植物营养与肥料学报 2014,20(4):1030-1037
Journal of Plant Nutrition and Fertilizer doi: 10.11674/zwyf.2014.0427

不同铵态氮硝态氮配比对烤烟产量、质量及其主要化学成分的影响

谢 晋[1],严玛丽[2],陈建军[2],吕永华[3],邓世媛[2],蔡一霞[2],陈泽鹏[3],邱妙文[4],陈永明[4],王 维[2*]

(1 广东中烟工业有限责任公司,广东广州 510145;2 华南农业大学烟草研究室,广东广州 510642;
3 广东省烟草专卖局(公司),广东广州 510610;3 广东省南雄烟草研究所,广东南雄 512400)

摘要:【目的】不同形态的氮素营养影响着烤烟的一些有机成分的含量和产量,本文对烤烟适宜的氮素形态以及比例进行研究,以期为南雄地区烤烟合理施氮提供理论依据。**【方法】**以烤烟品种粤烟98为研究材料,采用大田试验研究不同硝态氮和铵态氮配比,两个形态的配比设5个处理,1)100%硝态氮(N1);2)70%硝态氮+30%铵态氮(N2);3)50%铵态氮+50%硝态氮(N3);4)70%铵态氮+30%硝态氮(N4);5)100%铵态氮(N5)。研究了五种不同铵态氮硝态氮配比下烤烟农艺性状、产质量、主要化学成分的表现。**【结果】**硝态氮比例高能够促进烤烟前期早发快长,但在生育后期,铵态氮和硝态氮配比对烤烟的农艺性状及产量影响差异不显著,对中上等及上等烟比例的差异性影响显著,其中,以50%铵态氮+50%硝态氮配比效果最好,比例达到了0.88和0.55;从化学成分变化看,烤后叶片中总糖、还原糖、淀粉、糖碱比、钾离子、果糖、蔗糖及麦芽糖与硝态氮比例呈现极显著正相关,全氮、烟碱、氮碱比、降烟碱、假木贼碱及新烟碱的含量与与其成极显著负相关。对烤烟烤后烟叶化学质量量化综合评价发现,50%铵态氮+50%硝态氮分值最高为97.8,100%硝态氮分值最低为82.5。**【结论】**在施氮水平为150 kg/hm^{2}的条件下50%铵态氮+50%硝态氮的配比对于提高广东南雄烟区紫色土上烟叶产质量和化学成分协调性上效果最佳。

关键词:烤烟;氮素形态;产质量;化学成分
中图分类号:S147.21$^+$1;S572 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-505X(2014)04-1030-08

Effect of nitrogen forms on yield, quality and main chemical components of flue-cured tobacco

XIE Jin[1], YAN Ma-li[2], CHEN Jian-jun[2], LÜ Yong-hua[3], DENG Shi-yuan[2], CAI Yi-xia[2], CHEN Ze-peng[3], QIU Miao-wen[4], CHEN Yong-ming[4], WANG Wei[2*]

(*1 China Tobacco Guangdong Industrial Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510145, China;*
2 Tobacco Laboratory, College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China;
3 Guangdong Tobacco Monopoly Administration, Guangzhou, Guangdong 510610, China;
4 Nanxiong Tobacco Research Institute of Guangdong Province, Nanxiong, Guangdong 512400, China)

Abstract:【Objectives】Nitrogen supplying forms affect the yield of flue cured tobacco and the main chemical component contents, thus, affecting the economic quality. In this paper, the proper form of nitrogen and the ratios of different nitrogen fertilizers were studied in order to provide a theoretical basis for rational application of nitrogen. **【Methods】**A field experiment with five different ratios of NH_4^+/NO_3^- in fertilizer was conducted to study the effect of different ratios on the yield, quality of the flue-cured tobacco. The changes of the main chemical components in the flue-cured tobacco caused by the ratio of NH_4^+/NO_3^- were investigate at the same time. **【Results】**The application of nitrogen fertilizer with higher nitrate ratio can promote the early growth and quick tiller of flue-cured

收稿日期:2013-09-06 **接受日期:**2013-12-18
基金项目:广东省烟草专卖局(公司)重大科技项目(粤烟科201101)资助。
作者简介:谢晋(1989—),男,江苏灌南人,硕士研究生,主要从事烟草优化调控理论与工艺研究。E-mail:420863607@qq.com
* 通信作者 E-mail:wangwei@scau.edu.cn

tobacco, but this effect becomes negligible at the late stages of growth. With the ratio of 50% nitrate nitrogen + 50% ammonium nitrogen, the percentages of high grade tobacco are significantly increased, and the scores of mid-high grade proportion and high grade proportion reach 0.88 and 0.55. The contents of total sugar, reducing sugar, starch, potassium, fructose, sucrose and maltose are positively correlated with the ratio of NO_3^- significantly. On the contrary, the contents of total nitrogen, nicotine, nitrogen-nicotine ratio, nornicotine, anabasine and anatabine show significant negative correlation with it. The lowest score of flue-cured tobacco quality is obtained with the 100% nitrate nitrogen treatment (Score 82.5), the highest score with treatment of 50% nitrate nitrogen with 50% ammonium nitrogen (Score 97.8). Therefore, when the level of nitrogen application is 150 kg/ha, the ratio of 50% ammonium to 50% nitrate will be the most suitable ratio for the tobacco-growth and quality, profit in Nanxiong area, Guangdong province.

