

云南多雨烟区增密减氮对烤烟产质量及养分利用率的调控效应

余小芬¹, 杨树明¹, 邹炳礼¹, 解燕², 刘华林²,
刘加红², 张瑞勤², 吕亚琼², 蔡永占², 张素华³, 邱学礼¹

(1.云南省农业科学院农业环境资源研究所,昆明 650205;2.云南省烟草公司曲靖市公司,
云南 曲靖 655002;3.云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所,昆明 650205)

摘要:为明确增密减氮对烤烟产质量及肥料利用率的调控效应。以烤烟品种“云烟105”为材料,研究种植密度(13 890,15 150,16 665 株/hm²)和施氮水平(0,84,94.5,105 kg/hm²)及其互作对烤烟产质量及养分利用效率的影响。结果表明:适度增密减氮能显著提高烤烟肥料利用率、产量和产值,使烟叶总糖、还原糖、钾含量显著升高,总氮、烟碱含量降低,对水溶性氯无显著影响,烟叶化学品质更加协调。烟叶化学成分协调性及烤烟氮磷钾利用率显著受年份、密度、施氮及年份×施氮、密度×施氮、年份×密度×施氮互作影响,其中施氮、密度及互作对烟叶化学成分含量效应分别为42.5%,27.3%,18.9%,而其对养分利用率的效应分别为38.2%,25.4%,23.8%。与当前烤烟种植模式相比,增密和减氮10%~20%组合对烤烟增产、提质和增效作用显著,最佳密度和施氮量分别为15 150 株/hm²和84.0~94.5 kg/hm²。

关键词:增密减氮;品质;烤烟;互作效应;肥料利用率

中图分类号:S572 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-2242(2020)05-0327-07

DOI:10.13870/j.cnki.stbcxb.2020.05.045

The Regulatory Effects of Enhanced Density Combined with Reduced Nitrogen Fertilizer on Yield, Quality and Nutrient Use Efficiency of Flue-cured Tobacco in Rainy Areas, Yunnan Province

YU Xiaofen¹, YANG Shuming¹, ZOU Bingli¹, XIE Yan², LIU Hualin², LIU Jiahong²,
ZHANG Ruiqin², LÜ Yaqiong², CAI Yongzhan², ZHANG Suhua³, QIU Xueli¹

(1.Agricultural Resources & Environment Institute, Yunnan Academy of Agricultural
Sciences, Kunming 650205; 2.Qujing Branch of Yunnan Tobacco Company, Qujing, Yunnan 655002;

3.Biotechnology and Genetic Resources Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205)

Abstract: In order to clarify the regulation effects of enhanced density combined with reduced nitrogen fertilizer on yield, quality and fertilizer use efficiency of flue-cured tobacco, a field experiment which took flue-cured tobacco cultivar “Yunyan 105” was conducted in rainy areas for two years (2016 and 2018). Three plant densities (low density of 13 890 plants/hm², medium density of 15 150 plants/hm² and high density of 16 665 plants/hm²) and four nitrogen levels (0, 84, 94.5 and 105 kg/hm²) were set, and the effects of planting density, reduced nitrogen and their interaction on yield, quality and nutrient use efficiency were studied. The results showed that compared with the conventional planting pattern, moderate density and reduced nitrogen fertilizer significantly promoted fertilizer use efficiency, yield and output, increased the contents of total sugar, reducing sugar and potassium, reduced total nitrogen and nicotine contents, but did not affect water-soluble chlorine significantly, resulting in the more harmonious tobacco chemical components. The chemical components usability index and NPK utilization in flue-cured tobacco were significantly affected by year, density, N application and their interactions, including the interaction of year and N rate, density and N rate, year both density and N rate. Meanwhile, the contribution of N fertilizer on chemical components usability and fertilizer use efficiency of flue-cured tobacco were 42.5%, 38.2%, and that of planting density

收稿日期:2020-02-22

资助项目:中国烟草总公司云南省公司科技计划项目(2019530000241014,2019530000241050,2019530000241033)

第一作者:余小芬(1981-),女,云南陆良人,助理研究员,主要从事土壤肥料与农业环境研究。E-mail:2543757367@qq.com

通信作者:邱学礼(1976-),男,云南宣威人,研究员,主要从事土壤肥料与农业环境研究。E-mail:nkyqx101@126.com

杨树明(1973-),男,云南武定人,研究员,主要从事土壤肥料与农业环境研究。E-mail:yangshuming126@126.com

were 27.3%, 25.4%, and that of the interaction of both planting density and N rate were 18.9%, 23.8%, respectively. Compared with the current cultivated pattern of flue-cured tobacco, the enhanced density combined with reduction of 10% ~ 20% in nitrogen fertilizer significantly affected to yield, quality and NPK use efficiency of tobacco, and the optimal cultivated pattern of planting density and N rate should be 15 150 plants/hm² and 84.0~94.5 kg/hm², respectively.

