

不同供氮方式和施氮量对烤烟生长和氮素吸收的影响

秦艳青¹, 李春俭¹, 赵正雄², 武雪萍³, 张福锁^{1*}

(1 农业部植物营养与养分循环重点开放实验室; 教育部植物-土壤相互作用重点实验室; 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094; 2 云南农业大学资源与环境学院, 云南昆明 650201; 3 中国农业科学院土壤肥料研究所, 北京 100081)

摘要: 2005年5月至9月在云南玉溪采用田间试验和微区试验相结合的方法,研究了传统施肥和优化施肥2个施氮水平对烤烟生长和氮素积累的影响。结果表明,施N 120 kg/hm²的烟株在打顶以后以吸收土壤氮为主;施N 52.5 kg/hm²的烟株在团棵期以后以吸收土壤氮为主,该施氮量能够保证烟株从移栽至打顶(即移栽后60 d)阶段的生长需要。但与施N 120 kg/hm²相比,植株氮素营养略有不足,烟株各部位及整株的干物重和氮素积累量略有降低;各时期干物重的分配比例没有区别。另外,打顶期和成熟期,两施氮处理植株所吸收的肥料氮绝对量差异达显著水平,施氮量越高,吸收量也越大。同时,施氮量越多,各个时期各部位和整株中肥料氮的比例越大,且均在团棵期达到最大值;之后呈下降趋势,施氮越多,下降幅度越小。两处理植株都呈现肥料氮比例随叶位上升而减少的规律,施氮量越高,部位间差异越小。

关键词: 氮素; 烤烟; 优化施肥

中图分类号: S572.062

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2007)03-0436-07

Effects of rates and methods of N application on growth and N uptake of flue-cured tobacco

QIN Yan-qing¹, LI Chun-jian¹, ZHAO Zheng-xiong², WU Xue-ping³, ZHANG Fu-suo^{1*}

(1 Key Laboratory of Plant Nutrition and Nutrient Cycling, MOA; Key Laboratory of Plant-Soil Interactions, MOE; Department of Plant Nutrition, CAU, Beijing 100094, China; 2 College of Resource and Environment, Yunnan Agriculture University, Kunming 650201, China; 3 Soil and Fertilizers Institute, CAAS, Beijing 100081, China)

Abstract: Our previous study showed that both changing N applying method and reducing N application rate to 52.5 kg/ha could meet the growth requirement of tobacco plant for N. A field experiment combining with a microplot in Yunnan province was carried out to further study the effects of N fertilization on the growth and N uptake of flue-cured tobacco. Two N application rates of 120 and 52.5 kg/ha were used. The results showed that tobacco supplied N 120 kg/ha mainly utilized soil N after topping, while soil N became the dominant N source after rosette for plants with N 52.5 kg/ha. Nitrogen application with 52.5 kg/ha could assure the growth of plants from the stage of transplanting to topping; but their dry matter gain and N accumulation decreased slightly comparing with the treatment of N 120 kg/ha due to inadequate N supply after topping. Changing N application rates had no effect on dry matter distribution in tobacco plant. The higher the rate of fertilizer N supplied, the more fertilizer N was found in the plant, and the higher the ratio of fertilizer N to total N in different organs and whole plant was. The highest ratio of the fertilizer N to total N in plant was found in rosette stage, and then it declined slowly. In addition, the ratio of the fertilizer N to total N in upper leaves was smaller than that in lower leaves. And the difference of the ratio of fertilizer N to total N between the upper and lower leaves was smaller, when more N (120 kg/ha) was supplied.