Key words: flue-cured tobacco; nitrogen forms; yield; quality; main chemical component

氮素是植物必需的营养元素,在所有营养元素中对烤烟产量、质量影响最大[1]。硝态氮及铵态氮是烤烟能够吸收的主要有效氮源。烤烟对两种氮素形态的吸收及利用主要受种植地区土壤肥力、施氮水平和降雨等多种生态因素的影响,导致二者在烤烟根际迁移,吸收方式及在烟株内的代谢合成机理都不尽相同[2],因而硝态氮及铵态氮对不同生态条件下烤烟生长发育及产质量的影响受到较大关注。在不同地方所取得的适合硝态氮铵态氮比例相差径庭[3-8],说明了合适的硝态氮铵态氮比例具有强烈的地域特征。因此,根据当地生态条件因地制宜地选用适宜的氮素形态,是提高当地烤烟产质量的关键。南雄烟区是我国著名的优质浓香型烟叶产区,目前在烟叶生产中依旧存在因施肥不当,而导致烟叶产质量下降、浓香型烟叶风格不突出等问题[7],如何合理施肥已成为当前优质浓香型特色烟叶发展中迫切需要解决的问题。

生物碱和糖含量是烟叶的重要质量要素,直接影响烟草制品的生理强度、烟气特征和安全性。微量生物碱含量很低,但对于烟草品质也至关重要。降烟碱含量的升高对烟叶香味会产生负面影响,即使很小量都能产生不利于烟气品质的作用,降烟碱易在调制和陈化过程中进一步发生生化转化,如在热解过程中易形成麦斯明和吡啶化合物,这些热解产物具有碱味和令人不快的鼠臭味[9]。烟叶中含有大量的糖类物质,与烟叶品质关系密切。当烟叶含糖量过低时,刺激性增强; 含糖量过高时,则使烟气呈酸性,影响烟气的酸碱平衡,使烟气平淡无味,同时增加烟气的焦油量[10-11]。由于生物碱中微量生物碱及糖组分测定的复杂性,研究主要集中在微量生物碱及糖组分的测定方法[12-16]上,史宏志等[17-24]系统地研究了生物碱与卷烟感官评析质量的关系,对于及时发现深层质量问题,进一步研究和改进我国烟叶质量具有重要意义。目前较多文章报道了氮素形态配比对烤烟烟叶中生物碱及总糖含量的影响,氮素形态对烟叶中糖含量的影响研究通常采用总糖和总还原糖量进行笼统评价,对于生物碱的影响研究也单一性对烟碱含量进行相关分析[4-7],而忽略其它微量生物碱如降烟碱、假木贼碱及新烟碱,糖组分如葡萄糖、麦芽糖、果糖及蔗糖的变化规律。因此,本文以南雄主栽品种粤烟 98 为材料,设计了 5 个氮素形态配比,对烤烟生育期农艺性状、烤后烟叶产质量进行了测定及量化评价,同时探明氮素形态对生物碱及糖组分的影响规律,以期为南雄地区烤烟合理施氮提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验点基本情况

广东省南雄市位于广东省东北部,大庾岭南麓(25°～35°N,114°～114°45′ E),属中亚热带季风湿润区,具大陆性气候特征,四季分明,年平均气温 19.6 ℃,年降雨量 1530.6 mm, 年日照时数 1654.7 h, 全年无霜期 273 d, 2 ～6 月 >10 ℃的有效积温在 2100 ℃以上。试验点土壤为酸性紫色土,该土壤是由于紫色砂岩风化物发育而成,淋溶作用强,盐基饱和度低于 70%,pH 为 5.0 ～6.5,有效钾、磷较低,有效硼、钼亦较缺乏。但其自然肥力优于黄壤、红壤、砖红壤,因而紫色土成为南雄地区最宝贵的植烟土壤类型之一。

1.2　试验设计

2012 年 3 月至 7 月,试验地选址于广东省南雄烟草科学研究所内,供试品种为粤烟 98,供试土壤类型为紫色土,前茬为水稻。水稻田间管理措施按当地常规生产进行,整个生育期不施肥。土壤基本

理化性状为 pH 5.85、有机质 2.64 g/kg、全氮 0.95 g/kg、全磷 1.58 g/kg、全钾 27.7 g/kg、碱解氮 50.88 mg/kg、速效磷 16.1 mg/kg、速效钾 72.4 mg/kg。

氮素包括硝态氮和铵态氮两种形态,两个形态的配比设 5 个处理:1)100% 硝态氮(N1);2)70% 硝态氮 +30% 铵态氮(N2);3)50% 铵态氮 +50% 硝态氮(N3)、4)70% 铵态氮 +30% 硝态氮(N4)、5)100% 铵态氮(N5)。总施氮量为 150 kg/hm^2,按照 N:P_2O_5:K_2O =1:1:3 配肥,70% 的氮肥和钾肥,100% 的磷肥移栽前基施,30% 的氮肥及钾肥在培土时追施。基肥环施,与根系保持 10 cm 左右距离,并覆土;追肥采用淋施法,即将称好的肥料溶于定量的水中,淋在距离根系 10 cm 左右处。硝态氮肥源为硝酸钾(43.5%~44.5%),铵态氮氮源为碳酸氢铵(17.7%),磷肥为过磷酸钙(12%),钾肥为硫酸钾(50%)。小区面积 50 ~ 60 m^2(约 5 ~ 6 行),3 次重复,随机排列。其它栽培措施按当地规范化措施进行。

