植物营养与肥料学报 2009,15(1):183-190
Plant Nutrition and Fertilizer Science

不同来源氮素在烤烟体内的累积分配及对烟叶品质的影响

谷海红[1],李志宏[1],李天福[2],王树会[2],焦永鸽[1],李 觅[3],刘宏斌[1]*
(1 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所,农业部植物营养与养分循环重点开放实验室,北京 100081;
2 云南省烟草科学研究所,云南玉溪 653100;3 云南农业大学,云南昆明 650201)

摘要:通过在云南省玉溪市赵桅村 6 组烟田(A)和赵桅实验基地(B)进行的大田^{15}N 示踪试验,研究了在不施氮和施氮 90 kg/hm^2 条件下,水稻土烤烟干物质累积特征、肥料氮和土壤氮的吸收和分配及肥料氮和土壤氮对烟叶品质的影响。结果表明,施氮能显著提高烟株干物重,增加烟株吸氮量,但在生育后期施氮与不施氮处理,烟株均存在干物质和氮素累积过多问题。施氮 90 kg/hm^2 情况下,烟株整个生育期中吸收的氮素主要来自于土壤氮,而且烟株吸收的土壤氮及其占总吸氮量的比例随生育期延长和烟叶着生部位的升高显著增加;到采收结束时,两试验田烟株吸收的土壤氮占总吸氮量的比例分别达 69%和 74%。不同施氮水平烟叶品质差异较大,不施氮处理各部位烟叶总氮和烟碱含量均偏低,糖碱比不协调;施氮处理各部位烟叶总氮含量均在适宜范围内,但由于烟株生育后期土壤供氮较多,上部烟叶存在烟碱含量偏高的问题。选择有机质含量适宜的土壤,控制烟株生育后期土壤供氮量,对降低上部烟叶总氮和烟碱含量,提高我国烟叶整体质量至关重要。

关键词:烤烟;肥料氮;土壤氮;累积和分配;品质
中图分类号:S572.06;S124$^+$.2　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-505X(2009)01-0183-08

Accumulation and distribution of nitrogen in tobacco from different sources and their effects on quality of flue-cured leaves

GU Hai-hong[1], LI Zhi-hong[1], LI Tian-fu[2], WANG Shu-hui[2], JIAO Yong-ge[1], LI Mi[3], LIU Hong-bin[1]*
(*1 Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Lab of Plant Nutrition and Nutrient Cycling, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China; 2 Yunnan Tobacco Research Institute, Yuxi, Yunnan 653100, China; 3 Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China*)

Abstract: Accumulation of dry matter, absorption and distribution of nitrogen in tobacco from fertilization and soil nitrogen, and the effects of nitrogen fertilization and soil nitrogen on quality of flue-cured tobacco leaves were studied by using ^{15}N-labelled field experiment on a paddy soil. The experiment was carried out in two fields at Zhaowei Village Group 6 (A) and the Zhaowei Experiment Base (B) located in Hongta District, Yuxi City, Yunnan Province, China, respectively. There are two treatments in each field, without nitrogen fertilization and application nitrogen fertilizer at a rate of N 90 kg/ha. The results indicated that dry matter and nitrogen content of flue-cured tobacco were significantly increased with application of nitrogen fertilizer. However, both dry matter accumulation and nitrogen absorption were excessive in the latter growth periods of tobacco. In the fertilization treatment, the main source of nitrogen for tobacco was from soil nitrogen, and the ratio of nitrogen uptake from the soil to the nitrogen from the both sources (fertilization and soil) was evi-

收稿日期:2008-01-17　　**接受日期**:2008-04-22
基金项目:国家烟草专卖局科技项目(110200601014)资助。
作者简介:谷海红(1982—),女,河北唐山人,硕士研究生,主要从事植物营养方面的研究。Tel:010-62192001,E-mail:guhaihong007@163.com
* **通讯作者** Tel:010-68918763,E-mail:hbliu@caas.ac.cn
本试验得到了云南省烟草科学研究所尚志强老师、邓云龙老师、晋燕老师和云南省玉溪市烟草红塔区分公司孙华老师、黄志鹏老师的热情指导,并得到玉溪农业职业技术学院陶霞、冯勇、陈鑫、李文奎等同学和云南农业大学烟草学院吴涛、杨丽萍同学的大力帮助,在此深表感谢。

dently increased with growth period extending and stalk position ascending. The ratio was up to 0.69 and 0.74 at the end of growth period in A and B fields, respectively. The results also showed that the nitrogen content and nicotine of leaves without nitrogen fertilization were lower than those with the application nitrogen fertilizer, and the ratio of nitrogen to nicotine was lopsided under the condition of without the fertilization. The content of nitrogen in leaves was appropriate in the fertilizer treatment, while the nicotine content of upper leaves were too high due to the fertilization. The study indicates that it is important to choose fields with appropriate organic matter concentration to plant tobacco and to control nitrogen application amount in latter growth periods for reducing nitrogen and nicotine concentration of upper leaves and improving the overall quality of flue-cured tobacco.

