

## 增密降氮技术措施对烟叶生长发育及产质量的影响

向盼来, 张敏, 常文亮, 袁梅, 王树林\* (四川中烟工业有限责任公司, 四川成都 610066)

**摘要** 为降低通海基地上部烟叶烟碱含量, 提高烟叶原料可用性, 采用田间小区试验的方法, 研究了增密降氮对烟叶生长发育及产质量的影响。结果显示, 适当降低氮肥和增加种植密度时, 烟株能完成正常的生长发育, 均价、上等烟比例、经济效益等与常规生产条件下相当, 此外降低了上部叶总植物碱和总氮含量, 提高了烟叶总糖、钾含量, 化学成分更加协调, 烟叶评吸质量也明显改善。综合分析认为, 通海基地单元施氮量为 75 kg/hm<sup>2</sup>、种植密度为 120 cm×50 cm 时烟叶质量较好。

**关键词** 烤烟; 增密降氮; 生长发育; 质量

中图分类号 S572 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)07-0049-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.07.015



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Effects of Density-increasing and Nitrogen-saving on the Growth, Yield and Quality of Flue-cured Tobacco

XIANG Pan-lai, ZHANG Min, CHANG Wen-liang et al (China Tobacco Sichuan Industrial Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610066)

**Abstract** To lower the alkaloid of upper leaves and to increase its availability, a field experiment was conducted to study the effects of density-increasing and nitrogen-saving on the growth, yield and quality of flue-cured tobacco. The results showed that it was a feasible method to product high quality tobacco leaves. The growth and development was normal. The average price, fine tobacco ratio and economic benefit were equivalent to those under conventional production. Density-increasing and nitrogen-saving method could reduce alkaloid and nicotine content, and increase sugar and potassium contents. Meanwhile, it made chemical composition more harmonious. The smoking quality was also improved significantly. The comprehensive analysis concluded that, the tobacco quality was better under the condition of 75 kg/hm<sup>2</sup> nitrogen and 120 cm×50 cm planting density.

**Key words** Flue-cured tobacco; Density-increasing and nitrogen-saving; Growth and development; Quality

种植密度和氮肥用量是烟叶生产中的两个重要因素, 主要影响烟株的个体发育与群体发育<sup>[1]</sup>。氮肥施用量过多或过少, 种植密度过大或过小都不利于烟叶正常生长发育以及烟叶品质的形成<sup>[2]</sup>。因此, 生产中要做到合理的种植密度和适宜氮肥用量, 这是烟叶优质适产的基础<sup>[3]</sup>。但在烟叶生产过程中, 过量施用氮肥、降低种植密度会导致烟碱含量不适宜, 尤其上部叶烟碱含量过高会影响烟叶可用性。四川中烟通海基地单元也存在同样的问题, 尤其上部叶刺激性大和烟碱含量过高等问题。

增密减氮作为一项绿色增产增效技术<sup>[4]</sup>, 在大宗农作物上应用较广泛。目前, 关于施氮量和种植密度的研究较多, 但不同产区的生态条件差异较大, 以及卷烟工业质量需求规格不同<sup>[5-6]</sup>, 氮肥施用量、种植密度也不同。鉴于此, 笔者研究了通海基地单元增加种植密度和降低氮肥使用对上部烟叶烟碱含量的影响, 探讨适宜通海基地单元且满足“宽窄”需求的种植模式, 旨在提高基地烟叶原料的质量和可用性。

## 1 材料与与方法

**1.1 试验地概况** 试验于 2019 年在云南省玉溪市通海县四街烟站试验田进行, 土壤为红壤, 土壤 pH 6.5, 有机质 34.2 g/kg, 碱解氮 148.4 mg/kg, 速效磷 57.9 mg/kg, 速效钾 213.3 mg/kg, 前茬为蔬菜。

