植物营养与肥料学报 2015,21(2): 362 -370 doi: 10.11674/zwyf.2015.0210
Journal of Plant Nutrition and Fertilizer http://www.plantnutrifert.org

不同质地土壤上烤烟氮素积累、分配及利用率的研究

朱 佩[1,2], 张继光[1], 薛 琳[3], 季学军[3], 王传义[1], 程 森[4],
段苏珍[1,2], 任 夏[1,2], 张忠锋[1*]

(1 中国农业科学院烟草研究所,农业部烟草生物学与加工重点实验室,青岛 266101;
2 中国农业科学院研究生院,北京 100081; 3 安徽皖南烟叶有限责任公司,安徽宣城 242000;
4 上海烟草集团有限责任公司,上海 200082)

摘要:【目的】土壤质地能概括反映土壤内在的肥力特征,对土壤养分供应具有调控作用,是影响农田中土壤氮素供应和氮肥利用的重要因素。本试验通过在皖南烟区 3 种质地(壤土、黏壤、砂壤)土壤上施用等量氮肥来研究其对烤烟不同生育期的氮素吸收、积累及利用特征的影响,旨在为烟田土壤改良及烤烟合理施肥提供理论依据。**【方法】**在皖南烟区现代农业科技园的典型壤土、黏壤和砂壤土上分别建立田间试验,采用^{15}N 田间微区试验和室内分析相结合的研究方法,在烤烟的团棵期(移栽后 38 d)、现蕾期(移栽后 53 d)、平顶期(移栽后 64d)和成熟期(移栽后 103 d),采集长势一致的烟株样品,测定烟株各部位的生物量,并采用凯氏定氮法检测其全氮含量,采用 ZHT - O2 型同位素质谱仪测定其^{15}N 丰度。**【结果】**皖南烟区壤土和黏壤土上烤烟总氮和肥料氮积累均随生育期呈单峰变化,在烤烟平顶期达最大,总氮积累量分别为 4.25 g/plant 和 3.96 g/plant,肥料氮积累量分别为 2.34 g/plant 和 2.54 g/plant,而砂壤土上烤烟到成熟期其总氮和肥料氮的积累量达到最大,分别是 5.64 g/plant 和 2.73 g/plant,均显著高于同时期的壤土和黏壤;壤土、黏壤和砂壤土上烤烟均以叶部肥料氮占总氮比例及氮素分配率较高,茎部次之,根部最低;不同质地土壤上烤烟氮肥利用率与肥料氮的积累动态具有一致的变化趋势,其中壤土和黏壤在平顶期最大,分别为 34.5% 和 40.7%,之后壤土利用率缓慢下降,黏壤下降幅度较大,而砂壤土上烤烟氮肥利用率在生育期内呈上升趋势,至成熟期最大,为 43.7%。**【结论】**不同质地土壤上烟株对氮素的吸收利用顺序为砂壤 > 壤土 > 黏壤,黏壤土在烤烟生育期内供氮能力较弱,应合理调控土壤氮的矿化及增加肥料氮的供应;砂壤土氮肥利用率较高,应严格控制氮肥的施用量。

关键词: 土壤质地; 肥料氮; 土壤氮; ^{15}N 示踪; 烤烟; 氮肥利用率
中图分类号: S572.01; S606^{+}.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-505X(2015)02-0362-09

Nitrogen accumulation, distribution and use efficiency of flue-cured tobacco under different soil texture

ZHU Pei[1,2], ZHANG Ji-guang[1], XUE Lin[3], JI Xue-jun[3], WANG Chuan-yi[1], CHENG Seng[4],
DUAN Su-zhen[1,2], REN Xia[1,2], ZHANG Zhong-feng[1*]

(*1 Tobacco Research Institute of CAAS/Key Laboratory of Tobacco Biology and Processing, Ministry of Agriculture, Qingdao Shandong 266101, China; 2 Graduate School of CAAS, Beijing 100081, China; 3 Anhui Wannan Tobacco Leaf Co. Ltd, Xuancheng, Anhui 242000, China; 4 Shanghai Tobacco Group Limited Liability Company, Shanghai 200082, China*)

Abstract:【Objectives】 Soil texture generally reflects inherent soil fertility, affectes soil nutrient supply, especially soil nitrogen supply and nitrogen fertilizer utilization in farmlands. In this study, the nitrogen absorption, accumulation and utilization of flue-cured tobacco in different soil texture in south Anhui were studied to provide a scientific basis for local rational fertilization in flue-cured tobacco. **【Methods】** A field experiment was established in loam, clay loam and sandy loam soils in the modern agricultural science park of south Anhui tobacco planting

收稿日期: 2013-12-02 **接受日期:** 2014-01-20
基金项目: 国家自然科学基金(41201291);中国烟草总公司科技项目(110200902030);上海烟草集团公司科技项目(2012-025)资助。
作者简介: 朱佩(1986—),男,安徽蚌埠人,硕士研究生,主要从事作物高产优质高效栽培工程方面的研究。E-mail: zhp19880612@126.com
* 通信作者 E-mail: zhangzhongfeng@caas.cn

