

施氮量与种植密度对烤烟群体透光率及产质量的互作效应

胡桐¹, 王志勇², 翟争光³, 黎娟¹, 易镇邪¹, 张瑞航¹, 龚嘉¹, 杨晨凯¹, 唐春闰^{3*}

(1. 湖南农业大学, 长沙 410128; 2. 重庆市烟草公司彭水分公司, 重庆 409600; 3. 湖南省烟草公司长沙市公司, 长沙 410011)

摘要: 为进一步完善浓香型特色优质烟叶栽培技术, 在浏阳永安镇开展双因素裂区试验, 研究了施氮量(150、180、210、240 kg/hm²)与种植密度(16 500、19 500 株/hm²)对主栽烤烟品种 G80 群体透光率与烟叶产质量的互作效应。结果表明: 烟株农艺性状以施氮量 240 kg/hm² 处理较优, 低密度处理烟株农艺性状优于高密度处理; 同密度条件下, 施氮量越高则烟叶叶绿素含量越高、群体透光率越低; 同施氮量条件下, 低密度处理群体透光率高于高密度处理; 随施氮量增加, 烤后烟叶的产量和产值呈先升后降趋势, 低密度处理产值以施氮量 210 kg/hm² 处理最高, 高密度处理产值以施氮量 180 kg/hm² 处理最高; 不同密度处理中, 以 16 500 株/hm² 处理经济性状较优; 施氮量越低, 烤后烟叶烟碱含量越低, 且糖碱比和氮碱比以施氮量 150 kg/hm² 最适宜。综合可见, 低施氮量和低密度能提高烤烟的群体透光率, 有助于烤烟光合作用, 提高烤烟的产质量; G80 在浏阳烟区的适宜施氮量为 180 kg/hm², 适宜种植密度为 16 500 株/hm²。

关键词: 烤烟; 施氮量; 种植密度; 群体透光率; 产质量

中图分类号: S572

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)02-0032-06

The Interactive Effect of Nitrogen Application Rate and Planting Density on the Light Transmittance and Yield and Quality of Flue-Cured Tobacco Population

HU Tong¹, WANG Zhiyong², ZHAI Zhengguang³, LI Juan¹, YI Zhenxie¹, ZHANG Ruihang¹, GONG Jia¹, YANG Chenkai¹, TANG Chungui^{3*}

(1. Hunan Agricultural University, Changsha 410128; 2. Pengshui Tobacco Company of Chongqing, Chongqing 409600; 3. Changsha Municipal Tobacco Company, Changsha 410011, China)

Abstract: To further improve the cultivation techniques of strong-flavor type tobacco with high quality, a two-factor split plot experiment was carried out in Yongan, Liuyang. The interaction effects of nitrogen application rate and planting density on population transmittance, yield and quality of flue-cured tobacco variety G80 were studied. The results showed that: The agronomic character of tobacco plant in treatment of N 240 kg/ha and low-density was better. Under the condition of the same density, the higher the nitrogen application rate, the higher the chlorophyll content and the lower the group transmittance. Under the condition of the same amount of nitrogen application, the light transmittance of low-density treatment was higher than that of high-density treatment. With the increase of nitrogen application rate, the yield and output value of flue-cured tobacco increased at first and then decreased. The output value of low-density treatment was the highest at the nitrogen application rate of 210 kg/ha, and the output value of high-density treatment was the highest at the nitrogen application rate of 180 kg/ha. Among the different density treatments, the economic characters of 16,500 plants/ha were preferable. The lower the amount of nitrogen application, the less nicotine content in flue-cured tobacco leaves, and the best sugar-alkali ratio and nitrogen-alkali ratio is 150 kg/ha. In conclusion, low nitrogen application and low planting density can improve the light transmittance of flue-cured tobacco, contribute to the photosynthesis of flue-cured tobacco, and improve the quality of flue-cured to-

收稿日期: 2020-05-27

基金项目: 湖南省烟草公司长沙市公司项目(2018430100240138)

作者简介: 胡桐(1996-), 男, 在读硕士, 主要从事烟草栽培生理研究。

通讯作者: 唐春闰, 女, 硕士, 高级农艺师, E-mail: 617335424@qq.com

bacco. The suitable nitrogen application rate for G80 in Liuyang was 180 kg/ha, and the suitable planting density was 16,500 plants/ha.

