

施氮对烤烟氮素积累、分配及土壤氮素矿化的影响

马兴华¹, 苑举民², 荣凡番³, 元 建¹, 石 屹¹, 张忠锋^{1*}, 孙兆学⁴, 刘乃雁⁵

[1.农业部烟草类作物质量控制重点开放实验室, 中国农业科学院烟草研究所, 青岛 266101; 2.江西省烟叶科学研究所, 南昌 330029; 3.红云红河烟草(集团)责任有限公司, 昆明 650022, 4.山东莱芜烟草有限公司, 山东 莱芜 271100, 5.山东日照烟草有限公司, 山东 日照 276826]

摘要:在田间试验条件下,通过设置不同的施氮量处理研究了施氮对烤烟氮素累积、分配及土壤氮素矿化的影响。结果表明,随施氮量增加,烟株氮素累积量增加;不施氮处理的氮素快速累积期在移栽后9—11周,之后烟株氮素累积量降低;而施氮处理烤烟的氮素快速累积期提前至移栽后7—9周,之后烟株氮素累积量继续增加。氮素在不同器官中的分配比例为叶片>茎>根系,随生育进程,中部叶及下部叶的氮素分配比例降低,烟茎氮素分配比例增加,根系氮素分配比例变化较小;施氮推迟了上部叶最大氮素分配比例出现的时间,不施氮、施纯氮82.5、105.0 kg/hm²处理分别出现在移栽后11周、13周和15周。随施氮量增加,土壤无机氮含量及氮素表观矿化量增加;施氮推迟了土壤无机氮含量高峰期及阶段氮素表观矿化量高峰值的出现时间。在植烟条件下,移栽后5周内各处理的氮素表观矿化量均为正值,6周后均为负值,与施氮量无关。

关键词:烤烟;氮素累积量;分配比例;土壤氮素矿化

中图分类号:S572.062

文章编号:1007-5119(2011)01-0017-05

DOI:10.3969/j.issn.1007-5119.2011.01.004

Effects of Nitrogen Application on Nitrogen Accumulation, Distribution and Soil Nitrogen Mineralization

MA Xinghua¹, YUAN Jumin², RONG Fanfan³, YUAN Jian¹, SHI Yi¹, ZHANG Zhongfeng^{1*},
SUN Zhaoxue⁴, LIU Naiyan⁵

[1.Key Laboratory of Tobacco Quality Control, Ministry of Agriculture, Tobacco Research Institute of CAAS, Qingdao 266101, China; 2.Institute of Tobacco Leaf Science of Jiangxi Province, Nanchang 330029, China; 3.Hongyun and Honghe Tobacco (Group) Limited Company, Kunming 650022, China; 4. Laiwu Tobacco Company, Laiwu, Shandong 271100, China; 5.Rizhao Tobacco Company, Rizhao, Shandong 276826, China]

Abstract: A field experiment was carried out to investigate the effect of nitrogen application rates on flue-cured tobacco nitrogen accumulation, distribution and soil nitrogen mineralization on brown soil. The results indicated that the nitrogen accumulation of organs and whole shoot increased with higher nitrogen rates. Fast nitrogen accumulation stage of N0 treatment occurred from 9 to 11 weeks after transplanting (WAT), but for the treatments of nitrogen application, the fast accumulation stage occurred two weeks earlier, and the nitrogen accumulation amount still increased after the fast nitrogen accumulation stage, while it decreased in the untreated N0. The nitrogen distribution proportion (NDP) of different tobacco organs were in the decreasing order: leaf>stem>root, the NDP of middle leaves and lower leaves reduced, the NDP of stem increased, and the NDP of root changed gently along with the development process. The occurring time of the maximum distribution proportion of upper leaves of N0, treatment N1 and treatment N2 was 11 WAT, 13 WAT and 15 WAT, respectively, which implied that it was delayed by nitrogen application. The soil Nmin and nitrogen apparent mineralization amount improved with the increasing nitrogen application rates, apex value of soil Nmin and nitrogen apparent mineralization amount were delayed by applying nitrogen. The nitrogen apparent mineralization amount of different treatments was above zero from 0 to 5 WAT, and was blow zero after 6 WAT, irrespective of nitrogen application amount.