Keywords: enhanced density and reduced nitrogen fertilizer; quality; flue-cured tobacco; interaction effects; fertilizer use efficiency

合理的种植密度及适量施氮是有效控制烟叶产量与品质、提高肥料利用效率的关键因素。近年来,由于广泛推广株型大、干物质含量高的烤烟品种,追求以提高单株生产力和栽培株数为基础,获得最大的单叶重、产量和收益,造成重施氮肥、稀植的普遍现象,烟叶产量大幅提升^[1],但烟叶品质、肥料利用效率则呈下降趋势^[2],病虫害频发及生态环境污染风险升高^[3],因此,特别在多降雨烟区,未被烤烟吸收和利用的氮素淋失加剧^[3]。如何合理调整种植密度及氮肥用量实现烟草增产、提质和增效是目前急需解决的问题。

烤烟整个生育期所吸收的总氮素中当季氮肥占 9.1%~40.2%,土壤氮 59.8%~90.9%,其吸收高峰期在移栽后 45~60 天^[4]。其中,土壤氮素含量对烟叶总糖、还原糖、总氮、烟碱含量及香型风格、刺激性有显著影响^[5],而氮肥则直接影响烟株的物质代谢,过量施氮可导致烟叶总氮、烟碱、蛋白质和质体色素含量升高^[6],淀粉、总糖、还原糖含量降低,香气组成和吸食味道变差^[7];氮肥施用不足,烤烟生长矮小,叶片光合速率下降,干物质合成量减少,降低烟叶产量和品质^[8]。合理的减少氮肥可促进土壤氮素转化及其利用率^[8];滴灌下减氮 40%能促进烟株对磷、钾累积和氮磷钾的吸收利用,改善烟叶等级结构、产量和品质^[9]。在高肥力土壤上,减少氮磷钾施肥量 10%~20%可提高烟叶产量、产值及中上部烟叶总糖、还原糖、氧化钾含量,降低总氮、烟碱含量,水溶性氯含量无明显变化^[10]。种植密度直接影响烤烟冠层的光分布、光截获量及营养状况,最终影响烟株的光合速率和群体生产能力,是协调个体与群体、产量与品质关

系的关键因素^[11],且与氮肥有明显的互作效应^[2]。在一定范围内,增加种植密度可降低烟叶烟碱、还原糖、淀粉含量,提高石油醚提取物、挥发酸和挥发碱含量^[12],减轻中部烟叶“午休”程度,从而促进干物质积累^[13]。已有研究^[14]表明,合理减氮增密有利于协调各部位烟叶光合速率,优化烟叶结构,提高上部烟叶单叶重及总糖、还原糖、香气物质含量,降低总氮、烟碱和蛋白质含量^[15-16]。目前,关于施氮量、种植密度对烤烟生长发育及品质的影响已有研究^[4-16],但不同烟区土壤、气候特点存在差异,研究结果应用区域性较强,尤其在多降雨烟区,增密减氮及其互作对提高烟叶产质量和养分利用效率的效应缺乏深入研究。因此,本研究以曲靖市当前烟农种植模式为基础,分析种植密度和施氮量及其互作对烤烟产质量及肥料利用率的效应,为建立多雨区烤烟增产、增效和环境友好的增密减氮优化模式及提升烟叶品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点概况

试验分别于 2016 年和 2018 年在云南省沾益区大坡镇耕德农场(103°39'16.21"E, 25°35'28.52"N)进行,海拔 1 903 m。试验地前茬为冬闲,土壤类型为红壤,质地为重壤土。在烤烟移栽前,采用“S”形随机选择 5 个点,采集试验地耕层 0—20 cm 土壤,去掉杂质,室内风干、研磨、过筛后留存待测。2 年烤烟大田期(4—9 月)平均降雨量及试验地耕层土壤理化性质见表 1。

表 1 不同年份降雨量及土壤理化性质

年份	降雨量/mm						pH	土壤理化性质			
	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月		有机质/ (g·kg ⁻¹)	水解性氮/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
2016	55.7	141.4	221.6	191.8	142.5	133.2	6.12±0.03	46.34±0.08	151.77±1.95	27.45±0.62	252.34±0.84
2018	42.5	112.8	195.4	187.9	156.6	108.7	6.24±0.05	43.52±0.12	138.25±2.01	34.24±0.53	213.26±0.95

注:气象数据来源于沾益区气象局;表中数据为平均值±标准差。

1.2 试验材料

供试烤烟品种为“云烟 105”。供试肥料为烟草专用复合肥(N:P₂O₅:K₂O=15%:8%:25%);单质化肥:硝酸钾(N 13.5%,K₂O 46.5%)、过磷酸钙