收稿日期: 2006-01-20

修改稿收到日期: 2006-05-10

基金项目: 农业部 948 项目(2003-Z53)资助。

作者简介: 秦艳青(1976—),女,河南汤阴人,博士,主要研究方向为植物营养与栽培管理。

* 通讯作者 Tel: 010-62732499, E-mail: zhangfs@cau.edu.cn

Key words: N; flue-cured tobacco; optimized fertilization

氮是烟草生长发育的必需营养元素,对烟草产量和品质影响很大^[1-3]。氮肥不足时,烟叶轻,烟碱含量低,香气差,刺激性不够,劲头不足;氮肥过多时,烟碱含量高,刺激性大,易引起各种叶面病害^[4],硝酸盐和亚硝酸盐的含量也明显增加^[5-6];过量施氮还引起蛋白质含量增加,影响烟叶的燃烧性。另外,施肥方式对作物的生长、质量也有很大影响。Borghi^[7]和 Lo'pez-Bellido^[8]等研究证明,氮肥用量和施肥时间是小麦获得高产的决定因素之一; Elvira Garrido-Lestache^[9]等认为,在半干旱地区,氮肥利用率很大程度上决定于降雨量、降雨时间和氮肥施用时间。中国烟草总公司与菲·莫公司技术合作开发试验表明,总氮量的 60% 作为基肥,20% 作为穴肥,20% 作为追肥,能够保证烟株后期不脱肥早衰^[10]。福建龙岩氮肥基追比例为条沟基肥 60%,穴肥 10%、追肥 30% 时,烟叶质量好,并且使上部叶烟碱控制在适宜的范围内^[11]。

目前我国植烟区氮肥施用量普遍过大,后期烟田土壤中残留氮的供应过多^[12],尤其在遇到前期干旱的年份,就会造成烟株前期生长缓慢,氮素吸收高峰期推迟,导致后期烟株长势过旺,下部叶不能正常成熟,中、上部叶片过大、过厚,烟碱含量高,对品质极为不利。另外,在我国植烟区,一般团棵期以前,将氮肥分为基肥和追肥两次全部施入,这在时间上是可行的,但大量氮肥用作基肥施入土壤,由于前期烟株苗期生长较慢,吸收利用较少,大量氮肥易通过淋失、挥发或反硝化损失,势必会影响氮肥利用率。烟草的生长周期相对较短,一般只有 90~120 d,所以能够调整和弥补营养不足的时间范围非常短暂^[13]。如何在不同施肥时间确定合理的氮肥用量,以保证既能满足烟株生长又能提高烟叶质量,同时还不会对环境构成威胁,这就要求对烤烟在不同供氮模式下的氮素需求规律有充分的了解。

在我国针对烤烟氮肥用量和氮肥施用方式的研

究较多,但很不深入。本课题组近几年针对云南烤烟的氮肥用量和氮肥施用方式进行了较多研究。结果表明,在云南植烟区中等肥力(有机质含量 15~20 g/kg, 碱解氮含量 100~150 mg/kg)土壤上,在不施基肥情况下, N 52.5 kg/hm² (移栽后立即施用 30%, 移栽后 25 d 施用 70%) 基本能够满足烤烟正常生长。根据这一结果,我们于 2005 年,重新设置了传统的 120 kg/hm² 和优化的 52.5 kg/hm² 两个施氮水平,采用了本课题组研究的优化施肥方式,并利用¹⁵N 示踪技术,探讨不同施肥方式和氮肥用量对烤烟生长、氮素积累的影响,旨在为合理施用氮肥提供科学依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验设计

田间试验于 2005 年 5 月至 9 月在云南省玉溪市研和镇宋官村进行。土壤为砂壤土,前作油菜,土壤基本理化性状见表 1。供试烤烟品种为 K326。烤烟生长期降雨情况见图 1。根据本课题组以往研究结果,在云南植烟区中等肥力土壤上,改变施肥方式及减少施氮量(施 N 52.5 kg/hm²)可以满足烤烟生长需要。本试验设 2 个处理:1) 传统施肥(N 120 kg/hm²,简称 N 120),N:P₂O₅:K₂O = 1:1:3。施肥方法为氮肥(硝酸铵)总量的 50% 作基肥,全部采用双条施,沟深 15 cm。氮肥总量的 20% (硝酸铵)在移栽当天浇施,剩余 30% 在移栽后 25 d 用硝酸钾做追肥浇施;磷肥(过磷酸钙)全部基施,其中 70% 双条施,30% 穴施;钾肥 50% 基施,其中 70% 双条施,30% 穴施,剩余 50% 追肥时浇施,基施钾肥用硫酸钾,追施钾肥一部分用硝酸钾,不够的用硫酸钾补足。2) 优化施肥(N 52.5 kg/hm²简称 N 52.5),氮肥总量的 30% 在移栽后当天浇施,其余 70% 移栽后 25 d 时作追肥浇施;磷、钾肥品种用量以及氮肥品种同处理 1。试验重复 4 次,每次重复为 78 株,随机区

表 1 试验地土壤的理化性状

Table 1 Some chemical properties of experimental soils

土层 Soil layers (cm)	NH ₄ ⁺ -N (mg/kg)	NO ₃ ⁻ -N (mg/kg)	速效磷 (Olsen-P) (mg/kg)	速效钾 (NH ₄ OAc-K) (mg/kg)	有机质 Organic matter (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	pH
0—20	0.5	26.8	70.8	142.5	21.0	1.4	6.8
20—40	0.7	22.3	34.0	85.1	13.9	1.2	6.7

