别提高 6.42%、17.40%;移栽后 90 d,增施追肥氮处理烤烟的叶面积指数较常规处理、减施追肥氮处理分别提高 2.38%、10.58%。增施追肥氮处理烤烟的叶面积指数在 3 个取样时期均显著高于减施追肥氮处理,但常规处理烤烟的叶面积指数与其他处理差异不显著。表明增加追肥施氮量改善了烤烟农艺性状。

表 1 不同追肥施氮量的烤烟的农艺性状

移栽后时间/d	处理	茎围/cm	节距/cm	株高/cm	叶片数	最大叶面积/cm ²	叶面积指数
30	T1	(5.57±0.34)b	(1.08±0.26)b	(17.35±2.00)b	9.17±0.75	(436.84±40.06)b	(1.46±0.18)b
	T2	(5.60±0.42)b	(1.78±0.23)ab	(20.03±2.07)ab	9.67±1.03	(443.56±54.68)b	(1.59±0.25)ab
	T3	(6.23±0.50)a	(2.20±0.30)a	(23.35±3.23)a	10.00±1.26	(599.20±85.85)a	(2.01±0.28)a
60	T1	9.29±0.65	(4.75±0.25)b	95.10±8.26	12.67±1.15	(1052.94±121.94)b	(4.89±0.40)b
	T2	9.37±0.75	(4.35±0.50)b	95.67±12.79	13.67±2.52	(1237.54±47.97)b	(5.54±0.43)ab
	T3	9.70±0.82	(5.44±0.19)a	101.83±8.40	14.33±1.53	(1311.40±122.02)a	(5.92±0.41)a
90	T1	(9.53±0.31)b	(4.88±0.14)b	93.13±4.44	8.33±0.58	1126.45±313.98	(4.14±0.16)b
	T2	(10.07±0.32)ab	(5.12±0.20)ab	101.80±6.42	8.33±0.58	1199.84±127.31	(4.52±0.35)ab
	T3	(11.03±0.47)a	(5.70±0.17)a	112.23±5.05	8.67±0.58	971.51±220.45	(4.63±0.11)a

同列不同字母表示同一移栽时间处理间差异显著($P<0.05$)。

2.1.2 烤烟根系

由表 2 可知,移栽后 30 d,增施追肥氮处理烤烟的根形态指标表现最佳,减施追肥氮的表现差(根体积和根平均直径除外);增施追肥氮处理烤烟的根

长度、根尖数显著高于其他处理。移栽后 60 d,增施追肥氮烤烟的根形态指标表现最佳,减施追肥氮的表现差(根平均直径除外);不同处理的根尖数差异显著;增施追肥氮处理烤烟的根表面积显著高于

表 2 不同追肥施氮量的烤烟的根系性状

移栽后时间/d	处理	根尖数	根平均直径/mm	根长度/cm	根表面积/cm ²	根体积/cm ³
30	T1	(1625.00±88.76)b	0.50±0.07	(414.32±36.64)b	213.23±8.99	12.57±2.40
	T2	(1677.67±86.98)b	0.47±0.06	(442.01±56.13)b	216.49±14.97	13.17±0.60
	T3	(2216.00±290.95)a	0.52±0.03	(608.83±35.41)a	226.47±9.36	10.77±2.14
60	T1	(8680.33±548.00)c	1.27±0.11	(1135.55±118.48)b	(516.28±72.27)b	(215.99±20.75)b
	T2	(14 637.67±2049.73)b	1.21±0.13	(1332.75±120.9)ab	(747.92±81.77)b	(259.48±12.59)ab
	T3	(25 856.00±2177.12)a	1.31±0.10	(1568.79±71.40)a	(1300.48±186.59)a	(301.81±18.64)a
90	T1	(30 835.67±548.85)b	2.10±0.02	(2264.63±284.76)b	(792.09±36.57)b	(268.42±13.76)b
	T2	(62 642.00±662.81)b	2.17±0.23	(2381.69±185.36)b	(915.41±35.71)ab	(254.90±51.72)b
	T3	(127 287.33±1415.5)a	2.29±0.20	(2776.52±218.57)a	(1086.88±107.96)a	(410.30±12.77)a

