

高低土壤肥力条件下烤烟对氮素吸收、分配和利用的研究

马兴华¹, 张忠锋^{1*}, 荣凡番¹, 苑举民¹, 刘树村², 王文杰², 石屹¹

(1.农业部烟草类作物质量控制重点实验室, 中国农业科学院烟草研究所, 青岛 266101;

2.山东临沂烟草有限公司, 山东 临沂 276003)

摘要: 在费县褐土烟田, 运用 ¹⁵N 示踪技术研究了高低土壤肥力条件下烤烟对不同来源氮素的吸收、分配及利用。结果表明, 在高低土壤肥力条件下, 烤烟吸收的土壤氮量多于吸收的肥料氮量, 烤烟吸收的氮素 18.67%~29.32%来自于肥料, 70.68%~81.33%来自于土壤。随生育进程, 肥料氮占总氮的比例呈降低趋势, 土壤氮比例呈增加趋势。在生育前期, 低肥力土壤烟株吸收的肥料氮和土壤氮量高于高肥力土壤; 在生育中后期, 趋势相反。烤烟成熟过程中, 茎的氮素积累量和分配比例增加, 叶片的氮素积累量和分配比例降低, 高肥力条件下茎的氮素分配比例增加幅度和叶片的氮素分配比例降低幅度均高于低肥力的。低肥力土壤烟株的氮肥利用率为 8.81%~11.20%, 高肥力土壤烟株的氮肥利用率为 3.00%~16.76%。

关键词: 肥料氮; 土壤氮; 吸收; 分配; 利用; 烟草

中图分类号: S572.062

文献标识码: A

文章编号: 1007-5119 (2009) 01-0001-04

Studies on Nitrogen Absorption, Distribution and Utilization in Flue-cured Tobacco under Higher and Lower Fertility Conditions

MA Xinghua¹, ZHANG Zhongfeng^{1*}, RONG Fanfan¹, YUAN Jumin¹, LIU Shucun², WANG Wenjie², SHI Yi¹

(1. Key Laboratory for Tobacco Quality Control, Ministry of Agriculture, Tobacco Research Institute of CAAS, Qingdao 266101, China; 2. Linyi Tobacco Co. Ltd, Linyi, Shandong 276003, China)

Abstract: Nitrogen uptake of different parts of flue-cured tobacco under different fertility condition by using ¹⁵N tracer technique was studied. Results showed that flue-cured tobacco took up more N from soil than from N fertilizer, and 18.67%-29.32% of N absorbed by flue-cured tobacco was derived from N fertilizer, 70.68%-81.33% from soil under two level fertility fields. Compared with the higher fertility field, the amount of fertilizer N and soil N absorbed by flue-cured tobacco was higher at the earlier stage. But there were the reverse trends at the midterm and late stage. During the maturity, the nitrogen accumulation amounts and distribution proportion of stem increased and the nitrogen accumulation amounts and distribution proportion of leaves decreased. The distribution proportion increasing extent of stem and decreasing extent of leaves were higher in higher soil fertility than in lower soil fertility. The nitrogen utilization efficiency (NUE) under lower fertility field was from 8.81% to 11.20%, and the NUE under higher fertility field was from 3.00% to 16.76%

Keywords: fertilizer N; soil N; absorption; distribution; utilization; tobacco

氮素是烟草生长发育和品质形成必需的营养元素, 在所有营养元素中对烟叶的质量和产量影响最大, 适时适量的氮素供应是烟叶品质形成的关键, 氮素供应不足和过量均降低烤烟品质^[1-3]。烟株生长发育过程中需从土壤中吸收土壤和肥料中的氮素^[4-7], 在云南、贵州和福建的研究表明, 移栽后

7 周内烟株吸收的肥料氮显著高于土壤氮, 但移栽 7 周以后, 烟株吸收的土壤氮迅速增加, 采收结束时, 烟株吸收的土壤氮高于肥料氮^[8-9]。侯雪坤等^[10]研究认为烤烟生育前期 (30 d) 以吸收肥料氮为主, 中期 (60 d) 吸收的肥料氮与土壤氮近乎相等, 后期 (105 d) 以吸收土壤氮为主。已有研究主要集