Key words: Flue-cured tobacco; N application rate; Planting density; Population light transmittance; Production quality

烟草被全世界广泛种植^[1]。烟草是我国国民经济发展的重要支柱之一,也是农民增收的重要渠道^[2]。烟草的生长发育依赖生态地理环境^[3-5],也受栽培措施的影响^[6-7]。氮肥和密度是影响烟草生长发育最重要的两大因素^[8-11]。氮肥过高过低都会影响烤烟的品质^[12-16]。应因地制宜选择适宜施氮量^[17-19]。研究表明,施氮量 60 kg/hm² 的处理烤后烟叶化学成分较为协调^[20]。适度增氮可提高烤烟经济效益^[21]。

种植密度主要影响烟株透光率及光合作用。密度增加,烟株各农艺性状的值降低^[22]。密度主要影响透光率,从而影响烤烟干物质积累^[23]。密度变大,烟碱含量降低^[24]。密度增加,产量先增后减^[25-26]。可见,确定适宜的烤烟种植密度,有利于合理的群体光合作用,提高烤后烟叶的产量和品质。

长沙是浓香型烟叶的重要产区,前人开展过有关烤烟施氮量与密度的研究^[27-30],但多为单因素试验,并缺少施氮量与种植密度对烤烟群体透光率及产质量的互作效应方面的系统研究。本试验以烤烟品种 G80 为材料,开展了施氮量与密度对烤烟群体透光率及产质量的互作效应研究,旨在进一步提高浓香型特色优质烟叶栽培技术,明确长沙优质烤烟生产最佳技术模式。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于 2018 年 3~7 月在浏阳永安镇永和村进行,供试品种为当地主栽烤烟品种 G80。供试土壤养分情况如下:pH 值 7.34,有机质 24.504 g/kg,速效磷 51.852 mg/kg,碱解氮 162.707 mg/kg。试验地地势平坦,肥力均匀,代表性较强。

1.2 试验设计

试验采用裂区试验设计,主处理为施氮量(A),设 4 个施氮水平:150 kg/hm² (A₁)、180 kg/hm² (A₂)、210 kg /hm² (A₃)、240 kg /hm² (A₄);副处理为种植密度(B),设 2 个水平:16 500 株/hm² (B₁)、19 500 株/hm² (B₂)。共 8 个处理组合,3 次重复,共 24 个小区,所有小区位于同一田块。每小区 60 株烟,行距为 1.2 m,低密度株距为 0.50 m,高密度株距为 0.43 m,试验地四周设置保护行。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 群体质量指标

农艺性状:于烤烟旺长期、成熟期,调查各处理株高、茎围、最大叶长与最大叶宽,调查标准执行 YC/T 142-1998。

叶绿素含量:测定旺长期、成熟期两个时期,参照胡瑞文等^[31]的方法。

1.3.2 田间生境

于烤烟的旺长期和成熟期,在田间的每个小区随机选取 10 个点位,利用冠层分析仪测定株间上、中、下与行间上、中、下 6 个层次。以烟株顶端 30 cm 处为上层,烟株第 8~10 叶处为中层,烟株第 1~3 叶为下层。透光率=该层次光强/上层光强。

1.3.3 烤后烟叶经济性状

各小区烟株按各处理挂牌烘烤,分级后单独计产,按烟株所占面积折算产量、产值、上等烟比例等。

1.3.4 烤后烟叶的化学成分

采用 SKALAR 连续流动分析仪检测总糖、还原糖、烟碱、氯离子、总氮等指标,钾含量采用火焰分光光度法测定^[32]。糖碱比指总糖和烟碱的比值,氮碱比指总氮和烟碱的比值。