同列不同字母表示同一移栽时间处理间差异显著($P<0.05$)。

其他处理；增施追肥氮处理烤烟的根长度和根体积显著高于减施追肥氮的。移栽后 90 d，增施追肥氮处理烤烟的根形态指标均表现最佳，减施追肥氮的表现差；增施追肥氮处理烤烟的根长度、根体积和根尖数显著高于其他处理，且增施追肥氮烤烟的根表面积显著高于减施追肥氮的。表明增加追肥施氮量促进了根系发育。

2.2 追肥施氮量对烤烟干物质积累与分配的影响

由表 3 可知，烤烟干物质主要分配到叶部，根部最少，且随烤烟生育进程发展，根、茎干物质分配比例增加，叶干物质分配比例降低。移栽后 30 d，增施追肥氮处理烤烟的烟株总干物质和根、茎、叶干物质积累量均表现最佳，且显著高于其他处理，减施追肥氮的表现差。移栽后 60 d，增施追肥氮处理烤烟的烟

株总干物质和根、茎、叶干物质积累量均表现最佳，减施追肥氮的表现差，增施追肥氮处理烤烟的总干物质和根、茎干物质积累量显著高于其他处理，增施追肥氮处理烤烟的叶干物质积累量显著高于减施的。移栽后 90 d，增施追肥氮处理烤烟的烟株总干物质和根、茎、叶干物质积累量均表现最佳，减施追肥氮的表现差；其中，各处理间总干物质和茎干物质积累量差异显著，增施追肥氮处理烤烟的根干物质积累量显著高于减施的，常规处理和增施追肥氮处理烤烟的叶干物质积累量显著高于减施的。表明增加追肥施氮量促进了烟株干物质积累，但不影响干物质在根、茎、叶中分配比例，烤烟干物质在根、茎、叶中的分配比例与生育进程有关。

表 3 不同追肥施氮量的烤烟干物质的积累量和分配比例

移栽后 时间/d	处理	总干物质/ (kg·hm ⁻²)	干物质积累量/(kg·hm ⁻²)			干物质分配比例/%		
			根	茎	叶	根	茎	叶
30	T1	(198.97±32.08)b	(19.12±6.04)b	(27.75±5.76)b	(152.11±24.49)b	9.61±2.61	13.94±1.33	76.45±2.08
	T2	(228.56±55.14)b	(19.36±6.00)b	(30.53±9.57)b	(178.67±42.23)b	8.37±1.18	13.32±2.47	78.31±2.73
	T3	(307.86±56.15)a	(24.64±4.98)a	(50.46±10.69)a	(232.76±42.08)a	8.01±0.66	16.34±1.19	75.65±1.70
60	T1	(3370.47±139.72)b	(768.91±81.04)b	(837.81±116.19)b	(1763.75±36.14)b	22.83±2.57	24.97±4.28	52.20±4.78
	T2	(3507.25±275.30)b	(845.48±96.42)b	(846.09±140.01)b	(1815.68±54.59)ab	24.31±4.20	24.03±2.56	51.66±4.10
	T3	(4292.52±353.25)a	(1202.68±126.79)a	(1095.14±85.80)a	(1994.71±47.90)a	28.29±5.23	25.59±2.30	46.11±6.47
90	T1	(4066.85±36.18)c	(987.21±104.99)b	(1298.69±86.13)c	(1780.95±157.18)b	24.26±2.38	31.92±1.86	43.82±4.22
	T2	(4952.76±213.94)b	(1132.51±122.90)ab	(1444.30±31.44)b	(2375.96±193.85)a	22.87±2.00	29.16±1.92	47.97±2.32
	T3	(5781.40±291.75)a	(1521.76±47.09)a	(1861.81±80.97)a	(2397.83±259.46)a	26.37±2.17	32.21±0.35	41.37±2.45