Key words: flue-cured tobacco; nitrogen fertilizer; soil nitrogen; accumulation and distribution; quality

我国是植烟大国,烟叶单价远低于美国、巴西、津巴布韦等其他植烟国,在国际市场上竞争力较弱[1]。主要是国产烟叶内在品质还有差距,除整体香气量不足外,还存在烟碱含量、等级之间烟叶成熟度、色度及烟气质量差异较大等问题[2]。为此,我国烟草科技工作者从品种、生态环境、栽培措施(施肥、栽培密度、灌水、采收方式、成熟度)、调制技术等方面进行了大量研究[3-7],但与先进烤烟生产国相比仍有差距。氮素对烤烟产量和品质的影响最大[8-9]。在烟草生产中,维持烟株生长发育和形成优良品质的氮素来源,不仅仅是施入的肥料氮,土壤氮在烤烟氮素营养中也占有重要地位[10-11]。但以往关于不同来源氮素对烤烟氮素累积分配及烟叶品质的影响研究的报道不多,且大多是盆栽试验的研究结果,所得结果差别也较大[12-13]。本研究以云南省玉溪市红塔区水稻土烤烟为研究对象,通过大田^{15}N示踪试验,研究了烤烟干物质累积特征、肥料氮和土壤氮在烤烟体内的累积分配及其对烟叶品质的影响,以期为制定新的优质烟生产管理措施提供思路。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2006年在云南省玉溪市红塔区进行。红塔区地处滇中,位于北纬24°08'—24°32',东经102°17'—102°41';海拔在1502—2614 m,其中试验点海拔高度为1630 m;属中亚热带半湿润高原季风气候,极端最低气温为0.2℃,极端最高气温为31.3℃,年均温为17℃,全年日照1878 h,日照率为42%;年均降雨量894.4 mm。

为确保试验结果的可靠性,本试验在两块试验田同时进行。试验田分别设在红塔区大营街镇赵桅村6组(A)和玉溪烟草红塔区分公司赵桅试验基地(B),两块田相距约1 km。供试土壤均为水稻土,试验田前茬为水稻。土壤质地A田为壤质粘土、B田砂质粘土。两试验田0—30 cm土壤基本理化性状如表1。

表1 A田和B田土壤基本理化性状

Table 1 Physical and chemical characteristics of soil in Field A and Field B

试验田 Field	有机质(g/kg) Organic matter	全氮(g/kg) Total N	碱解氮(mg/kg) Available N	有效磷(mg/kg) Olsen-P	速效钾(mg/kg) NH_4OAc-K	pH
A	27.24	2.17	50.72	68.55	160	6.26
B	22.89	1.84	44.10	37.42	87	6.71

1.2 试验设计

试验采用随机区组设计,设:N_0(不施氮肥)和N_{90}(施氮量为N 90 kg/hm^2)2个处理,3次重复。其中,N_{90}为当地推荐施氮量,$N:P_2O_5:K_2O = 1:1:2$,N_0处理的磷钾用量与N_{90}处理相同。供试的烤烟(*Nicotiana tobacum*)品种均为K326。氮肥用硝铵,磷肥用普钙,钾肥用硫酸钾。磷肥全部作为基肥,氮肥和钾肥的基肥和追肥比例为7:3,基肥和追肥施用时间分别为4月27日和5月18日。基肥和追肥均单株称肥;基肥采用环施法,在距烟株10 cm左右环状施入,并覆土10 cm左右;追肥采用浇施法,将称好的肥料溶于定量的水中浇施,并覆土10 cm左右。小区面积为60 m^2,栽烟100株,分为采样区(40株)和收获区(60株)两个部分。烟苗采用漂浮育

苗，移栽日期为 4 月 27 日，行株距为 110 cm 和 55 cm。两田田间管理措施完全一致，均按优质烟生产技术措施实施。烟株移栽后 60 d 打顶，留叶数 18～20 片，移栽后 120 d 采收完。

^{15}N 示踪试验设置在 N_{90} 小区内，同位素肥料为 $^{15}NH_4{}^{15}NO_3$（上海化工研究院生产），丰度为 5.3%。在 N_{90} 处理采样区，随机选取 12 株烟株进行挂牌标记，标记株施用的氮肥全部为 $^{15}NH_4{}^{15}NO_3$ 肥料。^{15}N 用量、施肥方法及基追肥分配比例与普通硝铵相同。^{15}N 试验取样方法：移栽前采 20 株基础苗，于移栽后第 15、29、43、57、71、85、99 和 120 d 选有代表性且长势一致的烟株作为采样株，每次采 2 株（标记株和非标记株各 1 株）。移栽前及移栽后 15 和 29 d 以整株烟苗作为一个样品；43 d 后烟株分为上部叶（B）、中部叶（C）、下部叶（X）、茎（S）和根（R）5 部分，分别测定全氮含量，烟叶同时测定烟碱含量。成熟期在各小区收获区烤后的烟叶中，选取 B2F、C3F 和 X2F 的烟叶样品，分析全氮、烟碱、总糖、还原糖、钾和氯。