1.3 测定方法

分别于 4 月 21 日及 5 月 21 日,按照国家烟草行业标准 YC/T142-1998 测定叶宽、叶长、株高、叶面积等农艺性状。烘烤后对各小区的烟叶按照国家烤烟分级标准 GB2635-1992 进行分级,各级别烟叶价格参照当地烟叶收购价格,计算产量、产值、均价、中上等烟比例。各处理取烤后烟样中桔三(C3F)用于烟叶化学成分分析。烟叶化学成分测定指标包括烟碱、假木贼碱、新烟碱、降烟碱、总氮、总糖、还原糖、葡萄糖、麦芽糖、蔗糖、果糖、淀粉、钾和氯,并计算氮碱比、糖碱比。其中,总氮测定采用凯氏定氮法[25];烟碱含量测定采用分光光度法[26];可溶性糖和淀粉含量测定采用蒽酮比色法[25];还原糖含量测定采用 3,5-二硝基水杨酸比色法[25];钾含量测定采用原子吸收光谱法[26];氯含量测定用离子色谱法[26]。烟碱、假木贼碱、新烟碱、降烟碱按照气相色谱-质谱联用法[15],葡萄糖、麦芽糖、蔗糖、果糖按照高效液相色谱法测定[16]。

1.4 数据处理

参考王彦亭等[27]的化学成分指标赋值法(表 1),对烤后烟叶进行化学品质评定,采用综合相关分析法和层次分析法计算结果确定各化学成分指标相应的权重。用 Excel 对分值范围与指标范围进行等比例取值,如烟碱分值 100 ~ 90 对应烟碱含量为 2.2%~2.00%,取值用于线性建模的数据分别为 100, 98, 96, 94, 92, 90; 2.2%, 2.16%, 2.12%, 2.08%, 2.04%, 2.00%,将试验测得指标数据代入公式获得对应分值。采用指数和法评价烤烟内在化学成分协调性综合情况:

表 1 烤烟化学成分指标赋值方法

Table 1 Assignment method of Flue-cured tobacco chemical composition index

指标 Index	100	100 ~ 90	90 ~ 80	80 ~ 70	70 ~ 60	<60	权重 Weight
烟碱(%) Nicotine content	2.20 ~ 2.80	2.20 ~ 2.00 2.80 ~ 2.90	2.00 ~ 1.80 2.90 ~ 3.00	1.80 ~ 1.70 3.00 ~ 3.10	1.70 ~ 1.60 3.10 ~ 3.20	<1.6 >3.2	0.17
总氮(%) Total N	2.00 ~ 2.50	2.50 ~ 2.60 2.00 ~ 1.90	2.60 ~ 2.70 1.90 ~ 1.80	2.70 ~ 2.80 1.80 ~ 1.70	2.80 ~ 2.90 1.70 ~ 1.60	>2.80 <1.60	0.09
还原糖 (%) Sugar content	18.00 ~ 22.00	18.00 ~ 16.00 22.00 ~ 24.00	16.00 ~ 14.00 24.00 ~ 26.00	14.00 ~ 13.00 26.00 ~ 27.00	13.00 ~ 12.00 27.00 ~ 28.00	<12.00 >28	0.14
含钾量 K content(%)	≥2.50	2.50 ~ 2.00	2.00 ~ 1.50	1.50 ~ 1.20	1.20 ~ 1.00	<1.00	0.08
淀粉 Starch (%)	≤3.50	3.50 ~ 4.50	4.50 ~ 5.00	5.00 ~ 5.50	5.50 ~ 6.00	>6.00	0.07
糖碱比值 Sugar/nicotine	8.50 ~ 9.50	8.50 ~ 7.00 9.50 ~ 12.00	7.00 ~ 6.00 12.00 ~ 13.00	6.00 ~ 5.50 13.00 ~ 14.00	5.50 ~ 5.00 14.00 ~ 15.00	<5.00 >15.00	0.25
氮碱比值 Total N/nicotine	0.95 ~ 1.05	0.95 ~ 0.80 1.05 ~ 1.20	0.80 ~ 0.70 1.20 ~ 1.30	0.70 ~ 0.65 1.30 ~ 1.35	0.65 ~ 0.60 1.35 ~ 1.40	<0.60 >1.40	0.11
钾氯比 K/chlorine	≥8.00	8.00 ~ 6.00	6.00 ~ 5.00	5.00 ~ 4.50	4.50 ~ 4.00	<4.00	0.09

$$P = \sum Pi * Ci \quad (1)$$

式中: P 为烤烟化学成分协调性综合指数; C_i 为第 i 个化学成分指标量化分值; P_i 为第 i 个化学成分指标相对权重。

2　结果与分析

2.1　氮素形态配比对烤烟农艺性状的影响

农艺性状是烟株生长发育过程中内在协调好坏的最直接外在表现。由 2 可见,各处理的烤烟有效叶片数、株高、叶长、叶宽及茎围随着生长时间的逐渐延长,表现为增加的趋势。不同氮素处理间,在 4 月 21 日,即烤烟生育前期,发现烤烟有效叶片数、株高、叶长、叶宽及茎围的增长趋势快慢和硝态氮施用量的多少成正比,且差异性显著,表现为 N1 > N2 > N3 > N4 > N5。但随着生育期的延长,在 5 月 31 日底叶采收时各处理之间有效叶片数、株高、叶长、叶宽及茎围差异性不显著。

表 2　氮素形态对烤烟生育期农艺性状的影响

Table 2　Effects of nitrogen forms on agronomic characters of flue-cured tobacco in growth period

