

肥料氮和土壤氮对烤烟氮素吸收和烟碱合成的影响*

刁向银¹ 赵正雄² 李春俭³

(1 西南大学资源环境学院, 重庆 400715)

(2 云南农业大学烟草学院, 昆明 650201)

(3 中国农业大学植物营养系, 北京 100094)

EFFECTS OF FERTILIZER-N AND SOIL-N ON NITROGEN ABSORPTION AND NICOTINE SYNTHESIS OF FLUE-CURED TOBACCO

Xi Xiangyin¹ Zhao Zhengxiong² Li Chunjian³

(1 College of Resources and Environmental Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China)

(2 School of Tobacco Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

(3 Department of Plant Nutrition, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

关键词 烤烟; ¹⁵N 示踪法

中图分类号 S14-33

文献标识码 A

烤烟是我国重要的经济作物,氮素营养对烟草的产量和质量起着重要的作用。烟碱含量是评价烟叶质量的关键指标之一,有许多因素影响烟叶中烟碱含量。比如降雨^[1]、外界温度、光照^[2~4]、土壤特性^[1]和栽培措施^[5~11]。在可控制因素中,氮素营养对调控烟碱含量显得尤为重要^[8,12~15]。肥料氮和土壤氮作为烤烟氮素的两种主要来源,其对烤烟氮素营养和烟碱合成影响如何?关于这方面的研究甚少。目前,许多研究^[16~19]表明,农田肥料氮过多施用造成作物品质下降、土壤中肥料氮素残留过多乃至地下水体污染等问题。为此,选择了种烟大省——云南省的玉溪地区作为试验点,并用¹⁵N示踪技术^[20,21]在烤烟全生育期进行追踪试验,从而系统研究肥料氮和土壤氮在烤烟各个生育时期各个

器官中的分布以及其对烟碱合成的贡献,为烤烟生产中氮肥实施提供一定的合理依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点的气候条件和土壤基本特性

云南玉溪位于北纬 23°19' ~ 24°19' 和东经 101°16' ~ 103°09', 平均海拔 1 637 m, 年平均降雨量 700 ~ 900 mm, 年均太阳辐射时间 811 h, 日均温介于 15.5 和 24 °C, 大于 10 °C 的年均积温为 3 105 °C。玉溪地区在 2002 年烤烟整个生育期的降雨情况与烤烟需水规律极为吻合。玉溪的土壤属于中等肥力的红壤土。试验地点的具体土壤性质见表 1。

表 1 玉溪 0~20 cm 和 20~40 cm 土层的理化性质

试验地点	土层 (cm)	NH ₄ ⁺ -N (mg kg ⁻¹)	NO ₃ ⁻ -N (mg kg ⁻¹)	速效磷 (mg kg ⁻¹)	速效钾 (mg kg ⁻¹)	有机质 (g kg ⁻¹)	pH (H ₂ O)
玉溪	0~20	1.4	8.6	17.2	108.1	13.5	6.6
	20~40	0.3	0.6	14.1	82.6	10.4	7.0

* 国家自然科学基金项目 (NNSFC No. 30370842) 和博士科研启动基金项目 (校 100079) 资助

作者简介: 刁向银 (1976~), 女, 河南洛阳人, 副教授, 研究方向为植物营养生理生态。Tel: 13224083157; E-mail: xixiangyin@126.com

收稿日期: 2007-05-15; 收到修改稿日期: 2007-07-10

1.2 试验设计和施肥

试验地面积为 50 m²,共植烟 80 株,行距 110 cm,株距 55 cm,并随机分为 4 个重复小区。然后在 4 个小区随机选取 16 株,其氮素供应形式为 ¹⁵NH₄¹⁵NO₃ 和 K¹⁵NO₃ (¹⁵N 丰度为 5.26%,药品由中国上海化学工业研究所生产)。根据当地的传统施肥经验,氮肥施用量为 120 kg hm⁻²,且 N P₂O₅ K₂O 的质量比为 1 0.5 2.5。基肥包括 42% 氮肥(硝酸铵)、全部磷肥(磷酸二氢钾)和 70% 钾肥(硫酸钾),基肥的施肥方法是在移栽前在垄中部 20 cm 深处窝施,然后在移栽时将 28% 氮肥施在烟苗穴周围。追肥包括 30% 氮肥和 30% 钾肥,移栽后 21 d 将所有的追肥溶液环施在烟株茎基部周围。