area. The ^{15}N field trials combined with laboratory analysis were conducted in this study. The biomass amounts of different parts of flue-cured tobacco were measured after blenching and drying of these samples, which were taken from the field trial with the similar growing trend at the rosette stage (38 days after the transplanting), budding stage (53 days after the transplanting), topping stage (64 days after the transplanting) and maturity stage (103 days after the transplanting) of flue-cured tobacco. The total nitrogen contents of different parts of flue-cured tobacco were measured by the kjeldahl nitrogen determination method, and the abundances of ^{15}N were measured by ZHT – 02 mass spectrometer. 【**Results**】 The total nitrogen contents and fertilizer nitrogen accumulation amounts of tobacco in loam soil and clay loam soil both exhibit a single peak pattern during the growing season, and reach their maximum values at the topping stage, with the total nitrogen 4.25 g/plant and 3.96 g/plant, and the fertilizer nitrogen 2.34 g/plant and 2.54 g/plant, respectively. The total nitrogen content and fertilizer nitrogen accumulation amount of tobacco in sandy loam soil reach their maximum values at the maturity stage, with the total nitrogen 5.64 g/plant and fertilizer nitrogen 2.73 g/plant which are significantly higher than those in loam soil and clay loam soil at the same stage. The ratios of fertilizer nitrogen to total nitrogen and the nitrogen distribution rates of tobacco in three soils are all highest in leaves, followed by stems, and lowest in roots. The change tendencies of nitrogen use efficiencies of tobacco at different developmental stages are similar to those of the fertilizer nitrogen accumulation in the three soils. The maximum values of nitrogen use efficiencies in loam soil and clay loam soil are observed at the topping stage and are 34.5% and 40.7% respectively. And then, the values decrease gradually in loam soil and rapidly in clay loam soil with the developmental stage. The nitrogen utilization efficiency of tobacco in sandy loam soil increases with the developmental stage and reaches the maximum value of 43.7% at the maturity stage. 【**Conclusions**】 The order of nitrogen absorption and utilization of tobacco in different soils is sandy loam > loam > clay loam. Due to its weak nitrogen supply capacity, nitrogen mineralization in clay loam soil should be promoted and more nitrogen fertilizer should be applied for growing tobacco. While, less nitrogen fertilizer should be used in sandy loam soil because of its higher nitrogen utilization efficiency.

Key words: soil texture; fertilizer nitrogen; soil nitrogen; ^{15}N-tracing approach; flue-cured tobacco; nitrogen use efficiency

氮素是所有营养元素中对烟叶产量和质量影响最大、最敏感的元素,烟株吸收的氮素主要来源于土壤供氮和肥料提供的氮[1-4],适时适量地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[5-7]。目前,烟草生产上往往采用同一片区或植烟村施用等量氮肥的方式,而该区域范围的土壤类型及土壤质地可能并不一致,造成了土壤肥力性状、营养条件及环境条件等特征均不相同,这些因素通过影响水、肥、气、热的移动和含量从而影响根系生长,进而导致烟草氮素吸收的不同,最终影响烟叶的成熟过程及烟叶成色的好坏。近年来利用^{15}N 示踪技术研究烟田系统中氮肥利用及其去向受到大多数研究者的广泛关注[8-15]。翟琨等[16]认为土壤供氮在烤烟移栽后 40 d 左右出现第一次高峰,土壤氮素大量矿化期出现第二次高峰。王帅[17]在临沂烟区的研究认为,烟株吸收的氮素中来自土壤的氮占总吸氮量的 60%～90%,吸收的肥料氮较少,约占总吸氮量的 10%～40%。化党领等[18]在恩施烟区的研究亦表明,土壤氮对烟株氮积累的贡献率较大。烟株不同部位的土壤氮和肥料氮的积累规律不同,叶部积累量较多,茎部积累量较少,供给根部的氮素最少[19],且所有器官的肥料氮占总氮比例在打顶后均低于50%[20-21]。目前,研究不同土壤肥力、种植模式及栽培环境下烤烟对氮素吸收、积累及分配方面的报道较多[22-25],但在不同土壤质地条件下,烤烟氮素的相关研究则鲜见报道。本文应用^{15}N 同位素示踪法研究了不同质地土壤上烤烟氮素的积累、分配及利用率特点,旨在为烟区氮肥合理运筹及烟叶质量调控提供理论和实践指导。

1　材料与方法

1.1　试验材料

该试验于 2012 年在安徽省宣城市宣州区黄渡乡现代农业科技示范园内(30°40′49″N,118°46′17″E)进行。该地区属典型亚热带季风气候区,光、温、水热条件优越,年均日照时数为 2072.5 h,年平均温

度 15.8℃,无霜期为 228 d,年平均降水量 1324.8 mm,该地区的土壤主要是河流冲积母质形成的潴育型水稻土。本试验采用的 3 种不同质地(壤土、黏壤和砂壤土)土壤的基本理化性状见表 1。

表 1 试验田不同质地土壤的基本理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of different textured soils from the experimental fields

质地 Texture	有机质 Org. matter (g/kg)	碱解氮 Alkali-hydrol. N (mg/kg)	有效磷 Olsen-P (mg/kg)	速效钾 NH_4Ac-K (mg/kg)	粘粒含量 Clay particle <0.002 mm (%)	粉粒含量 Silt particle 0.002～0.02 mm (%)	砂粒含量 Sand particle >0.02 mm (%)
壤土 Loam soil	24.50	208.25	40.57	565.29	20.16	33.71	46.13
黏壤 Clay loam	24.80	188.42	33.78	346.73	31.38	38.97	29.64
砂壤 Sandy loam	24.27	196.88	45.85	548.33	18.67	23.29	58.04