日期(m·d) Sampl. date	处理 Treat.	株高 (cm) Plant height	最大叶长 (cm) Maximum leaf length	最大叶宽 (cm) Maximum blade width	叶片数 Leaf number	茎围 (cm) Stem girth
4.21	N1	23.9 ±0.37 c	53.1 ±0.81 c	24.9 ±0.38 c	14.7 ±0.22 c	5.26 ±0.57 b
	N2	19.6 ±0.30 b	43.1 ±0.66 b	21.6 ±0.33 b	12.0 ±0.18 b	4.93 ±0.56 ab
	N3	17.2 ±0.30 b	43.0 ±0.66 b	20.4 ±0.31 b	11.7 ±0.18 b	5.27 ±0.58 b
	N4	13.7 ±0.30 a	37.7 ±0.58 a	19.8 ±0.30 b	10.7 ±0.16 ab	4.67 ±0.56 a
	N5	12.0 ±0.30 a	34.3 ±0.52 a	15.6 ±0.24 a	9.3 ±0.14 a	4.33 ±0.56 a
5.21	N1	90.9 ±1.39 a	67.1 ±1.02 a	25.7 ±0.39 a	22.7 ±0.35 a	10.23 ±0.16 a
	N2	80.0 ±1.22 a	66.0 ±1.01 a	25.9 ±0.40 a	22.7 ±0.35 a	10.03 ±0.11 a
	N3	89.1 ±1.36 a	66.3 ±1.01 a	26.2 ±0.40 a	22.0 ±0.34 a	9.93 ±0.15 a
	N4	88.3 ±1.35 a	66.5 ±1.02 a	26.5 ±0.40 a	22.0 ±0.34 a	9.97 ±0.13 a
	N5	87.0 ±1.33 a	66.9 ±1.02 a	26.6 ±0.41 a	21.7 ±0.33 a	10.13 ±0.15 a

注(Note): 同列数据后不同小写字母表示差异显著($P > 0.05$) Values followed by small letters mean data within a column are significantly different ($P > 0.05$).

2.2　不同氮素形态下的烤烟经济性状

产量、产值、均价、中上等烟比例、上等烟比例是烟叶的主要经济性状,它们综合反映了烟叶的质量和经济效益。从表 3 可以看出,各处理间产量差异性不显著,相反各处理之间的产值,均价,中上等烟比例及上等烟比例的差异性表现显著,表现为 N3 > N2 > N1 > N4 > N5,其中 N3 的产值,均价,中上等烟比例及上等烟比例均为最高,分别为 53741yuan/hm^2、21.98 yuan/kg、88%、55%。结合烤烟生育期农艺性状数据,说明硝态氮与铵态氮配比不会显著地影响烤烟产量,但是 100% 的施用铵态氮会显著降低烤烟的中上等烟比例,与 50% 铵态氮 +50% 硝态氮相比,上等烟比例降低了 18 个百分点,中上等烟比例降低了 21 个百分点。说明硝态氮与铵态氮配比能够显著影响烤烟的等级结构,从而影响烤烟均价和产值。

2.3　不同氮素形态配比对烤烟 C3F 常规化学的影响

影响烤后烟吃味的主要因素是烟叶燃烧时热解呈酸性及碱性物质的平衡及协调,优质烟叶要求各种成分含量要适宜,成分之间要协调。根据表 4 分析烤后烟叶的化学成分发现,硝态氮与铵态氮比值大小与烤后烟叶中的总糖、还原糖、淀粉、糖碱比、钾离子、果糖、蔗糖及麦芽糖呈极显著正相关,硝态氮在配比中占据的比例越大,总糖、还原糖、淀粉、糖碱比、钾离子、果糖、蔗糖、麦芽糖含量越高。而其中硝态氮与铵态氮比值大小与烤后烟叶中的全氮、烟碱、氮碱比、降烟碱、假木贼碱及新烟碱的含量成极显著负相关,硝态氮在配比中占据的比例越大,全氮、烟碱、氯离子、氮碱比、降烟碱、

表3 不同氮素形态处理对烤烟烤后经济性状的影响

Table 3 Effects of different nitrogen forms on the economic traits of flue-cured tobacco

处理 Treatment	产量 Yield (kg/hm^2)	产值 Economic value (yuan/hm$^{2)}$	均价 Average price (yuan/kg)	中上等烟比例 Mid-high grade proportion	上等烟比例 High grade proportion
N1	2414 ±50.98 a	42872 ±1058.44 c	17.76 ±0.20 c	0.78 ±0.017 bc	0.40 ±0.014 b
N2	2400 ±47.52 a	49872 ±1025.53 d	20.78 ±0.2 d	0.83 ±0.017 c	0.49 ±0.014 c
N3	2445 ±51.97 a	53741 ±1089.45 e	21.98 ±0.20 d	0.88 ±0.017 d	0.55 ±0.013 d
N4	2425 ±48.01 a	40982 ±811.81 b	16.90 ±0.16 b	0.75 ±0.014 b	0.40 ±0.011 b
N5	2475 ±47.02 a	38857 ±738.51 a	15.70 ±0.15 a	0.67 ±0.013 a	0.37 ±0.010 a

注(Note):同列数据后不同小写字母表示差异显著($P>0.05$) Values followed by small letters mean data within a column significantly different ($P>0.05$).