组排列。2005年5月9日移栽烟苗,其它管理同常规。

^{15}N 微区试验采用 ^{15}N 原子百分超为 5.3% 的双标硝酸铵和硝酸钾进行,微区内定植 6 棵烟株,在微区两端,用 70 cm(长) × 60 cm(宽)的薄木板埋进垄体至 10 cm 露出地面。具体处理设计和管理同田间试验。

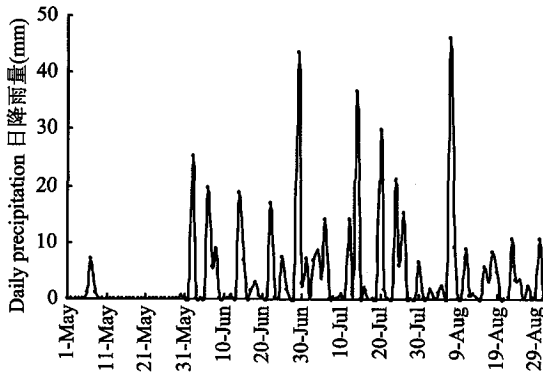


图 1 2005 年 5 月至 8 月试验地区降雨量

Fig.1 The precipitation of the experiment site from May to Aug 2005

[注(Note): 2005 年 5 月 9 日至 2005 年 5 月 29 日没有降雨,属于特殊干旱年份。No rainfall from 9 May to 29 May is special for the experiment site.]

1.2 取样与测定

团棵期每小区在 ^{15}N 微区内取 2 株,每株分为根、茎、叶 3 部分;打顶期在 ^{15}N 微区取 2 株,每株分为根、茎、上部叶、中部叶、下部叶 5 部分;打顶后微区内剩余 2 株的烟叶进行分次采收,即叶片成熟即采收,然后按上、中、下部叶合并,采收结束时收获根、茎。以上植株样品均在 105℃ 杀青 30 min 后,在 60℃ 下烘干,称干重,粉碎后用于测定植株含氮量和 ^{15}N 丰度。

叶片 SPAD 值用叶绿素计 SPAD-502 测定,移栽后 20 和 30 d 时测定顶部第一平展叶的 SPAD 值,之后测定从上面数第 5、第 10、第 16 片叶的 SPAD 值;叶面积用直尺测量,移栽后 20、30、60 d 时测定最大叶面积,之后测定从上面数第 5、第 10、第 16 片叶的叶面积。

植株全氮用浓硫酸消煮法测定;植株 ^{15}N 丰度采用 DELTAPlusXP 稳定同位素质谱仪(Thermo Finnigan, Germany)直接测定干粉样品。

所有数据均采用 SAS 程序进行单因素统计分析。

2 试验结果

2.1 不同处理的烤烟叶片 SPAD 值

叶片 SPAD 值的高低取决于叶绿素对特定波段光线的吸收,读数越大说明叶绿素含量越高,SPAD 值也间接反映了植株的氮素营养状况^[14]。图 2 看出,团棵前两处理叶片的 SPAD 值没有差异,60 d 时上部叶、中部叶和下部叶 SPAD 值差异均达显著水平;随时间推移,各处理在相同部位的 SPAD 值差异越来越大。从田间实际观察情况来看,两处理烟株在打顶前外观长势一直保持一致,直到打顶前 3~4 d 时 N 52.5 处理才略有发黄迹象,最后 N 52.5 处理比 N 120 处理提前一周采收结束。

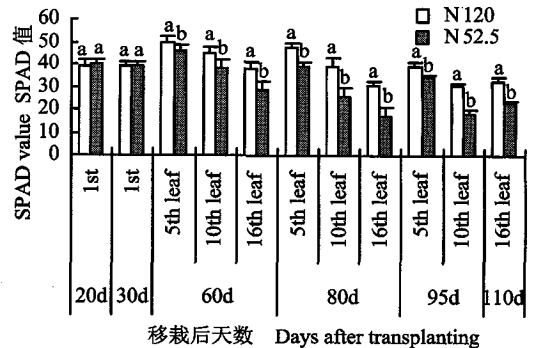


图 2 不同处理对各时期烤烟叶片 SPAD 值的影响

Fig.2 Effect of different treatments on SPAD values of different leaves of tobacco plant at different growth stages

[注(Note): 同期不同字母表示差异在 5% 水平显著,下同 Different letters in the same stage mean significant at 5% level; The same symbol was used for Fig.3.]