基金项目: 国家烟草专卖局项目 (110200601014) 和院所基金资助

作者简介: 马兴华 (1979-), 男, 博士, 从事作物生理生态方面的研究工作。*通讯作者, E-mail:zhzhf1969@163.com

收稿日期: 2008-10-22

中在施氮量对氮素的吸收影响等方面^[11-13]，而不同土壤肥力对烟株吸收利用不同来源氮素的影响尚未见报道。本文运用¹⁵N 同位素示踪技术，研究了不同土壤肥力条件下烤烟植株对土壤氮和肥料氮的吸收、利用规律，旨在为合理施用氮肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点及基础地力

试验于 2007 年在山东省临沂市费县朱田镇良田村进行。供试品种为中烟 100。选取 2 个土壤肥力地块，土壤类型为褐土。高肥力地块土壤有机质含量 1.06%，全氮含量 0.062%，速效氮含量 85.62 mg/kg。低肥力地块土壤有机质含量为 0.82%，全氮含量 0.043%，速效氮含量 54.08 mg/kg。

1.2 试验设计

取各自烟行定位耕层土，分表土、中层（拌肥层）和底土装盆，每盆装土 15 kg，埋入大田烟行中，每盆施用¹⁵N 标记的硝酸铵 14.56 g（折纯氮 5.5kg/667m²），重过磷酸钙 41.3 g，硫酸钾 19.8 g，N:P₂O₅:K₂O=1:1:2，肥料全作底肥施入，每处理 24 盆。标记的¹⁵NH₄¹⁵NO₃由上海化工研究院生产，丰度为 10.36%。

1.3 样品采集与测定

在移栽后 5、7、9、11、13 周分别取植株，每次均为 3 株，按照根、茎、叶分样，105℃杀青 20 min，70℃烘干至恒重，称重后粉碎。

¹⁵N 丰度测定采用 ZHT-O₂ 型质谱仪。植株吸收的氮素来源于肥料和土壤的量及比例的计算参照陈子元的方法^[14]：

植株总氮素积累量=成熟期单株干重×成熟期植株含氮量/%

植株吸收的氮来源于肥料氮比例/%

$$= \frac{\text{肥料氮处理样植株样品 } ^{15}\text{N 原子百分超}\%}{\text{肥料 } ^{15}\text{N 原子百分超}\%} \times 100$$

植株吸收的氮来源于肥料氮量=植株吸收的总氮量×植株吸收的氮来源于肥料氮的比例%

植株吸收的氮来源于土壤的量=植株吸收的总氮量-植株吸收的来源于肥料氮量

植株吸收的氮来源于土壤的比例/%

$$= \frac{\text{植株吸收的氮来源于土壤的量}}{\text{植株吸收的总氮量}} \times 100$$

2 结果

2.1 烟株各器官对不同来源氮素的吸收

2.1.1 根系对不同来源氮素的吸收 由表 1 可以看出，根系吸收的土壤氮量多于吸收的肥料氮量，吸收的土壤氮占总氮量的 72.43%~82.20%，吸收的肥料氮占总氮量的 17.80%~27.57%。移栽后 35 d，根系吸收的土壤氮和肥料氮较少，之后根系吸收的土壤氮和肥料氮量显著增加。不同土壤肥力之间比较，移栽后 35 d，根系对肥料氮和土壤氮的吸收量均表现为：低肥力>高肥力。35 d 之后低肥力土壤根系吸收的肥料氮和土壤氮低于高肥力的。