表4 不同氮素形态比例对烤烟C3F化学成分的影响

Table 4 Effect of different ratios of N forms on the chemical components of C3F of flue-cured tobacco

品质指标 Quality index	N1	N2	N3	N4	N5	$R_{nitrate}$
全氮 Total N (%)	1.75 ±0.08 a	1.96 ±0.09 b	2.11 ±0.1 bc	2.21 ±0.10 c	2.38 ±0.11 d	−0.997**
烟碱 Nicotine (%)	2.32 ±0.10 a	2.51 ±0.1 ab	2.66 ±0.2 bc	2.73 ±0.12 c	2.84 ±0.13 c	−0.986**
总糖 Total sugar (%)	32.52 ±1.5 d	28.32 ±1.6 c	23.79 ±0.7 ab	22.08 ±0.1 a	21.81 ±0.3 a	0.939**
还原糖 Sugar (%)	26.77 ±1.1 d	23.52 ±1.2 c	19.23 ±0.1 b	17.90 ±0.72 a	16.50 ±0.7 a	0.966**
淀粉 Starch (%)	4.12 ±0.18 c	3.56 ±0.16 b	3.57 ±0.16 b	3.56 ±0.16 b	2.61 ±0.12 a	0.910**
糖碱比 Sugar/nicotine	14.01 ±0.1 d	11.28 ±0.6 c	8.94 ±0.37 b	8.08 ±0.32 a	7.67 ±0.36 a	0.946**
氮碱比 N/nicotine	0.75 ±0.03 a	0.78 ±0.03 a	0.79 ±0.04 a	0.80 ±0.04 a	0.84 ±0.05 a	−0.983**
钾离子 K^+(%)	2.76 ±0.12 c	2.53 ±0.11 b	2.39 ±0.1 ab	2.33 ±0.1 ab	2.23 ±0.10 a	0.975**
氯离子 Cl^-(%)	0.25 ±0.02 a	0.33 ±0.01 b	0.38 ±0.02 c	0.45 ±0.03 d	0.52 ±0.02 e	−0.998**
钾氯比 K^+/Cl^-	8.92 ±0.34 e	7.67 ±0.61 d	6.29 ±0.25 c	5.18 ±0.32 b	4.29 ±0.44 a	0.991**
果糖 Fructopyranose (%)	15.07 ±2.12 e	11.44 ±1.11 d	8.18 ±1.08 c	7.21 ±1.07 b	6.02 ±0.67 a	0.961**
葡萄糖 Amylaceum (%)	9.12 ±0.13 a	9.66 ±1.12 a	9.01 ±1.10 a	9.11 ±0.38 a	9.21 ±0.42 a	0.167
蔗糖 Saccharose (%)	4.08 ±0.3 d	3.61 ±0.24 c	3.08 ±0.32 bc	2.14 ±0.22 a	2.07 ±0.12 a	0.961**
麦芽糖 Malt dust (%)	1.91 ±0.01 c	1.51 ±0.02 b	1.38 ±0.01 b	1.13 ±0.01 ab	0.93 ±0.01 a	0.991**
降烟碱 Nornicotine (μg/g)	627.84 ±6.27 a	695.46 ±6.95 b	707.35 ±7.07 bc	721.08 ±7.21 c	1323.78 ±13.23 d	−0.809**
假木贼碱 Anabasine (μg/g)	415.16 ±4.15 a	449.39 ±4.49 b	481.50 ±4.81 c	496.43 ±4.66 d	503.83 ±5.03 d	−0.960**
新烟碱 Anatabine (μg/g)	368.44 ±3.68 a	381.04 ±3.81 b	449.85 ±4.49 c	496.30 ±4.96 d	646.99 ±6.46 e	−0.947**

注(Note):$R_{nitrate}$—测定指标与硝态氮比例的相关系数 Coefficiency between measurement and NO_3^- content;取样部位为中桔三(C3F) Leaf was sampled at the C3F;同行数据不同小写字母表示差异显著($P>0.05$) Values followed by small letters mean data within a row significantly different ($P>0.05$).

假木贼碱及新烟碱含量越低。在所有处理中,除了葡萄糖含量差异性不显著外,其他指标均表现出极显著差异性,表明硝态氮及铵态氮的配比对烤后烟叶内在化学组成具有较大影响。

参考王彦亭等[27-28]的化学成分指标赋值法(表1),对烤后烟叶C3F化学成分协调性进行了综合评价,评价结果见表5。从单个指标评分来看,发现氮素形态配比对于全氮、还原糖、糖碱比、氮碱比、

表 5　不同氮素形态配比下烤烟品质的评分/排序

Table 5　The score/ranking of individual indexes of intrinsic quality of flue-cured tobacco under different nitrogen forms

化学指标 Chemical indexes	N1	N2	N3	N4	N5
全氮 Total N(%)	75/5	96/4	100/1	100/1	100/1
烟碱 Nicotine(%)	100/1	100/1	100/1	100/1	94/5
还原糖 Reducing sugar(%)	77.7/5	97.6/3	100/1	99.5/5	92.5/4
淀粉 Starch(%)	93.8/5	99.4/2	99.3/4	99.4/2	100/1
糖碱比 Sugar/nicotine	60/5	92.9/4	100/1	97.2/2	94.5/3
氮碱比 Total N/nicotine	85/5	88/4	89/3	90/2	92.7/1
钾离子 K^+ content (%)	100/1	100/1	97.8/3	96.6/4	94.6/5
钾氯比 K^+/Cl^-	100/1	98.4/2	91.5/3	81.8/4	65.8/5
综合 Synthesize	82.5/5	96/3	97.8/1	96.2/2	92.2/4