Keywords: flue-cured tobacco; nitrogen accumulation amount; distribution proportion; soil nitrogen mineralization

基金项目: 国家烟草专卖局项目(110200601014); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金

作者简介: 马兴华, 男, 博士, 从事作物生理生态方面的研究。E-mail: ycsmxh@yahoo.cn. *通信作者, E-mail: zhzhf1969@163.com

收稿日期: 2010-01-05

修回日期: 2010-03-12

氮素是烟草生长发育所必需的营养元素,而且氮是合成蛋白质和氨基酸的重要成分,氮素供应影响烟株对氮素的吸收、分配和利用进而影响烟叶的品质,因此氮肥施用与烟叶品质的关系密切。前人关于氮素供应对烟叶品质的影响做了大量研究^[1-5],结果表明,如果氮素投入过多,烟株就会生长过旺,营养生长期推迟,叶片肥大,烟碱含量过高,吃味辛辣,杂气重,烟叶品质下降。氮素供应不足,烟株生长缓慢,烟叶轻,烟碱含量低,香气吃味差,品质也差。以往的研究多注重氮肥施用量与烟叶质量的关系,关于施氮对土壤供氮情况影响的研究少见报道^[6]。因此,本研究设计了不同的施氮量试验,研究了施氮对烤烟氮素积累、分配及对土壤氮素供应情况的影响,为合理施用氮肥,提高氮肥利用率提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验于 2007 年在山东省费县朱田镇良田村进行。土壤类型为棕壤,土壤有机质含量 5.9 g/kg,全氮含量 0.34 g/kg,速效氮含量 37.94 mg/kg。供试品种为中烟 100,于 2007 年 5 月 14 日移栽。

1.2 试验设计

试验共设 3 个施氮处理,分别为不施氮肥(N0)、施纯氮 82.5 kg/hm²(N1)和 105.0 kg/hm²(N2),各处理磷钾肥用量相同,施 P₂O₅ 82.5kg/hm²,形态为过磷酸钙,施 K₂O 165.0 kg/hm²,形态为硫酸钾。供试肥料全部条施于烟垄中心线,施肥后即起垄,垄高 25 cm。小区面积 60 m²,行距 1.2 m,株距 0.5 m,3 次重复,随机区组排列。田间管理按当地优质烟叶生产技术规范进行。同时在试验地内设起垄、不施肥、不植烟小区作为对照(CK)。

1.3 样品采集

1.3.1 烟株样品 移栽后 3、5、7、9、11、13、15 周采取烟株样品,移栽后 3 周每小区各取 5 株,5 周每小区各取 1 株,按根、茎、叶制样。7 周后每小区各取 1 株,按根、茎、下部叶、中部叶、上部

叶制样。样品在 105℃ 下杀青 30 min,60℃ 烘干至恒重,称重后粉碎。

1.3.2 土壤样品 移栽后 1、3、5、7、9、11、13 周按小区采集烟株之间垄中心位置 0~20 cm 的土壤样品,置于冰盒中带回实验室冰冻保存。

1.4 土样测定方法

土壤硝态氮含量采用紫外分光光度法测定^[7],铵态氮含量采用靛酚蓝比色法测定^[8],全氮含量采用半微量凯氏定氮法测定。

1.5 表观矿化量计算

田间氮素平衡模型法,根据田间无肥区无机氮的变化和植物吸氮量来计算土壤的表观矿化量。在田间条件下,两段时间间隔之内的土壤无机氮变化符合方程: $N_{min_{t_1}} + \text{矿化} + \text{氮肥} + \text{干湿沉降} + \text{灌溉水带入氮} - \text{固定} - \text{硝态氮淋失} - \text{植物吸收} - \text{反硝化} - \text{氨挥发} = N_{min_{t_2}}$ 。施肥条件下肥料氮的氨挥发、反硝化、淋洗损失难以避免,因此很难准确估计土壤氮素矿化量,可按下式粗略估算氮素净矿化量: 某一时段的表观矿化量/(kg·hm⁻²) = 植物吸收 + $N_{min_{t_2}} - N_{min_{t_1}} - \text{肥料氮}$ 。