(P₂O₅ 16%)和硫酸钾(K₂O 50%)。

1.3 试验设计

采用种植密度与施氮量 2 个因素随机区组设计,设置 3 个种植密度:A1(CK),烟农常规种植密度,

13 890株/hm²(低密度),株距 60 cm×120 cm;A2, 15 150 株/hm²(中密度),株距 55 cm×120 cm;A3, 16 665 株/hm²(高密度),株距 50 cm×120 cm。设置 4 个施氮水平:纯氮 0,84,94.5,105(烟农常规施氮量)kg/hm²,分别以 B4、B1、B2、B3 表示。共 12 个处理,3 次重复,小区面积 60 m²。采用漂浮育苗,2016 年 4 月 21 日移栽;2018 年 4 月 23 日移栽,覆盖地膜。除不施肥处理外,其他处理磷(P₂O₅)和钾(K₂O)肥用量分别为 52.5,157.5 kg/hm²。各施肥处理磷肥全部基施,氮、钾肥均以 70%作基肥,剩余 30%氮钾追肥分别在烤烟移栽后长出第 8,12 片新叶时兑水浇施 2 次,其他管理措施按当地优质烤烟规范化生产进行。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 烤烟经济性状 烟叶开始成熟时,按小区单独挂牌采收和烘烤,烤后烟叶按照标准 GB 2635—92^[17]分级,统计产量,按各年曲靖市烟叶收购单价,计算产值。

1.4.2 烟叶化学成分及可用性指数计算 以小区为单位,选取中部烟叶 C3F(中橘三)等级测定化学成分。采用连续流动分析仪(AA3 型,德国)测定总糖和还原糖(YC/T 159—2002)^[18]、总氮(YC/T 161—2002)^[19]、烟碱(YC/T 468—2013)^[20]、钾(YC/T 217—2007)^[21]和水溶性氯含量(YC/T 162—2011)^[22]。参考邓小华等^[16]方法计算化学成分可用性指数(chemical components usability index, CCUI),评价各处理的化学成分协调性。

1.4.3 烟株全氮、全磷和全钾 成熟期,按小区选取 5 株固定,分 3 次采收叶片,分别对应上、中、下部叶。最后 1 次采叶连同烟株茎、根系采集,取样后用清水将烟株冲洗干净,各器官分开在 105 °C 杀青 30 min,80 °C 下烘干分别测定干质量,粉碎后混合均匀,制成分析样品,测定氮、磷、钾含量。按 NY/T 2017—2011^[23]标准,采用 H₂SO₄—H₂O₂ 消煮,用全自动定

氮仪(K9840 型,中国)测定全氮,分光光度法测定全磷,火焰光度法测定全钾。参考薛如君等^[9]方法计算肥料利用率,公式为:

肥料表观利用率(%)=(施肥区烤烟养分吸收量—无肥区养分吸收量)/养分投入量×100%。

1.5 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS 19.0 统计软件进行方差分析和多重比较。并引入偏(Eta)²(SS 组间/SS 总体)比较密度和施氮量及互作对各项烟叶化学成分及烟株氮磷钾利用率的贡献率,按各变异来源(Eta)²乘其权重,求和,换为百分率即为贡献率。0.01<偏(Eta)²≤0.06,指影响效应低,0.06<偏(Eta)²≤0.14,为影响效应中等,偏(Eta)²>0.14,表示影响效应高^[16]。

2 结果与分析

2.1 种植密度与施氮量对烟叶产量和产值的影响

由表 2 和表 3 可知,密度和施氮及其互作对烤烟产量、产值影响显著。从密度看,A2 处理的产量较 A1、A3 显著增产,而 A1、A2 产值显著高于 A3,A1 与 A2 间产值差异不显著,2 年结果相似。从施氮水平看,B1、B2 处理产量显著高于 B3、B4 处理,在 B1 与 B2 处理间产量差异不显著,产值因年份而异。2016 年,B1 与 B2 处理产值差异不显著,但均显著高于 B3、B4;2018 年,B2 处理产值显著高于其他处理,B1 与 B3 处理间产值差异不显著。从密度与施氮组合看,烟叶产量、产值因处理而异。其中,产量在 1 206.6~3 257.5 kg/hm²,平均为 2 549.7 kg/hm²,2016 年和 2018 年烟叶产量分别以 A2B1、A2B2 最高;产值为 15 644.54~73 650.34 元/hm²,平均 52 482.70 元/hm²,2 年分别以 A2B1、A1B2 最高,其次分别是 A3B1、A2B2,3 种密度与不施肥组合的产量、产值最低。上述分析表明,在当前烤烟种植模式下,适当增加种植密度、减氮 10%~20%均有增产、增收作用。