1.2 试验设计

采用田间小区和微区试验相结合,分别在壤土、黏壤和砂壤土上建立田间试验,小区面积 96 m^2(6 m×16 m),每个试验 3 次重复。同时设置^{15}N 微区试验,每个重复小区中设 15 个微区,微区面积为 0.6 m^2(1.2 m×0.5 m),每个微区种植 1 棵烤烟,微区四周用塑料隔板隔离(埋入土壤深度 50 cm),微区内氮、磷、钾肥单独施用,用量的换算与小区施用量相同。^{15}N 丰度为 10% 的 KNO_3,由上海化工研究院提供。不同试验处理种植烟草均按照当地常规施肥进行($N:P_2O_5:K_2O=1:1.6:3$),即每公顷施烟草专用肥(10∶15∶25) 795 kg,钙镁磷肥 375 kg,硫酸钾 75 kg,邦禾有机肥(含有机质 40%)450 kg,硝酸钾 225 kg,混合均匀后 70% 于移栽前起垄时在垄心开沟条施,深度距垄面下 15～20 cm,30% 于烤烟移栽 30 d 后单株定量侧穴追施,定根肥在移栽时将烟草专用肥 30 kg/hm^2 平均施入移栽穴中。烤烟品种为云烟 97,单株最终留叶数为 18 片,其他田间管理措施各处理间保持一致,并按照当地优质烟叶生产技术标准进行。

1.3 样品采集与测定

在烤烟移栽后的 38 d(2012-5-06,团棵期)、53 d(2012-5-21,现蕾期)、64 d(2012-6-01,平顶期)和 103 d(2012-7-10,成熟期)分别在微区中取长势一致的烟株样品,每次 3 株,团棵期和现蕾期分 3 个部位(根、茎、叶)制样,平顶期和成熟期分 5 个部分(根、茎、1～5 叶位下部叶、6～12 叶位中部叶、13～18 叶位上部叶)制样,样品经 105℃杀青 30 min,65℃恒温烘干,计算烟株各部分生物量,并粉碎过 0.150 mm 筛后测定其全氮和^{15}N 含量。

全氮采用凯氏法(K-05 自动定氮仪)测定,^{15}N 丰度采用 ZHT-O2 型质谱仪测定。

1.4 计算方法

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[26]:

$$W_N = W_1 \times C_1;$$

$$Ndff = \frac{^{15}N_1}{^{15}N_2} \times 100;$$

$$Ndff = W_N \times \%Ndff;$$

$$Ndfs = W_N \times (1 - \%Ndff);$$

$$R_N = \frac{Ndff}{W_0 \times C_0} \times 100\%$$

式中:W_N—烤烟样品总氮积累量;W_1—烤烟样品干重;C_1—烤烟样品含氮量;$^{15}N_1$—烤烟样品^{15}N 原子百分超;$^{15}N_2$—肥料^{15}N 原子百分超;$\%Ndff$—肥料氮占总氮百分数;$Ndff$—烤烟肥料氮积累量;$Ndfs$—土壤氮积累量;R_N—当季氮肥利用率;W_0—肥料的重量;C_0—肥料含氮百分数。

1.5 数据处理

试验数据采用 Excel 2007 和 SAS 9.2 统计分析软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同质地土壤上烤烟氮素积累动态

由不同质地土壤上烤烟总氮积累动态(图 1A)

可知,壤土和黏壤土上烤烟氮素积累动态基本一致,均呈单峰变化,即在移栽后 64 d 的平顶期氮素积累达到顶峰,总氮积累量分别为 4.25 g/plant 和 3.96 g/plant,之后缓慢下降,至移栽后 103 d 的成熟期降为 3.92 g/plant 和 2.79 g/plant,砂壤土上,烤烟氮素积累则随移栽后天数的增加呈线性增加趋势,至成熟期氮素积累量达最大为 5.64 g/plant。可见,烤烟在砂壤土上较壤土和黏壤具有更强的吸收利用氮素的能力。多重比较结果表明,在烤烟的前 3 个取样时期,3 种质地土壤上烤烟氮素积累量没有明显差异,在成熟期,砂壤土上烤烟氮素积累量显著高于壤土和黏壤($P<0.05$),但壤土和黏壤土上烤烟氮素积累量差异不显著。

壤土和黏壤土上烤烟对肥料氮的积累量与其总氮积累变化一致(图 1B),同样在平顶期最大,分别为 2.34 g/plant 和 2.54 g/plant,之后迅速下降。砂壤土,烤烟从平顶期到成熟期仍有部分肥料氮的积累,但积累速率较前期明显下降,肥料氮积累量最大值出现在成熟期,为 2.73 g/plant。在移栽后 38 d 的团棵及移栽后 53 d 的现蕾期,烤烟对土壤肥料氮的积累量顺序为黏壤 > 壤土 > 砂壤,在成熟期,则表现为砂壤 > 壤土 > 黏壤,说明平顶期前后是烤烟对不同质地土壤肥料氮积累量变化的关键时期。

壤土、黏壤和砂壤土上烤烟对土壤氮的积累量在生育期内呈逐渐增加的趋势(图 1C),在成熟期时达到最大值,分别为 2.10 g/plant、1.43 g/plant 和 2.90 g/plant。其中黏壤土上烤烟土壤氮积累量在整个生育期始终低于壤土和砂壤,说明黏壤土的供氮能力相对较弱,烟株对其吸收利用最少。在平顶期之前,壤土和砂壤土上烤烟对土壤氮的吸收积累量基本一致,而到成熟期,砂壤土上烤烟土壤氮的积累显著高于壤土和黏壤($P<0.05$)。