2 结果

2.1 施氮对烟株氮素积累的影响

由图 1 可知,烟株移栽 5 周内,各器官及整株的氮素积累量较低,5 周后氮素积累量迅速增加;不同器官间比较,叶片的氮素积累量明显高于非叶器官的。不同处理的氮素累积过程不一致,N0 处理的非叶器官、叶片及整株的氮素快速累积期在移栽后 9~11 周,非叶器官的氮素积累量在 11 周之后变化较小,叶片及整株在 11 周之后降低。N1 和 N2 处理的非叶器官、叶片及整株的氮素快速累积期出现在移栽后 7~9 周,之后氮素积累量继续增加。非叶器官在移栽后 9 周的氮素积累量占最大积累量的 52.4%(N1)和 55.6%(N2),而叶片在移栽后 9 周的氮素积累量占最大积累量的 68.4%(N1)和 68.2%(N2),整株在移栽后 9 周的氮素积累量占最大积累量的 62.0%(N1)和 63.8%(N2)。不同处

理的氮素积累量表现为 N2 > N1 > N0。

2.2 施氮对烟株氮素分配的影响

由图 2 可以看出,氮素在不同器官中的分配比例分别为叶片 57.0%~72.1%,茎 16.9%~33.9%,根系 8.5%~12.5%,随生育进程叶片氮素分配比例降低,烟茎氮素分配比例增加,根系氮素分配比例变化较小。随生育进程,各处理中部叶和下部叶的氮素分配比例呈降低趋势,下部叶由移栽后 7 周的 32.4%~44.9%下降到成熟期的 6.4%~9.0%,中部叶由 25.6%~34.4%下降到 17.0%~17.6%。移栽后 7 周, N0 处理的上部叶氮素分配比例明显高于 N1 和 N2 处理的;但随生育进程,不同处理的上部叶氮素分配变化 N0 处理在移栽后 11 周最高, N1 处

理在移栽后 13 周最高, N2 处理上部叶氮素分配比例呈逐渐升高趋势,在移栽后 15 周最高。

2.3 施氮对土壤无机氮含量的影响

由图 3 可以看出,烤烟生育期内,土壤硝态氮含量呈单峰曲线变化, N0 处理在移栽后 3 周到达高峰,而 N1 和 N2 处理在移栽后 5 周到达高峰,随后土壤硝态氮含量迅速降低。在生育期内,土壤硝态氮含量高低表现为 N2 > N1 > N0。

与土壤硝态氮含量相比,土壤铵态氮含量较低且在生育期内变化较小, N0 处理表现尤为明显,施氮处理的土壤铵态氮含量在移栽后 5 周显著增加,且表现为 N2 > N1,而后迅速降低,到成熟期铵态氮含量与移栽后 1 周基本一致。

