

自然降雨条件下化学钾肥配施有机肥对烟草生长及产量的影响

汤宏¹,张杨珠²,曾掌权^{3*},王建伟¹,李向阳¹,刘伦沛¹,严红光¹

(1.凯里学院大健康学院,贵州凯里556011;2.湖南农业大学资源环境学院,长沙410128;
3.湖南省林业科学院/湖南衡山森林生态系统定位观测研究站,长沙410004)

摘要:【目的】探明在自然降雨条件下化学钾肥配施有机肥对烟草云烟87生长发育、产量及经济效益的影响,为贵州省黔东南州烟草种植区烟草钾肥的合理施用提供科学依据。【方法】采用田间小区试验,设置4种施钾水平,分别为0水平(K₀:0 kg/hm²)、1水平(K₁:120 kg/hm²)、2水平(K₂:240 kg/hm²)和3水平(K₃:360 kg/hm²),4个施肥处理,同时每个处理配施有机肥(菜枯,M)2 250 kg/hm²,调查各处理烟草在生育期内烟株主要的农艺性状、病害发生情况、烘烤后烟叶的经济性状和烟叶产量。【结果】在成熟期,K₃处理烟株各项农艺性状除节间距外均显著优于K₀处理($p<0.05$),与K₀处理相比,K₃处理烟株的株高、最大叶面积、叶片数、茎围、节间距和根体积依次分别增加了27.64%、35.16%、56.38%、35.36%、17.06%和63.03%,与K₂处理相比,K₃处理相应指标增加了2.55%、4.83%、2.21%、29.27%、16.43%、22.64%。与K₀处理相比,K₃处理烟株的赤星病、花叶病和黑胫病的发病率分别降低了51.69%、41.16%和45.35%,病情指数分别降低了44.27%、28.87%和41.56%,K₂处理相应病情发病率分别降低了28.63%、22.30%、35.61%;病指数分别降低了34.68%、10.18%、31.40%。随着施钾增加烟叶产量呈增加趋势,K₃处理烟叶的产量和产值比K₀处理分别提高了26.60%和36.03%,上等烟和中上等烟比例分别提高5.82%和2.26%,K₃处理产值显著高于K₀、K₁、K₂处理。【结论】与其他施肥处理相比,K₃处理烟株大田长势好,农艺性状好,抗病能力强,可提高产量和经济效益。

关键词:烟草;施钾量;生长;产量;雨养

中图分类号:S572

文献标志码:A

doi:10.13522/j.cnki.gggs.20180225

汤宏,张杨珠,曾掌权,等.自然降雨条件下化学钾肥配施有机肥对烟草生长及产量的影响[J].灌溉排水学报,2019,38(5):25-30,45.

0 引言

在氮、磷、钾3大必需营养元素中,烟草对钾的需求量最大^[1]。烟草是喜钾植物,钾在烟草体内以离子或可溶性盐的形式存在,参与烟株体内酶的活化、渗透压的调节、细胞膜电势的维持以及气孔的开闭等众多的生理活动,没有钾的参与烟株体内许多生理生化反应都无法完成^[2-3]。适宜的施钾量对提高烟草根系活力、促进养分吸收、增强抗逆性^[4],提高烟叶的产量有重要的作用^[5]。钾肥施用量不足或过多均会给烟草的生长和烟叶的产量和质量带来不利影响^[6]。因此,研究烟草合适的钾肥施用量,对提高烟草的产量、品质 and 经济效益具有十分重要的意义。关于不同钾肥施用量对烟草生长和产量影响,不少学者进行了相关的研究。贾欢欢等^[7]在甘肃省庆阳市正宁县烟区的大田试验表明,以‘CV70’为供试品种,和施钾量(以K₂O计,下同)分别为0、90和180 kg/hm²的处理相比,施钾量为270 kg/hm²处理烟叶的产量、品质 and 经济效益均高于其他处理。张明乾等^[8]在云南宜良分公司耿家营烟站的大田试验表明,以云烟87为供试品种,施钾量为150 kg/hm²