同列不同字母表示同一移栽时间处理间差异显著($P<0.05$)。

2.3 追肥施氮量对烤烟养分积累与分配的影响

2.3.1 氮积累与分配

由表 4 可知，移栽后 30 d，增施追肥氮处理烤烟的烟株和根、茎、叶的氮积累量均显著高于其他处理；移栽后 60 和 90 d，增施追肥氮处理烤烟烟

株和根、茎、叶氮积累量均表现最佳，减施追肥氮的表现差，且各处理间差异达到显著水平，表明随追肥施氮量增加，烟株氮积累量增加。在烤烟整个生育期，氮主要分配到叶部，根部最少；减施追肥氮处理和常规处理烟株根的氮分配比例以移栽后

表 4 不同追肥施氮量的烤烟的氮积累量和分配比例

移栽后 时间/d	处理	氮积累总量/ (kg·hm ⁻²)	氮积累量/(kg·hm ⁻²)			氮分配比例/%		
			根	茎	叶	根	茎	叶
30	T1	(6.41±0.17)b	(0.42±0.02)b	(0.68±0.05)b	(5.31±0.14)b	6.53±0.21	(10.54±0.04)b	(82.93±0.25)b
	T2	(7.90±0.14)b	(0.46±0.05)b	(0.70±0.04)b	(6.75±0.17)b	5.79±0.14	(8.85±0.24)c	(85.36±0.38)a
	T3	(10.62±0.15)a	(0.62±0.05)a	(1.36±0.11)a	(8.64±0.10)a	5.87±0.36	(12.79±0.08)a	(81.34±0.28)b
60	T1	(37.53±0.91)c	(9.26±0.28)c	(8.23±0.57)c	(20.05±0.06)c	(24.66±0.14)a	21.90±1.00	(53.44±1.14)b
	T2	(52.86±0.34)b	(11.01±0.26)b	(10.65±0.10)b	(31.20±0.70)b	(21.42±0.63)b	19.99±0.32	(58.58±0.94)a
	T3	(66.63±1.19)a	(19.04±0.55)a	(14.09±0.47)a	(33.50±2.21)a	(25.34±1.10)a	18.28±0.90	(56.38±2.00)a
90	T1	(45.73±1.66)c	(9.89±1.19)c	(12.76±0.75)c	(23.08±0.28)c	(17.99±2.05)b	(29.16±0.61)a	(52.85±2.66)a
	T2	(58.72±0.49)b	(11.24±0.54)b	(15.24±0.35)b	(32.24±0.40)b	(19.14±0.75)b	(25.96±0.39)b	(54.90±1.14)a
	T3	(74.09±1.77)a	(19.43±0.51)a	(19.99±0.67)a	(34.67±0.58)a	(26.22±0.06)a	(26.99±0.27)b	(46.79±0.33)b

同列不同字母表示同一移栽时间处理间差异显著($P<0.05$)。

60 d 最高, 3 个处理茎的氮分配比例随时间呈增加趋势, 叶的氮分配比例则呈降低趋势。移栽后 90 d, 增施追肥氮可增加根的氮积累比例, 减少烟叶的氮积累比例。

2.3.2 磷积累与分配

由表 5 可知, 移栽后 30 d, 增施追肥氮处理烟株和叶的磷积累量显著高于其他处理。移栽后 60 d, 增施追肥氮处理烟株和根、茎的磷积累量显著高于其他处理, 常规处理和增施追肥氮处理叶的磷含量

显著高于减施追肥氮处理; 移栽后 90 d, 增施追肥氮处理烟株以及根和叶的磷积累量显著高于其他处理, 茎的磷积累量表现为增施追肥氮处理的显著高于减施追肥氮的, 表明增加追肥施氮量促进了烟株对磷元素的吸收。从分配比例上来看, 烤烟整个生育期磷主要分配到叶部, 根部最少; 随烤烟生育进程, 根和茎的磷积累比例呈增加的趋势, 叶的磷积累比例减少; 至移栽后 90 d, 不同追肥施氮量对根、茎、叶的磷分配比例的影响不显著。

