

DOI: 10.3724/SP.J.1006.2013.00486

我国西南烟区典型植烟土壤烤烟氮素的吸收规律

刘青丽¹ 陈阜¹ 张云贵² 李志宏^{2,*} 焦永鸽² 谷海红²

¹ 中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100193; ² 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081

摘要: 通采用 ¹⁵N 同位素示踪方法, 研究我国西南烟区典型红壤、黄壤、水稻土烤烟的氮素吸收规律。结果表明, 烤烟氮素的累积与烟叶产量显著正相关, 西南烟区烤烟氮适宜需求量为 60~100 kg hm⁻²。不同土壤类型上种植的烤烟, 其氮吸收差异显著, 云南红壤烤烟生长前期的氮素吸收速率最高, 其次是水稻土烤烟, 黄壤烤烟最低; 相应氮素吸收高峰分别在移栽后 7、9 和 11 周。烤烟中总氮、土壤氮、肥料氮的吸收速率均呈单峰曲线变化, 且肥料氮的吸收高峰早于土壤氮; 烤烟进入旺长期以后, 土壤氮的吸收速率逐渐高于肥料氮, 转入以吸收土壤氮为主。西南烟区烤烟打顶前土壤氮的累积比例为 59.8%, 肥料氮为 72.1%, 不同土壤类型烤烟打顶前氮素累积比例差异显著, 红壤、黄壤、水稻土烤烟分别为 87.8%、47.3%和 49.2%。因此, 根据不同土壤类型烤烟氮素吸收动态, 在适宜的氮素需求量下, 应以烤烟打顶前氮素需求量和土壤氮素供应量来计算烤烟氮肥需求量。

关键词: 氮素; 烤烟; 黄壤; 红壤; 水稻土

Nitrogen Uptake of Flue-Cured Tobacco in Typical Types of Soil in Southwest China

LIU Qing-Li¹, CHEN Fu¹, ZHANG Yun-Gui², LI Zhi-Hong^{2,*}, JIAO Yong-Ge², and GU Hai-Hong²

¹ College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China; ² Institute of Agricultural Resource and Agricultural Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

Abstract: The aims of this study were to ascertain the difference of nitrogen uptake and verify the absorption law of the nitrogen from soil and fertilizer for tobacco grown in southwest China with red soil, yellow soil, and paddy soil by ¹⁵N tracer. The results showed a significant positive correlation between N accumulation amount and yield in flue-cured tobacco, and a suitable nitrogen demand of 60–100 kg ha⁻¹ for tobacco in southwest zone. Absorption dynamics of nitrogen were different for flue-cured tobacco planted in various types of soil. For rate of nitrogen absorption before topping, the highest was for the tobacco planted in red soil, followed by that in paddy soil and the lowest was for that in yellow soil. N uptake peaks of tobacco planted in red soil, paddy soil and yellow soil were peaked in 7 weeks, 9 weeks, and 11 weeks after transplanting respectively. The absorption changes of soil nitrogen and fertilizer nitrogen in tobacco all showed a single peak curve, and the peak of the absorption curves of fertilizer nitrogen was earlier than soil nitrogen. Uptake rate of soil nitrogen in flue-cured tobacco was gradually higher than fertilizer nitrogen after starting prosperous growth and transferred to the stage of soil nitrogen-dominated absorption. The accumulation ratios of soil nitrogen and fertilizer nitrogen in tobacco before topping accounted 59.8% and 72.1% respectively. The proportions of N accumulation before topping were 87.8%, 47.3%, and 49.2% for tobacco grown in red soil, yellow soil and paddy soil respectively. In conclusion, the fertilizer N demand for tobacco should be estimated with N requirement and soil N supply before topping under proper N demand according to nitrogen absorption law.

Keywords: Nitrogen; Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.); Yellow soil; Red soil; Paddy

烤烟是一种对氮素极其敏感的叶用经济作物, 不适量、不适时的氮素供应将导致烟叶质量下降。了解烤烟对不同来源氮的吸收、利用规律, 确定适

宜的氮素施用量、施用时期和施用方法, 对提高烟叶品质十分重要。不同条件下烤烟氮的吸收累积不同, 比较这些差异有利于改进烟田氮素管理措施、

本研究由国家烟草专卖局科技项目(110200601014)资助。

* 通讯作者(Corresponding author): 李志宏, E-mail: zhli@caas.ac.cn, Tel: 010-82106198

第一作者联系方式: E-mail: lq1000@126.com, Tel: 010-82106198

Received(收稿日期): 2012-05-31; Accepted(接受日期): 2012-11-16; Published online(网络出版日期): 2013-01-04.