2.2　不同质地土壤上烤烟器官的氮素积累量

从表 2 可以看出,在烤烟平顶期之前,不同质地土壤上烤烟根部氮素积累量之间差异不显著($P>0.05$),平顶期之后,烤烟根部氮素积累以壤土和砂壤增加较多,显著高于黏壤($P<0.05$),至成熟期,壤土、黏壤和砂壤土上烤烟根部氮素积累量分别为 0.82 g/plant、0.40 g/plant 和 0.70 g/plant。不同质地土壤上烤烟茎部氮素积累量随生育期的推进呈增加趋势。团棵期,黏壤土上烤烟茎部氮素积累量显著高于壤土和砂壤($P<0.05$);平顶期至成熟期,砂壤土上烤烟茎部氮素吸收仍在增加,在成熟期达最大,为 1.62 g/plant,黏壤土上烤烟茎部对氮素的吸收基本停止,二者积累量差异显著($P<0.05$)。从团棵期到成熟期,壤土和黏壤土上烤烟叶部氮素积累变化一致,其烤烟叶部氮素积累量在平顶期达到最大,分别为 2.82 g/plant 和 2.72 g/plant,随后迅速降低。砂壤土上烤烟叶部氮素积累量在现蕾前低于壤土和黏壤,之后砂壤土上烤烟叶部氮素积累逐渐增加,至成熟期达最大值,为 3.32 g/plant。

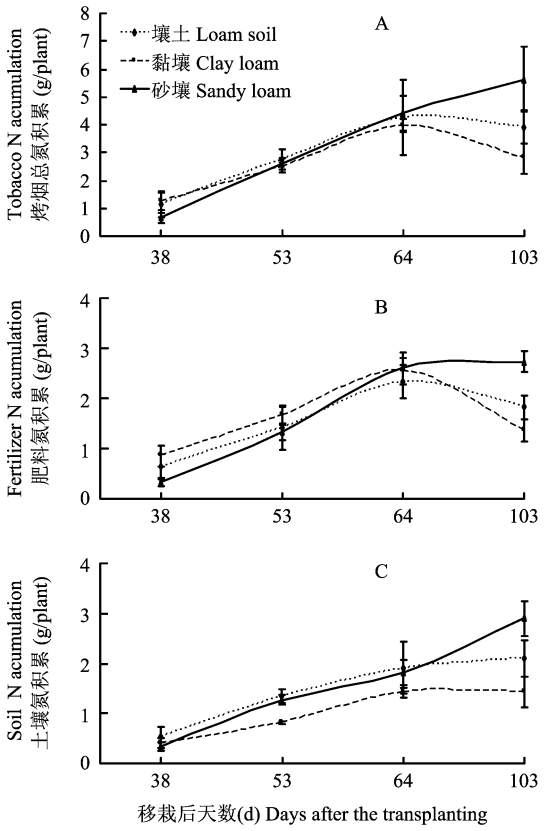

图 1　不同质地烤烟和土壤氮素的积累动态

Fig. 1　N cumulative dynamics of flue-cured tobacco and soil under different soil texture

2.3　不同质地土壤上烤烟氮素分配率

从不同质地土壤上烟株吸收氮素在各部位的分配率(表 3)可以看出,烤烟吸收的氮素主要集中在叶部,其次是茎部,根分配得最少。在平顶期,烤烟根、茎、上部叶和中部叶氮素分配率在 3 种质地土壤之间均无显著差异,但下部叶氮素分配率以砂壤土显著高于壤土($P<0.05$)。在成熟期,烤烟茎部和 3 个叶位的氮素分配率在 3 种质地土壤间差异不显著,但根部氮素分配率以壤土显著高于黏壤和砂壤。总之,从平顶期到成熟期,各土壤上烤烟吸收的氮素更多的向根和茎部转移,且壤土烤烟根部和砂壤土烤烟叶部的氮素分配率相对较高。

表2 烤烟各器官在不同生育期的氮素积累量(g/plant)

Table 2 Nitrogen accumulation of various flue-cured tobacco organs at different developmental stages

部位 Part	质地 Texture	团棵期 Rosette stage	现蕾期 Budding stage	平顶期 Topping stage	成熟期 Maturity stage
根 Root	壤土 Loam soil	0.06±0.02 a	0.21±0.07 a	0.48±0.16 a	0.82±0.08 a
	黏壤 Clay loam	0.09±0.02 a	0.20±0.03 a	0.35±0.09 a	0.40±0.03 b
	砂壤 Sandy loam	0.06±0.02 a	0.24±0.02 a	0.39±0.10 a	0.70±0.14 a
茎 Stalk	壤土 Loam soil	0.09±0.02 b	0.59±0.18 a	0.96±0.21 a	1.29±0.39 ab
	黏壤 Clay loam	0.21±0.08 a	0.42±0.05 a	0.89±0.11 a	0.93±0.06 b
	砂壤 Sandy loam	0.09±0.04 b	0.45±0.06 a	0.81±0.17 a	1.62±0.39 a
叶 Leaves	壤土 Loam soil	1.02±0.43 a	1.96±0.27 a	2.82±1.32 a	1.80±0.78 a
	黏壤 Clay loam	0.96±0.21 a	1.86±0.12 a	2.72±0.34 a	1.45±0.48 a
	砂壤 Sandy loam	0.52±0.12 a	1.90±0.11 a	3.21±0.84 a	3.32±0.84 a

注(Note):同列数据后不同字母表示处理间差异达5%显著水平 Values followed by different letters in a column are significant among treatments at the 5% level.