2.2 不同处理对烤烟叶面积的影响

烟叶长度是我国现行分级标准选用的分级因素之一,对同一品种来说,一般烟叶面积越大,烟叶长度越大。打顶前两处理最大叶面积差异不显著;移栽后 80 d, N 120 处理的上部叶和中部叶面积明显大于 N 52.5 处理,但下部叶没有差异。各部位烟叶成熟时,叶面积呈现与移栽后 80 d 相同的趋势(图 3)。说明在本试验条件下, N 52.5 处理在后期明显影响了上、中部叶片的扩展。但本试验的烟叶长度、面积均在现行收购范围之内,对烟叶等级影响不大。

2.3 不同处理对烟株干重的影响

两处理烟株各部位烟叶、茎、根及整株干物质累积的绝对量都随生育期推进而显著增加。表 2 看出,团棵时,即移栽后 30 d,两处理烟株的各部位及

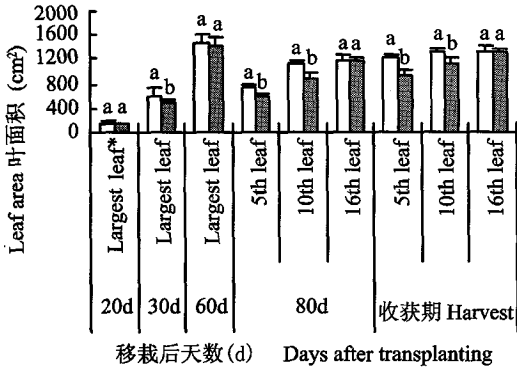


图3 不同处理对各时期烤烟不同部位叶面积的影响
Fig.3 Effect of different treatments on areas of different leaves of tobacco plant at different growth stages
(* Largest leaf 最大叶)

表2 不同施氮处理的烟株各部位及整株干物质积累动态变化

Table 2 Changes in dry matter accumulation in different organs and whole tobacco plant as affected by different treatments

取样时间 Sampling time	处理 Treatment	各部分单株干重 Dry weight of each part per plant (g/plant)					
		根 Root	茎 Stem	叶 leaves			整株 Whole plant
				上部 Upper	中部 Middle	下部 Lower	
团棵期 Rosette stage	N 120	2.9 a	4.9 a	25.0 a(所有叶)(Total leaves)			32.7 a
	N 52.5	3.1 a	4.6 a	24.3 a(所有叶)(Total leaves)			32.0 a
打顶期 Topping stage	N 120	34.7 a	53.3 a	18.6 a	48.2 a	63.5 a	218.2 a
	N 52.5	29.1 a	44.5 b	17.1 a	50.9 a	61.4 a	202.9 a
成熟期 Harvest stage	N 120	113.4 a	129.6 a	86.6 a	91.3 a	77.4 a	498.3 a
	N 52.5	84.3 b	112.1 b	72.7 b	77.2 b	71.7 b	418.0 b

注:同一取样时期同列相同字母表示差异不显著($P < 0.05$),下同。

Note: Same letter in column in the same sampling stage means no significant differences ($P < 0.05$) by LSD. The same symbol is used for other tables.

氮肥供应略显不足,减少了各部位及整株的干物重。两处理的干物质分配比例无区别。

2.4 不同处理对烤烟氮素积累的影响

氮素对烤烟器官形成有重要影响。表3可以看出,两处理的上部叶、茎、根及整株的氮素积累量都随生育期的推进而显著增加,中部叶和下部叶在打顶前随生育期的推进显著增加,打顶后有明显的氮素转移现象。从氮素积累的过程来看,在团棵期,两处理各部位及整株氮素积累量占全生育期积累总量的比例较低,都在5%~35%之间;至打顶时,即移栽后60d,两个处理的整株氮素积累占全生育期氮素积累总量的76.2%~86.8%。从这里也可以看出,氮素积累比干物质积累较早达到高峰。

在团棵期(30d)时,各部位及整株的氮素积累没有区别;打顶(移栽后60d)和成熟时,两处理的各部位及整株氮素积累差异均达到显著水平,说明在干物质出现差异之前,氮素积累量已经有了显著差异。结合田间观察,两处理在打顶前3~4d叶色