1.3　测定项目与方法

烟株水分采用 YC/T 31－1996 烘箱法，烟株总氮、烟碱采用 YC/T 161－2002 连续流动法测定。总糖和还原糖采用 YC/T 159－2002 连续流动法，氯采用 YC/T 162－2002 连续流动法，钾采用 YC/T 173－2002 火焰光度法测定。同位素标记株的 ^{15}N 原子百分超采用质谱法测定。

计算公式：

叶面积 = 叶长 × 叶宽 × 0.6345；

烟株吸氮量 = 采样时烟株总含氮量 － 移栽前烟苗含氮量；

烟株吸收的肥料氮占总吸氮量的比率（% Ndff）= 烟株的 ^{15}N 原子百分超/肥料的 ^{15}N 原子百分超）× 100，Ndff 表示来自于肥料的氮，简称肥料氮；

Ndff = % Ndff × 烟株吸氮量；

Ndfs = 烟株吸氮量 － Ndff，Ndfs 表示来自于土壤的氮，简称土壤氮。

试验数据采用 Excel 和 SPSS 软件进行统计分析，多重比较采用 Duncan 法。

2　结果与讨论

2.1　烟株干物质累积特征

烟株干物质积累量是反映烟株生长发育状况的重要指标。图 1 显示，不同处理对烟叶、烟根和整株烟株干物质积累的影响较一致，均是 N_{90} 处理显著高于 N_0 处理，B 田高于 A 田，而且随生育期推延差异愈加明显。图 1a 看出，烟叶干物重在移栽后 40 d 左右急剧增加，到移栽后 3 个月左右进入缓慢增长阶段，进入采收中期后基本停止增长。与烟叶不同，作为烟碱主要合成器官的烟根，其干物质积累量在整个生育时期不断增长，最大积累速率的出现时间比烟叶约晚两周，在打顶后进入快速生长期（图 1b）。烟根的这种生长发育特征，若在打顶后土壤养分供给过强，很容易引起根系养分吸收过多，使地上部生长过旺，烟叶不能正常成熟采收。优质烟干物质累积曲线应呈“S”型，在移栽 5 周后进入旺盛生长阶段，11 周后走向平稳[14]。而图 1c 显示，烟株干物质积累曲线 11 周后增长幅度仍较大。N_0 和 N_{90} 处理 11 周后烟株干物重占全生育期总干重的比例，A 田为 51%、48%；B 田为 51%和 51%。由此看出，打顶后各处理烟株均没有完成营养生长向生殖生长的转化，蛋白质代谢过程拖长，这必将不利于优质烟叶的品质的形成。

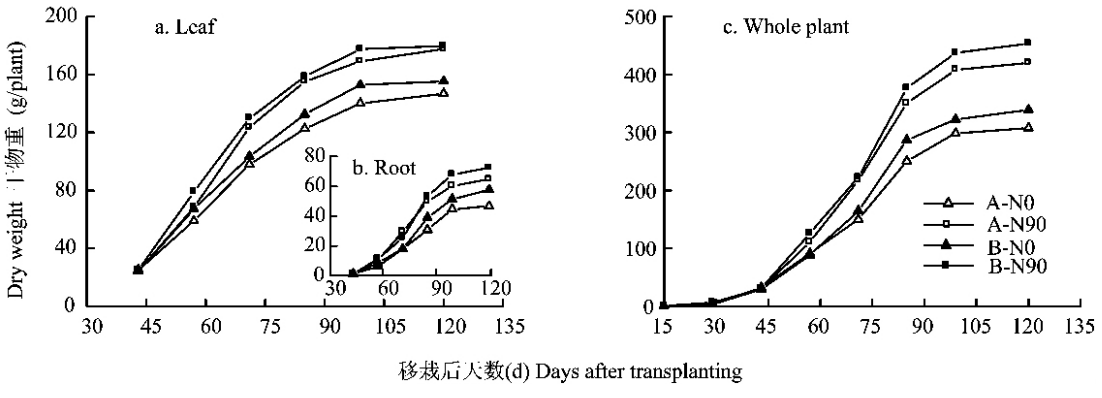

图 1　烟叶、烟根和整株烟株干物质积累曲线

Fig.1　The dry weight accumulation curves of leaves, roots and the whole plant of flue-cured tobacco

2.2 肥料氮和土壤氮在烤烟体内的累积和分配

2.2.1 烟株不同器官氮素累积特征 表2显示，N_{90}处理烟株各器官氮素累积量均显著高于N_0处理，采收结束时，A田和B田烟株氮素累积量N_{90}处理分别是N_0处理的162%和156%，这说明施氮提高了烟株氮素累积量。表2还看出，尽管B田0—30 cm土壤的有机质和碱解氮含量低于A田，但在相同施氮水平下，B田烟株吸氮量却明显高于A田，且随生育期推延差异逐步明显。这与烟株干物质积累特征表现一致。出现这种现象可能是由于A田烟株根系发育较B田弱，养分吸收能力相对较差所致。如采收结束时A田N_0和N_{90}处理、烟根干物重分别为47和65 g/plant，B田为58和72 g/plant；相同施氮水平下，B田烟株根系干物重明显高于A田根系干物重(图1b)。导致A田烟株根系发育较弱的原因可能是，在当地烟草生产管理中5月中下旬正是蹲苗壮根的阶段，而此时降雨较多，土壤湿度过大，再加上A田土壤质地较B田粘重，土壤排水通气性较差，不利于烟株根系正常生长，影响了烟株后期生长及养分吸收。