表 2 不同种植密度与施氮量组合对烟叶产量的影响

单位:kg/hm²

处理	2016 年				2018 年			
	A1	A2	A3	均值	A1	A2	A3	均值
B1	2734.1	3228.7	3147.3	3036.7a	2927.3	2892.9	2936.8	2919.0a
B2	2952.4	3137.9	2969.5	3019.9a	3056.2	3257.5	2864.3	3059.3a
B3	2871.5	2784.8	2780.4	2812.2b	2894.6	2962.1	2652.2	2836.3b
B4	1442.2	1313.1	1206.6	1320.6c	1365.4	1486.7	1328.5	1393.5c
均值	2500.1b	2616.1a	2526.0b		2560.9b	2649.8a	2445.5b	

注:同列或同行不同字母表示处理间在 2016 年或 2018 年差异达 5%显著水平。下同。

2.2 种植密度与施氮量对烟叶主要化学成分的影响

由表 4 和表 5 可知,各年份不同种植密度、施氮量及其互作对烟叶化学成分的效应不同。从种植密度看(表 4),增密显著提高总糖和还原糖含量,其中 2016 年 A3 处理烟叶总糖含量较 A1、A2 分别增加

3.98%,3.27%,还原糖含量 A3 处理显著高于 A1、A2。增密则降低总氮与烟碱含量,其中 A1 与 A3 间总氮、烟碱含量差异显著;A2、A3 处理氧化钾含量显著高于 A1,A2 与 A3 间差异不显著;水溶性氯含量在不同密度间差异不显著。从施氮水平(表 4)看,总

糖和还原糖含量随施氮量增加而下降,处理间差异显著;增氮提高总氮和烟碱含量,处理 B3 总氮最高,B1 与 B2 处理间差异不显著;烟碱含量处理间差异显著;氧化钾含量表现为 B1、B2 处理显著高于 B3、B4,处理 B4 最低,B1 与 B2 处理间差异显著;水溶性氯含量在 3 个施氮处理间差异不显著。从密度和施氮组合(表 5 和表 6)看,化学成分可用指数(CCU)以 A2B1、A2B2 处理最高,A1B2 次之,其显著高于其他处理,以 A1B4、A2B4 和 A3B4 较低。总糖含量在 19.69%~41.22%,平均 34.83%,显著受年份及年份×施氮、年份×密度×施氮互作影响,氮肥影响极显著;还原糖含量为 10.06%~32.05%,平均 24.91%,受年份及年

份×施氮、密度×施氮、年份×密度×施氮互作显著影响,极显著受密度和施氮互作影响;总氮含量为 0.91%~2.15%,平均 1.79%;烟碱含量为 1.19%~2.81%,平均 2.12%。总氮和烟碱显著受年份、施氮及年份×施氮互作影响,并极显著受密度×施氮、年份×密度×施氮互作影响;氧化钾含量为 1.05%~2.89%,平均 2.37%,显著受年份、密度、施氮及年份×施氮、密度×施氮、年份×密度×施氮互作影响;水溶性氯含量为 0.18%~0.82%,平均 0.51%,显著受施氮及年份×施氮、年份×密度×施氮互作影响。其中,施氮量、种植密度及其互作对烟叶化学成分含量效应分别为 42.5%,27.3%,18.9%,效应较高。

表 3 不同种植密度与施氮量组合对烟叶产值的影响

单位:元/hm²

处理	2016 年				2018 年			
	A1	A2	A3	均值	A1	A2	A3	均值
B1	60137.12	73650.34	72136.18	68641.21a	58664.36	59140.63	61436.72	59747.24b
B2	68135.23	70538.51	67781.64	68818.46a	66381.27	64143.57	58505.93	63010.26a
B3	65412.45	58986.62	53329.71	59242.93b	60793.81	57836.21	55853.85	58161.29b
B4	27213.29	20179.57	17318.36	21570.41c	24512.49	21852.46	15644.54	20669.83c
均值	55224.52a	55838.76a	52641.47b		52587.98a	50743.22a	47860.26b	