1.4 数据分析

采用 Excel 2016 和 SPSS 19.0 软件进行数据分析与处理。采用 SSR 法进行主区因素 A(副区因素 B)多重比较时,用主区(副区)误差均方 MS_{Ea}(MS_{Eb})计算均数标准误。

2 结果与分析

2.1 施氮量及种植密度对烤烟农艺性状的影响

2.1.1 旺长期农艺性状

由表 1 可知,氮肥和密度互作对株高、最大叶长、最大叶面积影响显著。对于株高而言,低密度不同施氮量处理间,A₃B₁显著大于 A₁B₁、A₂B₁;高密度条件下,A₄B₂的株高显著高于 A₁B₂、A₂B₂;相同施氮量条件下,各处理间差异不显著。对于最大叶长而言,相同施氮量条件下,低密度显著大于高密度。对于最大叶面积而言,低密度不同施氮量处理间,A₃B₁与 A₄B₁显著大于 A₁B₁与 A₂B₁;相同施氮量条件下,低密度显著大于高密度。

表 1 各处理旺长期农艺性状

处理	株高 (cm)	茎围 (cm)	最大叶长 (cm)	最大叶宽 (cm)	最大叶面积 (cm ²)
A ₁ B ₁	77.51d	9.00b	70.13b	35.31abc	1570.09b
A ₂ B ₁	86.00bcd	9.22b	72.92ab	33.52bcd	1549.54b
A ₃ B ₁	98.60a	9.07b	75.00a	36.21ab	1722.67a
A ₄ B ₁	89.50abc	9.70a	75.51a	36.54a	1748.52a
A ₁ B ₂	85.62bcd	8.08c	61.42cd	32.32d	1258.35d
A ₂ B ₂	80.41cd	8.02c	60.91d	32.90cd	1271.29d
A ₃ B ₂	92.20ab	8.09c	63.32cd	32.60cd	1309.34cd
A ₄ B ₂	97.60a	8.09c	64.40c	33.80abcd	1381.13c
A	1.62	2.80*	1.99	0.59	0.76
B	0.20	150.04**	215.00**	14.81**	77.36**
A×B	10.42**	2.64	5.93**	2.12	4.01*

注: 数字后小写字母不同表示差异水平达 5%, A×B 代表氮肥密度互作, “*”表示 $P<0.05$, “**”表示 $P<0.01$, 下同

氮肥和密度对茎围影响显著, 其交互作用影响不显著。低密度不同施氮量处理间, A₄B₁ 的茎围显著大于其他三个处理; 高密度条件下, 各氮肥处理间差异不显著。相同施氮量条件下, 低密度显著大于高密度。

密度对最大叶宽影响显著, 氮肥和氮肥密度互作影响不显著。相同施氮量条件下, A₁B₁ 和 A₃B₁ 分别显著大于 A₁B₂ 和 A₃B₂。

总体而言, 高氮低密的旺长期农艺性状表现较优。

2.1.2 成熟期农艺性状

由表 2 可知, 氮肥、密度和氮肥密度互作对株高影响显著。低密度不同施氮量处理间, A₃B₁ 的株高显著大于 A₁B₁、A₂B₁; 高密度条件下, A₄B₂ 的株高高于其他三个处理; 相同施氮量条件下, 除了

表 2 各处理成熟期农艺性状

处理	株高 (cm)	茎围 (cm)	最大叶长 (cm)	最大叶宽 (cm)	最大叶面积 (cm ²)
A ₁ B ₁	91.30c	10.65abc	76.71a	36.32a	1766.58a
A ₂ B ₁	94.21b	10.72ab	75.12a	36.21a	1724.96a
A ₃ B ₁	104.42a	10.48abc	77.51a	36.83a	1809.59a
A ₄ B ₁	97.21b	10.78a	78.54a	36.12a	1798.08a
A ₁ B ₂	98.43a	10.31abc	63.80b	30.54b	1234.67c
A ₂ B ₂	103.45a	10.18c	65.75b	30.92b	1288.12bc
A ₃ B ₂	104.52a	10.23bc	66.82b	31.81b	1347.83b
A ₄ B ₂	104.74a	10.27abc	65.96b	32.60b	1363.12b
A	6.87**	0.39	0.56	0.52	0.34
B	52.97**	10.79**	140.48**	76.56**	119.11**
A×B	4.65**	0.25	1.42	1.04	1.18