收稿日期:2018-04-14

基金项目:贵州省科学技术基金项目(黔科合LH字[2014]7220);贵州省教育厅特色重点实验室项目(黔教合KY字[2017]011)

作者简介:汤宏(1974-),男,湖南益阳人。副教授,博士,主要从事土壤化学与生态环境,水肥资源高效利用研究。

E-mail:13077315255@126.com

通信作者:曾掌权(1976-),男,湖南益阳人。副研究员,博士,主要从事农林土壤生态研究。E-mail:zzq7601@126.com

处理的中上等烟比例、烟叶产量和产值均高于其他施钾处理。段雯等^[9]在云南楚雄州姚安县烟区的小区试验发现,烤烟K326随施钾量的增加,烟株的株高、茎围和节间距等农艺性状明显改善,烟叶产量和产值增加,含钾量提高,各化学成分趋于协调,内在品质不断提高,以367.5 kg/hm²的施钾处理效果最好。烟草作为贵州省黔东南州主要的经济作物之一,烟草生产在促进烟农增收和脱贫致富中起着举足轻重的作用,是本地区的重要经济支柱。目前,在烟草生产中,烟农为了追求高烟叶产量和经济效益,普遍存在钾肥施用不合理的现象,非但没有提高经济效益,反而降低了收益。而在黔东南州烟草种植区有关施用不同量钾肥对烟草生长及产量影响的研究尚鲜见报道。兹在黔东南州烟草种植区开展不同钾肥用量对烟草生长及产量影响的相关试验研究,探明适合本烟草种植区的最佳施钾量,以期为烟草生产的减肥降本、增产提质增效提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地点位于贵州省黔东南州麻江县东南部的龙山镇大塘村,地处云贵高原向湘桂丘陵过渡的斜坡地带,海拔885 m,26°27'N,107°43'E,该地多年平均气温为15.8℃,多年平均降雨量为1300 mm,相对湿度80%左右,多年平均无霜期为298 d,属典型亚热带季风湿润气候区,冬无严寒、夏无酷暑、雨量充沛、四季分明。大塘村主要以种植水稻、玉米等粮食作物和种植烤烟等经济作物为主,是龙山镇烤烟种植示范村,并有多处优质烟示范点,是该镇烤烟主要种植区。

1.2 试验材料

供试烟草品种为云烟87,由贵州省黔东南州麻江县烟草专卖局(烟草公司)提供。供试化学肥料为尿素(含N 46%)、过磷酸钙(含P₂O₅ 12%)和硫酸钾(含K₂O 50%),均购自当地农资公司。有机肥料为菜枯,购自当地榨油厂,菜枯的氮N、P₂O₅、K₂O质量分数分别为4.50%、1.88%、1.04%。试验地土壤基本理化性状如下:土壤为中壤质黄壤。试验开始时耕层土壤有机质质量分数为21.90 g/kg,全氮质量分数为1.40 g/kg,碱解氮质量分数为120.00 mg/kg,全磷质量分数为0.62 g/kg,有效磷质量分数为20.60 mg/kg,全钾质量分数为11.10 g/kg,速效钾质量分数为95.00 mg/kg,pH值为7.01,阳离子交换量为14.00 cmol/kg。