表 4 种植密度、施氮量对烟叶化学成分的影响

单位: %

处理	2016 年						2018 年					
	总糖	还原糖	总氮	烟碱	氧化钾	水溶性氯	总糖	还原糖	总氮	烟碱	氧化钾	水溶性氯
A1	34.93b	23.62b	1.90a	2.49a	2.43b	0.62a	33.98a	23.89c	1.78a	2.06a	2.17b	0.40a
A2	35.17b	24.02b	1.85ab	2.30ab	2.49a	0.53a	34.22a	25.22b	1.76a	1.97a	2.22a	0.47a
A3	36.32a	25.88a	1.81b	2.25b	2.54a	0.61a	34.35a	26.81a	1.66a	1.86b	2.38a	0.42a
B1	40.14a	26.95a	1.93b	2.38c	2.76a	0.67a	38.39a	32.05a	1.81b	2.05c	2.67a	0.57a
B2	39.33b	26.21b	1.94b	2.44b	2.82a	0.58a	37.86b	30.73b	1.91b	2.12b	2.68a	0.46a
B3	38.76c	25.96c	2.08a	2.68a	2.72b	0.63a	36.65c	28.95c	1.99a	2.28a	2.42b	0.43a
B4	23.67d	18.53d	1.46c	1.63d	1.65c	0.47b	23.83d	15.53d	1.21c	1.39d	1.27c	0.25b

表 5 不同种植密度与施氮量组合下烟叶化学成分的含量

处理	2016 年						2018 年						2 年 CCUI 均值
	总糖 / %	还原糖 / %	总氮 / %	烟碱 / %	氧化钾 / %	水溶性氯 / %	总糖 / %	还原糖 / %	总氮 / %	烟碱 / %	氧化钾 / %	水溶性氯 / %	
A1B1	41.22a	26.28b	2.06a	2.43b	2.77a	0.74a	39.41a	28.54c	1.75b	1.98b	2.76a	0.41b	67.34c
A1B2	38.84c	25.64c	1.85b	2.40b	2.84a	0.54b	40.92a	24.92e	1.86b	2.13b	2.74a	0.52a	70.83b
A1B3	39.12bc	24.88d	2.08a	2.74a	2.75a	0.57b	35.89d	29.05bc	1.98a	2.19b	2.47ab	0.34b	56.92d
A1B4	20.56f	17.69f	1.43d	1.61c	1.80b	0.62b	19.69f	13.06g	1.46c	1.58c	1.55c	0.31b	23.65e
A2B1	40.76a	26.92a	1.95ab	2.36b	2.73a	0.43b	38.32b	29.68b	1.81b	2.22b	2.61a	0.62a	83.27a
A2B2	39.21b	27.03a	1.94ab	2.53b	2.89a	0.55b	34.54d	27.33d	1.95a	2.28b	2.69a	0.49ab	80.51a
A2B3	39.89b	27.14a	2.00a	2.81a	2.81a	0.76a	38.36b	29.32b	1.97a	2.54a	2.39b	0.52a	64.58c
A2B4	20.83f	14.99g	1.34d	1.52d	1.52d	0.36c	25.67e	14.55f	0.91e	1.19d	1.21d	0.25c	20.12e
A3B1	38.45c	27.64a	1.79b	2.36b	2.76a	0.82a	37.46c	32.05a	1.88b	1.95b	2.64a	0.69a	65.25c
A3B2	39.94b	27.12a	2.05a	2.41b	2.72a	0.64ab	38.11b	30.73b	1.92a	1.98b	2.60a	0.36b	59.43d
A3B3	37.26d	25.85c	2.15a	2.50b	2.60a	0.57b	35.71d	28.95c	2.03a	2.11b	2.41b	0.43b	56.16d
A3B4	29.64e	22.90e	1.60cd	1.75c	1.62c	0.42bc	26.14e	15.53f	1.27d	1.41c	1.05e	0.18c	19.28e

2.3 种植密度与施氮量耦合对烤烟肥料利用率的影响

由表 7 和表 8 可知,密度和施氮及其互作对烤烟养分利用影响显著。从密度(表 7)看,适度增密提高

氮、磷及钾素利用效率,三者均以 A2 处理最高,A1、A2 与 A3 处理间养分利用率差异显著,2 年结果相似。从施氮水平(表 8)看,重施氮肥显著降低肥料利

用率,其中 B1 与 B2 处理氮磷利用率差异不显著,均显著高于 B3;钾素利用效率年度间存在一定差异。2016 年,B2 处理的钾利用率最高,B1、B2 和 B3 处理间差异显著;2018 年,B1 与 B2 处理钾利用率差异不显著,均显著高于 B3。从密度与施氮组合(表 7 和表 8)看,氮利用率为 25.75%~36.84%,平均 30.59%,2 年均以 A1B2 最高,显著受密度及年份×施氮、年份×密度×施氮互作影响,并极显著受年份、施氮及密度×施氮互作影响;磷利用率为 3.57%~

9.33%,平均 5.66%,2 年均以 A1B2 最高,显著受密度、施氮及年份×施氮、密度×施氮互作影响,年份影响极显著;钾利用率为 23.58%~40.25%,平均 30.54%,2016 年和 2018 年其分别以 A1B2、A2B2 最高,显著受密度及年份×施氮、年份×密度×施氮互作影响,受年份、施氮及密度×施氮互作影响极显著。其中施氮量、种植密度及两者互作对烤烟养分利用的效应分别为 38.2%,25.4%,23.8%,各变异来源影响效应较高。