A₃, 均以高密度显著大于低密度。

密度对茎围、最大叶长、最大叶宽、最大叶面积影响显著, 氮肥和氮肥密度互作影响不显著。相同施氮量条件下, B₁ 与 B₂ 的各氮肥处理间, 以上指标均以 B₁>B₂, 且最大叶长、最大叶宽、最大叶面积均以低密度显著大于高密度。

2.2 施氮量及种植密度对烤烟群体透光率的影响

2.2.1 旺长期群体透光率

由表 3 可知, 氮肥、密度和氮肥密度互作对叶绿素影响显著。相同密度条件下, 叶绿素含量随氮肥增加上升, 其中 A₃B₁ 和 A₄B₁ 显著高于 A₁B₁ 和 A₂B₁; 相同施氮量条件下, 密度越大, 叶绿素含量越高。

表 3 各处理旺长期叶绿素相对含量和透光率

处理	叶绿素 含量 (SPAD)	株间中层 透光率(%)	株间下层 透光率(%)	行间中层 透光率(%)	行间下层 透光率(%)
A ₁ B ₁	31.89c	38.22abc	17.66a	91.50a	80.54a
A ₂ B ₁	34.46c	44.70a	16.70a	87.86a	83.81a
A ₃ B ₁	37.73b	38.58abc	15.99a	91.37a	84.58a
A ₄ B ₁	40.32ab	41.19ab	15.32a	90.90a	79.44a
A ₁ B ₂	40.30a	36.32abc	9.01b	59.56b	28.56b
A ₂ B ₂	40.68ab	22.59d	6.64b	54.32b	31.11b
A ₃ B ₂	42.30a	30.66bcd	7.33b	44.63c	23.45b
A ₄ B ₂	42.61ab	27.21cd	4.77b	32.66d	17.61c
A	9.06**	0.32	1.11	6.70**	3.60*
B	46.13**	16.14**	50.32**	364.57**	837.38**
A×B	2.89*	2.28	0.49	7.66	1.81

氮肥和密度对行间中、下层透光率影响显著, 其交互作用影响不显著。低密度不同施氮量处理间, 行间中、下层透光率差异不显著, A₁B₁ 的行间中层透光率相对高于其他三个处理; 高密度条件下, 以 A₄B₂ 的行间中、下层透光率显著低于 A₁B₂ 和 A₂B₂。相同施氮量条件下, 低密度的行间中、下层透光率显著高于高密度。

密度对株间中、下层透光率影响显著, 氮肥和氮肥密度互作影响不显著。对于株间中层透光率而言, 相同施氮量条件下 A₂B₁ 和 A₄B₁ 分别显著高于 A₂B₂ 和 A₄B₂。对于株间下层透光率而言, 低密度显著高于高密度。

2.2.2 成熟期群体透光率

由表 4 可知, 氮肥密度互作对叶绿素含量、株间与行间下层透光率影响显著。对于叶绿素含量而言, 相同施氮量条件下, A₂B₁ 和 A₄B₁ 分别显著低

表4 各处理成熟期叶绿素相对含量和透光率

处理	叶绿素 含量 (SPAD)	株间中层 透光率(%)	株间下层 透光率(%)	行间中层 透光率(%)	行间下层 透光率(%)
A ₁ B ₁	38.72c	18.20ab	14.82a	94.97a	69.12b
A ₂ B ₁	36.89bc	22.62a	6.08c	90.80a	82.17a
A ₃ B ₁	40.19ab	24.08a	8.47bc	90.76a	84.23a
A ₄ B ₁	33.86c	17.90ab	5.31c	91.34a	86.91a
A ₁ B ₂	36.42bc	12.68bc	11.21ab	62.24b	14.88d
A ₂ B ₂	44.19a	9.66bc	4.53c	61.70b	22.98c
A ₃ B ₂	42.52a	10.69bc	4.23c	55.35b	12.83d
A ₄ B ₂	44.86a	5.36c	13.84a	59.05b	17.01cd
A	0.98	1.61	8.56**	0.48	8.32**
B	29.57**	32.24**	0.03	127.19**	143.81**
A×B	9.95**	0.92	6.25**	1.22	6.12**