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1809.S.20130104.1735.015.html>

调节烤烟营养^[1]。土壤是作物生长发育的基础，土壤有机质水平^[2-3]、土壤质地^[4]、土壤酸碱度^[5]、土壤氧化还原状况^[6]等性状均影响烤烟生长及烤烟养分的吸收。土类是根据成土条件、成土过程和由此发生的土壤属性三者的统一和综合划分的。同一土类的成土条件、成土过程和主要属性相同，不同土类的成土条件、成土过程和主要属性存在质的区别^[7]。研究不同土壤类型的烤烟养分吸收及分配规律，可以寻同求异，有针对性地开展养分管理。但目前的研究多是针对某一种土壤类型开展的，如王鹏等^[8]在黄壤上、张本强等^[9]在褐土上、王宁等^[10]在黑钙土上、焦永鸽等^[11]在红壤上、谷海红等^[12]在水稻土上研究了烤烟氮素吸收规律。这些研究由于研究方法或试验条件的差异，很难进行对比。因此本文采用¹⁵N 同位素示踪方法，在相同栽培管理措施下，研究西南烟区 3 种主要土壤类型——红壤、黄壤以及水稻土上种植的烤烟氮素吸收差异，探明西南烟区烤烟氮素来源及吸收规律。

1 材料与方法

1.1 试验地点

我国西南烟草种植区包括云南省、贵州省全部，四川省西南部和南部及广西壮族自治区西北部，是我国最大的烟叶产区。云南省主要植烟土壤为红壤、石灰土、紫色土、水稻土和黄壤，其中红壤占植烟面积的 50%，水稻土占植烟面积的 10%；贵州省植烟土壤主要包括红壤、石灰土、紫色土、黄棕壤及水稻土，其中以黄壤的植烟面积最大，约占 80%；四川省主要植烟土壤为黄壤、红壤和紫色土。因此

选取红壤、黄壤和水稻土研究西南烟区烤烟氮素营养规律。试验分别在贵州金沙县、云南玉溪红塔区、云南建水县 3 个地点进行。

贵州金沙县位于贵州省西北部，毕节地区东部，地处乌蒙山脉与娄山山脉交汇处，坐落于乌江与赤水河之间。地跨东经 105°47′~106°44′，北纬 27°07′~27°46′，地势西南高东北低。年均气温 12.5~16.5℃，年日照时数平均 1098 h，年无霜期平均 275 d，年均降雨量 1050 mm。属北亚热带温湿润季风气候，冬无严寒，夏无酷暑，无霜期长，昼夜温差大，雨量充沛，适宜多种作物生长。

云南玉溪红塔区地处滇中，位于北纬 24°08′~24°32′、东经 102°17′~102°41′；最高海拔为 1502 m，最低海拔为 2614 m，其中试验点海拔高度为 1630 m；属中亚热带半湿润高原季风气候，极端最低气温为 0.2℃，极端最高气温为 31.3℃，年均温为 17.0℃，全年日照 1878 h，日照率为 42%；年均降雨量 894.4 mm。

云南建水县平均海拔 1324 m，位于低纬度地区，北回归线横穿南境，光照时间长，无霜期长，有效积温高，属南亚热带季风气候，受季节和地形变化影响，呈现出夏季炎热多雨，冬季温和少雨的立体气候特征。该地区年平均气温 19.8℃，5~9 月平均气温 22.1℃，年平均地温 20.8℃，年平均日照时数 2322 h，年平均降雨量 805 mm，5~9 月平均降雨量，全年无霜期 307 d。

1.2 试验材料

取红壤、黄壤和水稻土各 2 块试验田，其土壤理化性状见表 1。

表 1 试验田土壤基本理化性状
Table1 Basic soil physical and chemical properties of experimental field