表 6 年份、密度与施肥对烟叶化学成分的方差分析

项目	F 值						偏(Eta) ²					
	总糖	还原糖	总氮	烟碱	氧化钾	水溶性氮	总糖	还原糖	总氮	烟碱	氧化钾	水溶性氮
Y(年份)	87.46*	217.82*	7.68*	18.17*	11.58*	3.59	0.26	0.58	0.63	0.41	0.19	0.48
A(密度)	2.95	21.36**	10.49	112.53	15.12*	26.73	0.17	0.76	0.57	0.85	0.66	0.42
B(施氮)	86.34**	93.27**	213.56*	196.19*	165.24*	20.02	0.91	0.89	0.96	0.94	0.91	0.67
Y×A	8.27	31.36	48.29	10.18	4.87	2.96	0.09	0.14	0.23	0.26	0.13	0.15
Y×B	52.19*	2.05*	5.47*	0.53*	6.73*	5.12*	0.21	0.25	0.41	0.32	0.14	0.09
A×B	0.46	1.98*	9.33**	8.74**	2.96*	18.68	0.13	0.32	0.55	0.64	0.53	0.05
Y×A×B	12.84*	3.49*	4.18**	1.16**	1.79*	9.63*	0.19	0.15	0.26	0.43	0.22	0.11

注:*表示显著相关(P<0.05);**表示极显著相关(P<0.01)。下同。

表 7 种植密度与施氮量耦合下的烤烟肥料利用率

项目	2016 年					2018 年			
	处理	B1	B2	B3	均值	B1	B2	B3	均值
氮利用率 N/%	A1	33.54	31.46	28.85	31.28b	31.81	29.76	28.51	30.03b
	A2	32.68	34.47	30.64	32.60a	29.32	36.84	28.37	31.51a
	A3	32.23	29.32	25.75	29.10c	30.94	28.15	27.89	28.99c
	均值	32.82a	31.75a	28.41b		30.69a	31.58a	28.26b	
磷利用率 P ₂ O ₅ /%	A1	5.53	4.18	3.99	4.57b	8.52	6.03	4.74	6.43b
	A2	4.59	6.02	5.46	5.36a	7.13	9.33	7.75	8.07a
	A3	4.16	3.57	3.84	3.86c	6.81	5.78	4.47	5.69c
	均值	4.76a	4.59ab	4.43b		7.49a	7.05a	5.65b	
钾利用率 K ₂ O/%	A1	36.87	28.81	25.78	30.49b	28.91	33.99	25.34	29.41b
	A2	33.62	40.25	37.36	37.08a	32.27	31.75	26.31	30.11a
	A3	28.43	34.45	26.35	29.74b	29.24	26.49	23.58	26.44c
	均值	32.97b	34.50a	29.83c		30.14a	30.74a	25.08b	

表 8 年份、密度与施肥对对烤烟肥料利用率的方差分析

项目	F 值			偏(Eta) ²		
	氮利用率 (N)/%	磷利用率 (P ₂ O ₅)/%	钾利用率 (K ₂ O)/%	氮利用率 (N)/%	磷利用率 (P ₂ O ₅)/%	钾利用率 (K ₂ O)/%
Y	64.27**	51.31**	95.34**	0.44	0.56	0.42
A	20.13*	4.69*	10.09*	0.38	0.17	0.64
B	19.61**	9.07*	51.68**	0.92	0.81	0.95
Y×A	51.29	34.46	3.49	0.04	0.07	0.11
Y×B	5.64*	4.05*	55.91*	0.35	0.19	0.16
A×B	17.38**	5.57*	21.43**	0.21	0.13	0.09
Y×A×B	7.89*	4.83	6.98*	0.34	0.11	0.12