表2 烟株不同器官氮素累积特征(g/plant)

Table 2 Characteristics of nitrogen accumulation in different organs of flue-cured tobacco

项目 Items	处理 Treatments		移栽后天数(d) Days after transplanting					
			43	57	71	85	99	120
下部叶氮素累积量 Nitrogen accumulation of lower leaves	A	N_0	0.31 a	0.27 a	0.31 a	0.47 a		
		N_{90}	0.43 ab	0.52 bc	0.69 b	0.72 b		
	B	N_0	0.38 ab	0.35 ab	0.45 a	0.58 ab		
		N_{90}	0.50 b	0.62 c	0.94 c	0.98 c		
中部叶氮素累积量 Nitrogen accumulation of middle leaves	A	N_0	0.37 a	0.55 a	0.53 a	0.64 a	0.74 a	
		N_{90}	0.38 a	1.33 bc	1.14 b	1.11 bc	0.98 b	
	B	N_0	0.21 a	1.05 b	0.86 ab	0.90 ab	0.90 ab	
		N_{90}	0.37 a	1.58 c	1.59 c	1.32 c	1.32 c	
上部叶氮素累积量 Nitrogen accumulation of upper leaves	A	N_0	0.12 a	0.46 a	0.60 a	0.81 a	0.84 a	1.07 a
		N_{90}	0.22 a	0.58 a	1.11 b	1.29 b	1.28 bc	1.40 ab
	B	N_0	0.32 a	0.44 a	0.79 a	0.92 a	1.14 ab	1.22 a
		N_{90}	0.26 a	0.75 b	1.32 b	1.41 b	1.54 c	1.63 b
烟茎氮素累积量 Nitrogen accumulation of stems	A	N_0	0.16 b	0.39 a	0.39 a	1.48 a	1.47 a	1.55 a
		N_{90}	0.15 ab	0.73 b	0.96 b	2.05 b	2.60 b	2.93 b
	B	N_0	0.10 a	0.43 a	0.59 a	1.54 a	1.72 a	1.99 a
		N_{90}	0.16 b	0.84 b	1.27 c	2.72 c	3.29 c	3.46 c
烟根氮素累积量 Nitrogen accumulation of roots	A	N_0	0.05 a	0.18 ab	0.28 a	0.44 a	0.52 a	0.52 a
		N_{90}	0.04 a	0.25 ab	0.45 a	0.59 a	0.75 b	0.83 b
	B	N_0	0.04 a	0.14 a	0.30 a	0.55 a	0.69 b	0.75 b
		N_{90}	0.04 a	0.29 b	0.48 a	0.86 b	1.01 c	1.14 c

注：同一测试指标每一列数值后相同字母表示差异不显著(Duncan，5%)，下同。

Note：Values followed by the same letters for the same test item in each column are not significant (Duncan，5%). The same below.

在我国，优质烟生产要求烟株对氮素的吸收高峰应在移栽后35～56 d，烟株吸收氮素总量的95%在开始现蕾时完成，其后持续吸收的氮素一般在5%左右，最多不能超过总吸氮量的10%[15]。表2看出，打顶后N_0和N_{90}处理烟株氮素累积量占收获时总累积量的比例，A田为57%、51%，B田为56%和52%，说明生育后期两试验田的烟株均存在氮素累积过多的现象。

2.2.2 肥料氮和土壤氮在烟株不同器官的分配 施N 90 kg/hm^2，不同生育期烟株各器官对肥料氮和土壤氮的吸收特征不同。移栽初期，烟株吸收的肥料氮高于土壤氮；打顶期，A田和B田烟株吸收的土壤氮占总吸氮量的比例分别达到59%和61%，明显多于肥料氮(图2A-1、2B-1)。随后，尽管烟株吸

收的肥料氮总量有所增加,但所占的比例一直呈下降趋势,而吸收的土壤氮所占比例不断上升,到烟叶采收结束时 A 田和 B 田分别达 69%和 74%。采收结束时不同部位烟叶吸收的土壤氮占氮素总累积量的比例不同,其顺序为:上部叶 > 中部叶 > 下部叶,其中 A 田和 B 田烟株上部叶累积的土壤氮比例分别达 77%和 81%(图 2A-2、2B-2)。

从图 2 还可看出,采收结束时,两田 N_{90}处理烟株各器官吸收的肥料氮量相差不大,但吸收的土壤氮及其占总吸氮量的比例 B 田明显高于 A 田,打顶后差异尤为突出。打顶至采收结束,A 田和 B 田烟株吸收的土壤氮量分别为 2.70 和 3.76 g/plant,占同期总吸氮量的比例分别为 77%和 81%。