于A₂B₂和A₄B₂。对于株间下层透光率而言,低密度不同施氮量处理间,以A₁B₁显著高于其他三个处理;高密度条件下,以A₂B₂和A₃B₂显著低于其余两个处理。对于行间下层透光率而言,相同施氮量条件下,低密度显著高于高密度。

密度对株间、行间中层透光率影响显著,氮肥和氮肥密度互作影响不显著。相同施氮量条件下,表现为低密度显著高于高密度。可见,低密度处理群体透光率相对较高,光照强度较好。

2.3 施氮量与种植密度对烤后烟叶经济性状的影响

由表5可知,氮肥、密度对经济性状影响显著;氮肥和密度互作对产值和均价影响显著。

表5 各处理烤后烟叶的经济性状

处理	产量 (kg/hm ²)	产值 (元/hm ²)	均价 (元/kg)	上等烟比例 (%)
A ₁ B ₁	1 947.0d	49 259.1bc	25.3ab	29.58b
A ₂ B ₁	1 951.5d	51 909.9ab	26.6a	32.20a
A ₃ B ₁	2 319.0a	53 337.0a	23.0c	28.84b
A ₄ B ₁	2 140.5bc	47 733.2c	22.3c	24.47c
A ₁ B ₂	1 975.5d	47 609.6c	24.1bc	24.30c
A ₂ B ₂	2 088.0c	53 035.2ab	25.4ab	31.13ab
A ₃ B ₂	2 374.5a	42 556.8d	17.6d	22.60c
A ₄ B ₂	2 200.5b	24 645.6e	11.2e	19.23d
A	53.30**	63.66**	67.48**	36.26**
B	8.82**	95.66**	84.12**	44.02**
A×B	0.97	38.55**	20.71**	2.94

低密度条件下,各经济性状指标随施氮量增加先升后降;A₃B₁的产量显著提高8.3%~19.1%,产值提高2.7%~11.7%;均价和上等烟比例以A₂B₁处理最大。高密度条件下,各经济性状指标随施氮量增加

先升后降。其中,A₃B₂的产量显著提高了7.9%~20.2%,产值、均价和上等烟比例则以A₂B₂最高。

相同施氮量条件下,B₁处理的A₁、A₃、A₄除了产量其余各指标均较B₂处理的A₁、A₃、A₄高;A₂B₁产量和产值较A₂B₂低,但均价、上等烟比例均较A₂B₂高。可见,种植密度增加,虽然能提高烤烟的产量,但其产值、均价、上等烟比例反而降低。总体而言,施氮量为180 kg/hm²、种植密度16 500株/hm²的处理,其烤烟经济效益最佳。

2.4 施氮量及种植密度对烤后烟叶化学成分的影响

2.4.1 上部叶

根据前人研究,确定烤后烟叶品质评价指标体系^[33],可知还原糖质量分数最适宜范围为18.00%~22.00%,烟碱为2.20%~2.80%,全氮为2.00%~2.50%,钾≥2.50%,糖碱比最适宜范围为8.50~9.50,氮碱比为0.95~1.05。

由表6可知,相同密度条件下,低密度和高密度各氮肥处理随施氮量增加,总糖、还原糖含量下降,烟碱含量上升。其中,低密度条件下烟碱含量以A₂B₁较适宜;还原糖、全氮、全钾、糖碱比、氮碱比以A₁B₁较适宜。高密度条件下,还原糖、烟碱含量和糖碱比以A₁B₂较适宜;全氮含量以A₃B₂较适宜。

相同施氮量条件下,烟碱含量、糖碱比、氮碱比以低密度处理较适宜;全氮含量低密度处理比高密度处理高。总体而言,施氮量150 kg/hm²,低密度处理的烤后上部烟叶品质更佳。