试验田 Field	地点 Site	土壤类型 Soil type	有机质 SOM (g kg ⁻¹)	碱解氮 Alka-hydro N (mg kg ⁻¹)	无机氮 Inorganic nitrogen (mg kg ⁻¹)	速效磷 Olsen.P (mg kg ⁻¹)	速效钾 NH ₄ OAc K (mg kg ⁻¹)	pH
A	贵州金沙 Jinsha, Guizhou	黄壤 Yellow soil	33.8	200.2	77.0	12.3	112.4	5.9
B	贵州金沙 Jinsha, Guizhou	黄壤 Yellow soil	23.7	—	31.0	70.2	239.0	6.9
C	云南玉溪 Yuxi, Yunnan	水稻土 Paddy soil	27.2	50.7	4.3	68.6	160.0	6.3
D	云南玉溪 Yuxi, Yunnan	水稻土 Paddy soil	22.9	44.1	3.9	37.4	87.0	6.7
E	云南建水 Jianshui, Yunnan	红壤 Red soil	15.6	64.0	8.9	28.8	120.0	5.9
F	云南建水 Jianshui, Yunnan	红壤 Red soil	20.2	99.8	17.6	12.4	116.7	5.9

SOM: soil organic matter.

1.3 试验设计

在每块试验田上，设置 3 个小区，小区面积 66 m²。试验田氮、磷、钾肥分别为硝酸铵、过磷酸钙、

硫酸钾。磷肥全部基施，氮肥和钾肥 70%做基施，30%于团棵期做追施(表 2)。其中每个小区采用丰度为 5.3%的¹⁵N 双标记硝酸铵标记 12 株，其余烟株施

用普通硝酸铵, 磷钾肥均相同。移栽苗 20 株, 于移栽后 21、35、49、63、77、91 和 105 d 及成熟期取样。每次采样 2 株, 取标记与非标记各一株。在 105℃ 下杀青 30 min, 60~70℃ 烘干样品至恒重, 称重后粉

碎测全氮[K 氏法, KJELTEC SYSTEM 1002 Distilling Unit (FOSS 公司)、K-05 自动定氮仪], 及同位素标记样品的 ^{15}N 丰度(质谱法, 改进型 ZHT-03 质谱计)。

表 2 试验设计
Table 2 Experiment design

试验田 Field	土壤类型 Soil type	有机质 Organics matter (g kg^{-1})	年份 Year	移栽日期 Transplanting date (month/day)	无机肥 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg hm^{-2})
A	黄壤 Yellow soil	33.80	2007	5/15	90-90-225
B	黄壤 Yellow soil	23.70	2006	5/13	90-90-225
C	水稻土 Paddy soil	27.24	2006	4/27	90-90-180
D	水稻土 Paddy soil	22.89	2006	4/27	90-90-180
E	红壤 Red soil	15.60	2006	5/1	90-90-270
F	红壤 Red soil	20.20	2006	5/1	90-90-270

1.4 田间管理

基肥混合氮磷钾肥料穴施, 将肥料与穴内 20 cm×20 cm×10 cm 土壤混合, ^{15}N 处理烟株间用 30 cm 深度塑料薄膜隔断, 追肥将以少量水溶解 $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ 浇在距根茎 5 cm 处, 用土覆盖。

大田试验均采用当地主栽烤烟品种 K326, 移栽苗选用漂浮育苗。种植密度为 16 500 株 hm^{-2} , 以 110 cm 行距和 55 cm 株距定植。起垄施肥后覆盖地膜, 团棵期揭去地膜, 之后中耕培土, 以利于烟草根系生长。烤烟移栽后现蕾打顶, 留叶 18~22 片。田间管理按优质烟生产技术措施实施。

1.5 数据统计

烟株吸收总氮量(g)=植株氮含量(%)×干物质重(g)

烟株吸收肥料氮量(g)=烟株吸收总氮量(g)×烟株的 ^{15}N 原子百分超(%) / 肥料 ^{15}N 的原子百分超(%)

烟株吸收土壤氮(g)=烟株吸收总氮量(g)-烟株吸收肥料氮(g)