本试验结果表明,N_{90}处理的烟株,整个生育期的土壤氮仍是主要氮素来源,打顶后烟株吸收的土壤氮占同期总吸氮量的比例更大。巨晓棠等人在贵州黄壤上进行的试验也得到了类似的结论[16]。说明土壤供氮能力的大小是影响烟株氮素累积量,尤其生育后期吸氮量的重要因素。由此推测,本试验中打顶后烟株干物质累积量和氮素吸收量过多可能主要是由于生育后期土壤供氮过多所导致。我国植烟土壤理化性状复杂,80%以上土壤有机质含量高于 15 g/kg[17]。土壤有机质含量高,意味着土壤氮素矿化的潜力大,在合适条件下,会释放大量氮素供烟株吸收,尤其在烟株生育后期高温高湿的气候条件下。有研究认为,在南方高温高湿的平原区,有机质含量高于 15 g/kg 就有可能引起烤烟的"黑暴"[11]。因此,选择有机质含量适宜的土壤,控制烟株生育后期土壤供氮量,对提高我国烟叶整体质量至关重要。

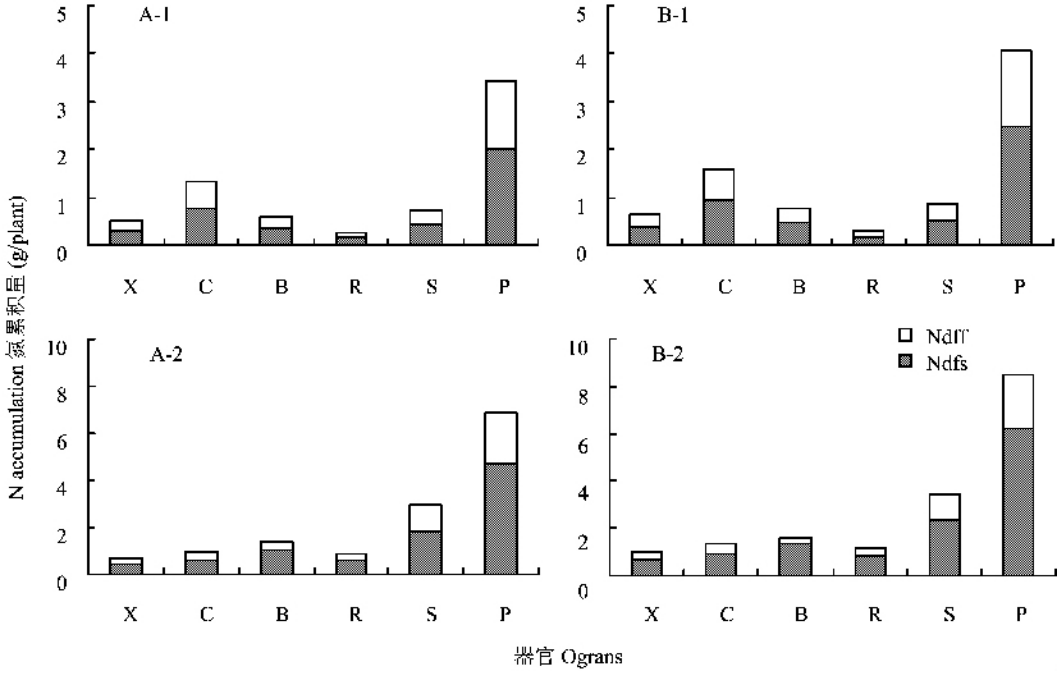

图 2　土壤氮和肥料氮在烟株不同器官的分配状况

Fig.2　Distribution of soil N and fertilizer N in different organs of flue-cured tobacco

(A-1:A 田打顶期 Topping period in A field;A-2:A 田采收期 Harvest period in A field;B-1:B 田打顶期 Topping period in B field;B-2:B 田采收期 Harvest period in B field. X:下部叶 Lower leaves;C:中部叶 Centre leaves;B:上部叶 Upper leaves;R:根 Roots;S:茎 Stems;P:整株 Whole plant.)

2.3　肥料氮和土壤氮对烟叶品质的影响

2.3.1　不同处理烟叶的品质特征　烟叶内在化学成分含量适宜及各化学成分之间协调,是优质烟形成的必要条件。优质烟化学成分指标一般为:总氮浓度 1.5%～3.0%,还原糖浓度 16.0%～22.0%,总糖浓度 20.0%～24.0%,糖碱比 8.0～10.0,氮碱比 0.8～1.0,烟碱含量 1.5%～3.5%[18]。

表 3 显示,N_0 处理各部位烟叶总氮和烟碱含量普遍偏低,尤其中部叶和下部叶,而总糖和还原糖含量均超标;N_{90}处理各部位烟叶总氮含量均在适宜范围内,但上部叶烟碱含量偏高。说明在本试验条件下,施氮有利于提高烟叶总氮和烟碱累积量,改善