1.3 植物培养、打顶时间和收获方式

取若干烟草包衣种子 (*Nicotiana tabacum* L. K 326) 播种在泡沫浮盘里的基质中,该基质的质量配比为 60% 草炭、20% 蛭石、20% 珍珠岩,然后将泡沫浮盘放入有自然光照的玻璃温室里的苗床上用营养液培养 60 d。烟苗于 2002 年 5 月 1 日移栽。其他田间管理同当地优质烟叶开发生产技术规范。

与烤烟大田生产相同,烟株长至初花期时开始打顶。烟株移栽后 54 d 打顶,每株保留 22 片烟叶;并分别在移栽后 35、54、66、80 和 121 d 采集整株烟株样品(其中 35 d 只分成地上部和地下部,其他分成上部叶、中部叶、下部叶、根和茎 5 个部分)。采收时,上部叶和下部叶均为 7 片烟叶,中部叶为 8 片。其中顶端被摘除后弃去。每次收获有 4 次重复。所有样品先称鲜重,然后在烘箱中 105 杀青 0.5 h,然后在 70 烘干,称重,粉碎过筛 (<0.5 mm),装入到自封塑料袋中备用。

1.4 总氮和 ¹⁵N 丰度的测定

总氮测定:样品经过浓硫酸双氧水法消煮、凯氏定氮法蒸馏和稀硫酸滴定。¹⁵N 丰度:称取 0.5~1 g 烟样,按测总氮方法获得稀硫酸滴定液,然后在 100 水浴中浓缩至 1~3 ml,依据 Buresh 等^[22]的方法在中国科学院南京土壤研究所用质谱仪 (Finnigan Mat-251, Mass-Spectrometers, Finnigan, Germany) 测定。

1.5 烟碱浓度测定和烟碱 ¹⁵N 丰度测定

烟碱浓度测定采用蒸馏紫外法^[22]。烟碱 ¹⁵N 丰度是建立在烟碱浓度和 ¹⁵N 丰度的测定方法上。具体方法如下:称取 1~5 g 烘干烟样,按烟碱浓度测定方法得到馏出的烟碱溶液,在 100 水浴中浓缩至 10 ml,然后按 ¹⁵N 丰度的测定方法来测定烟碱 ¹⁵N 的丰度。

1.6 数据分析及所用数学公式

文中所有数值均为 4 个重复的平均值。数据分析采用 SAS 统计软件。表中数据间的多重比较采用 ANOVA 法。

(A) 肥料氮占总氮比例 (%) = (作物中的 ¹⁵N 原子百分超 / 肥料的 ¹⁵N 原子百分超) × 100

(A) 土壤氮占总氮比例 (%) = 100 - 肥料氮占总氮比例 (%)

(B) 肥料氮占总烟碱氮比例 (%) = (作物中的烟碱 ¹⁵N 原子百分超 / 肥料的 ¹⁵N 原子百分超) × 100

(B) 土壤氮占总烟碱氮比例 (%) = 100 - 肥料氮占总烟碱氮比例 (%)

吸收的肥料氮用于烟碱合成的比例 (%) = (A × 作物总氮含量) × 100 / (B × 作物烟碱氮含量)

吸收的土壤氮用于烟碱合成的比例 (%) = (A × 作物总氮含量) × 100 / (B × 作物烟碱氮含量)