表3 不同质地土壤烤烟氮素分配率(%)

Table 3 Nitrogen distribution rates of flue-cured tobacco in different textured soils

时期 Stage	质地 Texture	根 Roots	茎 Stems	上部叶 Upper leaves	中部叶 Middle leaves	下部叶 Lower leaves
平顶期 Topping stage	壤土 Loam soil	11.7±4.8 a	24.3±5.7 a	31.4±6.2 a	19.3±6.3 a	13.3±4.1 b
	黏壤 Clay loam	8.9±2.8 a	22.6±3.1 a	29.4±3.5 a	18.7±6.2 a	20.4±4.8 ab
	砂壤 Sandy loam	9.1±3.5 a	18.9±6.5 a	24.6±5.7 a	21.6±4.9 a	25.8±2.0 a
成熟期 Maturity stage	壤土 Loam soil	21.4±4.0 a	33.6±5.8 a	14.5±6.0 a	17.3±4.0 a	13.2±5.4 a
	黏壤 Clay loam	14.8±3.3 b	34.1±4.9 a	21.3±3.4 a	15.0±2.4 a	14.9±3.6 a
	砂壤 Sandy loam	12.5±1.9 b	30.6±7.2 a	17.4±5.3 a	14.5±2.6 a	25.0±7.9 a

注(Note):同列数据后不同字母表示处理间差异达5%显著水平 Values followed by different letters in a column are significant among treatments at the 5% level.

2.4 不同质地土壤下肥料氮在植株中的分布

图2表明,在团棵期,壤土、黏壤和砂壤土上烤烟均以叶部肥料氮占总氮比例较高,分别达到55.5%、68.6%和50.6%,茎部次之,根部最低,分别为49.0%、60.1%和42.3%。根、茎和叶部肥料氮占总氮比例均以黏壤土最高,壤土次之,砂壤最少,说明黏壤土上施用肥料氮对烟株氮素积累贡献较大,壤土次之,砂壤最小。且黏壤土上烤烟茎部和叶部肥料氮占总氮比例显著高于壤土和砂壤($P<0.05$)。在现蕾期,3种质地土壤上烤烟各部位肥料氮的分布规律与团棵期基本一致(图2)。

平顶期,同一烤烟部位的肥料氮所占比例在3种土壤间的差异不显著,此外,烤烟肥料氮占总氮的比例在叶部不同叶位间差异不大,其中下部叶肥料氮占总氮比例相对稍高(图2)。成熟期,烤烟各部位肥料氮的分布规律与平顶期稍有不同,根、茎和叶部肥料氮占总氮的比例较为接近且不同土壤间无显著差异。壤土、黏壤和砂壤土上烤烟叶部肥料氮占总氮的比例在该时期最低,仅为45.8%～50.3%,且3个叶位肥料氮占总氮的比例基本一致。

图3显示,在不同质地土壤上烟株吸收的肥料氮占总氮的比例在团棵期以黏壤土最高,为67.9%,壤土次之,砂壤最低为49.6%,三种土壤之间达到显著差异($P<0.05$)。现蕾期也具有类似的趋势。到成熟期,烟株吸收的肥料氮占总氮的比例下降,其值介于46.7%～48.8%之间。可见,烟株

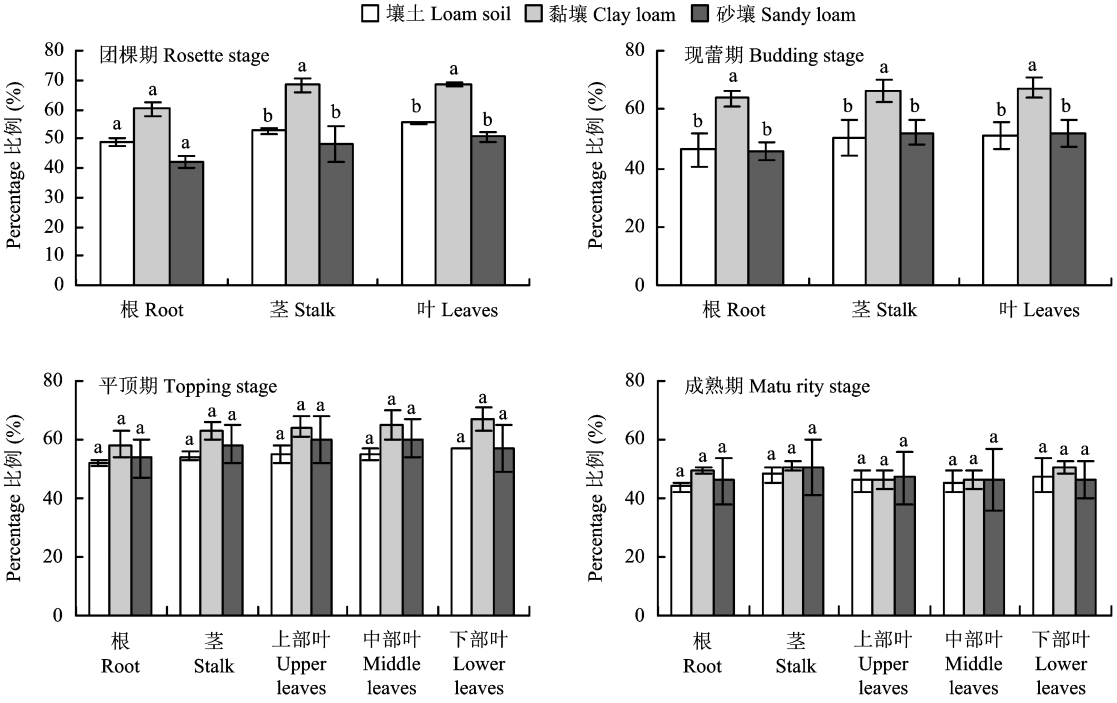

图 2　肥料氮在烟株器官的分配状况

Fig. 2　Distribution of fertilizer N in various flue-cured tobacco organs

[注(Note): 方柱上不同字母表示处理间差异显著($P<0.05$) Different letters above the bars mean significantly different among treatments($P<0.05$).]