表 5 不同追肥施氮量的烤烟磷积累量和分配比例

移栽后 时间/d	处理	磷积累总量/ (kg·hm ⁻²)	磷积累量/(kg·hm ⁻²)			磷分配比例/%		
			根	茎	叶	根	茎	叶
30	T1	(0.82±0.01)b	0.07±0.01	0.10±0.01	(0.65±0.01)b	(8.75±0.54)a	11.86±1.63	79.38±1.10
	T2	(0.95±0.07)b	0.06±0.01	0.11±0.01	(0.77±0.06)b	(5.89±0.52)b	12.16±0.43	81.95±0.78
	T3	(1.39±0.10)a	0.07±0.01	0.18±0.05	(1.14±0.08)a	(5.39±0.62)b	12.86±3.09	81.75±2.61
60	T1	(10.18±0.44)b	(2.07±0.14)b	(2.54±0.13)b	(5.58±0.42)b	(20.32±0.97)b	(24.98±2.18)b	(54.70±1.75)a
	T2	(11.16±0.68)b	(2.31±0.20)b	(2.60±0.85)b	(6.25±0.21)a	(20.73±1.20)b	(23.31±7.02)b	(55.96±5.99)a
	T3	(13.92±0.93)a	(3.37±0.37)a	(4.13±0.10)a	(6.42±0.66)a	(24.15±1.18)a	(29.79±2.49)a	(46.06±2.10)b
90	T1	(12.34±0.37)b	(2.96±0.19)b	(4.29±0.17)b	(5.09±0.22)b	23.95±1.15	34.80±1.69	41.25±0.62
	T2	(13.70±0.40)b	(3.05±0.03)b	(4.81±0.66)ab	(5.84±0.96)b	22.26±0.46	35.11±5.51	42.63±5.91
	T3	(17.15±1.48)a	(3.83±0.16)a	(5.85±0.92)a	(7.47±0.56)a	22.45±2.13	33.97±2.47	43.58±0.54

同列不同字母表示同一移栽时间处理间差异显著($P<0.05$)。

2.3.3 烤烟钾积累与分配

由表 6 可知, 移栽后 30 d, 增施追肥氮处理烟株和根、茎、叶的钾积累量均显著高于其他处理; 移栽后 60 和 90 d, 增施追肥氮处理烟株和根、茎、叶的钾积累量均表现最佳, 减施追肥氮的表现差, 且各处理间差异显著, 表明增加追肥施氮量促进了

烟株对钾元素的吸收。在烤烟整个生育期, 钾主要向叶部分配, 根部最少; 随烤烟生育进程, 根的钾积累比例以移栽后 60 d 最高, 茎的钾积累比例增加, 叶的钾积累比例减少; 不同追肥施氮量对根、茎、叶的钾积累比例的影响不显著。

表 6 不同追肥施氮量的烤烟钾积累量和分配比例

移栽后 时间/d	处理	钾积累总量/ (kg·hm ⁻²)	钾积累量/(kg·hm ⁻²)			钾分配比例/%		
			根	茎	叶	根	茎	叶
30	T1	(9.45±0.74)b	(0.58±0.02)b	(1.51±0.10)b	(7.36±0.40)b	6.10±0.43	15.98±0.91	77.92±0.83
	T2	(11.18±0.78)b	(0.61±0.04)b	(1.72±0.03)b	(8.86±0.79)b	5.41±0.53	15.40±1.14	79.16±1.54
	T3	(15.19±1.30)a	(0.73±0.02)a	(2.52±0.43)a	(11.93±0.95)a	4.81±0.36	16.59±1.90	78.54±1.65
60	T1	(104.49±8.16)c	(17.17±0.54)c	(29.94±1.24)c	(57.38±6.78)c	16.43±0.78	28.65±1.68	54.91±2.38
	T2	(126.05±5.37)b	(21.59±1.48)b	(34.75±3.13)b	(69.72±2.74)b	17.13±0.57	27.56±1.70	55.31±2.28
	T3	(161.03±28.12)a	(29.02±2.5)a	(44.24±1.14)a	(87.77±17.82)a	18.27±2.58	28.07±5.13	53.66±7.42
90	T1	(106.18±8.23)c	(13.49±1.31)c	(36.71±2.50)c	(55.98±8.79)c	12.78±1.90	34.70±3.44	52.52±4.17
	T2	(129.94±1.21)b	(15.70±0.80)b	(43.91±0.76)b	(70.33±2.18)b	12.09±1.61	33.79±0.84	54.12±1.32
	T3	(158.68±7.34)a	(23.03±1.27)a	(51.88±2.24)a	(83.76±9.99)a	14.54±1.24	32.79±2.93	52.67±3.93