1.3 试验设计

试验于2016年夏秋季在贵州省黔东南州麻江县龙山镇大塘村进行,试验前一年种植作物为夏玉米,冬季休闲。试验田土壤肥力均匀,田间的排灌条件良好。试验采取田间小区试验,设置K₀、K₁、K₂和K₃处理共4个不同施肥处理,3次重复,共12个小区,随机区组排列,小区面积为36 m²,并设置保护行,植烟行距为120 cm,株距为50 cm,每小区种植烤烟50株。本研究中各处理的化学钾肥施用量不同,化学氮肥和磷肥的施用量一致(表1)。各处理均按当地有机肥施用习惯和平均施用水平施用,将有机肥(菜枯,用M表示)在翻耕整地时作基肥一次性施用,并保证各小区有机肥施用品种、方法和施用量完全一致;各小区烟株生长所需水分均来自自然降雨,自然降水过多时排除,各小区四周开挖有宽30 cm,深25 cm的明排沟渠,田埂覆塑料薄膜将各小区自然隔开,防止排出的渍水串流进入其他小区中,以实现各小区单排单灌,防止串水串肥,影响其他小区烟株生长。K₀、K₁、K₂和K₃处理各种化学肥料的施用量按表1所列的量施用,具体施肥方法见表2。磷肥在翻耕整地时作基肥一次性施用,钾肥和氮肥分基肥和追肥施用,钾肥和氮肥的基追比分别为4:6和6:4。作基肥的钾肥和氮肥在翻地时一次性施用,追肥量的15%在烟草移栽后的还苗期内追施,剩余的追肥在旺长期内追施,追施方法均为兑水浇施。试验烟苗由黔东南州麻江县烟草公司统一提供,于4月17日移栽,其栽培管理措施均与当地烟草生产中所采用的管理措施完全一致。

表1 田间小区试验处理设置和各处理的施肥量

处理	有机肥	氮	磷	钾
K ₀	2 250	120	75	0
K ₁	2 250	120	75	120
K ₂	2 250	120	75	240
K ₃	2 250	120	75	360

表2 不同处理的施肥方法

处理	基肥			追肥	
	翻耕前			还苗期	旺长期
K ₀	M(100%)	P ₂ O ₅ (100%)	K ₂ O(40%) N (60%)	K ₂ O(9%), N (6%)	K ₂ O(51%) N (34%)
K ₁	M(100%)	P ₂ O ₅ (100%)	K ₂ O(40%) N (60%)	K ₂ O(9%), N (6%)	K ₂ O(51%) N (34%)
K ₂	M(100%)	P ₂ O ₅ (100%)	K ₂ O(40%) N (60%)	K ₂ O(9%), N (6%)	K ₂ O(51%) N (34%)
K ₃	M(100%)	P ₂ O ₅ (100%)	K ₂ O(40%) N (60%)	K ₂ O(9%), N (6%)	K ₂ O(51%) N (34%)

1.4 调查项目及方法

1.4.1 主要农艺性状的调查

在每小区选取长势中等的烟株10株并挂牌标记作为烟草各生育期(还苗期、伸根期、旺长期和成熟期)主要农艺性状的调查对象,调查项目包括株高、茎围、节间距、根体积、叶片数和最大叶面积。农艺性状的具体调查方法参照标准《烟草农艺性状调查方法(YC/T 142—2010)》中所列方法。烟株根体积采用排水法测定。烟草株高、节间距、叶长和叶宽采用带毫米刻度的软尺测定,茎围采用游标卡尺测量烟株茎的直径 d ,再利用公式 $C=\pi d$ 计算得到,烟草叶面积的计算公式为:叶长×叶宽×0.6345。

1.4.2 田间主要病害的调查

在烤烟生育期内调查烟株田间赤星病、花叶病和黑胫病等主要病害的发生情况,调查每小区的全部烟株,按照国家通行的烟草病害分级调查方法标准《烟草病虫害分级及调查方法(GB/T 23222—2008)》,对烟株病害进行分级,并计算发病率和病情指数。

发病率=(发病株数/调查总株数)×100%

病情指数= \sum (各级病株或叶数×该病级值)×100/(调查总株数或叶数×最高级值)

1.4.3 产量产值的统计方法

各小区单独采收、编竿、烘烤、分级和计产,并分炕次按烤烟国家分级标准《烤烟(GB2635—1992)》定级,记录每次各等级烟叶产量,并计算单位面积产量、上等烟比例和中等烟比例。产值按产量,上等烟和中等烟的比例及其各自市场价格计算。