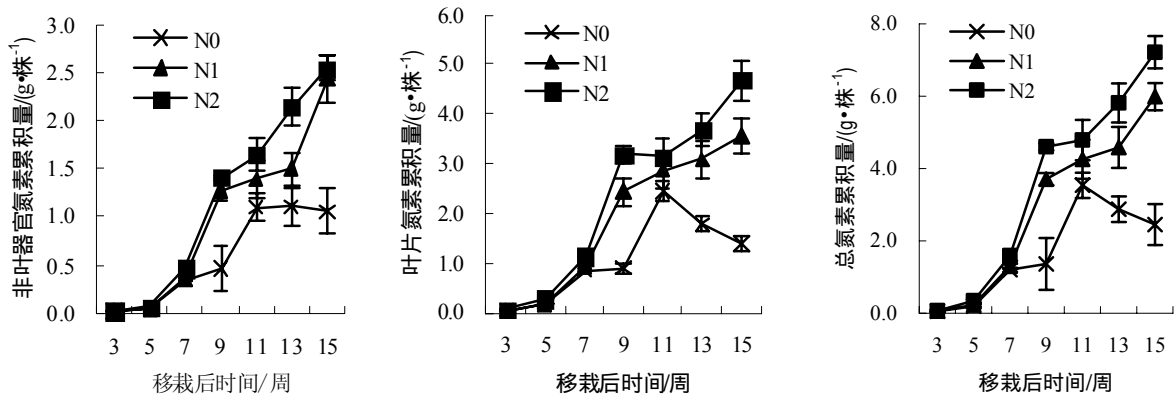


图 1 不同处理非叶器官氮素积累量、叶片氮素积累量和整株氮素积累量的变化

Fig.1 Changes of nitrogen accumulation of root and shoot, leaves and whole plant of different treatments
注:误差棒代表平均值的标准误,下同。