2.4.2 中部叶

由表6可知,低密度条件下,随施氮量增加,烟碱含量上升,氮碱比下降。糖碱比以A₄B₁最小且比值较适宜;氮碱比以A₁B₁较适宜。高密度条件下,烟碱含量以A₂B₂处理较适宜;全氮含量以A₄B₂较适宜;全钾含量和糖碱比表现先升后降趋势,全钾含量以A₃B₂较适宜,糖碱比以A₁B₂较适宜;氮碱比表现下降趋势,以A₁B₂较适宜。

相同施氮量条件下,低密度处理总糖、还原糖含量和糖碱比总体高于高密度处理,烟碱含量、全氮含量低于高密度处理,且糖碱比和烟碱含量低密度处理更适宜。总体而言,低密度处理的烤后中部烟叶品质更优。

3 讨论与结论

植物的生长发育离不开光合作用。前人研究结果发现,氮肥和密度是影响作物光合作用的两

表6 各处理烤后烟叶化学成分

叶位	处理	总糖(%)	还原糖(%)	烟碱(%)	全氮(%)	全钾(%)	糖碱比	氮碱比
上部叶	A ₁ B ₁	22.13a	18.60a	2.69b	2.05 a	2.20 a	8.22a	0.76a
	A ₂ B ₁	21.92a	15.84bc	2.76b	1.94 a	2.04ab	7.94a	0.70a
	A ₃ B ₁	19.67b	14.20c	3.14ab	1.91 a	1.82b	6.26ab	0.61a
	A ₄ B ₁	18.60b	14.15c	3.16a	1.85a	2.10a	5.89bc	0.59ab
	A ₁ B ₂	24.80a	22.33a	3.41a	1.51b	1.82b	7.27a	0.44b
	A ₂ B ₂	20.51ab	17.33ab	3.52a	1.54b	2.08a	5.83bc	0.44b
	A ₃ B ₂	19.14b	14.46c	3.65a	1.90a	2.36a	5.24c	0.53ab
	A ₄ B ₂	18.82b	14.42c	3.68a	1.66b	2.14a	5.11c	0.45b
中部叶	A ₁ B ₁	22.58b	18.42c	2.24ab	1.59a	1.66b	10.08a	0.71a
	A ₂ B ₁	26.91a	24.11a	2.34a	1.17b	1.78b	11.50a	0.50ab
	A ₃ B ₁	23.23b	18.75bc	2.50a	1.24ab	1.72b	9.29b	0.49ab
	A ₄ B ₁	25.13a	20.90b	2.92a	1.37ab	2.10a	8.61b	0.47b
	A ₁ B ₂	19.12c	15.62d	2.01b	1.40a	2.06a	9.51ab	0.70a
	A ₂ B ₂	22.39b	20.74b	2.19b	1.25ab	2.14a	10.22a	0.57a
	A ₃ B ₂	20.39bc	16.54cd	3.06a	1.58a	2.40a	6.66c	0.52a
	A ₄ B ₂	19.71bc	17.65c	3.07a	1.59a	2.26a	6.44c	0.51ab

个主要因素^[34],由于N是构成叶绿素、酶、ATP的化合物的元素,其含量直接影响碳氮代谢及其相关酶的活性^[35-37]。氮肥充分,植株叶片的叶绿素含量越高,作物的生产潜能越大;同时,种植密度影响着作物的群体透光率,从而影响着叶片的光能截获率^[23]。两种因素互作,很大程度地影响着烟草田间的光合作用及效率。

氮素是烤烟营养生长与生殖生长过程中的重要元素。氮肥施得多,种植密度小,烟株个体的农艺性状表现更优^[8-10,19]。此外,氮肥和密度影响着群体透光率,且种植密度对于群体透光率的影响更显著。氮肥过量,烟株个体虽发育得好,但叶片过大,导致中部叶和下部叶光能截获率降低,减弱了田间烟株的光合作用效率,新陈代谢变慢,因此群体透光率的降低反过来制约着烟株个体的生长发育进程;密度越大,田间郁闭性越强,群体透光率自然降低,也影响烟株个体的生长发育^[23]。本研究结果表明,A₃B₁和A₄B₁农艺性状表现较优,A₁B₁处理的株间下层和行间中层透光率最大。可见在一定范围,增氮减密可以适当提高烟草生长能力。