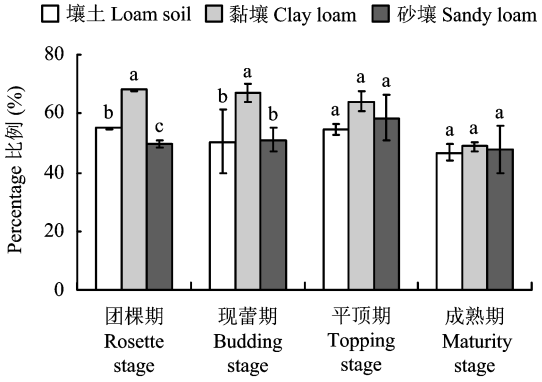

图 3　不同质地土壤上烤烟吸收肥料氮占总氮的比例

Fig. 3　Ratios of fertilizer N to total N of flue-cured tobacco in different textured soils

[注(Note): 方柱上不同字母表示处理间差异显著($P<0.05$) Different letters above the bars mean significantly different among treatments($P<0.05$).]

前中期以吸收肥料氮为主,后期则更多的吸收土壤氮。

2.5　不同质地土壤上烤烟氮肥利用率

从图 4 可以看出,黏壤土和壤土上烤烟氮肥利用率变化趋势相似。即从团棵到平顶期,氮肥利用率均平稳增加,平顶期时达最大,分别为 40.7% 和 34.5%,且黏壤上烤烟氮肥利用率一直大于壤土,之后黏壤上的氮肥利用率下降幅度较大,至成熟期,黏壤土和壤土上烤烟氮肥利用率分别降为 21.7% 和 29.2%。砂壤土上烤烟氮肥利用率在生育期内一直呈上升趋势,团棵期时,其烤烟氮肥利用率最低,仅为 5.3%,至成熟期最高,为 43.7%,与黏壤土烤烟氮肥利用率的差异达到显著水平($P<0.05$)。可见,土壤质地不同,导致烤烟对肥料氮的吸收利用在生育期间存在明显的差异,其中砂壤土烤烟氮肥利用率前期较低,随生育期逐渐增加,而黏壤及壤土上烤烟氮肥利用率则是在生育期前期增加后期降低。

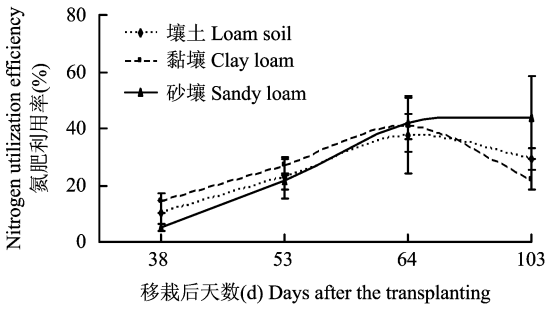

图 4　不同质地土壤烤烟氮肥利用率

Fig. 4　Nitrogen use efficiency of flue-cured tobacco in different textured soils

3 讨论

土壤质地是影响烤烟矿质营养吸收与积累的重要因素[27]。蓟红霞等[28]认为土壤质地对烟株氮素积累量有显著影响,具体表现为粉(砂)质壤土>砂质壤土>壤土,罗新宁等[29]对南疆灌淤土的研究表明,相同处理条件下砂壤土棉株氮的积累量高于重壤土。本研究中在成熟期砂壤土上烤烟氮素积累量最大,显著高于壤土和黏壤,这与上述研究结果一致。此外,烤烟对肥料氮的积累动态略有差异,其中在团棵及现蕾期为黏壤>壤土>砂壤,平顶期之后则表现为砂壤>壤土>黏壤。这与皖南的气候条件有关,在烤烟生育前期,降水较少,黏壤及壤土具有较好的保水性能,因而具有较好的水肥供应能力。在成熟期,适逢雨季高温高湿且降水较多,黏壤及壤土上反而易积水,造成烤烟根系活力下降[30],或影响根系的有氧呼吸造成根系早衰[31],导致烤烟对氮素吸收的减少,因而氮素积累量降低。

烤烟对土壤氮的积累量在生育期内呈逐渐增加趋势,且黏壤土上烤烟土壤氮积累量始终低于壤土和砂壤土,这在一定程度上说明黏壤土有机氮矿化量少,土壤供氮能力较弱。由于土壤中的氮大部分是有机氮,直接决定土壤供氮能力,土壤质地对氮素矿化的影响主要通过控制好氧菌活动,土壤粘粒与土壤有机质的结合等对土壤有机质提供保护,来增加或减少氮素的矿化[32]。有研究表明砂壤土中微生物生物量的C/N高于壤土和黏土,且与单位微生物氮生物量的矿化率呈正相关[33],因此砂壤土的氮矿化及供应能力高于壤土和黏壤,以黏壤土氮矿化最低,其供氮能力也相对最弱。

从全生育期来看,3种质地土壤上烟株吸收的肥料氮占总氮的比例为47%～68%。但马兴华等[22]在临沂褐土上的研究表明,烤烟吸收的氮素以土壤氮为主,吸收的肥料氮仅占总吸氮量的20%～30%。本研究中烤烟的氮肥施量为N 112.5 kg/hm^2,马兴华等研究中所施氮量为N 82.5 kg/hm^2,本研究氮肥施用量比后者多出36%。宇万太等[34]认为肥料氮对土壤氮库的稀释作用的存在,使得施氮作物较不施氮作物少吸收土壤氮,且随氮肥施用量的增加作物吸收的土壤氮进一步减少,所以这可能是造成本研究与马兴华等研究结果差异的原因。

4 结论

在皖南烟田不同质地土壤上,烤烟对氮素的吸收利用顺序为砂壤>壤土>黏壤,在烤烟成熟期,烟株总氮积累量分别为5.64、3.92和2.79 g/plant,黏壤的供氮能力较弱,应合理调控土壤氮的矿化及增加肥料氮的供应。烤烟氮肥利用率以砂壤条件下的当季利用率最高为43.7%,壤土次之为29.2%,黏壤土上最低为21.7%,仅为砂壤土的1/2。由于砂壤的氮肥利用率较高,因此应严格控制氮肥的施用量。

参考文献:

[1] 杨宏敏, 陆引罡, 魏成照, 等. 应用^{15}N示踪研究烤烟对氮的吸收及分布[J]. 贵州农业科学, 1991,(5): 29-33.
Yang H M, Lu Y G, Wei C Z *et al*. Absorption and distribution of^{15}N rape seed nitrogen by flue-cured tobacco[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 1991, (5): 29-33.