糖碱比；尽管施氮处理烟叶烟碱含量超过了优质烟叶烟碱含量标准，但烟叶含氮量并未超标。可见，施氮不是造成烟叶烟碱含量超标的主要原因。表3还看出，在相同施氮量条件下，B田烟叶烟碱含量高于A田，这与烟株体内土壤氮累积特征一致。因此推测，B田烟株吸收的土壤氮较A田多，可能是导致B田烟叶烟碱合成量较A田高的重要原因。

表3 不同处理烟叶品质特征(%)

Table 3 The quality of tobacco leaves in different treatments

叶位 Parts	处理 Treatments		总氮 Total N	烟碱 Nicotine	总糖 Total sugar	还原糖 Reductive sugar	糖/碱 Reductive sugar/Nicotine	氮/碱 Total N/Nicotine
下部叶 Lower leaves	A	N_0	1.31 a	1.03 a	34.64 b	26.78 b	34.14 b	1.27 b
		N_{90}	1.90 b	2.03 b	21.59 a	15.35 a	10.76 a	0.94 ab
	B	N_0	1.39 a	1.42 a	32.33 b	23.18 b	24.42 b	1.06 ab
		N_{90}	1.90 b	2.63 c	25.53 a	15.76 a	9.70 a	0.73 a
中部叶 Middle leaves	A	N_0	1.46 a	1.76 a	35.09 c	26.43 c	19.97 b	0.83 b
		N_{90}	1.94 b	3.02 b	28.38 a	18.35 a	9.43 a	0.64 a
	B	N_0	1.46 a	1.65 a	32.33 b	22.23 b	19.62 b	0.89 b
		N_{90}	1.96 b	3.43 c	29.34 ab	18.77 a	8.61 a	0.57 a
上部叶 Upper leaves	A	N_0	1.77 a	2.77 a	29.91 ab	22.48 b	10.98 b	0.64 b
		N_{90}	2.38 b	4.05 b	23.53 a	16.08 a	5.80 a	0.59 ab
	B	N_0	1.78 a	2.99 a	30.48 b	22.27 ab	10.20 b	0.59 ab
		N_{90}	2.45 b	4.61 c	25.13 ab	16.16 a	5.48 a	0.53 a

2.3.2 肥料氮和土壤氮对烟叶烟碱合成的影响

图3显示，烟株对肥料氮和土壤氮的吸收强度的变化趋势基本一致。最高峰都出现在移栽后2个月左右，然后迅速下降，在移栽后3个月左右又呈现小幅上升，之后至采收结束一直呈下降趋势。移栽后3个月前后，肥料氮和土壤氮的吸收都出现小幅增加的现象可能是由于此阶段气温较高、降水量偏多，促进了烟株对残留在土壤中的肥料氮和土壤氮的吸收所致。图3还显示，烟碱的合成与烤烟肥料氮和土壤氮的吸收并不同步。当氮素吸收强度达到高峰时，烟碱的合成才开始增加，在移栽后3个月左右烟碱合成强度达到高峰，然后逐渐降低。烟碱大量合成的时间刚好出现在打顶之后，说明打顶可能是导致烟碱含量增加的重要原因，已有研究也有类似报道[19-21]。但目前关于打顶导致烟碱累积量增加的机理尚不清楚[22]。有报道认为，打顶一方面造成机械损伤，另一方面打顶导致的内源生长素和茉莉酸含量的改变可能有重要作用[23-24]。尽管烟碱合成有自身的规律，但氮素是合成烟碱的原料元素(烟碱含N 17.3%)，氮素供给过多，尤其打顶后氮素供给过多，必然会增加烟碱累积量超标的风险。Xi等[25]通过室内培养试验发现，养分供给适当条件下，烟株

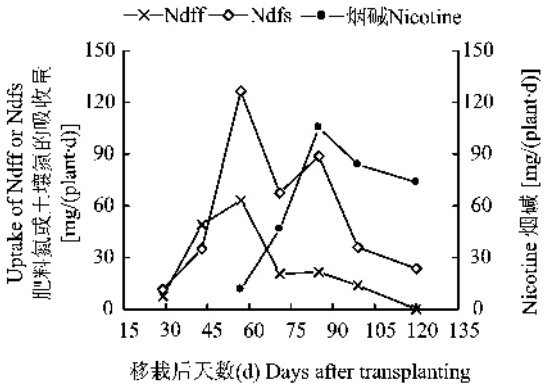

图3 烟株吸收的肥料氮和土壤氮对烟叶烟碱合成的影响

Fig.3 Effects of the N fertilization N and soil N in tobacco plants on nicotine synthesis

打顶前的吸氮量能够满足烟株整个生育期的氮素需求，打顶后继续供给氮素容易导致烟碱浓度偏高。由于雨水淋洗和烟株吸收，生育后期土壤中肥料氮残留较少，烟株吸收的主要氮素来源为土壤氮。从图2可以看出，打顶至采收结束，A田和B田烟株吸收的土壤氮量占同期总吸氮量的比例分别达到77%和81%。而打顶后，烟株吸收土壤氮的强度远高于吸收肥料氮的强度(图3)。因此，控制打顶后土壤氮的供应，对提高烟叶品质，降低上部烟叶烟碱