2.1.2 茎对不同来源氮素的吸收 表 1 看出，茎吸收的土壤氮量多于吸收的肥料氮量，吸收的土壤氮占总氮量的 71.19%~86.61%，吸收的肥料氮占总氮量的 13.39%~29.81%。移栽后 35 d，茎吸收的土壤氮和肥料氮较少，之后吸收的土壤氮和肥料氮量显著增加；在低肥力条件下，移栽后 49~77 d，吸收的土壤氮和肥料氮量无显著变化，而在高肥力条件下吸收的土壤氮和肥料氮量呈增加趋势；移栽 77 d 之后，在两种土壤条件下吸收的土壤氮和肥料氮量均增加。不同土壤肥力之间比较，移栽后 49 d 之前茎对肥料氮和土壤氮的吸收量均表现为：低肥力>高肥力；49 d 之后，茎对肥料氮和土壤氮的吸收量均表现为：低肥力<高肥力。

2.1.3 叶片对不同来源氮素的吸收 叶片吸收的土壤氮量多于吸收的肥料氮量，吸收的土壤氮占总氮量的 70.36%~80.36%，吸收的肥料氮占总氮量的 19.64%~29.64%（表 1）。在低肥力条件下，叶片吸收的肥料氮随移栽时间先降低后增加，吸收的土壤氮呈增加趋势；在高肥力条件下，叶片吸收的肥料氮和土壤氮均随移栽时间呈先增加后降低的趋势；移栽后 77 d 最高。不同土壤肥力之间比较，移栽后 35 d，低肥力土壤烤烟叶片吸收的肥料氮和土壤氮低于高肥力的，35 d 之后，叶片对肥料氮和土壤氮的吸收量均表现为：高肥力>低肥力。

表 1 烤烟各器官对不同来源氮素的吸收
Table 1 Nitrogen uptake by each organ of flue-cured tobacco from different sources

部位	土壤肥力	不同来源氮的吸收		移栽后天数				
				35	49	63	77	91
根	低肥力	肥料氮	mg/株	32.79a	46.35b	35.55b	38.48b	39.15a
			%	27.57	20.54	26.71	21.35	20.58
	高肥力	肥料氮	mg/株	14.15b	58.01a	56.91a	50.08a	39.90a
			%	25.02	25.87	23	17.8	19.94
	低肥力	土壤氮	mg/株	86.12a	179.36a	97.54b	141.73b	151.12ab
			%	72.43	79.46	73.29	78.65	79.42
高肥力	土壤氮	mg/株	42.41b	166.19b	190.48a	231.20a	160.25a	
		%	74.98	74.13	77	82.2	80.06	
茎	低肥力	肥料氮	mg/株	79.68a	135.29a	157.96b	134.17b	154.25b
			%	28.81	21.99	22.72	20.3	13.39
	高肥力	肥料氮	mg/株	25.27b	102.86b	171.49a	170.88a	302.84a
			%	25.1	27.87	24.69	16.49	20.61
	低肥力	土壤氮	mg/株	196.93a	480.05a	537.14a	526.70b	998.04b
			%	71.19	78.01	77.28	79.7	86.61
高肥力	土壤氮	mg/株	75.38b	266.19b	523.03ab	865.08a	1166.21a	
		%	74.9	72.13	75.31	83.51	79.39	
叶	低肥力	肥料氮	mg/株	323.54a	285.16b	267.15b	294.24b	361.05b
			%	29.64	21.89	23.58	23.52	22.19
	高肥力	肥料氮	mg/株	109.13b	431.34a	540.26a	578.08a	486.81a
			%	23.81	28.87	25.19	19.64	22.99
	低肥力	土壤氮	mg/株	768.00a	1017.45ab	865.75b	956.55b	1265.76b
			%	70.36	78.11	76.42	76.48	77.81
高肥力	土壤氮	mg/株	349.27b	1062.53a	1604.68a	2365.50a	1630.98a	
		%	76.19	71.13	74.81	80.36	77.01	
整株	低肥力	肥料氮	mg/株	436.01a	466.80b	460.66b	466.89b	554.45b
			%	29.32	21.78	23.49	22.32	18.67
	高肥力	肥料氮	mg/株	148.55b	592.21a	768.66a	799.04a	829.55a
			%	24.13	28.37	24.9	18.75	21.91
	低肥力	土壤氮	mg/株	1051.05a	1676.86a	1500.43b	1624.98b	2414.92b
			%	70.68	78.22	76.51	77.68	81.33
高肥力	土壤氮	mg/株	467.06b	1494.91b	2318.19a	3461.78a	2957.44a	
		%	75.87	71.63	75.1	81.25	78.09	