整株干重累积量占全生育期累积总量的比例都较低,不超过10%;到打顶时,即移栽后60d,不同施氮处理的整株干物质累积都没有超过全生育期积累总量的50%。这说明烟株在打顶后仍有相当多的干物质累积。

表2还看出,团棵(移栽后30d)时,各部位及整株干物质积累没有区别。打顶(移栽后60d)时,除茎以外其它各部位干物质积累在两处理间差异不显著,但表现出施肥量越大,干物质积累越大的趋势;成熟时两处理的各部位及整株干物质积累差异均达到显著水平。说明每公顷施氮52.5kg足以保证烟株从移栽至打顶(即移栽后60d)阶段对氮素的需求。但和每公顷施氮120kg的处理相比,打顶后的

才开始出现差异,但烟株大小看不出区别,所以可以认为,每公顷施N52.5kg能够保证烟株从移栽至打顶(即移栽后60d)这一阶段对氮素的需求,但与N120处理相比,旺长后期植株的氮素营养略有不足。

2.5 不同处理对烤烟体内氮素来源的影响

^{15}N 标记试验结果(表4)看出,随生育期的推进,各部位及整株中的肥料氮绝对量显著增加。打顶后,中部叶、下部叶的肥料氮明显减少,有可能向根、茎和上部叶转移。对于整株而言,吸收肥料氮的最大时期也在旺长期。在团棵期,两个处理植株体内的肥料氮绝对量差别不显著(除茎以外),但在打顶期和成熟期,同一器官的肥料氮含量都随施氮量增加而增加。

表5表明,在各个时期,施氮量越高,各部位和整株中的肥料氮比例越高,且均在团棵期达到最大值,之后显著下降,施氮越多则肥料氮比例下降的幅度越小。另外,两个处理都呈现出肥料氮比例随叶位上升而减小的规律,且施氮量越高,部位间肥料氮

表 3 不同施氮处理的烤烟各部位及整株氮素积累的动态变化

Table 3 Changes in total N accumulation in different organs and whole tobacco plant as affected by different N application rates

取样时间 Sampling time	处理 Treatment	各部位单株氮素积累量 N accumulation in each part per plant(g/plant)					整株 Whole plant
		根 Root	茎 Stem	叶 Leaves			
				上部 Upper	中部 Middle	下部 Lower	
团棵期 Rosette stage	N 120	0.09 a	0.14 a	1.00 a(所有叶)(Total leaves)			1.23 a
	N 52.5	0.08 a	0.13 a	1.02 a(所有叶)(Total leaves)			1.23 a
打顶期 Topping stage	N 120	0.65 a	0.84 a	0.80 a	1.55 a	1.41 a	5.26 a
	N 52.5	0.51 b	0.66 b	0.71 b	1.25 b	1.12 b	4.26 b
成熟期 Harvest stage	N 120	1.60 a	1.42 a	1.47 a	1.29 a	1.11 a	6.90 a
	N 52.5	0.93 b	1.07 b	1.05 b	1.00 b	0.85 b	4.91 b

表 4 不同施氮处理的烤烟各部位肥料氮累积及动态变化

Table 4 Changes in ¹⁵N fertilizer accumulation in different organs and whole tobacco plant as affected by different N application rates

取样时间 Sampling time	处理 Treatment	¹⁵ N 积累量 ¹⁵ N abundance(g/plant)					整株 Whole plant
		根 Root	茎 Stem	叶 Leaves			
				上部 Upper	中部 Middle	下部 Lower	
团棵期 Rosette stage	N 120	0.05 a	0.09 a	0.6 a(所有叶)(Total leaves)			0.74 a
	N 52.5	0.04 a	0.07 a	0.56 a(所有叶)(Total leaves)			0.67 a
打顶期 Topping stage	N 120	0.29 a	0.43 a	0.60 a	0.83 a	0.76 a	2.74 a
	N 52.5	0.19 b	0.26 b	0.26 b	0.48 b	0.48 b	1.67 b
成熟期 Harvest stage	N 120	0.66 a	0.58 a	0.61 a	0.57 a	0.57 a	2.98 a
	N 52.5	0.29 b	0.31 b	0.29 b	0.31 b	0.35 b	1.55 b

表 5 不同施氮处理的烟株各部位中肥料氮占总氮比例的动态变化

Table 5 Changes in proportion of ¹⁵N (fertilizer N) to total N (from fertilizer and soil) in different organs and whole tobacco plant as affected by different N application rates