1.5 数据处理与统计分析

试验数据经Excel 2010办公软件整理后,应用SPSS23.0统计软件进行数据统计分析。方差分析多重比较采用最小显著差异法(LSD法)。

2 结果与分析

2.1 烟草各生育期的农艺性状

表3为不同施钾量对处理烟草农艺性状。由表3可知,随着烟草生育期的后移和施钾量的增加,各处理烟株的各项农艺性状指标均有呈增加的变化趋势。有机肥配施化学钾肥的各处理中,以施钾量为360 kg/hm²的K₃处理表现较好。在旺长期和成熟期,K₃处理烟株的各项农艺性状指标都优于K₀处理。旺长期除茎围外,成熟期除节间距外,其他农艺性状的差异均达显著性水平($p<0.05$)。与K₀处理相比,旺长期K₃处理烟株的株高、最大叶面积、叶片数、茎围、节间距和根体积分别增加了8.87%、22.33%、54.46%、2.27%、24.88%和38.46%,在成熟期则分别增加了27.64%、35.16%、56.38%、35.36%、17.06%和63.03%。在旺长期和成熟期,与K₂处理比较,旺长期除叶片数外,K₃处理其他各项农艺性状指标都优于K₂。K₂处理相比,旺长期K₃处理烟株的株高、最大叶面积、茎围、节间距和根体积与分别增加了12.06%、19.44%、4.10%、20.71%和18.05%,在成熟期,K₃处理烟株的株高、最大叶面积、叶片数、茎围、节间距和根体积分别增加了2.55%、4.83%、2.21%、29.27%、16.43%和22.64%。

2.2 烟草的发病率和病情指数

表4为不同施钾量处理烟草病害的调查结果。由表4可知,有机肥与配施不同量化学钾肥对烟草的发病率和病情指数有明显的影响,能显著降低烤烟赤星病、花叶病和黑胫病发病率和病情指数,提高烟草的抗病性。化学钾肥配施有机肥各处理烟株赤星病、花叶病和黑胫病的发病率及病情指数均显著低于K₀处理($p<0.05$)。随施钾量的增加,烟草的发病率和病情指数均有呈降低的变化趋势。施钾量为360 kg/hm²的K₃

处理烟株赤星病和花叶病的发病率及3种病害的病情指数均显著低于其他处理($p<0.05$),黑胫病的发病率显著低于除 K_2 处理外的其他处理。与 K_0 处理相比, K_3 处理赤星病、花叶病和黑胫病的发病率分别降低了51.69%、41.16%和45.35%,病情指数分别降低了44.27%、28.87%和41.56%; K_2 处理赤星病、花叶病和黑胫病的发病率分别降低了28.63%、22.30%和35.61%,病情指数分别降低了34.68%、10.18%和31.40%。与 K_2 处理比较, K_3 处理赤星病、花叶病和黑胫病的发病率分别降低了32.31%、24.28%和15.12%,病情指数分别降低了14.68%、20.80%和14.81%。

表3 不同施钾量处理烟草农艺性状

生育期	处理	株高/cm	最大叶面积/cm ²	叶片数/片	茎围/cm	节间距/cm	根体积/cm ³
还苗期	K_0	7.31b	100.46b	8.11a	2.44a	1.08a	0.60c
	K_1	7.96a	105.56b	7.78ab	2.56a	0.99b	1.00b
	K_2	8.33a	104.23b	8.78a	2.40a	1.09a	0.76c
	K_3	8.61a	121.15a	7.44b	2.62a	1.21a	1.60a
伸根期	K_0	23.62b	493.48b	11.00b	4.67b	2.38b	8.27b
	K_1	26.52a	522.20b	11.44ab	5.20a	2.54ab	8.49b
	K_2	24.18ab	581.26b	10.89b	5.44a	2.66ab	9.31a
	K_3	26.58a	780.76a	12.78a	4.89ab	2.96a	10.81a
旺长期	K_0	66.39b	1 218.97b	11.44b	7.94a	4.34b	118.78c
	K_1	65.72b	1 223.80b	11.56b	7.90a	4.64b	115.72c
	K_2	64.50b	1 248.53b	18.44a	7.80a	4.49b	139.31b
	K_3	72.28a	1 491.22a	17.67a	8.12a	5.42a	164.46a
成熟期	K_0	69.90b	1 189.03b	13.00b	8.06b	5.57b	140.67d
	K_1	70.06b	1 151.70b	15.11b	8.12b	4.12c	173.67c
	K_2	87.00a	1 532.95a	19.89a	8.44b	5.60b	187.00b
	K_3	89.22a	1 607.06a	20.33a	10.91a	6.52a	229.33a