注:Y 为年份;A 为密度;B 为施氮。

3 讨论

3.1 增密减氮对烟叶产量、产值及化学成分的影响

增密减氮作为绿色增产增效的技术,在烟草上已被应用^[14-16],但各烟区因土壤、气候差异,烤烟种植密度和施氮量的最佳组合不同,如湖南邵阳稻茬烤烟以种植密度 18 182 株/hm²,施纯氮 120 kg/hm²的烟叶化学成分可用性指数最高^[16];玉溪烟区以密度 16 680 株/hm²,施纯氮 90 kg/hm²较适宜^[24]。本研究表明,云南曲靖烟区以 15 150 株/hm²种植密度和 84~94.5 kg/hm²施氮量组合的产量、产值最佳(表 3 和表 4),烟叶化学成分可用性指数(CCUI)最高(表 5)。可见,合理的增密和减氮组合对提高烟叶产质量具有较好的作用。本研究中,增加种植密度,烟叶总糖、还原糖、钾呈现升高趋势,总氮、烟碱含量显著降低,在中、低密度的氮/碱比值接近 1,趋于协调(表 4)。这与沈杰等^[2]、王瑞等^[13]的研究结果基本一致,其中烟碱降低可能是因为增密加剧根系交错,限制新生侧根的发生,烟碱合成场所(根系空间)变窄,合成效率降低^[25],同时光合速率下降,使有机物质和部分前体物质等同化产物积累减少,从而导致烟碱含量下降^[26]。本研究表明,氮肥减施后,烟叶产量、产值均呈增加趋势,其中减氮 20%处理较常规施肥产量、产值分别显著提高 2.92%~7.98%,2.73%~15.86%,提升烟叶总糖、还原糖、氧化钾含量,使总氮、烟碱含量下降,水溶性氯含量无明显变化,这与薛如君等^[9]、刘加红等^[10]的研究结论相似。本研究发现,烟叶化学成分显著受年份、密度、施氮及年份×施氮、密度×施氮、年份×密度×施氮互作影响,其中施氮量、密度及其互作对烟叶成分含量的效应分别为 42.5%,27.3%,18.9%,表明在烤烟生产中,利用增密减氮互作效应提高烟叶产量、产值,以及改善烟叶化学成分协调性较为可行。

3.2 增密减氮对烤烟氮磷钾利用率的影响

烤烟对氮、磷、钾养分的吸收效率与种植密度、施肥密切相关,其中密度通过调控群体光、热、水、气资源的时空分配,进而影响烟株的养分吸收与利用^[27]。通常情况下,养分供应过量时烟株养分利用效率低,养分缺乏或适中时利用效率高,这是烤烟对养分的响应^[19]。本研究中,烤烟的氮磷钾利用率以中密度最高,高密度反而下降(表 7),可能是高密度加大烟株群体效应,特别在烟株生长进入旺长期,叶片重叠加剧,相互遮蔽以争夺光气资源,导致光合作用效率降低,从而降低烟株养分吸收积累能力^[27-28]。本研究发现,减氮 10%,20%可显著提高养分利用效率,重施氮肥反而使肥料利用率下降,这与薛如君等^[9]

在烤烟滴灌下减氮 40%能促进烟株的磷、钾累积和氮磷钾吸收利用结论相一致。减氮能促进养分吸收的原因首先在于其促进土壤氮素转化及其利用率^[8],使烤烟根系活力增强,并有相对较多的氮素分布于根部,根际氮浓度升高^[29],减少氮流失^[30];此外,可能与密度和氮肥互作效应作用有关。本研究表明,烤烟氮磷钾利用率以中、低种植密度与减氮 10%,20%组合最高。养分吸收显著受年份、密度、施氮及年份×施氮、密度×施氮、年份×密度×施氮互作影响(表 8),其中施氮量、密度及其互作对养分利用率的效应分别为 38.2%,25.4%,23.8%,表现较高的密度与施氮互作效应,这与杨跃华等^[24]、张喜峰等^[26]研究结果相似。本试验 2 年在相同地点进行,且土壤养分差异不大,年份×密度×施氮交互作用对烤烟养分利用影响显著,主要反映在自然降水的影响。2016 年和 2018 年烤烟当季大田期(4—9 月)降雨量分别为 886.2,803.9 mm,郑东方等^[31]研究表明,云南省烤烟大田生育期需水量为 528.18~764.08 mm,试验区充足的自然降水可促进肥料中营养元素释放,根据上述密度与氮肥互作效应,减施氮肥或在一定氮用量范围内调整种植密度可更有效地提高烤烟肥料利用率,减少氮肥流失。

4 结论

针对当前烤烟种植模式,增密减氮(10%~20%)使烤烟产量、产值显著提升,改善了烟叶化学成分协调性,提高氮磷钾肥料利用率。密度与氮肥互作也有改善烟叶成分协调性及提高养分利用率的效应。因此,在适当增加密度(15 150 株/hm²)的基础上减氮(84.0~94.5 kg/hm²)可作为多降雨烟区烤烟增产、提质和增效,减少氮肥流失的最优氮素养分管理模式,其中提质主要表现为烟叶总糖、还原糖、氧化钾含量升高,降低总氮、烟碱含量。

参考文献:

- [1] 张喜峰.密度和氮肥互作对烤烟生长及产质量的影响[J].农学学报,2015,5(4):68-72.
- [2] 沈杰,蔡艳,何玉亭,等.种植密度对烤烟养分吸收及品质形成的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2016,44(10):51-58.
- [3] 朱兆良,金继运.保障我国粮食安全的肥料问题[J].植物营养与肥料学报,2013,19(2):259-273.
- [4] 樊玉星,张洁洁,闫凯龙,等.不同施氮水平对水稻土氮素供应和烤烟氮素吸收积累的影响[J].土壤,2016,48(3):455-462.
- [5] 张晓龙,薛红芬,罗华元,等.云南植烟土壤养分含量、微