取样时间 Sampling time	处理 Treatment	¹⁵ N 占总氮的比例 ¹⁵ N abundance(%)					整株 Whole plant
		根 Root	茎 Stem	叶 Leaves			
				上部 Upper	中部 Middle	下部 Lower	
团棵期 Rosette stage	N 120	59.9 a	60.9 a	59.9 a(所有叶)(Total leaves)			60.0 a
	N 52.5	53.1 b	55.1 b	54.9 b(所有叶)(Total leaves)			55.2 b
打顶期 Topping stage	N 120	44.9 a	51.0 a	53.1 a	53.6 a	53.8 a	52.1 a
	N 52.5	36.5 b	38.7 b	36.6 b	38.5 b	42.6 b	39.1 b
成熟期 Harvest stage	N 120	41.3 a	40.5 a	41.1 a	44.5 a	50.9 a	43.2 a
	N 52.5	31.0 b	28.8 b	28.0 b	30.6 b	40.9 b	31.5 b

比例的差异越小。如 N 120 处理上部叶比下部叶降低 19.3%，N 52.5 处理上部叶比下部叶降低 31.1%。

此外，N 120 处理在打顶时烟株中肥料氮比例高于 50%，成熟期比例低于 50%，而 N 52.5 处理在打顶时肥料氮比例就已经低于 50%，这说明前者在打顶以后以吸收土壤氮为主，后者在团棵以后就以

吸收土壤氮为主。

2.6 不同处理对烤烟产量和质量的影响

烟叶产量(经济产量)是衡量烤烟生产水平的重要指标之一。本试验结果(表 6)显示,增施氮肥显著增加了烟叶的产量和烟碱含量,但两处理各部位烟叶的烟碱和全氮含量都没有出现超标,这显然与所设计处理的施肥量较低有关。据 2004 年对农户

表 6 不同施氮处理对烤烟产量和烟碱含量的影响
Table 6 Yield and nicotine concentration in flue-cured tobacco as affected by different N application rates

处理 Treatment	产量 Yield (kg/hm ² , DM)	烟碱含量 Nicotine(g/kg)		
		UL	ML	LL
N 120	3170 a	25.6 a	17.4 a	12.2 a
N 52.5	2903 b	22.3 b	11.4 b	8.7 b

注 (Note): UL—上部叶 Upper leaf; ML—中部叶 Middle leaf; LL—下部叶 lower leaf.

施肥情况调查的结果表明,65%以上的农户施氮量超过 150 kg/hm²,最高可达 277.5 kg/hm²;上部叶尼古丁含量都超过了 35 g/kg,最高可达 45 g/kg^[15],可见氮肥是促进烟碱合成的一个重要条件。

3 讨论

试验结果表明,两处理烤烟的干物质积累和氮素积累的动态变化规律基本相似。团棵期前烤烟的干物质和氮素积累都相对较少,这与前人的研究结果一致^[16-17]。从团棵到打顶,虽然氮素积累基本符合理想的氮素吸收曲线,即移栽后 8 周左右大约 80%氮素被吸收^[18],但干物质积累却明显滞后,打顶时还不足全生育期的 50%,离理想值 60%还有一定差距^[19]。这可能与试验年份气候有关,移栽后 24 d 内基本没有降雨,造成烟株前期生长缓慢,后期雨水多再加上前期降雨少肥料损失少,所以后期生长势强,干物质积累的比例增大。

在本试验条件下,施 N 52.5 kg/hm² 完全可以保证烟株打顶前的正常生长,虽然成熟期长势不如 N120 kg/hm² 处理,但产量也达到了 2903 kg/hm² 的中上等水平。在团棵前,烟株需要的氮肥少,再加上前期降雨少,氮素需求相对来说就更少。两种施肥方式相比,烟株长势没有差异。从团棵到打顶,是烤烟的旺长期,除了前期氮肥损失较少,主要是因为肥料氮和土壤氮的双重作用,特别是生长后期土壤氮矿化,使土壤供氮充足,这从团棵期后烟株以吸收土壤氮为主的结果可以看出。所以两个处理之间烟株的外观长势也没有差异。从打顶到成熟,两处理都以吸收土壤氮为主,N 120 处理的烟株同时还吸收了一部分肥料氮,但 N 52.5 处理的烟株吸收的基本全部是土壤氮。再加上打顶时 N 120 处理的烟株体内的氮含量就高于 N 52.5 处理的烟株,所以从打顶时开始,前者长势就强于后者,N 120 处理的烟株吸收的氮素多,累积的干物质也比较多。