同列不同字母表示同一移栽时间处理间差异显著($P<0.05$)。

2.4 追肥施氮量对烤烟养分利用效率的影响

由表7可知,随着追施氮量增加,氮肥吸收效率增加;增施追肥氮烤烟的氮肥吸收效率分别比减施追肥氮、常规处理的提高了24.52%和12.82%。常规追肥量烤烟的烟叶生产效率、氮收获指数均表现最佳,其次是减施追肥氮的。随着追施氮量增加,磷肥吸收效率、磷肥利用效率增加;增施追肥氮烤烟的磷肥吸收效率分别较减施追肥氮、常规处理的提高了28.05%和20.12%;增施追肥氮烤烟的磷肥利用效益分别较减施追肥氮、常规处理的提高了

25.73%和0.91%,但烟叶生产效率以常规处理最高,显著高于其他两个处理;磷收获指数处理间差异不显著。从钾肥利用看,随着施氮量增加,钾肥吸收效率增加;增施追肥氮烤烟的钾肥吸收效率分别较减施追肥氮、常规处理的提高了33.09%和18.11%,不同处理的钾肥利用效益、钾烟叶生产效率、钾收获指数差异不显著。表明增加追肥氮量提高了氮、磷、钾肥吸收效率,适量增加追肥氮施用量还可提高氮生产效率和收获指数、磷生产效率和钾肥吸收效率。

表7 不同追肥施氮量的氮磷钾的利用效率

Table 7 N, P and K utilization efficiency of flue-cured tobacco with different amounts of topdressing nitrogen

处理	吸收效率/%			利用效率/(kg·kg ⁻¹)		
	氮	磷	钾	氮	磷	钾
T1	(28.23±2.38)b	(8.49±3.38)b	(24.08±0.38)b	10.99±1.92	(12.25±1.92)b	(4.04±1.92)b
T2	(32.62±1.86)ab	(9.43±5.86)b	(29.46±1.86)ab	13.20±2.01	(16.35±2.00)a	(5.39±1.98)ab
T3	(37.42±4.22)a	(11.80±4.12)a	(35.98±2.22)a	12.11±2.22	(16.50±2.35)a	(5.44±1.82)a

处理	烟叶生产效率/(kg·kg ⁻¹)			收获指数/%		
	氮	磷	钾	氮	磷	钾
T1	(38.94±2.17)a	(144.32±8.17)b	16.77±1.17	(50.47±1.08)ab	41.25±3.08	52.72±1.08
T2	(40.46±0.85)a	(173.43±5.85)a	18.29±0.85	(54.90±2.45)a	42.63±5.45	54.12±1.45
T3	(32.36±2.45)b	(139.82±7.45)b	15.11±1.45	(46.79±3.98)b	43.56±3.98	52.79±1.98

氮(磷、钾)肥吸收效率为单位面积烟株氮(磷、钾)积累量占施用量的百分率;氮(磷、钾)肥利用效率为单位面积烟叶干物质质量与氮(磷、钾)施用量的比值;氮(磷、钾)烟叶生产效率为单位面积烟叶干物质质量与烟株氮(磷、钾)积累总量的比值;氮(磷、钾)收获指数为单位面积烟叶中的氮(磷、钾)积累量占烟株积累量的百分率;同列不同字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