肥料氮利用率 (%) = 烟株吸收的肥料氮总量 × 100 / 烟株吸收的总氮量

2 结果与分析

2.1 肥料氮和土壤氮对烤烟氮素吸收的影响

由表 2 可知,烟株各个器官中肥料氮占总氮比例变化为:上部叶、中下部叶、根和茎均是在 66 d 达最大,然后逐渐下降,在 80~121 d 后显著下降;且各器官在整个生育时期肥料氮占总氮比例均低于 50%。在不同生育时期,肥料氮占总氮比例随叶位上升而减少,在烤烟打顶后,三个叶位和根茎中肥料氮占总氮比例均随生育时期推进而显著下降。

表 2 烤烟不同生育时期各个部位肥料氮占总氮比例的动态变化

试验地点	移栽后天数 (d)	¹⁵ N (%)				
		上部叶	中部叶	下部叶	根	茎
玉溪	35		42.3 (地上部)		42.3	
	54	36.9 ab	35.9 a	39.6 a	35.8 ab	35.6 ab
	66	38.5 a	39.0 a	41.1 a	37.7 a	40.5 a
	80	32.7 b	34.4 a	37.2 a	32.8 b	34.7 b
	121	22.8 c	25.0 b	30.5 b	24.6 c	24.0 c

注:每列数值后面不同字母表示在 $p < 0.05$ 上有显著性差异

2.2 肥料氮和土壤氮对烤烟烟碱合成的影响

烤烟体内氮素来源主要有两种途径,即肥料和土壤。因此,烟碱氮来源也是这两种途径。表 3 分析结果表明,烟株各个器官中肥料氮占总烟碱氮的比例变化也是上部叶、中部叶、下部叶、根和茎均基本上在 66 d 达最大,然后逐渐下降,在 80~121 d 后显著下降。且各器官在整个生育时期肥料氮占总

烟碱氮比例均低于 40%,故此可知,烤烟在打顶后,土壤氮对各器官烟碱合成的贡献均显著高于肥料氮。

此外,从表 3 还可看出,在不同生育阶段,肥料氮占总烟碱氮比例呈现下部叶高于中上部叶,且中上部叶之间没有差异,在烤烟打顶后,三个叶位和根茎中肥料氮比例均随生育时期推进而显著下降。

表 3 烤烟不同生育时期各个部位的肥料氮占总烟碱氮比例的动态变化

试验地点	移栽后天数 (d)	肥料氮占总烟碱氮的比率 (%)				
		上部叶	中部叶	下部叶	根	茎
玉溪	35		38.0 (地上部)		35.3	
	54	30.3 ab	29.6 a	34.9 a	30.6 ab	31.4 b
	66	33.4 a	31.6 a	34.2 ab	34.1 a	35.8 a
	80	27.4 b	27.1 a	27.6 bc	28.3 b	28.9 b
	121	19.7 c	19.6 b	25.9 c	19.4 c	22.8 c

注:每列数值后面不同字母表示在 $p < 0.05$ 上有显著性差异

2.3 烟株在不同生育时期吸收的土壤氮和肥料氮绝对量的变化

如图 1 所示,烟株吸收的土壤氮随生育时期推进几乎呈现逐步增加的趋势;而肥料氮则随生育时期的推进呈先增加再降低的趋势,并在移栽后 66 d 出现高峰期。各生育时期烟株吸收的土壤氮均明显高于肥料氮。因此,与肥料氮相比,土壤氮对烤烟氮素吸收的贡献尤其重要。但烤烟后期吸收氮素过多,可能会出现贪青晚熟甚至黑暴现象,因此,应该采取有效措施控制后期烤烟过多从土壤中吸收氮素。