施肥方法的不同也可能是 N 52.5 处理的产量

达到较高水平的原因之一。N 120 处理氮肥总量的 70%在移栽前和移栽当天全部施入,并且基施的氮肥全部进行了双条施,而烟苗前期生长缓慢,条施的肥料不仅被吸收的很少,而且可能还会以各种形式损失掉,所以 N 120 处理的氮肥优势没有发挥出来。N 52.5 处理前期施肥量少,旺长前氮肥总量的 70%全部浇施,这与烤烟氮素吸收规律相吻合,氮肥损失少,大大提高了氮肥利用率。国内外大量的研究已经证明,作物对氮肥的反应不仅受施氮量的影响,还受土壤类型、肥料类型、施肥时期、基肥和追肥比例、土壤残留氮和矿化氮供应、气候变化、前作等的影响^[20-23]。Luis Lo'pez - Bellido^[20]等认为,氮肥的施用时间和分配比例可能比优化施氮量更重要,分期施用氮肥已经被建议作为提高小麦氮肥利用效率的策略之一;Recous^[24]也认为,近几十年的研究已经证明氮肥的施用时间显著影响作物对氮肥的利用率。

上述试验结果说明,必须根据烤烟的干物质积累规律和氮肥吸收规律进行科学施肥,才能有效降低氮肥用量。结合本研究小组几年来的试验和调查,认为云南烟区雨水较多,肥料流失较为严重,所以可以适当减小基肥比重,加大追肥比重和次数,同时适当延长追肥期,就可以尽量减少前期氮肥淋洗等造成的损失,在减少前期损失的基础上再适当减少追肥用量。另外,确定施氮量和施肥时间必须考虑土壤残留量和各阶段土壤矿化量,同时也要考虑每年烤烟生长季节的气候变化。当然随着研究的不断深入,应该考虑的因素也会越来越多,如大气干湿沉降等,这样推荐施肥才会更趋完善、更加科学。值得一提的是,本试验所用土壤速效钾含量比较高,如果适当降低基肥中的施钾量也许会得到相同的结果。另外,试验中采用了较为昂贵的 KNO₃,如果用 KCl 代替 KNO₃,也会更大程度地降低钾肥成本,在美国烟草种植区雨量充足,一般推荐在提前 2—3 个月把一定数量的氯化钾施入土壤,使得部分氯离子淋洗到表层 30 cm 以下,减少烟草的吸收^[4]。所以,在我国南方降雨较多的地方,可以考虑氯的使用,但一定要防止氯化钾的滥用。

参考文献:

- [1] 史宏志,韩锦峰,王彦亭,刘清华. 不同氮量和氮源下烤烟精油成分含量与香吃味的关系[J]. 中国烟草科学,1998(2): 1-5.
Shi H Z, Han J F, Wang Y T, Liu Q H. Relationship between contents of essential oil components and flavor quality of tobacco leaf at different levels and sources of nitrogen [J]. Chin. Tobacco Sci., 1998(2): 1-5.