**1.2 试验材料** 供试品种为 K326。

**1.3 试验设计** 试验设 2 个施氮量水平, 常规施氮量 A1(CK) = 105.0 kg/hm<sup>2</sup>, A2 = 75.0 kg/hm<sup>2</sup>, 较常规施氮量减少

30 kg/hm<sup>2</sup>; 种植密度 2 个水平, B1(CK): 行距 120 cm×株距 55 cm(种植密度 16 500 株/hm<sup>2</sup>), B2: 行距 120 cm×株距 50 cm(种植密度 18 000 株/hm<sup>2</sup>)。随机组合为 4 个处理(表 1)。

表 1 不同试验处理的设计比较

Table 1 Design of different test treatments

处理编号 Treatment code	施氮量 N application dosage//kg/hm <sup>2</sup>	株距 Row spacing//cm
T1(CK)	105.0	55
T2	105.0	50
T3	75.0	55
T4	75.0	50

试验田四周设置保护区, 每个处理 66.7 m<sup>2</sup>。氮磷钾比例和施肥技术要求均按通海四街基地单元生产技术规范要求执行, 各项农事操作及时一致, 同一管理措施在同 1 天内完成<sup>[7-8]</sup>。

## 1.4 测定内容与方法

**1.4.1 烟株生长势调查。** 分别于团棵期(移栽后 25~30 d)、现蕾期(移栽后 50~55 d)调查烟株生长势, 并测定最大叶长、最大宽。

**1.4.2 农艺性状调查方法。** 于打顶后 15 d 调查各个处理烟株的农艺性状, 包括株高、有效叶片数、茎围、节距、最大叶长和最大叶宽等。按照烟草行业颁布的农艺性状调查方法(烟草农艺性状调查方法, YC/T 142—2000)。

**1.4.3 抗病性测定。** 病虫害调查按照 GB/T 23222—2008《烟草病虫害分级及调查方法》。

**1.4.4 取样方法。** 采烤期间各试验田单采单烤, 单独存放, 单独分级, 烘烤完毕分别取各个处理的 B2F、C3F、X2F 共

**作者简介** 向盼来(1984—), 男, 湖北宜昌人, 助理农艺师, 硕士, 从事烟叶生产及质量检验工作。\* 通信作者, 助理农艺师, 硕士, 从事烟叶生产及质量检验工作。

**收稿日期** 2019-09-10

3个等级的烟样3 kg,用于外观质量评价、化学成分分析及感官质量评吸<sup>[9]</sup>。

**1.5 数据统计分析方法** 采用 Excel 进行数据整理;采用 SAS 进行方差分析及多重比较。

## 2 结果与分析

**2.1 不同处理对烟株生育期的影响** 从表2可以看出,不同

处理主要影响现蕾期、打顶期及采烤期,但对还苗期、团棵期没有影响;降低氮肥后的 T3、T4 处理到达现蕾期、打顶期、采烤期的时间较 T1、T2 处理分别提前 3~4、1~2、3~4 d,且生育期缩短 3 d,这说明适当增加氮肥有利于大田烟株的个体发育,但烟叶成熟期也会相对推迟,这与刘云等<sup>[10]</sup>研究结果一致。

表2 不同处理对烟株生育期的影响

Table 2 Effects of different treatments on the growth period of tobacco plants

处理编号 Treatment code	移栽期 Transplanting date	还苗期 Seedling stage	团棵期 Rosette stage	现蕾期 Budding stage	打顶期 Topping stage	始采期 Initial har- vesting stage	终采期 Final har- vesting stage	生育期 Growth stage//d
T1	04-25	04-28	05-28	06-25	07-09	07-21	09-02	130
T2	04-25	04-28	05-28	06-26	07-08	07-22	09-02	130
T3	04-25	04-28	05-28	06-22	07-07	07-18	08-30	127
T4	04-25	04-28	05-28	06-23	07-07	07-18	08-30	127

**2.2 不同处理对烟株主要农艺性状的影响** 从表3可以看出,不同处理对烟株团棵期、旺长期、圆顶期的生长发育没有明显影响,田间生长整齐一致,都符合优质烟叶生产的标准,但 T1、T2 处理旺长期、圆顶期的叶色明显比 T3、T4 处理深,

主要表现为旺长期 T1、T2 处理叶色深绿, T3、T4 处理叶色绿,圆顶期 T1、T2 处理叶色绿, T3、T4 处理叶色浅绿,这可能与 T1、T2 处理施氮肥较多有关。