注 同列数字后不同小写字母表示处理间在0.05水平差异显著。下同。

表4 不同施钾量烟草病害调查结果

处理	赤星病		花叶病		黑胫病	
	发病率/%	病情指数	发病率/%	病情指数	发病率/%	病情指数
K_0	10.06a	13.87a	13.41a	17.98a	9.35a	11.91a
K_1	8.61b	11.69b	10.37b	16.81b	8.06b	10.85a
K_2	7.18c	9.06c	10.42b	16.15b	6.02c	8.17b
K_3	4.86d	7.73d	7.89c	12.79c	5.11c	6.96c

2.3 烟叶的产量和经济效益

表5为不同施钾量处理烟叶的产量和经济效益。由表5可知, K_0 、 K_1 、 K_2 和 K_3 处理烟叶产量随施钾量增加而增加, K_3 和 K_2 处理烟叶产量显著高于 K_0 和 K_1 处理($p<0.05$),但 K_0 和 K_1 处理及 K_2 和 K_3 处理间烟叶产量无显著差异。 K_3 处理烟叶的产量、产值、均价、上等烟比例和中上等烟比例均高于其他处理,其值分别为2 508.81 kg/hm²、61 139.70元/hm²、24.37元/kg、55.86%和95.73%,其中产值、上等烟比例和中上等烟比例显著高其他处理($p<0.05$)。 K_3 处理烟叶的产量、产值和均价比 K_0 处理分别提高了26.60%、36.03%和7.45%,上等烟比例和中上等烟比例分别提高了5.82%和2.26%。 K_2 处理烟叶的产量、产值和均价比 K_0 处理分别提高了14.03%、17.65%和3.17%,上等烟比例提高了1.57%。 K_3 处理烟叶的产量、产值和均价比 K_2 处理分别提高了11.02%、15.62%和4.15%,上等烟比例和中上等烟比例分别提高了4.18%和2.36%。从各处理产量产值等指标综合来看,施钾量为360 kg/hm²时最有利于提高上等烟和中上等烟比例,提高产量和均价,获得较高的产值和经济效益。

表5 不同施钾量处理烟叶的产量和经济效益

处理	产量/(kg·hm ²)	产值/(元·hm ²)	均价/(元·kg ⁻¹)	上等烟比例/%	中上等烟比例/%
K_0	1 981.72b	44 945.41d	22.68	52.79b	93.61b
K_1	2 106.35b	48 446.05c	23.00	53.31b	93.89b
K_2	2 259.81a	52 879.55b	23.40	53.62b	93.52b
K_3	2 508.81a	61 139.70a	24.37	55.86a	95.73a

3 讨论

3.1 不同施钾量与烟草农艺性状

钾素是烟草需要的大量营养元素之一,钾在烟草体内主要以离子形式存在,参与烟草体内多种酶的活化、碳水化合物的代谢和蛋白质的合成等生化反应,直接影响油脂和淀粉等大分子物质的合成、积累和运输^[10-11]。可见,在烟草的生育期,钾肥的施用对烟草的农艺性状产生重要影响。研究表明,施 K_2O 量在240~480 kg/hm^2 的范围内,随施用量的增加,烟草的茎围、茎质量、根长、根的粗度、根质量及叶面积等农艺性状有上升的趋势,但 K_2O 施用量超过360 kg/hm^2 后,上述指标增加不明显^[12]。当施钾量在165.6~386.4 kg/hm^2 之间,可有效增加烟草叶面积积累量^[13]。