含量有重要的现实意义。但目前关于肥料氮和土壤氮对烟碱合成的贡献大小及肥料氮和土壤氮占烟株总吸氮量的比例与烟碱氮中肥料氮和土壤氮所占的比例的相关关系的研究尚较少，还有待于进一步研究。

3　小结

在本试验中，施 N 90 kg/hm^2 能显著提高烟株干物重和氮素累积量，但烟株整个生育期吸收的氮素主要来自土壤氮，且随生育期延长和烟叶着生部位的升高，吸收的土壤氮占总吸氮量的比例逐渐增大，打顶后增大幅度尤为显著；打顶至采收结束 6 组试验田(A)和试验基地试验田(B)烟株吸收的土壤氮量占同期总吸氮量的比例分别达 77% 和 81%。不同施氮处理烟叶品质差异较大，不施氮处理各部位烟总氮和烟碱含量均偏低，而总糖和还原糖含量均超标；施氮处理提高了各部位烟叶总氮和烟碱含量，且各部位烟叶总氮含量均达到了优质烟所要求范围；但由于烟株生育后期土壤供氮过多，上部烟叶存在烟碱含量偏高的问题。因此，选择有机质含量适宜的土壤，控制烟株生育后期土壤供氮量，对降低上部烟叶总氮和烟碱含量，提高我国烟叶整体质量至关重要。

参 考 文 献：

[1] Chari M S, Rao J, Reddy P R *et al*. Nitrogen requirement of FCV tobacco in northern light soils of Andhra Pradesh[J]. Tobacco Res., 1994, 20(1): 53-57.

[2] 刘国顺. 国内外烟叶质量差距分析和提高烟叶质量技术途径探讨[J]. 中国烟草学报，2003，9(增刊)：54-58.
Liu G S. Analysis of differences between domestic and overseas tobacco quality and technical approaches for the improvement of tobacco quality[J]. Acta Tabacaria Sin., 2003, 9(Suppl.): 54-58.

[3] 李长江，赵凤军，李俭. 对烤烟施肥中的几个问题的探讨[J]. 农业与技术，2000，20(1)：27-32.
Li C J, Zhao F J, Li J. Discussions of several issues about flue-cured tobacco fertilization[J]. Agric. & Tech., 2000, 20 (1): 27-32.

[4] 李向阳，刘国顺，杨永锋，等. 烤烟高光谱参数与多种生理生化指标关系研究[J]. 中国农业科学，2007，40(5)：987-994.
Li X Y, Liu G S, Yang Y F *et al*. Relationship between hyperspectra parameters and physiological and biochemical indexes of flue-cured tobacco leaves[J]. Sci. Agric. Sin., 2007, 40(5): 987-994.

[5] 关广晟，屠乃美，肖汉乾，等. 不同种植方式植烟土壤养分及烟叶化学成分的差异[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版)，2007，33(1)：28-31.
Guan G S, Tu N M, Xiao H Q *et al*. Different of soil nutrition and chemical components in tobacco leaves under different cropping patterns of flue-cured tobacco[J]. J. Hunan Agric. Univ. (Nat. Sci.), 2007, 33(1): 28-31.

[6] 宫长荣，王爱华，王松峰. 烟叶烘烤过程中多酚类物质的变化及化学成分的相关关系[J]. 中国农业科学，2005，38(11)：2316-2320.
Gong C R, Wang A H, Wang F S. Changes of polyphenols in tobacco leaves during the flue-curing process and relative analysis of some chemical components[J]. Sci. Agric. Sin., 2005, 38(11): 2316-2320.

[7] 秦艳青，李春俭，赵正雄，等. 不同供氮方式和施氮量对烤烟生长和氮素吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报，2007，13(3)：436-442.
Qin Y Q, Li C J, Zhao Z X *et al*. Effects of rates and methods of application on growth and N uptake of flue-cured tobacco[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2007, 13(3): 436-442.

[8] 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 Nutr. Fert. Sci., 2007, 13(2): 331-337.

[9] Collins W K, Hawks S N Jr. Principle of flue-curd tobacco production [M]. Raleigh N C: North Carolina State University, 1994.

[10] 晁逢春. 氮对烤烟生长及烟叶品质的影响[D]. 北京：中国农业大学，2003.
Chao F C. Effects of nitrogen on the growth and quality of flue-cured tobacco[D]. Beijing: China Agricultual University, 2003.

[11] 韩锦峰，陈建军，黄元炯，等. 应用^{15}N 示踪法探讨烟草对氮素利用的研究[J]. 河南农业大学学报，1992，26(3)：224-227.
Han J F, Chen J J, Huang Y J *et al*. Study of utilization of nitrogen in flue-cured tobacco with ^{15}N[J]. J. Henan Agric. Univ., 1992, 26 (3): 224-227.