表3 不同处理对烟株主要农艺性状的影响

Table 3 Effects of different treatments on the major agronomic characters of tobacco plants

生育期 Growth period	处理编号 Treatment code	株高 Plant height	叶片数 Leaf number	最大叶长 Maximum leaf length	最大叶宽 Maximum leaf width	茎围 Stem girth	节距 Node distance	叶色 Leaf color
团棵期 Rosette stage	T1	18.2	10.2	34.1	16.2	6.8	2.9	浅绿
	T2	17.9	10.4	34.5	15.7	6.8	2.8	浅绿
	T3	18.4	10.5	35.2	16.7	6.9	2.9	浅绿
	T4	18.1	9.8	35.3	15.5	6.9	2.8	浅绿
旺长期 Vigorous growth stage	T1	56.5	14.4	45.5	28.3	8.8	4.1	深绿
	T2	57.6	14.7	47.2	27.9	8.9	3.9	深绿
	T3	56.8	15.1	46.9	27.5	8.7	4.0	绿
	T4	57.3	14.6	45.8	28.6	8.7	4.0	绿
圆顶期 Round top stage	T1	115.8	18.6	73.5	34.2	12.5	4.2	绿
	T2	116.0	19.0	74.3	32.6	12.8	4.1	绿
	T3	114.6	18.4	73.4	31.9	11.4	4.1	浅绿
	T4	115.3	18.3	72.1	32.4	11.3	4.1	浅绿

**2.3 不同处理对烟株主要病害发生的影响** 田间主要调查了常见的烟草普通花叶病毒病、烟草赤星病和烟草黑胫病,未见其他病害发生。从表4可以看出,不同处理病害均有不

同程度地发生,但差异不显著。因此,适当降低氮肥或适当调整种植密度烟株也能达到正常生产水平。

表4 不同处理对烟株主要病害发生的影响

Table 4 Effects of different treatments on the major disease occurrence of tobacco plant

处理编号 Treatment code	烟草普通花叶病毒病 TMV		烟草赤星病 <i>Alternaria alternata</i>		烟草黑胫病 Tobacco black shank	
	发病率 Incidence rate//%	病情指数 Disease index	发病率 Incidence rate//%	病情指数 Disease index	发病率 Incidence rate//%	病情指数 Disease index
T1	26.2	11.5	40.7	18.7	7.4	3.7
T2	25.0	8.3	33.3	14.5	3.8	1.0
T3	20.8	6.4	37.5	16.3	0	0
T4	23.5	7.3	33.3	15.6	3.6	0.9

**2.4 不同处理对烤烟经济性状的影响** 从表5可以看出, T3、T4 处理的产量、均价、产值以及上等烟比例略低于 T1、T2

处理,但方差分析结果表明差异不显著,这说明与传统栽培措施相比,适当降低氮肥和增大种植密度可以维持或提高烤

烟的产量与经济效益。由此可见,大田生产中适当降低施氮量或调整种植密度是可行的,在一定程度上也能保证烟农种烟的经济效益。

**2.5 不同处理对烟叶化学成分的影响** 不同处理各部位烟叶的化学成分分析见表 6。从表 6 可以看出,从下部和中部叶来看,适当降低氮肥可提高还原糖含量、总糖含量、糖碱比,降低总植物碱和总氮含量;从上部叶来看,适当降低氮肥可提高总糖、钾、氯含量,降低总植物碱和总氮含量,使糖碱比、钾氯比更加协调,但对还原糖含量的影响不明显。

**2.6 不同处理对烟叶评吸质量的影响** 从表 7 可以看出,T3、T4 处理适当降低了氮肥,其中部叶、上部叶的评吸得分略高于 T1、T2 处理,质量档次优于 T1、T2 处理,清香型特征更加明显。由此可见,适当降低氮肥和调整种植密度可以改