- [2] 化党领,黄向东,刘世亮,等. 氮素形态和数量对烤烟干物质积累及钾含量与积累量的影响[J]. 河南农业科学, 2005(5): 49-52.
Hua D L, Huang X D, Liu S L *et al.* Effects of nitrogen form and concentration on flue-cured tobacco dry matter accumulation and potassium content and accumulation[J]. Henan Agric. Sci., 2005(5): 49-52.
- [3] 张延春,陈治锋,龙怀玉,罗春燕. 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, Luo C Y. Effect of different nitrogen forms and their ratio on agronomical character, economic and quality of flue-cured tobacco[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2005, 11(6): 787-792.
- [4] 胡国松,郑伟,王震东,等. 烤烟营养原理[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 83.
Hu G S, Zheng W, Wang Z D *et al.* Principles of flue-cured tobacco nutrition[M]. Beijing: Science Press, 1997. 83.
- [5] 许自成,张会芳,张莉,等. 不同氮素形态和用量对烤烟硝酸盐和亚硝酸盐含量的影响[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版). 2005(2): 4-7.
Xu Z C, Zhang H F, Zhang L *et al.* Effects of nitrogen form and rate on nitrate and nitrite content in flue-cured tobacco [J]. J. Zhengzhou Univ. Light Ind. (Nat. Sci.), 2005(2): 4-7.
- [6] Tso T C. Production, physiology and biochemistry of tobacco plant [M]. USA: Ideals Inc., Beltsville, MD, 1990. 753
- [7] Borghi B, Corbellini M, Minoia C *et al.* Effects of Mediterranean climate on wheat bread-making quality of wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. Eur. J. Agron., 1997(4): 145-154.
- [8] Lo'pez-Bellido L, Fuentes M, Castillo J E, Lo'pez-Garrido F J. Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat-grain quality grown under rainfed Mediterranean conditions[J]. Field Crops Res. 1998, 57: 265-276.
- [9] Garrido-Lestache E, Lo'pez-Bellido R J, Lo'pez-Bellido L. Effect of N rate, timing and splitting and N type on bread-making quality in hard red spring wheat under rainfed Mediterranean conditions [J]. Field Crops Res., 2004, 85: 213-236.
- [10] 苏德成,王元英,王树声,等. 中国烟草栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005. 344.
Shu D C, Wang Y Y, Wang S S *et al.* Science of Chinese tobacco planting[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2005. 344.
- [11] 林桂华,杨述元,上官克攀,等. 龙岩不同施肥技术对烟叶产量和质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2002(3): 11.
Lin G H, Yang S Y, Shangguan K P *et al.* Different fertilizer application technology on the yield and quality of flue-cured tobacco in Longyan[J]. Chin. Tobacco Sci., 2002(3): 11.
- [12] 章启发,陈刚,刘光亮,等. 施肥技术对上部烟叶使用价值的影响[J]. 中国烟草科学, 1999(4): 16-18.
Zhang Q F, Chen G, Liu G L *et al.* The effects of fertilizer application on the upper leaves' value in use [J]. Chin. Tobacco Sci., 1999, (4): 16-18.
- [13] Miner G S, Tucker M R. Plant analysis as an aid in fertilizing tobacco[A]. Westerman R L (edd.). Soil testing and plant analysis[M]. Madison, WI: SSSA Book, Ser. 3. SSSA, 1990. 645-657.
- [14] 李刚华,丁艳锋,薛利红,王绍华. 利用叶绿素计(SPAD-502)诊断水稻氮素营养和推荐追肥的研究进展[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(3): 412-416.
Li G H, Ding Y F, Xue L H, Wang S H. Research progress on diagnosis of nitrogen nutrition and fertilization recommendation for rice by use chlorophyll meter [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2005, 11(3): 412-416.
- [15] 殷红慧,赵正雄,王丽萍,等. 烟农施肥现状调查与分析[J]. 耕作与栽培, 2005(5): 16-18.
Yin H H, Zhao Z X, Wang L P *et al.* The investigation and analysis of the fertilizer application of producer [J]. Till. Cultiv., 2005(5): 16-18.
- [16] Raper C D, McCants C B. Nutrient accumulation in flue-cured tobacco [J]. Tobacco Sci., 1967(11): 190.
- [17] Moustakasa N K, Ntzanis H. Dry matter accumulation and nutrient uptake in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) [J]. Field Crops Res., 2005, 94: 1-13.
- [18] Collins W K, Hawks S N J. Principles of flue-cured tobacco production[M]. North Carolina: North Carolina State University, Raleigh, 1994. 23-98.
- [19] 刘贯山,李章海,姚军,黄桂香. 不同氮素水平下对烤烟生长发育的影响[J]. 烟草科技, 1997(2): 37-39.
Liu G S, Li Z H, Yao J, Huang G X. The effect of rate of fertilizer-N application on the growth of flue-cured tobacco [J]. Tobacco Sci. Techn., 1997(2): 37-39.
- [20] Lo'pez-Bellido L, Rafael J, Lo'pez-Bellido, Ramo'n Redondo. Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application [J]. Field Crops Res., 2005, 94: 86-97.
- [21] Huggins D R, Pan W L. Nitrogen efficiency component analysis: An evaluation of cropping system differences in productivity [J]. Agron. J., 1993, 85: 898-905.
- [22] Borghi B. Nitrogen as determinant of wheat growth and yield [A]. Satorre E H, Slafer G A (eds.). Wheat ecology and physiology of yield determination[M]. New York: Food Products Press, 2000. 67-84.
- [23] Blankenau K, Olf H W, Kuhlmann H. Strategies to improve the use efficiency of mineral fertilizer nitrogen applied to winter wheat. Agron [J]. Crop Sci., 2002, 188: 146-154.
- [24] Recous S, Machet J M. Short-term immobilisation and crop uptake of fertiliser nitrogen applied to winter wheat: Effect of date of application in spring [J]. Plant Soil, 1998, 206: 137-149.