[2] 韩锦峰, 郭培国, 黄元炯, 等. 应用^{15}N示踪法探讨烟草对氮素利用的研究[J]. 郑州: 河南农业大学学报, 1992, 26(3): 224-227.
Han J F, Guo P G, Huang Y J *et al*. Studies on nitrogen utilization with^{15}N rape seed by flue-cured tobacco[J]. Zhengzhou: Journal of Henan Agricultural University, 1992, 26(3): 224-227.

[3] 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 nutrient with^{15}N rape seed by flue-cured tobacco[J]. Acta Tabacaria Sinica, 1998, 4(2): 64-68.

[4] 苏帆, 付利波, 陈华, 等. 应用^{15}N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.
Su F, Fu L B, Chen H *et al*. Absorption and utilization of^{15}N rape seed cake fertilizer by flue-cured tobacco[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2008, 16(2): 335-339.

[5] 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.
Tobacco Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences. Chinese tobacco cultivation[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2005. 309-320.

[6] 张延春, 陈治峰, 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 Nutrition and Fertility Science, 2005, 11(6): 787-792.

[7] 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.
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 [M]. Journal of Henan Agricultural Science, 2005, (5): 49-52.

[8] Cheng L L, Wen Q X, Li H. Transformation of^{15}N labeled fertilizer N in soils under greenhouse and field conditions[J]. Acta Pedologica Sinica, 1989, 26(2): 124-130.

[9] Shi S L, Liao H Q, Wen Q X. Fate of N from green manures and ammonium sulfate[J]. Pedosphere, 1991, 1(3): 219-227.

[10] 朱兆良, 文启孝. 中国土壤氮素[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1992. 213-249.
Zhu Z L, Wen Q X. Soil nitrogen of China[M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press. 1992. 213-249.

[11] 蔡贵信, 范晓晖. 土壤氮素和氮肥的有效施用[A]. 鲁如坤. 土壤-植物营养学原理和施肥[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998. 112-151.
Cai G X, Fan X H. The effective application of soil nitrogen and nitrogen[A]. Lu R K. Soil and plant nutrition and fertilization [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1998. 112-151.

[12] 张绍林, 朱兆良, 徐银华. 黄泛区潮土—冬小麦系统中尿素的转化和化肥氮去向的研究[J]. 核农学报, 1989, 3(1): 9-15.
Zhang S L, Zhu Z L, Xu Y H. Studies on carbamide transformation and fertilizer nitrogen fate in alluvial soil of Huanghuai district-winter wheat[J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 1989, 3(1): 9-15.

[13] 吴海卿, 杨传福, 孟兆江. 应用^{15}N 示踪技术研究土壤水分对氮素有效性的影响[J]. 土壤肥料, 2000, (1): 16-18.
Wu H Q, Yang C F, Meng Z J. Effects on nitrogen availability of soil water content with^{15}N rape seed[J]. Soil and Fertilizer, 2000, (1): 16-18.

[14] 刘喜庆, 林开创, 王旭峰, 等. ^{15}N 示踪探究烤烟氮素吸收分配规律[J]. 江西农业学报, 2013, 25(4): 76-77.
Liu X Q, Lin K C, Wang X F *et al*. Study on nitrogen absorption and distribution patterns in flue-cured tobacco by^{15}N trace[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2013, 25(4): 76-77.

[15] 时映. 利用^{15}N 研究烤烟氮素吸收分配规律[D]. 郑州: 河南农业大学硕士学位论文, 2008.
Shi Y. Studies on tobacco plant's absorption and distribution of nitrogen by using^{15}N[D]. Zhengzhou: Ms thesis of Henan Agricultural University, 2008.

[16] 翟琨, 向东山. 贵州省植烟土壤氮素释放特征研究Ⅱ—不同栽培措施对黔南烟区土壤供氮动态的影响[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(5): 953, 978.
Zhai K, Xiang D S. Studies on nitrogen release of tobacco-growing soils in Guizhou province-effects on soil nitrogen supply with different cultivation measures in Qiannan tobacco-growing areas[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2006, 34 (5): 953,978.

[17] 王帅. 不同种植模式对烤烟氮素吸收、利用、分配的影响[D]. 北京: 中国农业科学院硕士学位论文, 2010.
Wang S. Effect on nitrogen absorption, utilization and distribution of different planting pattern[D]. Beijing: Ms thesis of Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2010.

[18] 化党领, 张诗卉, 王瑞, 等. 土壤氮和^{15}N 肥料氮在不同生长期烤烟各器官的积累[J]. 中国烟草学报, 2013, 19(1): 32-36.
Hua D L, Zhang S H, Wang R *et al*. Accumulation of nitrogen from soil and^{15}N - labeled fertilizer in different organs of flue-cured tobacco at different growth stage[J]. Acta Tobacco Sinica, 2013, 19(1): 32-36.