善烟叶内在质量。

表 5 不同处理对烤烟经济性状的影响

Table 5 Effects of different treatments on the economic characters of flue-cured tobaccos

处理编号 Treatment code	产量 Yield kg/hm <sup>2</sup>	均价 Average price 元/kg	产值 Output value 元/hm <sup>2</sup>	上等烟比例 Proportion of first-class tobaccos//%
T1	2 631.0 a	23.84 a	62 723.04 a	33.50 ab
T2	2 701.5 ab	23.71 a	64 052.57 ab	29.80 a
T3	2 592.0 a	23.80 a	61 689.60 a	29.69 a
T4	2 644.5 a	23.68 a	62 621.76 a	32.90 ab

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

表 6 不同处理对烟叶化学成分的影响

Table 6 Effects of different treatments on the chemical components of tobacco leaves

叶位 Leaf position	处理编号 Treatment code	还原糖 Reducing sugar	总糖 Total sugar	总植物碱 Total alkaloids	总氮 Total N	钾 K	氯 Cl	糖碱比 Sugar-alkali ratio	钾氯比 K-Cl ratio
下部 Lower	T1	20.8	26.5	1.87	1.85	1.97	0.16	11.1	12.3
	T2	20.3	27.0	1.74	1.76	1.94	0.19	11.7	10.2
	T3	21.2	28.2	1.68	1.68	1.86	0.15	12.6	12.4
	T4	21.3	27.8	1.57	1.59	1.95	0.14	13.6	13.9
中部 Middle	T1	25.5	33.9	2.03	1.80	2.16	0.15	12.6	14.4
	T2	25.9	33.5	2.02	1.72	2.16	0.21	12.8	10.3
	T3	26.1	32.4	1.95	1.59	2.15	0.16	13.4	13.4
	T4	26.4	32.6	1.98	1.54	2.11	0.22	13.3	9.6
上部 Upper	T1	23.5	31.1	3.02	2.29	1.41	0.13	7.8	10.8
	T2	23.3	31.2	2.77	2.24	1.24	0.14	8.4	8.9
	T3	23.8	32.5	2.73	2.01	1.43	0.15	8.7	9.5
	T4	23.6	32.5	2.65	1.92	1.60	0.16	8.9	10.0

表 7 不同处理对烟叶评吸质量的影响

Table 7 Effects of different treatments on the smoking quality of tobacco leaves

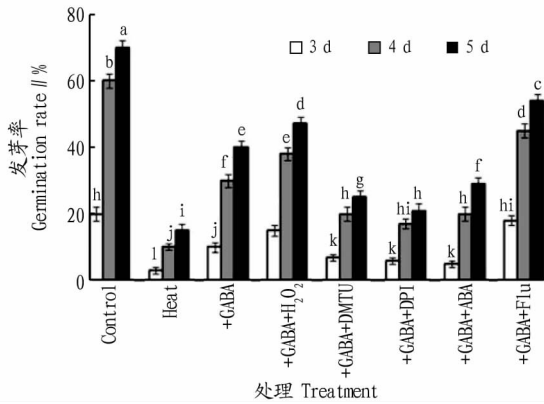
叶位 Leaf position	处理编号 Treatment code	香气质 Aroma quality	香气量 Aroma quality	余味 Aftertaste	杂气 Offensive odor	刺激性 Irritation	燃烧性 Flammability	灰色 Grey	得分 Score	质量档次 Quality grade	香型 Odor type
中部 Middle	T1	11.6	16.3	19.9	13.3	9.2	3.1	3	76.4	较好-	清偏中
	T2	11.8	16.4	20.3	13.5	9.1	3.0	3	77.1	较好	清偏中
	T3	11.9	16.4	20.4	13.3	9.1	3.0	3	77.1	较好	清香
	T4	11.9	16.4	20.3	13.5	9.0	3.0	3	77.1	较好	清香
上部 Upper	T1	11.6	16.3	19.9	13.1	8.9	3.0	3	75.8	较好-	中偏清
	T2	11.3	16.1	19.4	13.1	9.0	3.1	3	75.0	较好-	中偏清
	T3	11.8	16.2	19.9	13.5	9.2	3.0	3	76.6	较好-	清偏中
	T4	11.7	16.2	19.6	13.3	9.2	3.0	3	76.0	较好-	清偏中