控制好氮肥和密度,也是提高烤烟产量的一个重要环节^[24-25]。一定范围内氮肥越多,经济性性状更优;但氮肥过量,烟叶变大且贪青晚熟,田间群体透光率降低,光合作用减弱,从而影响烤烟干物质积累和经济性状。本试验研究表明,产量以施氮量为210 kg/hm²的处理最大,均价和上等

烟比例以180 kg/hm²处理最大。增加种植密度虽然能够提高烤烟的产量,但其余经济性性状表现较差,是由于密度过大,田间郁闭性较强,群体透光率降低,烟叶不能更好地接收光强,从而影响个体烟叶生长,本试验产值以A₃B₁最大,均价和上等烟比例以A₂B₁最高,也证实了这一点。

化学成分是烤烟内在质量的表现。烤烟化学成分的含量调节着烤烟的生长和代谢。试验研究表明,对于烤后上部叶和中部叶而言,低密度和高密度处理的150 kg/hm²施氮水平各化学指标的值更适宜。由此可见,施氮量较低,种植密度为16 500株/hm²的处理,烟叶品质较优。

综合分析,浏阳永安镇烤烟G80在施氮量180 kg/hm²、种植密度16 500株/hm²条件下群体透光率最佳,烤烟的产量与质量最好。

参考文献:

[1] 李长双.中国烟草产品国际竞争力研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2017.

[2] 张严柱.中国烟草行业发展战略选择问题研究[D].大连:东北财经大学,2012.

[3] 费丽娜.云南省烟草种植区划适宜性评价研究[D].昆明:昆明理工大学,2007.

[4] 张振平.中国优质烤烟生态地质背景区划研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2004.

[5] 陈瑞泰.给烟草安排一个适宜的天地[J].中国烟草,1980(1):1-5.

[6] 尹汨瑕,赵贵香.烟草的种植技术与田间管理[J].农业工程技术,2016,36(26):60.