注: 表中的小写字母表示 5% 水平的差异显著性, 下同。

2.1.4 整株对不同来源氮素的吸收 在低肥力条件下, 烤烟整株吸收的肥料氮占总氮量的 18.67%~29.32%, 土壤氮占总氮量的 70.68%~81.33%; 高肥力条件下, 烤烟整株吸收的肥料氮占总氮量的 18.75%~28.37%, 土壤氮占总氮量的 71.63%~81.25%。随生育进程, 肥料氮比例呈降低趋势, 土壤氮比例呈增加趋势。不同土壤肥力间比较, 移栽后 35 d, 烟株吸收的肥料氮和土壤氮量表现为低肥力 > 高肥力, 移栽后 49 d, 烟株吸收的总氮量低肥力稍高于高肥力, 移栽 63 d 之后, 烟株吸收的肥料氮和土壤氮量表现为低肥力 < 高肥力。

2.2 氮素在烤烟不同器官的分配

表 2 氮素在烟株不同器官中的分配
Table 2 Nitrogen distribution in different organs of flue-cured tobacco

移栽后天数	土壤肥力	氮素积累量/(mg·株 ⁻¹)			氮素分配比例/%		
		根	茎	叶	根	茎	叶
63	低	133.09b	695.10a	1132.89b	6.79b	35.44a	57.77b
	高	247.38a	694.51a	2144.94a	8.01a	22.50b	69.49a
91	低	190.27b	1152.29b	1626.82b	6.41a	38.81a	54.78a
	高	200.15a	1469.05a	2117.78a	5.29b	38.79a	55.92a

由表 2 可以看出, 移栽后 63 d, 在两种肥力条件下不同器官的氮素积累量和分配比例高低均为叶、茎、根。不同肥力间比较, 两种肥力条件下茎的氮素积累量相差较少, 叶片和根系的氮素积累量均为高肥力的显著高于低肥力的。高肥力烟株氮素在根和叶的分配比例高于低肥力的, 而氮素在茎的分配比例低于低肥力的。移栽后 91 d, 两种肥力条件下不同器官的氮素积累量和分配比例高低均为叶、茎、根。不同肥力间比较, 高肥力土壤烟株各器官氮素积累量都高于低肥力的; 高肥力土壤叶的氮素分配比例略高于低肥力的, 根的分配比例低于低肥力的。

从移栽后 63~91 d, 低肥力土壤烤烟叶片、茎和根的氮素积累量都增加, 分别增加 493.93 mg/株、457.19 mg/株和 57.18 mg/株; 茎的分配比例增加了 3.37 个百分点, 叶片和根的分配比例都降低。高肥力土壤烤烟茎的氮素积累量增加最多, 增加了 774.54 mg/株, 分配比例增加了 16.29 个百分点; 根和叶的氮素积累量和分配比例均降低。

2.3 不同土壤肥力条件下的烤烟氮肥利用率

由图 1 可以看出, 移栽后 35 d, 烤烟的氮肥利用率为低肥力>高肥力, 移栽后 49 d 之后, 烤烟的氮肥利用率为高肥力>低肥力。在大田生长期, 低肥力土壤的烟株氮肥利用率变化较小, 维持在较低的水平, 而高肥力土壤的烟株氮肥利用率在移栽后 35~63 d 迅速提高, 之后变化较小, 生育中后期高肥力土壤烟株的氮肥利用率是低肥力的 1.5~1.7 倍。