- 生物数量、烟叶品质的相互关系[J].河南农业科学,2015,44(6):68-71.
- [6] 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.
- [7] 师超,丁敬芝,上官力,等.施肥量对烤烟产量和上部烟叶质量的影响[J].湖北农业科学,2018,57(4):90-95.
- [8] 杨馨逸,刘小虎,韩晓,等.施氮量对不同肥力土壤氮素转化及其利用率的影响[J].中国农业科学,2016,49(13):2561-2571.
- [9] 薛如君,高天,赵正雄,等.氮肥减量滴灌对烤烟产质量及氮磷钾吸收利用的影响[J].云南农业大学学报(自然科学),2019,34(5):860-866.
- [10] 刘加红,杨树明,解燕,等.云南曲靖不同降雨区氮磷钾减量施肥对烤烟产质量的影响[J].西南农业学报,2019,32(增刊):218-223.
- [11] 许海良,赵会杰,蒲文宣,等.种植密度对烟草冠层辐射和群体光合作用的影响[J].福建农业学报,2017,32(3):253-257.
- [12] 李传胜,史宏志,李怀奇,等.增密减氮减叶模式对烤烟上部叶的提质增香效果[J].湖南农业科学,2017,46(4):32-37,48.
- [13] 王瑞,刘国顺,倪国仕,等.种植密度对烤烟不同部位叶片光合特性及其同化物积累的影响[J].作物学报,2009,35(12):2288-2295.
- [14] 叶卫国,雷佳,李淮源,等.减氮增密对烤烟光合特性及烟叶结构的影响[J].南京农业大学学报,2018,41(5):817-824.
- [15] 赵红朝,张兆扬,周童,等.减氮增密措施对烤烟上部叶提质增香的效果探究[J].湖南农业科学,2017,(11):11-13,16.
- [16] 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.
- [17] 国家技术监督局.GB 2635—92 烤烟[S].北京:中国标准出版社,1992:7-8.
- [18] 国家烟草专卖局.YC/T 159—2002 烟草及烟草制品—水溶性糖的测定—连续流动法[S].北京:中国标准出版社,2002:397-401.
- [19] 国家烟草专卖局.YC/T 161—2002 烟草及烟草制品—总氮的测定—连续流动法[S].北京:中国标准出版社,2002:409-413.
- [20] 国家烟草专卖局.YC/T 468—2013 烟草及烟草制品—总植物碱的测定—连续流动(硫氰酸钾)法[S].北京:中国标准出版社,2013:1-4.
- [21] 国家烟草专卖局.YC/T 217—2007 烟草及烟草制品—钾的测定—连续流动法[S].北京:中国标准出版社,2007:1-4.
- [22] 国家烟草专卖局.YC/T 162—2011 烟草及烟草制品—氯的测定—连续流动法[S].北京:中国标准出版社,2011:1-5.
- [23] 中华人民共和国农业部.NY/T 2017—2011 植物中氮、磷、钾的测定[S].北京:中国标准出版社,2011:1-7.
- [24] 杨跃华,李军营,邓小鹏,等.云南烟区种植密度与施氮水平互作对烤烟生长及品质的影响[J].广东农业科学,2012,39(23):49-52.
- [25] 谢志坚,涂书新,张崧,等.影响烤烟烟碱合成与代谢的因素及其机理分析[J].核农学报,2014,28(4):714-719.
- [26] 张喜峰,张立新,高梅,等.密度与氮肥互作对烤烟氮钾含量、光合特性及产量的影响[J].中国土壤与肥料,2013(2):32-36,61.
- [27] 王三根,张建奎.山地烟叶的生理特性与栽培调控[M].北京:科学出版社,2014:42-60.
- [28] 兰盼龙,杜兴良,赵会杰,等.种植密度对烤烟N吸收与分配利用的影响[J].福建农业学报,2018,33(9):924-929.
- [29] 曹本福,陆引罡,刘丽,等.减施氮肥下聚天冬氨酸对烤烟生理特性及氮肥去向的影响[J].水土保持学报,2019,33(5):223-229.
- [30] 焉莉,高强,张志丹,等.自然降雨条件下减肥和资源再利用对东北黑土玉米地氮磷流失的影响[J].水土保持学报,2014,28(4):1-6.
- [31] 郑东方,许嘉阳,卢秀萍,等.云南省烤烟需水量及灌溉需求指数的时空特征[J].应用生态学报,2015,26(7):2091-2098.