[12] 唐年鑫，沈金雄. 应用^{36}Cl、^{15}N 示踪研究烟草对氯化铵养分的吸收与分布[J]. 中国烟草科学，1994，(4)：34-37.
Tang N X, Shen J X. Studies on absorption and distribution of NH_4Cl of flue-cured tobacco by means of ^{36}Cl, ^{15}N isotope tracer[J]. Chin. Tobacco Sci., 1994, (4): 34-37.

[13] 郭培国，陈建军，郑燕玲. 应用^{15}N 示踪法研究烤烟的氮素营养[J]. 中国烟草学报，1998，4(2)：64-68.
Guo P G, Chen J J, Zheng Y L. Studies on nitrogen nutrition of flue-cured tobacco by means of ^{15}N isotope tracer[J]. Acta Tabacaria Sin., 1998, 4(2): 64-68.

[14] 曹志洪，李仲林，周秀如，等. 烤烟干物质的累积及土壤环境对烟碱含量的影响[J]. 烟草科技，1989，(5)：29-33.
Cao Z H, Li Z L, Zhou X R *et al*. Effect of dry matter and soil environment on nicotine concentration of flue-cured tobacco[J]. Tobacco Sci. & Tech., 1989 (5): 29-33.

[15] 苏德成. 烟草生长发育过程的氮素[A]. 国家烟草专卖局科技司. 跨世纪烟草农业科技展望和持续发展战略研讨会论文集[C]. 北京：中国商业出版社，1999. 80-84.
Su D C. Nitrogen during growth and development of flue-cured tobac-

co[A]. Dept. of Sci. and Tech. & Edu. of STMB. Seminar collection of transcentury science and technology prospect and sustainable development strategy of tobacco agriculture[C]. Beijing: China Business Press, 1999. 80-84.

[16] 巨晓棠,晁逢春,李春俭,等. 土壤后期供氮对烤烟产量和烟碱含量的影响[J]. 中国烟草学报,2003(增刊):48-53.
Ju X T, Chao F C, Li C J, *et al*. The yield and nicotine content of flue-cured tobacco as affected by soil nitrogen mineralization in late stage[J]. Acta Tabacaria Sin., 2003(Suppl.):48-53.

[17] 李志宏,徐爱国,龙怀玉,等. 中国植烟土壤肥力状况及其与美国优质烟区比较[J]. 中国农业科学,2004,37(增刊):36-42.
Li Z H, Xu A G, Long H Y *et al*. Evaluation of soil nutrient condition in major tobacco-producing region of China[J]. Sci. Agric. Sin., 2004, 37(Suppl.):36-42.

[18] 汪耀富. 干旱胁迫对烤烟营养状况和产量品质的影响及其调节技术研究[D]. 北京:中国农业大学,2002.
Wang Y F. Effect of drought stress on nutrition and yield and quality of flue-cured tobacco and their regulation[D]. Beijing: China Agricultural University, 2002.

[19] 石秋梅,陶苇,李春俭,张福锁. 机械损伤对烤烟植株氮素吸收及体内烟碱含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(2):292-298.
Shi Q M, Tao F, Li C J, Zhang F S. Effects of mechanical wounding on nitrogen uptake and nicotine content in flue-cured tobacco plants[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2007, 13(2):292-298.

[20] 胡国松,李志勇,穆琳,韩锦峰. 烤烟烟碱累积特点研究[J]. 中国烟草学报,2000,6(2):6-9.
Hu G S, Li Z Y, Mu L, Han J F. Investigation into characteristics of nicotine accumulation of flue-cured tobacco under field conditions[J]. Acta Tabacaria Sin., 2000, 6(2):6-9.

[21] 闫玉秋,方智勇,王志宇,等. 试论烟草中烟碱含量及其调节因素[J]. 烟草科技,1996,(6):31-34.
Yan Y Q, Fang Z Y, Wang Z Y *et al*. Study on nicotine content and its regulation factors in tobacco plants[J]. Tobacco Sci. & Tech., 1996(6):31-34.

[22] Xu B, Sheehan M J, Timko M P. Differential induction of ornithine decarboxylase (ODC) gene family members in transgenic tobacco (*Nicotiana tabacum* L. cv. Bright Yellow 2) cell suspensions by methyl-jasmonate treatment[J]. Plant Growth Regul., 2004, 44:101-116.

[23] Gantet P, Imbault N, Thiersault M, Doireau P. Necessity of a functional octadecanoic pathway for indole alkaloid synthesis by *Catharanthus roseus* cell suspensions cultured in an auxin-starved medium[J]. Plant Cell Physiol., 1998, 39(2):220-225.

[24] Srivastava L M. Plant growth and development: Hormone and environment[M]. New York: Academic Press, 2002. 285-341.

[25] Xi X Y, Li C J, Zhang F S. Nitrogen supply after removing shoot apex increase the nicotine concentration and nitrogen content of tobacco plants[J]. Ann. Bot., 2005, 96:793-795.