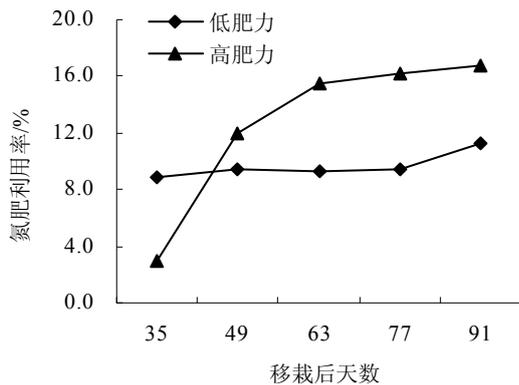


图 1 不同土壤肥力条件下的烤烟氮肥利用率

Fig.1 The nitrogen utilization efficiency of flue-cured tobacco under different fertility conditions

3 讨论

本研究结果表明, 大田各生育阶段表现为烟株吸收的土壤氮量均高于肥料氮量, 这与前人的研究结果不一致^[8-10,15]。烟株生长过程中, 低肥力土壤烤烟吸收的氮素 18.67%~29.32%来自于肥料, 70.68%~81.33%来自于土壤, 高肥力土壤烤烟吸收的氮素 18.75%~28.37%来自于肥料, 71.63%~81.25%来自于土壤。虽然肥料氮和土壤氮的积累量都随移栽时间而增加, 但土壤氮的增加量显著高于肥料氮, 因此随生育进程, 肥料氮占总氮的比例呈降低趋势, 土壤氮占总氮的比例呈增加趋势。

本研究结果还表明, 生育前期高肥力土壤烟株对氮素的吸收低于低肥力土壤的, 生育中后期高肥力土壤的烟株对不同来源氮素的吸收高于低肥力土壤的。土壤肥力较高的土壤, 持续供肥能力强, 植株的生物量多, 生育中后期植株氮素吸收量多^[16]。虽然两种肥力条件下烟株吸收的肥料氮和土壤氮所占比例相近, 但高肥力土壤烟株吸收的肥料氮量显著高于低肥力的, 提高了肥料氮的利用率。

前人研究表明, 烤烟氮肥利用率为 29.1%~53.3%^[1,17], 本研究结果的氮肥利用率低于 20%, 相比前人的研究结果较低, 分析认为本试验中氮肥作为底肥一次性施入造成氮肥利用率较低; 另外本试验所用品种中烟 100 为耐肥品种^[18-19], 试验中施肥量较高, 造成氮肥利用率较低和资源浪费。因此生产中应安排适宜的种植制度、合理轮作和施用有机肥, 提高土壤肥力和供氮能力, 降低肥料氮投入, 提高肥料利用率, 减少资源浪费。

4 结论

烤烟吸收的氮素以土壤氮为主, 约占总吸氮量的 70%~80%; 吸收的肥料氮较少, 约占总吸氮量的 20%~30%。

高肥力土壤烟株对土壤氮和肥料氮的吸收量在生育前期低于低肥力土壤, 而生育中后期则高于低肥力土壤。

生育中后期高肥力土壤烟株的氮肥利用率显著高于低肥力土壤。

参考文献

- [1] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005: 309-320.
- [2] 张延春, 陈治峰, 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.
- [3] 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和积累量的影响[J]. 河南农业科学, 2005 (5): 49-52.
- [4] 杨宏敏, 陆引罡, 魏成照, 等. 应用 ¹⁵N 示踪研究烤烟对氮的吸收及分布[J]. 贵州农业科学, 1991(6): 29-33.