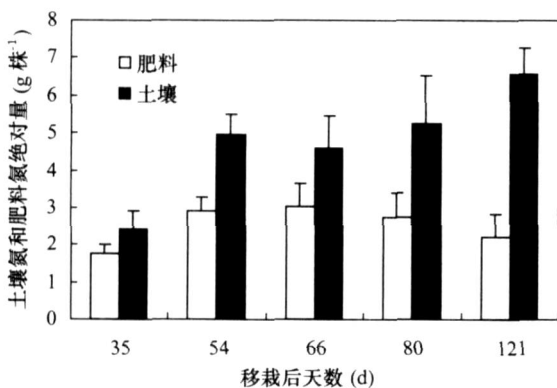
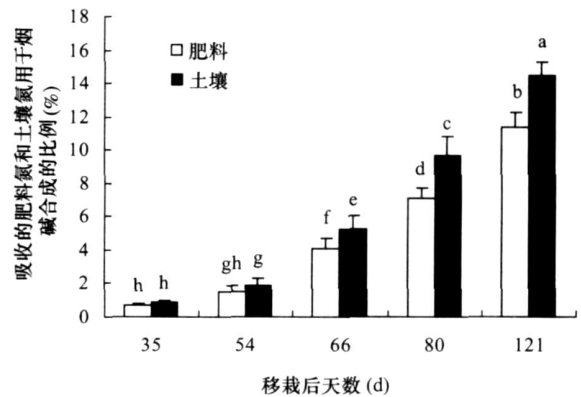


图 1 烤烟整株在不同生育时期吸收的肥料氮和土壤氮绝对量的变化

2.4 肥料氮和土壤氮对烤烟烟碱合成的贡献

如图 2 所示,烤烟吸收的土壤氮和肥料氮用于烟碱合成的比率随生育时期推进而逐步增加;在每

一个生育时期,土壤氮用于烟碱合成的比率均显著高于肥料氮,土壤氮和肥料氮用于烟碱合成的比率差距随生育时期推进而变大。因此,在优质烟叶生产中,要避免或减少后期土壤氮过多被烟株吸收,从而在一定范围内控制烟叶烟碱含量,增进上部叶的可用性。



图中不同字母表示在 $p < 0.05$ 上达到显著性差异

图 2 烤烟不同生育时期吸收的肥料氮和土壤氮用于烟碱合成比例的动态变化

3 结论与讨论

氮素营养对烤烟生长发育起着举足轻重的作用,而且氮肥的精确实施对优质高产的烟叶尤为重要。因此,了解肥料氮和土壤氮在烤烟各个器官的分布是很重要的。土壤氮占总氮的比例在烟株打

顶后,各器官中均高于 50% (见表 2),且打顶后土壤氮对烤烟各器官氮素吸收的贡献率均明显高于肥料氮,这个结果也与烤烟不同生育时期肥料氮利用率均低于 50% (未发表文章)相吻合。故此,在烤烟生长后期应有效控制土壤氮素过多吸收,有利于减轻贪青晚熟乃至黑暴烟形成。