本研究中仅设置了4个化学钾肥施用水平,即0、120、240和360 kg/hm^2 ,当施钾量在此范围内,随着施钾量的增加,烟草的株高、叶片数、最大叶面积、茎围、节间距和根体积等农艺性状逐渐得到改善,以施钾量为360 kg/hm^2 的 K_3 处理较好,但本试验中没有设置施钾量高于360 kg/hm^2 的处理,当施钾量高于360 kg/hm^2 时,烟株的农艺性状随施钾量如何变化,还需在以后的试验中进行研究和证实,同时亦可为当地相关研究中钾肥施用量的设置提供参考。从以上研究结果来看,烟草的最佳施钾量存在一定的差异,可能与烤烟的品种、种植地的气候环境、土壤肥力水平、灌溉方式及土壤水分含量等试验条件^[14-15]存在差异有关。

3.2 不同施钾量与烟草抗病性

研究表明,烟草病害的发生与烟草品种、土壤肥力条件、施肥措施和气候环境条件等因素密切相关^[16]。施钾可影响烟株体内蛋白质、可溶性糖、类黄酮、总酚、游离氨基酸和总氮等物质的质量分数,并在一定程度上影响着烟株抗病性,随钾肥施用量增加(试验中设3个钾水平187.5、262.5和337.5 kg/hm^2),烟株黑胫病和根黑腐病的发病率下降,病情减轻^[17]。适量施钾可增强烟株的抗病性,其原因可能是:适量钾素供应,烟株生长健壮,增加烟叶钾的质量分数,增强细胞膜的稳定性,提高内源保护酶的活性,病毒侵染烟叶后,不会出现丙二醛积累和细胞膜透性增大的现象,有效防止病毒侵染对烟叶细胞膜的伤害,降低病虫害的发生率^[18]。另外,钾可活化烟草体内的酶,促进碳氮代谢,增进碳水化合物和蛋白质的合成,增强植株抵抗病害的能力^[10-11]。在一定范围内增施钾肥,烟株赤星病的抗性增强,发病程度减轻,但施钾量超过一定量之后再增施钾肥对提高烟株赤星病抗性作用不明显^[19]。以上关于烟草抗病性最强时的最佳施钾量结果不完全一致,可能与不同品种烟草的遗传特性和试验地的土壤肥力水平及气候环境条件等因素存在差异有关。本研究中,施钾量为360 kg/hm^2 为较适宜施钾量,利于增强烟株的抗病性,烟草花叶病、赤星病和黑胫病的发病率及病情指数均低于 K_0 、 K_1 和 K_2 处理。

3.3 不同施钾量与烟草产量

关于施钾对烟草产量的影响及烟草适宜施钾量的研究,不少学者开展了大量的试验研究。研究表明,和不施钾肥比较,适量施用钾肥可提高烟叶产量、上等烟比例、均价和产值^[20];施高量钾(360 kg/hm^2)烟叶的产量和产值均高于低钾处理(180 kg/hm^2)和中钾处理(270 kg/hm^2)^[21]。烟株生长发育进程的好坏及产量和质量的高低很大程度上决定于烟株体内叶绿素质量分数的高低及光合作用的强弱^[22]。在一定范围内适当施用钾肥,烟株体内叶绿素的质量分数增加,光合速率增加,从而使产量得到提高^[23],这可能是适量施用钾肥能提高烟叶产量的原因之一。另外,钾可以促进烟株同化产物的合成及运输,提高呼吸效率,减少有机物质和能量的消耗^[24]。钾素供应不足或过量,都不能使烟叶产量和经济效益的提高。其原因可能是:当钾素供应过量或不足时,烟叶最大叶面积和叶面积指数下降^[25]及单叶质量降低使烟叶产量下降^[26]。过量钾供应烟株的光合作用面积下降是其产量不再增加的可能原因之一,另外,大量施用钾肥引起K-N、K-Mg离子间的拮抗作用影响烟株体内氮代谢,也可能是影响烟叶产量的另一个重要原因^[25]。本研究结果表明,不施钾或施钾过低的 K_0 、 K_1 和 K_2 处理烟草的产量产值均比 K_3 处理烟草的产量产值低,说明在本试验条件下烟草的较适宜施钾量为360 kg/hm^2 。烟草的适宜施钾量会因烟草品种、灌溉方式、土壤水分、土壤肥力水平和气候条件等因素^[27-28]不同而存在一定差异,烟草生产中合适的施钾量要根据烟草的品种和土壤肥力等具体条件来确定。