3 结论与讨论

南方烟区烤烟氮肥利用率仅为20%左右^[16],这与烤烟施肥多采用重施基肥(一般占60%~70%)造成土壤中氮肥流失有关^[17]。南方稻作烟区大量基施氮肥,而烟株苗期小,需氮少,加之大田前期雨水多,肥料易通过径流、淋溶、挥发和反硝化等途径损失,其推荐施氮量远高于北方和西南烟区^[18]。LOPEZ-BELLIDO等^[19]指出氮肥施用以基追比例尤为重要。适当减少基肥氮量,增加追肥氮量和次数,适当延长追肥时期,可提升肥料农学利用率、偏生产力、吸收利用率和收获指数^[10]。在降水较多的云南玉溪,2/3的氮肥作追肥施用利用率最高^[20]。在多雨的湖南浏阳烟区,烤烟吸收氮素的58.14%~62.55%来自肥料,基肥氮利用率为28.25%~40.18%,追肥氮利用率为35.95%~69.62%^[21];汪耀富等^[4]认为,径流和渗漏损失量较大是多雨烟区烤烟氮肥利用率低的主要原因。可见,湖南稻茬烤

烟施氮量大,主要是基肥氮比例大,导致肥料流失多,利用率低。本研究的增施追肥氮处理,施氮量达到了198.00 kg/hm²,提高了氮、磷、钾肥吸收效率,但由于基肥氮比例为48%,导致氮肥吸收效率在40%以下,氮肥利用效益在15%以下;因此,湖南稻茬烤烟必须减施氮肥,以提高肥料利用率。减施基肥氮量,同时增加追肥氮施用量和采用分次追施,以减少径流和渗漏损失,才能提高肥料利用率。

在烤烟生长的各个时期,氮的营养状况对烟叶产量和品质形成影响很大。种植烤烟以基肥为主,前重后轻的施肥配置常导致氮肥供应与烤烟需求不一致^[17]。相关研究表明,总施氮量不变,适当增加追肥量能有效调控烟株营养分配,保证烟叶产量和品质^[22];在多雨的赣南烟区,施纯氮135 kg/hm²,适当提高追肥氮量,能够促进烟株生长,获得较高的烟叶产量和质量^[9];广东南雄烟区,施纯氮150 kg/hm²,70%氮肥追施,可促进烤后烟叶化学成分

比例协调^[23]。这些研究的追肥氮量虽不同,但均表现为适当增加追肥氮有利于提高烟叶产量和改善烟叶品质。本研究结果表明,增加追肥施氮量,可改善烤烟农艺性状,促进根系生长和干物质积累,提高叶面积指数,这从另外一个角度阐明了南方多雨烟区增加烤烟追肥施氮量的重要性;因此,南方多雨烟区的烤烟减施氮肥不能减施追肥氮,主要应减施基肥氮。

烟叶产量取决于烟叶干物质积累,而烟叶质量与烟株对氮、磷、钾的积累和分配有关。本研究结果表明,随着追肥氮量增加,烟株干物质质量和氮、磷、钾积累量均增加,但不同生育阶段烤烟体内氮、磷、钾的含量与分布有所变化。移栽后 30 d,烟株干物质质量和氮、磷、钾积累量分配比例均表现为叶最高,根最低,随烤烟发育进程,干物质和氮、磷、钾积累量在烟叶中的分配比例变小,这与段淑辉等^[21]、普匡等^[24]的研究结果一致。

以往研究烤烟施氮量主要采用减少施氮总量的方法^[8,24],在实际操作中同时减少基肥和追肥氮量,没有考虑基肥氮或追肥氮施用量不同所造成的影响;在研究基肥、追肥比例时,试验是保证总施氮量一致的情况下设计不同的基肥、追肥比例^[6,9,22],其不同处理的基肥施用量不同,追肥施用量也不同。本研究是在保证基肥施用量相同的情况下,研究不同追肥施氮量对烤烟生长的影响,是对以往研究的有益补充,对指导稻茬烤烟氮肥减施具有一定参考价值。

参考文献:

- [1] YANG S M, LI F M, MALHI S S, et al. Long-term fertilization effects on crop yield and nitrate nitrogen accumulation in soil in northwestern China[J]. *Agronomy Journal*, 2004, 96(4): 1039–1049.
- [2] 李春俭, 张福锁, 李文卿, 等. 烤烟养分资源综合管理理论与实践[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2006: 138–139.
LI C J, ZHANG S F, LI W Q, et al. Theory and Practice of Comprehensive Management of Nutrient Resources in Flue-Cured Tobacco[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2006: 138–139.
- [3] 邓小华, 杨丽丽, 邹凯, 等. 烟稻轮作模式下烤烟增密减氮的主要化学成分效应分析[J]. *植物营养与肥料学报*, 2017, 23(4): 991–997.
DENG X H, YANG L L, ZOU K, et al. Effect of density-increasing and nitrogen-saving on chemical components of flue-cured tobacco under tobacco-rice rotation system[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2017, 23(4): 991–997.
- [4] 汪耀富, 邵孝侯, 孙德梅, 等. 基于微区设计的多雨地区烟田土壤氮素平衡研究[J]. *烟草科技*, 2019, 52(3): 18–25.
WANG Y F, SHAO X H, SUN D M, et al. Study on nitrogen balance of tobacco-planting soils in rainy regions based on micro-area design[J]. *Tobacco Science & Technology*, 2019, 52(3): 18–25.
- [5] 曹健, 邓小华. 郴州浓香型特色优质烟叶生产与开发[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2006.
CAO J, DENG X H. Production and Development of Chenzhou-Flavor Characteristic High-Quality Tobacco Leaves in Chenzhou[M]. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 2006.
- [6] 马兴华, 管恩森, 王永, 等. 氮肥后移对烤烟氮素吸收、利用及品质的影响[J]. *中国农学通报*, 2018, 34(1): 36–40.
MA X H, GUAN E, WANG Y, et al. Effect of postponing N application on nitrogen uptake, utilization and leaf quality of flue-cured tobacco[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2018, 34(1): 36–40.
- [7] 李春俭, 张福锁, 李文卿, 等. 我国烤烟生产中的氮素管理及其与烟叶品质的关系[J]. *植物营养与肥料学报*, 2007, 13(2): 331–337.
LI C J, ZHANG F S, LI W Q, et al. Nitrogen management and its relation to leaf quality in production of flue-cured tobacco in China[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2007, 13(2): 331–337.
- [8] 李文卿, 江荣凤, 陈顺辉, 等. 不同施氮处理对烤烟生长和植物碱积累的影响[J]. *中国烟草学报*, 2010, 16(2): 55–60.
LI W Q, JIANG R F, CHEN S H, et al. Effects of applying nitrogen fertilizer on growth and total alkaloids accumulation in flue-cured tobacco[J]. *Acta Tabacaria Sinica*, 2010, 16(2): 55–60.
- [9] 张海伟, 翟晶, 程小强, 等. 不同基追肥比例及施氮量对紫色土旱地烤烟产质量的影响[J]. *中国烟草学报*, 2013, 19(2): 72–76.
ZHANG H W, ZHAI J, CHENG X Q, et al. Effects of different ratio between base and topdressing N-fertilizers and N application rates on yield and quality of tobacco leaves in dry land of purple soil[J]. *Acta Tabacaria Sinica*, 2013, 19(2): 72–76.
- [10] 陈壮壮, 郭俊杰, 陈泽鹏, 等. 不同施肥模式对烤烟氮钾肥利用效率及产量和品质的影响[J]. *华北农学报*, 2015, 30(5): 180–188.
CHEN Z Z, GUO J J, CHEN Z P, et al. Effects of