钾氯比影响较大,从综合评分来看,N1 分值最低为 82.5,N3 最高 97.8,其次为 N4、N2、N5。以上结果说明,在烤烟田间生长期合理配施氮肥对改善烤后烟叶内在化学的协调性具有显著效果。

3　讨论与结论

张新要等[29]通过田间试验,发现硝态氮∶铵态氮 =1∶1 的处理组合对提高烟叶亩产量、亩产值、上等烟比例、均价以及烟叶品质有显著作用。王世济等[30]发现施硝态氮多的处理前期有利于烟株早发,不同的氮素形态配比对烤烟各项农艺性状的影响较小,对烤烟产量没有显著影响。张延春等[31]认为不同氮素形态配比对烤烟的农艺性状、产量、产值、均价等没有明显影响。从研究上来看,各地硝态氮与铵态氮的配比对烤烟生长、产量和质量的影响不尽相同,这可能与当地生态条件有关。本研究所处南雄地区早春气温低,夏季气温高,因此,硝态氮比例高的处理,能够促进烤烟的早发。在烤烟生长期长期降雨的条件下,在打顶期铵态氮硝态氮不同比例处理对烤烟农艺性状影响差异不显著,说明易于流失的硝态氮并未大量地流失,这可能是与南雄地区的膜下移栽,起高垄的栽培方法有关。地膜和高垄有效的防水和排水,减少了硝态氮的流失。

硝态氮和铵态氮的配比对烤烟品质存在一定影响,但是结论均有所不同。岳俊芹等[32]在河南郑州的研究发现,随着铵态氮比例的增加,烟碱含量随之升高,而不利于还原糖含量的积累。李建伟等[6]在贵州福泉黄壤土的试验认为 70% 硝态氮 +30% 铵态氮及 50% 铵态氮 +50% 硝态氮的处理能够提高烤烟总糖和还原糖含量、糖碱比、钾离子含量,而非还原糖和含氮化合物含量降低。王世济等[30]在皖南烟区水稻土试验发现,不同硝态氮及铵态氮配比处理的烟叶各种化学成分含量和评吸质量差别不大。本研究发现硝态氮及铵态氮配比对中上等烟比例及均价有显著性影响,与张新要等[29]研究相似。由于不同烟区的生态条件对烟草的生长影响不同,导致铵态氮及硝态氮对烟株的品质影响也不尽相同。

本研究对不同处理对决定烤烟吃味的主要化学成分的影响发现,除葡萄糖外,硝态氮与铵态氮比值大小与烤后烟叶中的总糖、还原糖、淀粉、糖碱比、钾离子、果糖、蔗糖及麦芽糖呈现正相关;硝态氮与铵态氮比值大小与烤后烟叶中的全氮、烟碱、氮碱比、降烟碱、假木贼碱及新烟碱的含量成负相关。综合评价烤烟烤后烟叶化学成分协调性,发现 50% 铵态氮 +50% 硝态氮配比对提高烤后烟叶化学成分协调性和改善烟叶内在质量有一定促进作用。

生物碱含量和糖含量均是决定烟叶感官品质的主要要素。胡建军等[19]研究发现生物碱对烤烟吃味有显著影响。另外,生物碱的组成成分对烟叶品质安全有显著影响,它作为烟草特有亚硝胺的直接前体物,其中降烟碱可与亚硝酸发生亚硝化反应生成 NNK、NNN、NAT 和 NAB,因此控制生物碱组成成分含量是提高烟叶感官品质和烟叶减害的关键[9]。本研究发现,硝态氮与铵态氮比值大小与烤后烟叶中的生物碱含量成负相关。说明通过改变氮素形态的配比可以调控烤烟叶片中生物碱含组成成分的比例,对于提高烟叶质量和安全性有一定作用,

但具体到某个生物碱组分含量与烟叶感官质量之间的关系还有待进一步研究。糖总量是由葡萄糖、果糖、麦芽糖及蔗糖等糖组分组成,是决定烟叶感官品质的重要因素。本研究发现除葡萄糖外,硝态氮与铵态氮比值大小与烤后烟叶中的总糖、还原糖、果糖、蔗糖及麦芽糖呈现正相关。说明不同氮素形态配比能够影响烤烟叶片中糖组分的含量,从而改变烤烟感官质量,但具体到某个糖分含量与烟叶感官质量之间的关系还有待进一步研究。

在广东南雄地区的生态条件下,不同氮素形态配比对于当地紫色土上的烤烟产量没有显著性的影响,但对中上等烟比例及均价有显著性影响,以50%铵态氮+50%硝态氮的处理最好,烤烟烤后烟叶内在化学指标进行量化评价得分也最高,说明50%铵态氮+50%硝态氮处理对烤烟形成合理的内在化学指标最为有利,因而保证了农户最为关心的产量产值。在施氮水平为150 kg/hm^2 的条件下,50%铵态氮+50%硝态氮的配比对提高广东南雄烟区烤烟的产质量具有较好的效果,适宜在生产上推广应用。

参考文献:

[1] 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

[2] 袁仕豪, 易建华, 蒲文宣, 等. 多雨地区烤烟对基肥和追肥氮的利用率[J]. 作物学报, 2008, 34(12): 2223-2227.
Yuan S H, Yi J H, Pu W X *et al*. Nitrogen use efficiency of base fertilizer and top dressing in flue-cured tobacco in rainy regions [J]. Acta Agronomy Sinica, 2008, 34(12): 2223-2227.