4 结论

1) 试验条件下,化学钾肥配施有机肥比不配施钾肥更有利于烟草的生长发育,增强抗病害能力、提高产

量和经济效益。

2)在各不同量化学钾肥与有机肥配施处理中,K₃处理烟株农艺性状好,大田长势好,抗病能力强,较其他处理可相对提高产量和经济效益。

3)烟草生产中适宜的施钾量要综合考虑烟草品种、植烟土壤条件和环境条件等因素来确定。

参考文献:

- [1] 张翔,毛家伟,黄元炯,等.不同施肥处理烤烟氮磷钾吸收分配规律研究[J].中国烟草学报,2012,18(1):53-57,63.
- [2] AMTMANN A, BLATT M R. Regulation of macronutrient transport[J]. New Phytologist, 2009, 181(1):35-52.
- [3] LEBAUDY A, VERY A A, SENTENAC H. K⁺ channel activity in plants: Genes, regulations and functions [J]. Febs Letters, 2007, 581(12): 2 357-2 366.
- [4] 樊文强.烟草钾含量遗传变异的全基因组关联分析[D].北京:中国农业科学院研究生院,2016.
- [5] 毛家伟,翟文汇,孙大为,等.覆盖方式和钾施用量对烤烟生长、叶绿素含量及产质量的影响[J].河南农业科学,2015,44(3):36-39.
- [6] 李静.烤烟钾素吸收动态规律研究[D].雅安:四川农业大学,2014.
- [7] 贾欢欢,毕书海,张文明,等.氮钾互作对陇东烤烟烟碱和钾含量以及经济效益的影响[J].甘肃农业大学学报,2013,48(5):75-81.
- [8] 张明乾,徐小青,包可翔,等.钾肥水平对烤烟主要经济性状、化学成分及感官评吸质量的影响[J].山东农业科学,2016,48(10):107-109,116.
- [9] 段雯,梅文强.施钾量对烤烟K326生长及产质量的影响[J].安徽农业科学,2017,45(5):34-35,82.
- [10] 王勇,李廷轩,陈光登,等.不同钾基因型烟草钾吸收和生理生化特性研究[J].中国烟草科学,2017,38(5):56-61.
- [11] 周冀衡.烟草生理与生物化学[M].合肥:中国科学技术大学出版社,1996.
- [12] 叶佳伟,李志明,林克惠.不同钾肥用量对烤烟农艺性状的影响[J].贵州农业科学,2004,32(2):22-24.
- [13] 韦歆娜,姜俊红,李就好,等.水肥耦合对烤烟叶面积积累量的影响研究[J].灌溉排水学报,2015,34(5):85-90.
- [14] 刘永贤,李伏生,农梦玲,等.不同生育时期分根区交替灌溉对烤烟生长和氮钾含量的影响[J].灌溉排水学报,2007,26(6):102-105.
- [15] 周永波,邵孝侯,苏贤坤,等.水分调控对烤烟生长、干物质积累和养分吸收的影响[J].灌溉排水学报,2010,29(1):56-59.
- [16] 郭齐汤.大田县烟草病害种类调查与防治对策研究[D].福州:福建农林大学,2013.
- [17] 左丽娟,赵正雄,杨焕文,等.增加施钾量对红花大金元烤烟部分生理生化参数及“两黑病”发生的影响[J].作物学报,2010,36(5):856-862.
- [18] 周冀衡,李卫芳,王丹丹,等.钾对病毒侵染后烟草叶片内源保护酶活性的影响[J].中国农业科学,2000,33(6):98-100.
- [19] 王进录.施钾量对烟草赤星病的影响[J].陕西农业科学,1998(5):21-22.
- [20] 段玉琪,杨宇虹,晋艳,等.长期施钾肥对烤烟产质量和土壤理化性状的影响[J].贵州农业科学,2015,43(9):100-104.
- [21] 李桂湘,韦建玉,金亚波,等.氮钾配比对烤烟K326产量与产值的影响[J].南方农业学报,2012,43(7):986-990.
- [22] 江力,张荣铤.不同氮钾水平对烤烟光合作用的影响[J].安徽农业大学学报,2000,27(4):328-331.
- [23] 黄松青,危跃,屠乃美,等.控释肥对烤烟光合特性和产质量与氮钾利用率的影响[J].中国烟草科学,2015,36(1):54-60.
- [24] 阮妙鸿.钾钙镁营养的相互关系及其对烤烟碳氮代谢的影响[D].福州:福建农林大学,2004.
- [25] 林克惠,战以时,李永梅.不同施钾量对烤烟烟叶品质的影响[J].云南农业大学学报,1994,9(2):112-118.
- [26] 赵久明,戴建军,丁伟.不同施钾水平对烤烟产质量影响的研究[J].东北农业大学学报,1999,30(1):41-43.
- [27] 姜俊红,汪军,劳同浩,等.水分亏缺对粤北烤烟品质及水分利用的影响[J].灌溉排水学报,2015,34(10):81-87.
- [28] 康小平,樊毅,王君勤,等.不同灌溉方式下水分调控对烤烟品质和产量及水分利用效率的影响[J].灌溉排水学报,2015,34(12):104-111.