[19] 封幸兵, 李佛琳, 瞿兴, 等. 烤烟对饼肥和秸秆肥中^{15}N 的吸收利用[J]. 烟草科技, 2005,7(1): 31-34.
Feng X B, Li F L, Qu X *et al*. Flue-cured tobacco fertilization: absorption and utilization of^{15}N in cake and straw manures[J]. Tobacco Science and Technology, 2005,7(1): 31-34.

[20] 杨志晓, 刘化冰, 柯油松, 等. 广东南雄烟区烤烟氮素累积分配及利用特征[J]. 应用生态学报, 2011, 22(6): 1450-1456.
Yang Z X, Liu H B, Ke Y S *et al*. Nitrogen uptake and allocation characteristics of flue-cured tobacco in Nanxiong tobacco-planting area of Guangdong province [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(6): 1450-1456.

[21] 习向银, 晁逢春, 李春俭. 利用^{15}N 示踪法研究土壤氮对烤烟氮素累积和烟碱合成的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(6): 1232-1236.
Xi X Y, Huang F C, Li C J. Effect of soil-N on nitrogen and nicotine accumulation in flue-cured tobacco using^{15}N - traced method[J]. Plant Nutrition and Fertility Science, 2008, 14 (6): 1232-1236.

[22] 马兴华, 张忠锋, 荣凡番, 等. 高低土壤肥力条件下烤烟对氮素吸收、分配和利用的研究[J]. 中国烟草科学, 2009, 30 (1): 1-4, 9.
Ma X H, Zhang Z F, Rong F P *et al*. Studies on nitrogen absorption, distribution and utilization in flue-cured tobacco under higher and lower fertility conditions[J]. Chinese Tobacco Science, 2009, 30(1): 1-4, 9.

[23] 徐照丽, 杨宇虹. 不同前作对烤烟氮肥效应的影响[J]. 生态学杂志, 2008, 27(11): 1926-1931.
Xu Z L, Yang Y H. Influence of different preceding crops on nitrogen fertilizer effect of flue-cured tobacco [J]. Chinese Journal of Ecology, 2008, 27(11): 1926-1931.

[24] 谢志坚, 涂书新, 李进平, 等. 移栽期和氮肥对烤烟产量、产值及氮素吸收利用的影响[J]. 核农学报, 2009, 23(3): 513-520.
Xie Z J, Tu S X, Li J P *et al*. Effects of transplanting time and nitrogen fertilizer on the yield, market value and N uptake of flue-cured tobacco by using^{15}N tracing technique [J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2009, 23(3): 513-520.

[25] 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 N application on growth and N uptake of flue-cured tobacco[J]. Plant Nutrition and Fertility Science, 2007, 13(3): 436-442.

[26] 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.
Chen Z Y, Wen X F, Hu G H. Nuclear technology and its application in agricultural science[M]. Beijing: Science and Technology Press, 1983. 466-484.

[27] 石俊雄，王发鹏，陈雪，李志宏. 黄壤质地对烤烟氮素吸收累积研究[J]. 西南农业学报，2009，22(3)：697-701.
Shi J X, Wang F P, Chen X, Li Z H. Nitrogen absorption and accumulation of tobacco plants planted in yellow soil texture[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2009, 22(3): 697-701.

[28] 蓟红霞. 土壤条件对烤烟生长、养分累积和品质的影响[D]. 北京：中国农业科学院硕士学位论文，2006.
Ji H X. Effects of soil conditions on the growth, nutrients accumulation and quality of flue-cured tobacco[D]. Beijing: Ms thesis of Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2006.

[29] 罗新宁，陈冰，张巨松，蒋平安. 氮肥对不同质地土壤棉花养分动态积累与氮素利用率的影响[J]. 土壤通报，2010，41(4)：904-910.
Luo X N, Chen B, Zhang J S, Jiang P A. Effect of nitrogen applied levels on the dynamics of biomass, nitrogen accumulation of cotton plant in different soil textures[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2010, 41(4): 904-910.

[30] 李金才，魏凤珍，王成雨，尹钧. 孕穗期土壤渍水逆境对冬小麦根系衰老的影响[J]. 作物学报，2006，32(9)：1355-1360.
Li J C, Wei F Z, Wang C Y, Yin J. Effects of waterlogging on senescence o f root system at booting stage in winter wheat[J]. Acta Agronomica Sinica, 2006, 32(9): 1355-1360.

[31] 陈强，郭修武，胡艳丽，等. 淹水对甜樱桃根系呼吸强度和呼吸酶活性的影响[J]. 应用生态学报，2008，19(7)：1462-1466.
Chen Q, Guo X W, Hu Y L *et al*. Effects of waterlogging on root respiration intensity and respiratory enzyme activities of sweet cherry[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(7): 1462-1466.

[32] Hassink T, Bonwman L A, Zwark K B *et al*. Relationship between habitable pore space, soil biota and mineralization rates in grassland soils[J]. Soil and Biochemistry, 1993, 25: 47-55.

[33] Hassink T, Bonwman L A, Zwark K B *et al*. Relationships between soil texture, physical protection of organic matter. Soil Biota and C and N mineralization in grassland soils[J]. Geoderrna, 1993, 57: 105-128.

[34] 宇万太，周桦，马强，沈善敏. 氮肥施用对作物吸收土壤氮的影响-兼论作物氮肥利用率[J]. 土壤学报，2010，47(1)：90-96.
Yu W T, Zhou H, Ma Q, Shen S M. Effect of N fertilizer on uptake of soil N by crops with special discussion on fertilizer nitrogen recovery rate[J]. Pedologica Sinica, 2010, 47(1): 90-96.