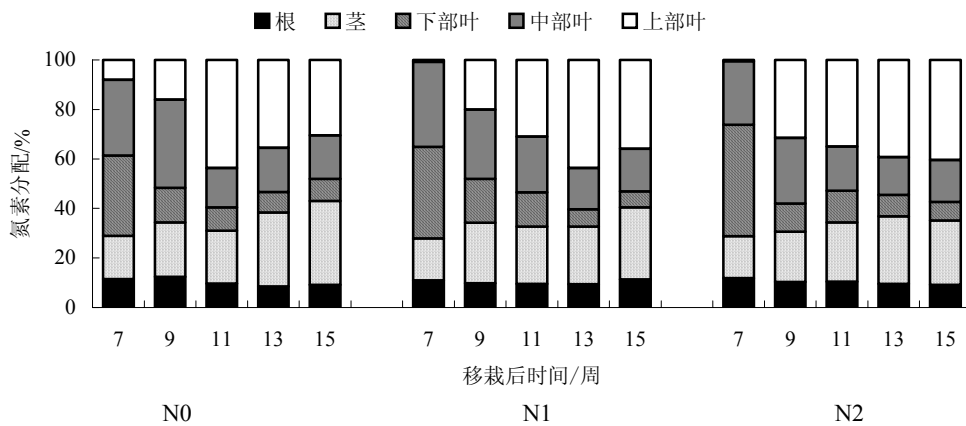


图 2 不同处理各器官的氮素分配比例

Fig.2 Nitrogen distribution proportion of each organ of different treatments

由于土壤硝态氮含量高于土壤铵态氮含量，因此土壤无机氮含量变化趋势与硝态氮含量变化趋势基本一致，且随施氮量的增加而增加。

2.4 施氮对氮素表观矿化量的影响

由表 1 可以看出，不施肥、不植烟的 CK 处理在移栽后 3 周内的表观矿化量为正值，即表现为矿

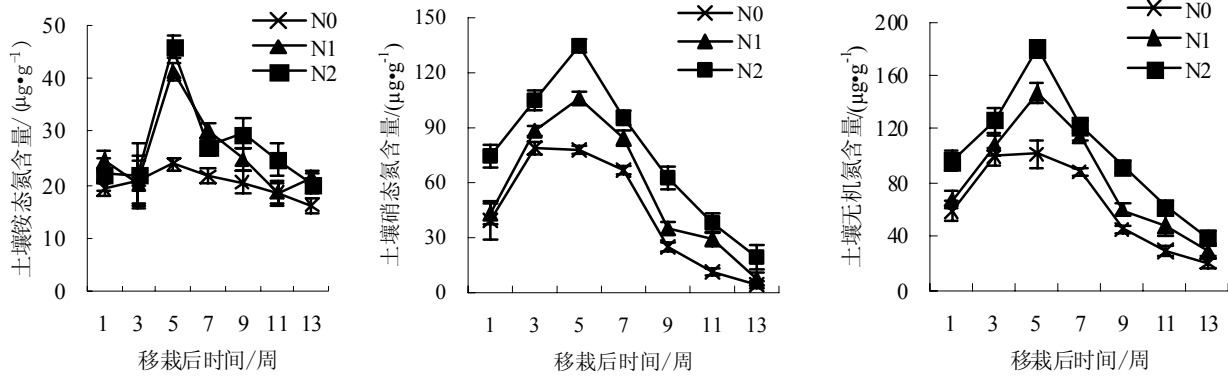


图 3 不同处理土壤硝态氮、铵态氮和无机氮含量变化

Fig. 3 Changes of soil NO₃⁻-N content, NH₄⁺-N content and Nmin content of different treatments

表 1 不同处理的氮素表观矿化量 kg/hm²
Table 1 Nitrogen apparent mineralization amount of different treatments

处理	氮素表观矿化量							
	0~1周	2~3周	4~5周	6~7周	8~9周	10~11周	12~13周	0~13周
CK	23.57c	111.53a	-16.49d	-55.41b	-90.65b	-3.21a	-36.83c	-67.49d
N0	22.91c	78.51b	33.22c	-41.93a	-54.82a	-38.19d	-29.61b	-29.91c
N1	43.74b	77.11b	121.27b	-58.38b	-103.62c	-12.30b	-20.33a	130.00b
N2	106.35a	53.76c	166.16a	-106.90c	-63.25a	-32.67c	-33.57bc	202.37a

注：小写字母表示 5%水平的差异显著性。

化；3 周后氮素的表观矿化量为负值，整个生育时期氮素表观矿化量为负值。N0 处理移栽后 5 周内氮素表观矿化量均为正值，5 周后为负值。说明在同样不施用氮肥的情况下，植烟促进了土壤的氮素矿化。N1、N2 处理和 N0 处理表现一致，移栽后 5 周内氮素表观矿化量均为正值，5 周后为负值。说明施氮与否及施氮量的高低对移栽后土壤氮素矿化持续的时间无影响，但施氮后氮素表观矿化量高峰时段后移，由 N0 处理的移栽后 2~3 周延后到 4~5 周，并且随施氮量的增加而增加。在整个生育期内，CK 和 N0 处理总的氮素表观矿化量为负值，施氮后氮素表观矿化量为正值，且随施氮量的增加而增加。

3 讨论

前人的研究表明，在一定范围内，随施氮量的增加，烤烟氮素累积量增加^[9-10]。施氮对上部叶氮

素累积量的增加效应主要在中后期，而中下部叶在烤烟生产前期，施氮能明显提早到达整株氮素最大累积速率的时间^[10]。本研究结果表明，在施氮条件下，随施氮量增加植株及各器官的氮素累积量增加。施用氮肥的处理，氮素快速累积期出现时间较早，由于氮素持续累积，累积最大量出现时间较晚；而不施氮肥处理烟株氮素累积快速期出现时间较晚，但在到达快速累积期后，整株氮素累积量下降。本研究结果还表明，在施氮条件下，移栽后 9 周叶片的氮素累积量即达到最大累积量的 68%左右，而非叶器官（根系和茎）不足 60%，说明在施氮条件下叶片的氮素累积速率快于非叶器官。移栽后 9 周烤烟整株的氮素累积量仅为最大累积量的 60%，与理想的氮素累积曲线并不相符^[11]。