[3] 郭红祥, 刘卫群, 岳俊勤, 等. 氮素形态及饼肥浸提液对烤烟功能叶片光合特性的影响[J]. 华北农学报, 2005, 20(4): 62-65.
Guo H X, Liu W Q, Qiu J Q *et al*. The effects of different nitrogen forms and extract from sesame seed cake on photosynthetic characteristics in tobacco leaves [J]. Acta Agriculture Boreali-Sinica, 2005, 20(4): 62-65

[4] 李建伟, 郑少清, 石俊雄, 等. 氮素形态对烤烟品质的影响[J]. 贵州农业科学. 2003(6): 3-5.
Li J W, Zheng S Q, Shi J X *et al*. Effects of the different formulas of nitrogen form on the tobacco quality[J]. Guizhou Agricultural Science, 2003(6): 3-5.

[5] 艾绥龙. 氮素形态及配比对烤烟生长和品质的影响[J]. 西北农业学报, 2003, 12(2): 80-82.
Ai S L. Effect of different ratios of nitrogen forms on growth and quality of flue-cured tobacco leaves [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2003, 12(2): 80-82

[6] 尹学田, 赵平敏, 周永, 等. 氮素形态与比例对烤烟生长和烟叶产量质量的影响[J]. 山东农业科学, 2009, (4): 65-67.
Yin X T, Zhao P M, Zhou Y *et al*. Effect of different ratios of nitrogen forms on growth and quality of flue-cured tobacco leaves [J]. Shandong Agricultural Science, 2009, (4): 65-67.

[7] 李建伟, 郑少清, 石俊雄, 等. 不同氮素形态配比对烤烟品质的影响[J]. 西南农业大学学报, 2003, 25(5): 436-439.
Li J W, Zheng S Q, Shi J X *et al*. Effects of different formula of nitrogen forms on the quality of flue-cured tobacco[J]. Journal of Southwest Agricultural University, 2003, 25(5): 436-439

[8] 陈永明,陈建军,邱妙文. 施氮水平和移栽期对烤烟还原糖及烟碱含量的影响[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(1): 34-40.
Chen Y M, Chen J J, Qiu M W. Effects of nitrogen rates and transplanting period on contents of reducing sugar and nicotine in flue-cured tobacco leaves [J]. China Tobacco Science, 2010, 31(1): 34-40

[9] 肖遂. 烟草生物碱组分的分析技术研究及应用[D]. 长沙: 湖南农业大学博士论文, 2010.
Xiao S. Research and application of analysis techniques of alkaloids in tobacco [D]. Changsha: PhD dissertation, Hunan Agricultural University, 2010.

[10] 邵惠芳, 许自成, 李东亮, 等. 烤烟还原糖含量与主要挥发性香气物质及感官质量关系的统计学分析[J]. 中国烟草学报, 2011, 17(2): 8-12.
Shao H F, Xu Z C, Li D L *et al*. The relationship between reducing sugar and main volatile aroma components as well as sensory quality of flue-cured tobacco[J]. Acta Tobacco Sinica, 2011, 17(2): 8-12

[11] 邓小华, 周冀衡, 周清明, 赵松义. 湖南烟区中部烤烟总糖含量状况及与评吸质量的关系[J]. 中国烟草学报, 2009, 15(5): 43-47.
Deng X H, Zhou J H, Zhou Q M, Zhao S Y. Total sugar content of cutter leaf in flue-cured tobacco from Hunan province and its correlation with smoke quality[J]. Acta Tobacco Sinica, 2009, 15(5): 43-47

[12] 丁丽, 盛良全, 童红武, 等. 溶剂萃取-毛细管气相色谱法测定烟草中主要生物碱[J]. 分析化学, 2004, 32(9): 1161-1164.
Ding L, Sheng L Q, Tong H W *et al*. Determination of main alkaloids in tobacco by capillary gas chromatography with solvent extraction[J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2004, 32(9): 1161-1164

[13] 耿永勤, 蒋次清, 李忠. 气相-选择离子监测-质谱法测定卷烟主流烟气中碱性成分[J]. 质谱学报, 2007, 28(3): 52-57.
Geng Y Q, Jiang C Q, Li Z. Determination of basic compounds in main-stream smoke by GC-SIM-MS[J]. Journal of Chinese Mass Spectrometry Society, 2007, 28(3): 52-57.

[14] 许燕娟, 白长敏, 钟科军, 等. 气相色谱/质谱分析烟草中的主要生物碱[J]. 分析化学, 2006, 34(3): 382-384.
Xu Y J, Bai C M, Zhong K J *et al*. Analysis of alkaloids in tobacco by gas chromatography-mass spectrometry [J]. Chinese

Journal of Analytical Chemistry, 2006, 34(3): 382-384.

[15] YC/T383-2010. 烟草及烟草制品 烟碱、降烟碱、新烟碱、麦斯明和假木贼碱的测定气相色谱-质谱联用法[S].
YC/T383-2010. Tobacco and tobacco products determination of nicotine nornicotine anatabine myosmine and anabasine-GC-MSD method[S].

[16] YC/T381-2010. 烟草及烟草制品 葡萄糖、果糖、蔗糖的测定高效液相色谱法[S].
YC/T381-2010. Tobacco and tobacco products-Determination of glucose fructose and sucrose - High performance liquid chromatographic method[S].

[17] 张楠. 不同基因型烤烟生物碱表现及与香气物质、感官质量的关系[D]. 郑州: 河南农业大学博士论文, 2011.
Zhang N. Relationship between aroma constituent, sensory quality and the alkaloid content in different genotypes of flue-cured tobacco [D]. Zhengzhou: PhD dissertation, Henan Agricultural University, 2011.