- [7] 李海宾,于 嘉.烟草的种植技术与田间管理研究[J].科技创新与应用,2012(1):189.
- [8] 杨隆飞,占朝琳,郑 聪,等.施氮量与种植密度互作对烤烟生长发育的影响[J].江西农业学报,2011,23(6):46-48,53.
- [9] 李洪勋.不同施氮量和密度对烤烟产量和质量的影响[J].吉林农业科学,2008,33(3):22-26.
- [10] 王红刚,张洪博,董维杰,等.施氮量与种植密度对宁乡晒黄烟生长发育及产质量的影响[J].贵州农业科学,2018,46(5):30-34.
- [11] 吴佳溶,徐 茜,陈志厚,等.施氮量与种植密度对烟草品种CB-1生长及产质量的影响[J].贵州农业科学,2017,45(2):67-70.
- [12] 罗宝雄.种植密度、氮肥用量及留叶数综合调控措施对烤烟产量和品质的影响[D].南宁:广西大学,2017.
- [13] 苏德成,刘好宝,窦学涛.烟草栽培[M].北京:中国财政经济出版社,2000:16-21.
- [14] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003:32-39,121.
- [15] 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.
- [16] 肖艳松,钟 权,王文艺,等.菇渣发酵有机肥对烤烟产质量的影响[J].中国烟草科学,2016,37(3):34-39.
- [17] 马兴华,苑举民,荣凡番,等.施氮对烤烟氮素积累、分配及土壤氮素矿化的影响[J].中国烟草科学,2011,32(1):17-21.
- [18] 宗 会,温华东,张 燕,等.氮肥形态、用量和种植密度对香料烟光合作用的影响[J].烟草科技,2004(1):33-35.
- [19] 孙敬钊,白玉超,皮本阳,等.不同氮肥用量对烤烟生长发育及品质的影响[J].安徽农业科学,2016,44(5):42-43.
- [20] 韩富根,沈 铮,李元实,等.施氮量对烤烟经济性状、化学成分及香气质量的影响[J].中国烟草学报,2009,15(5):38-42.
- [21] 谭 军,郭芳军,孙兆旭,等.不同施氮量对烤烟产量和质量的影响[J].江西农业学报,2008,20(11):24-26.
- [22] 王付锋,赵铭钦,张学杰,等.种植密度和留叶数对烤烟农艺性状及品质的影响[J].江苏农业学报,2010,26(3):487-492.
- [23] 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.
- [24] 孙敬钊.不同种植密度和施氮量对烤烟生长发育及产质量的影响[D].长沙:湖南农业大学,2016.
- [25] 杜兴华,耿 伟.氮用量和种植密度对烤烟生长及产量质量的影响[J].安徽农学通报,2014,20(5):40-42.
- [26] 张喜峰,张立新,高 梅,等.密度与氮肥互作对烤烟圆顶期农艺及经济性状的影响[J].中国烟草科学,2012,33(5):36-41.
- [27] 刘天波,段淑辉,李建勇,等.密度与有机氮水平互作对长沙烟区烤烟产质量的影响[J].作物研究,2017,31(2):146-151.
- [28] 李 帆,钟越峰,裴晓东,等.肥料增效剂对浏阳烟区烤烟生长发育与产量产值的影响[J].作物研究,2013,27(6):627-629.
- [29] 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(1):37-39.
- [30] 黎 娟,裴晓东,李 帆,等.浏阳烟稻轮作区烤烟适宜施氮量研究[J].中国农学通报,2016,32(10):58-63.
- [31] 胡瑞文,刘勇军,荆永锋,等.深耕条件下生物炭对烤烟根系活力、叶片SPAD值及土壤微生物数量的动态影响[J].江西农业大学学报,2018,40(6):1223-1230.
- [32] 刘智炫,周清明,黎 娟,等.湖南烟区不同年份烤烟化学成分的变化[J].浙江农业学报,2015,27(11):1877-1881.
- [33] 邓小华,肖志君,于庆涛,等.田间摘除不适用鲜烟叶对烤烟化学成分影响的模糊分析[J].吉林农业大学学报,2016,38(4):391-397.
- [34] 仲 义,代秀云,侯宗运,等.不同密度及施氮水平对青贮玉米生理特性的影响[J].吉林农业科学,2013,38(5):22-24,28.
- [35] 刘朝科,王 军,谢玉华,等.种植密度与施氮量对烤烟光合特性及代谢酶活性的影响[J].华南农业大学学报,2013,34(4):458-464.
- [36] 陈百翠,魏峭嵘,石 瑛,等.SPAD值在马铃薯氮素营养诊断和推荐施肥中的研究与应用[J].吉林农业科学,2014,39(4)26-30,38.
- [37] 王 竹,杨文钰.不同施氮量对套作大豆碳氮代谢及产量的影响[J].吉林农业科学,2014,39(3):22-26,87.

(责任编辑:刘洪霞)

(上接第31页)

- [32] 张立峰,程 茁,丁 伟.复合微生物药肥对水稻秧苗几种抗逆酶活性的影响[J].东北农业科学,2016,41(4):49-52.
- [33] 申宏波,姚文秋,于永梅,等.不同类型生物农药对大豆疫霉根腐病的防治效果[J].大豆科学,2011,30(6):1054-1056.
- [34] Dai Jianying, Yang Yu, Dong Yuesheng, et al. Solid-state co-

cultivation of *Bacillus subtilis*, *Bacillus mucilaginosus*, and *Paecilomyces lilacinus* using tobacco waste residue[J]. Appl Biochem Biotechnol, 2020, 190(3): 1092-1105.

- [35] 张广洋.大豆根腐病复合型生物种衣剂的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2015.

(责任编辑:王 昱)