### 3 讨论

目前,生产中烟农主要通过增大施氮量和稀种植的方式来促进烟株生长发育,提高有效叶片数和单叶重,旨在获得更高的经济效益。这种方式虽然使烟农获得了较理想的经济效益,但烟叶内在质量却不乐观,工业可用性不高,不利于烟叶生产的可持续发展。在种植密度一致的前提下,当降低氮肥或施氮量不变时,适当增加种植密度使得单位面积上的供氮量减少,单株的平均供氮量也减少,正常生产条件下烟

株的氮吸收会增多,含氮物质的积累也增多。该研究中,减少氮肥处理降低了上部烟叶总植物碱和总氮,这与向鹏华等<sup>[1]</sup>的研究结果一致,同时提高了烟叶总糖、钾、氯含量,对还原糖含量的影响不明显,使糖碱比和钾氯比更加协调<sup>[11]</sup>。从“提质增效、节工降本”的角度出发,结合通海基地单元的生态条件及种植水平,建议通海基地单元施氮量应控制在 75 kg/hm<sup>2</sup> 以内,种植密度为 120 cm×50 cm。

(下转第 55 页)



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between different treatments ( $P < 0.05$ )

图1 不同试剂处理对高温下酸枣种子发芽的影响

Fig. 1 Effects of reagent treatment on jujube seed germination rate under high temperature

芽状态。然而通过喷洒 1 mmol/L GABA 溶液,可以显著提高酸枣种子在高温下发芽率。推测这种非蛋白氨基酸可能作为异源物(xenobiotic)通过刺激酸枣种子细胞产生活性氧从而协助种子降解 ABA。通过喷洒 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 发现有类似效果,而喷洒 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 清除剂 DMTU 会减轻这种效果。这与前人在玉米种子发芽上研究结论类似<sup>[4-5]</sup>。而作为异源物,最先接触细胞并刺激产生活性氧的部位可能是位于细胞膜上的 NADPH 氧化酶,因此用该酶特异性抑制剂 DPI 处理后,通过降低该酶活性氧的产生,发现可以显著削弱 GABA 的刺激作用。这也与在玉米上的处理结果类似<sup>[6-7]</sup>。最终,使用 ABA 和其合成特异性抑制剂 fluridone 对高温下酸枣种子处理后,发现能削弱或促进 GABA 在高温下的保护作用,这说明 GABA 对高温下酸枣种子发芽的保护作用与通过产生的活性氧降解高温诱导的脱落酸有关。当然,对于 GABA 在高温下如何调控酸枣种子的具体机理还需要从生化和分子水平进一步研究。

该研究从表型上确定了 GABA 对高温下酸枣种子发芽

(上接第 51 页)

#### 4 小结

增密降氮技术措施在优质烟叶生产中是可行的。当适当降低氮肥和增加种植密度时,烟株生长发育正常,均价、上等烟比例、产值等与常规生产条件下相当,同时还降低上部叶总植物碱和总氮含量,烟叶呼吸质量也明显改善。试验结果显示,通海基地单元适宜的施氮量为 75 kg/hm<sup>2</sup>,种植密度为 120 cm×50 cm。

#### 参考文献

[1] 向鹏华,黄银章,单雪华,等.不同施氮量和种植密度对烤烟上部烟叶质量的影响[J].湖南农业科学,2018(1):18-20,24.  
 [2] 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.  
 [3] 王建波.种植密度和施氮量对烤烟化学成分的影响[J].农业科学研

究,2017,38(2):14-18.