- 理活性的影响[J]. 烟草科技, 2002 (7): 36-38.
- [12] 张忠锋, 厉昌坤, 王丽卿, 等. 农业生态措施对改善土壤性状及烟叶品质效应研究[J]. 中国烟草科学, 2001, 22 (3): 11-14.
- [13] 彭艳, 周冀衡, 杨虹琦, 等. 烟草专用肥与不同有机肥配施对烤烟生长及主要化学成分的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2008 (2): 41-45.
- [14] 邓接楼, 涂晓虹, 王爱斌. 生物有机肥在烟草上的应用研究[J]. 安徽农业科学, 2007 (29): 185-186.
- [15] 孙燕, 高焕梅, 和林涛. 土壤有机质及有机肥对烟草品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (20): 170-171.
- [16] 肖艳松, 柏连阳, 陈坤, 等. 烟田稻草还田技术的研究概况[J]. 作物研究, 2006 (5): 182-185.
- [17] 张新要, 袁仕豪, 易建华, 等. 有机肥对土壤和烤烟生长及品质影响研究进展[J]. 耕作与栽培, 2006 (5): 22-23, 48.
- [18] 林桂华, 杨斌, 上官克攀, 等. 施用有机肥对龙岩特色烟叶香气质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2003 (6): 9-10.
- [19] 王岩, 刘国顺. 不同种类有机肥对烤烟生长及其品质的影响[J]. 河南农业科学, 2006 (2): 83-86.
- [20] 姚归耕, 金耀青. 略论土壤肥料长期田间定位试验的意义和作用[J]. 土壤通报, 1979 (4): 1-3, 10.
- [21] 傅高明, 李纯忠. 土壤肥料的长期定位试验[J]. 世界农业, 1989 (12): 22-25.
- [22] 林葆, 林继雄, 李家康. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化[J]. 植物营养与肥料学报, 1994, 试刊 (1): 6-18.
- [23] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.

(责任编辑 徐秋萍)

(上接第4页)

- [5] 韩锦峰, 郭培国, 黄元熙, 等. 应用¹⁵N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.
- [6] 郭培国, 陈建军, 郑燕玲. 应用¹⁵N示踪法研究烤烟的氮素营养[J]. 中国烟草学报, 1998, 4 (2): 64-68.
- [7] 苏帆, 付利波, 陈华, 等. 应用¹⁵N研究烤烟对饼肥氮素的吸收利用规律[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16 (2): 335-339.
- [8] 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, 9 (增刊): 48-53.
- [9] Li W Q, Chen S H, Zhang R J, et al. Effects of different nitrogen sources on accumulation and distribution of total nitrogen and nicotine in flue-cured tobacco in Southeast of China[A]. Li C J, Zhnag F S, Dobermann A, et al (eds). Plant nutrition for food security, human health and environmental protection[C]//Beijing: Proceedings of the XV International Plant Nutrition Colloquium held in Beijing PR China, Tsinghua University Press, 2005, 420-421.
- [10] 侯雪坤, 程岩, 陈魁娜. 应用同位素¹⁵N、³²P示踪对烤烟氮、磷营养规律的研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 1994, 7 (4): 9-15.
- [11] 陈萍, 李天福, 张晓海, 等. 利用¹⁵N示踪技术探讨烟株氮素肥料的吸收与分配[J]. 云南农业大学学报, 2003, 18 (1): 1-4.
- [12] 魏成熙, 钱晓刚, 杨宏敏, 等. 烟草对氮吸收利用的研究[J]. 耕作与栽培, 1995 (3): 37-41.
- [13] 单德鑫, 杨书海, 李淑芹, 等. ¹⁵N示踪研究烤烟对氮的吸收及分配[J]. 中国土壤肥料, 2007 (2): 43-45.
- [14] 陈子元, 温贤芳, 胡国辉. 核技术及其在农业科学中的应用[M]. 北京: 科学技术出版社, 1983: 466-484.
- [15] 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[J]. 中国烟草科学, 1990 (4): 15-21.
- [16] 王艳, 米国华, 陈范骏, 等. 玉米氮素吸收的基因型差异及其与根系形态的相关性[J]. 生态学报, 2003, 23 (2): 297-302.
- [17] 凌寿军, 谢玉华, 曾晓娥. 4种土壤的养分供给特性及烟株对肥料的利用率研究[J]. 中国烟草科学, 2003, 24 (3): 11-13.
- [18] 贾兴华, 王元英, 佟道儒, 等. 烤烟新品种中烟100 (CF965) 的选育及其应用评价[J]. 中国烟草学报, 2006, 14 (2): 20-28.
- [19] 张杨, 裴军, 王方峰, 等. 不同施肥水平对中烟100产质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2007, 28 (6): 33-35, 38.

(责任编辑 佟英)