刘卫群等^[12]研究表明，施氮量对氮素在烟株各器官中的分配比例影响较小，根、茎、叶氮累积量占烟株氮累积量的比例最终分别为 12%~19%，

20%~26%和 58%~67%。本研究结果表明, 氮素在叶片中的分配比例最高, 茎次之, 根系最少; 施氮对根系、茎、中部叶、下部叶的分配比例影响较小, 各处理的氮素分配比例变化趋势基本一致。但上部叶在不同生育时期的氮素分配比例处理间存在差异, 不施用氮肥的烟株上部叶氮素分配比例在移栽后 7 周明显高于施氮处理, 并且在 11 周达到最大, 但施氮后明显延迟了氮素分配比例到达最大的时间, 这主要是由于氮素胁迫较早的促进了中下部叶片氮素向上部叶片的转移, 而施氮后延缓叶片衰老, 延迟中下部叶片氮素向上部叶转移^[13-14]。

本试验结果还表明, 施氮提高了土壤中的无机氮含量, 且随施氮量的增加而增加, 这与前人的研究结果一致^[7,15-16]。在同样不施氮的情况下, 种植烤烟提高了土壤的氮素表观矿化量, 这可能与根系分泌物及脱落物促进了土壤有机氮的矿化有关^[17]; 施氮增加了土壤氮素表观矿化量, 且随施氮量增加而增加。在烤烟生产过程中, 无论施氮与否, 移栽后 5 周之内的表观氮素矿化量均为正值, 即表现为氮素矿化, 说明在本试验条件下, 移栽后 5 周之内, 土壤本身有较高的氮素供应, 投入氮素会增加土壤氮的表观矿化量, 增加了损失的可能。因此制定合理的氮肥施用方案, 在保证烟叶产量与品质的前提下, 充分利用土壤自身氮素, 降低氮肥用量, 提高氮肥利用率, 减少资源浪费, 是需要进一步研究的工作, 也是发展高效生态现代烟草农业的要求。

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.
- [3] 何欢辉, 王峰吉, 高文霞, 等. 不同施氮量对烤烟品系 F1-35 产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(12): 5028-5030.
- [4] 李良勇, 余卓越, 邹喜明, 等. 不同施肥方式对烤烟生长发育及烟叶产质量的影响[J]. 湖南农业科学, 2006, (4): 53-55.
- [5] 石俊雄, 郑少清, 刁朝强, 等. 有机肥及施氮水平对烟叶质量和可用性的影响[J]. 中国烟草科学, 2004, 25(2): 42-45.
- [6] 荣凡番, 张忠锋, 张教侠, 等. 不同施氮水平对山东褐土烟田供氮情况及烤烟质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(2): 41-46.
- [7] 马兴华, 于振文, 梁晓芳, 等. 施氮量和底追比例对土壤硝态氮和铵态氮含量时空变化的影响[J]. 应用生态学报, 2006, 17(4): 630-634.
- [8] 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, 1999.
- [9] 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.
- [10] 习向银, 晁逢春, 陈亚, 等. 不同施氮量对烤烟氮素和烟碱累积的影响[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2008, 30(5): 110-115.
- [11] Collins W K, Hawks S N J. Principles of flue-cured tobacco production[M]. North Carolina: North Carolina State University, Raleigh, 1994: 23-98.
- [12] 刘卫群, 郭群召, 汪庆昌, 等. 不同施氮水平对烤烟干物质、氮素积累分配及产质的影响[J]. 河南农业科学, 2004(8): 25-28.
- [13] 杨晴, 李雁鸣, 肖凯, 等. 不同施氮量对小麦旗叶衰老特性和产量性状的影响[J]. 河北农业大学学报, 2002, 25(5): 20-24.
- [14] 王国骄, 曹莹, 孙备, 等. 不同水分条件下氮素营养对辽春 10 号小麦旗叶衰老的影响[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(2): 271-275.
- [15] 杨莉琳, 胡春胜. 施肥对华北高产区土壤 NO_3^- -N 淋失作物 NO_3^- -N 含量及产量的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(5): 501-505.
- [16] 赵俊晔, 于振文. 不同土壤肥力条件下施氮量对小麦氮肥利用和土壤硝态氮含量的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(3): 815-822.
- [17] 田茂洁. 土壤氮素矿化影响因子研究进展[J]. 西华师范大学学报: 自然科学版, 2004, 25(3): 293-303.