#### 参考文献

[1] DIANA M,QUÍLEZ J,RAFECAS M. Gamma-aminobutyric acid as a bioactive compound in foods: A review[J]. Journal of functional foods,2014,10:407-420.  
 [2] BOWN A W,SHELP B J. Plant GABA: Not just a metabolite[J]. Trends in plant science,2016,21(10):811-813.  
 [3] YANG R Q,GUO Q H,GU Z X. GABA shunt and polyamine degradation pathway in  $\gamma$ -aminobutyric acid accumulation in germinating fava bean (*Vicia faba* L.) under hypoxia[J]. Food chemistry,2013,136(1):152-159.  
 [4] DENG B L,YANG K J,ZHANG Y F,et al. The effects of temperature on the germination behavior of white,yellow,red and purple maize plant seeds[J]. Acta physiologiae plantarum,2015,37(8):174-184.  
 [5] DENG B L,YANG K J,ZHANG Y F,et al. Can heavy metal pollution defend seed germination against heat stress Effect of heavy metals (Cu<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> and Hg<sup>2+</sup>) on maize seed germination under high temperature[J]. Environmental pollution,2016,216:46-52.  
 [6] ZHANG Y F,DENG B L,LI Z T. Inhibition of NADPH oxidase increases defense enzyme activities and improves maize seed germination under Pb stress[J]. Ecotoxicology and environmental safety,2018,158:187-192.  
 [7] ZHANG Y F,SHI H J,DENG B L. Mutagen-induced phytotoxicity in maize seed germination is dependent on ROS scavenging capacity[J]. Scientific reports,2018,8(1):14078.  
 [8] YANG K J,ZHANG Y F,ZHU L H,et al. Omethoate treatment mitigates high salt stress inhibited maize seed germination[J]. Pesticide biochemistry and physiology,2018,144:79-82.  
 [9] DENG B L,ZHANG Y F,YANG K J,et al. Changes in non-enzymatic antioxidant capacity and lipid peroxidation during germination of white, yellow and purple maize seeds[J]. Pak J Bot,2016,48(2):607-612.  
 [10] DENG B L,ZHANG Y F,YANG K J,et al. The differential antioxidant capacity of watermelon flesh at different maturity stages and its inhibitory effects on seed aging may explain the significance of fruit flesh colors[J]. Acta physiologiae plantarum,2017,39(6):139-145.  
 [11] DENG B L,YANG K J,ZHANG Y F,et al. Can antioxidant's reactive oxygen species (ROS) scavenging capacity contribute to aged seed recovery? Contrasting effect of melatonin,ascorbate and glutathione on germination ability of aged maize seeds[J]. Free radical research,2017,51(9/10):765-771.  
 [12] JEEVAN KUMAR S P,RAJENDRA PRASAD S,BANERJEE R,et al. Seed birth to death: Dual functions of reactive oxygen species in seed physiology[J]. Annals of botany,2015,116(4):663-668.  
 [13] LIU Y G,YE N H,LIU R,et al. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mediates the regulation of ABA catabolism and GA biosynthesis in *Arabidopsis* seed dormancy and germination[J]. Journal of experimental botany,2010,61(11):2979-2990.

究,2017,38(2):14-18.

[4] 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,2017,30(4):991-997.  
 [5] 唐先干,李祖章,胡启锋,等.种植密度与施氮量对江西紫色土烤烟产量及农艺性状的影响[J].中国烟草科学,2012,33(3):47-51.  
 [6] 吴佳溶,徐茜,陈忠厚,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.  
 [7] 王盼盼,常春丽,杨新宇,等.草木犀翻压配施化肥对烤烟土壤酶活性的影响[J].华北农学报,2018,33(S1):222-229.  
 [8] 张启莉,马明清,肖建华,等.烤烟 NC297 在广元烟区的适应性研究[J].安徽农业科学,2019,47(2):31-33.  
 [9] 龙大彬,郭亮,李帆,等.不同种植密度对烤烟 K326 上部叶产质量的影响[J].湖南农业科学,2012(15):34-35,38.  
 [10] 刘云,王程栋,程朝晖,等.施氮量与种植密度互作对烤烟生长发育及品质的影响[J].现代农业科技,2018(16):5-6,9.  
 [11] 李传胜,史宏志,李怀奇,等.增密减叶减氮模式对烤烟上部叶的提质增香效果[J].河南农业科学,2017,46(4):32-37,48.