烟株各器官在打顶后的肥料氮占总烟碱氮比例均低于 40% (见表 3)。因此,与肥料氮相比,土壤氮对烤烟烟碱合成更为重要。

此外,在整个生育时期各个叶位,肥料氮比例随叶位上升而下降,土壤氮比例随叶位上升而上升,这与陆引昱等^[23]和钱晓刚等^[24]的结果相吻合。

参考文献

- [1] Vepaskas M J, Miner G S. Tillage effects on alkaloid production in tobacco as influenced by soil texture, root distribution, and rainfall. *Tob Sci*, 1987, 31: 52 ~ 56
- [2] Kartusch R, Mittendorfer B. Ultraviolet radiation increases nicotine production in *Nicotiana glauca* cultures. *Plant Physiol*, 1990, 136 (1): 110 ~ 114
- [3] Tiburcio A F, Pinal M T, Serrano M. Effect of UV rays on growth, soluble protein and alkaloids in *Nicotiana glauca* plants. *Envir Exp. Bot*, 1985, 25 (3): 203 ~ 210
- [4] Ohta S, Yatazawa M. Effect of light on nicotine production in tobacco tissue culture. *Agr Biol Chem*, 1978, 42 (4): 873 ~ 877
- [5] 王广山, 陈卫华, 薛超群, 等. 烟碱形成的相关因素分析及降低烟碱技术措施. *烟草科技*, 2002, (2): 38 ~ 42
- [6] Campell C R, Chaplin J F, Johnson W H. Cultural factors affecting yield, alkaloids, and sugars of close-grown tobacco. *Agron J*, 1982, 74: 279 ~ 283
- [7] Steinberg R A, Jeffrey R N. Comparison of pruning (topping, suckering) effects in normal and boron-deficient tobacco on relative growth and alkaloid content of leaf, stalk, and root. *Plant Soil*, 1957, 9: 64 ~ 74
- [8] McCants C B, Woltz W G. Growth and mineral nutrition of tobacco. *Adv Agron*, 1967, 19: 211 ~ 265
- [9] Weybrew J A, Woltz W G. Production factors affecting chemical properties of the flue-cured leaf. V. Influence of management and weather. *Tob Intem*, 1975, 177: 46 ~ 48
- [10] Baldwin I T, Ohmmeiss T E. Coordination of photosynthetic and alkaloidal responses to damage in uninducible and inducible *Nicotiana sylvestris*. *Ecology*, 1994, 75 (4): 1 003 ~ 1 014
- [11] Baldwin I T, Ohmmeiss T E. Alkaloidal responses to damage in *Nicotiana glauca* to North America. *J. Chem. Ecol*, 1993, 19 (6): 1 143 ~ 1 153
- [12] Ohmmeiss T E, Baldwin I T. The allometry of nitrogen allocation to growth and an inducible defense under nitrogen-limited growth. *Ecology*, 1994, 75 (4): 995 ~ 1 002
- [13] Williams L M, Miner G S. Effect of urea on yield and quality of flue-cured tobacco. *Agron J*, 1982, 74: 457 ~ 462
- [14] 徐晓燕, 王华松, 武雪萍. 施肥及生长调节剂对烟草烟碱和钾含量的影响. *山西农业大学学报*, 2001, 22 (1): 18 ~ 21
- [15] 刘卫群, 郭群召, 张福锁, 等. 氮素在土壤中的转化及其对烤烟上部叶烟碱含量的影响. *烟草科技*, 2004, (5): 36 ~ 39
- [16] 秦松, 闫献芳, 冯勇刚. 贵州植烟土壤有机质与氮素特征研究. *土壤*, 2004, 36 (4): 416 ~ 419
- [17] 孙传范, 曹卫星, 戴廷波. 土壤-作物系统中氮肥利用率的研究进展. *土壤*, 2001, 33 (2): 64 ~ 69
- [18] 李辉信, 胡锋, 蔡贵信, 等. 红壤的供氮能力及化肥氮的去向. *土壤学报*, 2002, 39 (3): 390 ~ 396
- [19] Ju X T, Liu X J, Zhang F S. Effect of long-term fertilization on organic nitrogen forms in a calcareous alluvial soil on the North China Plain. *Pedosphere*, 2006, 16 (2): 224 ~ 229
- [20] Blumfield T J, Xu Z H. *Araucaria cunninghamii* seedling response to different forms and rates of ¹⁵N-labelled fertiliser. *Pedosphere*, 2006, 16 (6): 745 ~ 755
- [21] 李伟波, 李运东, 王辉. 用 ¹⁵N 研究吉林黑土春玉米对氮肥的吸收利用. *土壤学报*, 2001, 38 (4): 476 ~ 481
- [22] Buresh R J, Austin E R, Craswell E T. Analytical methods in ¹⁵N research. *Fertil Res*, 1982, 3: 37 ~ 62
- [23] 陆引昱, 杨婷, 杨宏敏, 等. 烤烟不同生育期蛋白质、烟碱的积累与分配研究. *作物耕作与栽培*, 1997, (1): 121 ~ 122
- [24] 钱晓刚, 杨宏敏, 王伟, 等. 烟草对不同来源氮素的吸收、利用、分配的研究. *中国烟草*, 1990, (4): 15 ~ 20