(下转第45页)

Similarly, adding K_2SO_4 also increased the bioavailable Cd by 16.67%~33.33%. Compared with CK, the L, M and H treatment with KCL increased Cd content in brown rice by 53.38%, 46.15% and 200%, respectively, and the associated increase with K_2SO_4 was 7.69%, 38.46% and 23.08%, respectively.【Conclusion】In Cd-contaminated paddy soil amended by sepiolite, applying potassium in KCL and K_2SO_4 can both significantly improve Cd mobility and uptake by brown rice, particularly KCL at high application rate.

Key words: pollution; soil; sepiolite; immobilization treatment; potash fertilizer; rice

责任编辑:刘春成

(上接第30页)

Combining Use of Potassium Fertilizer and Manure to Improve Growth and Yield of Rain-fed Tobacco

TANG Hong¹, ZHANG Yangzhu², ZENG Zhangquan^{3*}, WANG Jianwei¹,
LI Xiangyang¹, LIU Lunpei¹, YAN Hongguang¹

(1. School of Life and Health Science, Kaili University, Kaili 556011, China;

2. College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

3. Hengshan Research Station of Forest Ecosystem, Hunan Academy of Forestry, Changsha 410004, China)

Abstract: 【Objective】 Plant growth relies on soil nutrients, and the objective of this paper is to study the efficacy of combining use of potassium fertilizer and manure to improve growth, yield and economic return of rainfed tobacco. 【Method】 The variety of Yunyan 87 was used as the model. The experiment was conducted at a field plot in Qiandongnan prefecture, Guizhou province. We considered four potassium fertilizer levels: 0 kg/hm² (K_0), 120 kg/hm² (K_1), 240 kg/hm² (K_2) and 360 kg/hm² (K_3), each applied with 2 250 kg/hm² of manure (rapeseed cake, M). The main agronomic traits, diseases, economic characters and yield of flue-cured tobacco were measured in each experiment. 【Result】 At mature stage, the agronomic characters (except internodal length) of the tobacco in K_3 were significantly better than that in K_0 ($p<0.05$), with plant height, maximum leaf area, leaf area, stem girth, internodal length and root volume increasing by 27.64%, 35.16%, 56.38%, 35.36%, 17.06% and 63.03%, respectively. K_3 reduced red star disease, mosaic and black shank by 51.69%, 41.16% and 45.35%, respectively, compared to the control; and it also decreased disease index of red star disease, and increased yield, economic return, value and proportion of grade-A and grade-B tobacco leaves by 26.60%, 36.03%, 5.82% and 2.26%, respectively. 【Conclusion】 K_3 was most effective in improving growth, economic return, disease resistance, as well as yield, compared to other treatments.

Key words: tobacco; potassium application rate; growth; yield; Rainfed

责任编辑:赵宇龙