[18] 高志强, 邓小华, 周清明, 等. 湖南烤烟生物碱含量及其相关性分析[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2008, 34(3): 288-292.
Gao Z Q, Deng X H, Zhou Q M *et al*. Correlation analysis and distribution characteristics of alkaloids contents of flue-cured tobacco in Hunan province[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Science), 2008, 34(3): 288-292.

[19] 胡建军, 李广才, 周冀衡, 等. 湖南烤烟生物碱含量与其评吸质量的相互关系研究[J]. 中国烟草学报, 2011, 17(4): 31-36.
Hu J J, Li G C, Zhou J H *et al*. Study on relationship between alkaloids content and sensory quality of flue-cured tobacco from hunan province[J]. Acta Tobacco Sinica, 2011, 17(4): 31-36.

[20] 张楠, 焦芳婵, 许自成, 等. 烤烟生物碱含量的杂种优势、亲子相关及与感官质量的关系分析[J]. 西南农业学报, 2011, 24(2): 490-495.
Zhang N, Jiao F C, Xu Z C *et al*. Relationship of heterosis, parent-offspring correlation of alkaloid content with sensory quality in flue-cured tobacco[J]. Southwest China Journal of Agricultural Science, 2011, 24(2): 490-495.

[21] 高志强, 邓小华, 曾忠平, 等. 烤烟生物碱与评吸质量的关系[J]. 中国农学通报, 2008, 24(6): 82-85.
Gao Z Q, Deng X H, Zeng Z P *et al*. Correlation between alkaloids and smoking quality in flue-cured tobacco leaf[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008, 24(6): 82-85.

[22] 史宏志, 刘国顺, 谢子发, 等. 不同产地白肋烟中性香气成分及生物碱组成和含量分析[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(4): 23-27.
Shi H Z, Liu G S, Xie Z F *et al*. Comparison of composition and contents of neutral aroma components and alkaloids between burley tobaccos from different producing areas[J]. Acta Tabacco Sinica, 2008, 14(4): 23-27.

[23] 史宏志, 黄元炯, 刘国顺, 等. 我国烟草和卷烟生物碱含量和组成比例分析[J]. 中国烟草学报, 2001, 7(2): 8-12.
Shi H Z, Huang Y J, Liu G S *et al*. Alkaloid content and proportion in Chinese tobacco and cigarettes[J]. Acta Tabacco Sinica, 2001, 7(2): 8-12.

[24] 史宏志, 李进平, Bush L P, 等. 烟碱转化率与卷烟感官评吸品质和烟气 TSNA 含量的关系[J]. 中国烟草学报, 2005, 11(2): 9-14.
Shi H Z, Li J P, Bush L P *et al*. Relationship of percent nicotine conversion with sensory evaluation scores and TSNA contents in cut tobacco and cigarette smoke[J]. Acta Tabacco Sinica, 2005, 11(2): 9-14.

[25] 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, 2006. 186-199.
Li H S. The principle and technology of plant physiology and biochemistry experiment[M]. Beijing: Higher Education Press, 2006. 186-199.

[26] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003. 250-286.
Wang R X. Tobacco chemistry[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003. 250-286.

[27] 王彦亭, 谢剑平, 李志宏. 中国烟草种植区划[M]. 北京: 科学出版社, 2010. 32-37.
Wang Y T, Xie J P, Li Z H. Tobacco planting regionalization in China[M]. Beijing: Science Press, 2010. 32-37.

[28] 张维理. 最优化技术在确定最佳施肥量提高农产品品质上的应用[J]. 中国农业科学, 1993, 26(2): 1-8.
Zhang W L. Fertilizer determination by optimization techniques to improve crop quality[J]. Scientia Agriculture Sinica, 1993, 26(2): 1-8.

[29] 张新要, 姜占省, 李天福, 等. 不同饼肥用量和氮素形态配比对烤烟产质量的影响[J]. 土壤通报, 2005, 36(6): 867-870.
Zhang X Y, Jiang Z S, Li T F *et al*. Effects of different amounts of cake fertilizer and nitrogen forms on yield and quality of flue-cured tobacco[J]. China Journal of Soil Science, 2005, 36(6): 867-870.

[30] 王世济, 崔权仁, 刘小平, 等. 不同氮素形态对皖南烟区烤烟产量和品质的影响[J]. 安徽农学通报, 2002, 8(6): 48-50.
Wang S J, Cui Q R, Liu X P *et al*. Effect of different forms of nitrogen on yield and quality of flue-cured tobacco in southern anhui tobacco Area[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2002, 8(6): 48-50.

[31] 张延春, 陈治锋, 龙怀玉, 等. 不同氮素形态及比例对烤烟长势、产量及部分品质因素的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(6): 787-792.
Zhang Y C, Chen Z F, Long H Y *et al*. Effect of different nitrogen forms and their ratio on agronomical character, economic and quality of flue-cured tobacco[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2005, 11(6): 787-792.

[32] 岳俊芹, 刘健康, 刘卫群. 不同氮素形态对烤烟叶片碳氮代谢关键酶活性及化学成分的影响[J]. 河南农业大学学报, 2004, 38(2): 155-158.
Qiu J Q, Liu J K, Liu W Q. The effect of different nitrogen forms on key enzyme activity in carbon nitrogen metabolism and chemical composition of flue-cured tobacco leaves[J]. Journal of Henan Agricultural University, 2004, 38(2): 155-158.