- different fertilization modes on nitrogen and potassium use efficiency, yield and quality of flue-cured tobacco[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2015, 30(5):180-188.
- [11] 马兴华, 石屹, 张忠锋, 等. 施氮量与基追比例对烟叶品质及氮肥利用率的影响[J]. *中国烟草科学*, 2015, 36(4): 34-39.
- MA X H, SHI Y, ZHANG Z F, et al. Effects of nitrogen fertilizer rate and ratio of base and topdressing on flue-cured tobacco quality and nitrogen utilization efficiency[J]. *Chinese Tobacco Science*, 2015, 36(4): 34-39.
- [12] AHMED H M A, VERSIANI M A, DE-DEUS G, et al. A new system for classifying root and root canal morphology[J]. *International Endodontic Journal*, 2017, 50(8): 761-770.
- [13] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 167-169.
- LI H S. Principle and Technology of Plant Physiological and Biochemical Experiment[M]. Beijing: Higher Education Press, 2003: 167-169.
- [14] 谢陈灵, 李瑞莲, 刘爱玉, 等. 栽培模式对棉花干物质生产和产量形成的影响[J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2018, 44(3): 240-243.
- XIE C L, LI R L, LIU A Y, et al. Effects of cultivation patterns on cotton dry matter production and yield formation[J]. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)*, 2018, 44(3): 240-243.
- [15] 易镇邪, 王璞, 陈平平, 等. 氮肥类型对夏玉米氮素吸收和利用的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2008, 14(3): 472-478.
- YI Z X, WANG P, CHEN P P, et al. Effect of different types of nitrogen fertilizer on nitrogen absorption and utilization of summer maize (*Zea mays* L.)[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2008, 14(3): 472-478.
- [16] 李超, 林建委, 曾繁东, 等. 不同氮肥管理模式对烤烟产量、品质形成和氮肥利用率的影响[J]. *华南农业大学学报*, 2014, 35(5): 57-63.
- LI C, LIN J W, ZENG F D, et al. Effects of different nutrient management models on the formation of yield, quality and nitrogen use efficiency of flue-cured tobacco[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2014, 35(5): 57-63.
- [17] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987: 134-139.
- Tobacco Research Institute. *Chinese Tobacco Cultivation*[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1987: 134-139.
- [18] 刘国顺. 中国烟叶生产实用技术指南[M]. 中国烟叶生产购销公司, 2004.
- LIU G S. Technical Guide for Tobacco Production in China[M]. China Tobacco Production and Marketing Company, 2004.
- [19] LÓPEZ-BELLIDO L, LÓPEZ-BELLIDO R J, REDONDO R. Nitrogen efficiency in wheat under rain fed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application[J]. *Field Crops Research*, 2005, 94(1): 86-97.
- [20] 陈萍, 李天福, 张晓海, 等. 利用 ^{15}N 示踪技术探讨烟株对氮素肥料的吸收与分配[J]. *云南农业大学学报*, 2003, 18(1): 1-4.
- CHEN P, LI T F, ZHANG X H, et al. Exploring tobacco plant's absorption and distribution of nitrogen fertilizers by using ^{15}N tracing technique[J]. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 2003, 18(1): 1-4.
- [21] 段淑辉, 刘天波, 张璐, 等. 浏阳烟区烤烟氮素吸收利用特征[J]. *中国烟草科学*, 2016, 37(5): 28-33.
- DUAN S H, LIU T B, ZHANG L, et al. Nitrogen absorption and utilization of flue-cured tobacco in Liuyang[J]. *Chinese Tobacco Science*, 2016, 37(5): 28-33.
- [22] 李志鹏, 刘浩, 周涵君, 等. 基肥与追肥比例对烤烟生长发育和品质的影响[J]. *江苏农业科学*, 2017, 45(24): 59-63.
- LI Z P, LIU H, ZHOU H J, et al. Effects of the ratio of basal fertilizer to topdressing on the growth and quality of flue-cured tobacco[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2017, 45(24): 59-63.
- [23] 薛刚, 杨志晓, 张小全, 等. 不同氮肥用量和施用方式对烤烟生长发育及品质的影响[J]. *西北农业学报*, 2012, 21(6): 98-102.
- XUE G, YANG Z X, ZHANG X Q, et al. Effects of different nitrogen fertilizers and applied methods on the development and quality of flue-cured tobacco[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2012, 21(6): 98-102.
- [24] 普匡, 高家合, 田旺海, 等. 烤烟营养器官对氮肥的吸收利用效率[J]. *西南农业学报*, 2014, 27(5): 2035-2039.
- PU K, GAO J H, TIAN W H, et al. Study on efficiency of nitrogen fertilizer utilization in flue-cured tobacco[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2014, 27(5): 2035-2039.

责任编辑: 罗慧敏
英文编辑: 罗维