2 结果与分析

2.1 西南烟区典型植烟土壤上烤烟氮吸收动态

2.1.1 不同类型土壤上烤烟总氮吸收动态 图 1 所示, 红壤上烤烟移栽 3 周后氮素吸收速率迅速增加, 7 周达高峰, 之后迅速下降, 至烤烟移栽 11 周降到谷底。水稻土上烤烟移栽 4 周后吸收速率急剧增加, 至打顶期(9 周)达高峰, 之后缓慢下降, 在烤烟成熟期仍继续吸收氮。黄壤上烤烟移栽 11 周才达到氮素吸收高峰, 之后氮素吸收急剧下降, 烤烟移栽 13 周后基本不再吸收。在氮吸收速率达到高峰之前,

烤烟氮的吸收速率表现为红壤高于水稻土和黄壤, 烤烟氮素吸收高峰到达的时间表现为红壤早于水稻土早于黄壤。表明红壤上烤烟前期氮吸收速率高, 氮吸收速率达到高峰的时间早, 烤烟生长后期氮素吸收速率降低也快; 并且烤烟生长前期氮的吸收速率越高, 氮吸收高峰到来的也越早。

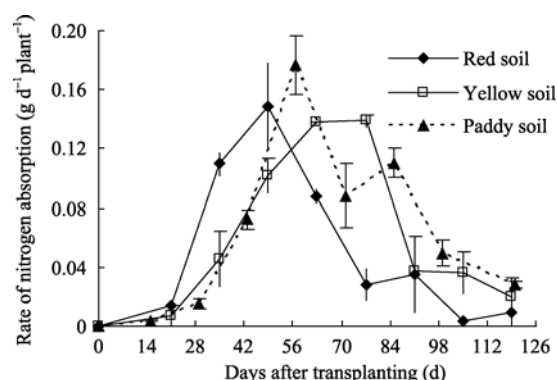


图 1 不同类型土壤上烤烟氮素吸收曲线
Fig. 1 Absorption curves of N in tobacco plants in several types of soil

2.1.2 不同类型土壤上烤烟化肥氮吸收 红壤、黄壤、水稻土壤烤烟的肥料氮吸收曲线相对一致(图 2), 红壤上烤烟移栽 3 周后化肥氮吸收速率迅速增加, 移栽 7 周达到高峰, 之后迅速下降, 至移栽 9 周降到谷底。水稻土上烤烟移栽 4 周左右吸收速率急剧增加, 移栽 9 周后达高峰, 之后急剧下降, 打顶期后(10 周)趋于稳定。黄壤上烤烟移栽 5 周后化肥氮吸收速率迅速增加, 移栽 9 周达到高峰, 之后迅速下降, 至移栽 11 周趋于稳定。虽然 3 种土壤上烤烟进入氮素迅速吸收期的时间不同, 但烤烟对肥料氮

的迅速吸收期主要集中在烤烟开始旺长的6周时间内。从图2可以看到烤烟生长后期有一个小的吸收峰,这可能是烤烟生长后期烟杈、腋芽生长引起氮吸收量增加造成的。

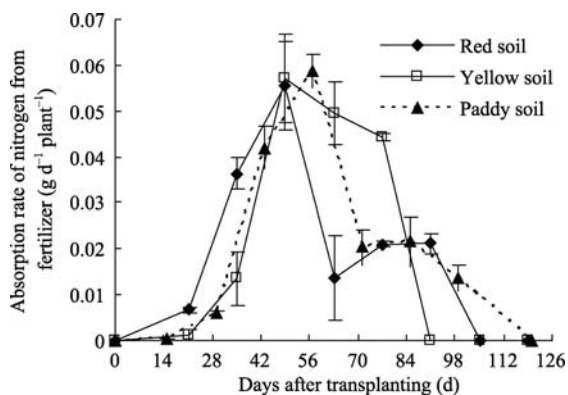


图2 不同土壤上烤烟的肥料氮吸收曲线
Fig. 2 Absorption curves of fertilizer N in tobacco plants in several types of soil

2.1.3 不同类型土壤上烤烟土壤氮吸收 从图3可以看出,3种土壤上烤烟的土壤氮吸收曲线峰值较烤烟总氮吸收曲线峰值延后,但吸收动态一致。其中红壤上烤烟移栽3周后进入旺长期,土壤氮吸收速率迅速增加,移栽7周达到高峰,之后迅速下降,至烤烟移栽11周降到谷底。水稻土上烤烟移栽5周进入旺长期,氮素吸收速率急剧增加,移栽8周达高峰,之后缓慢下降。黄壤上烤烟移栽5周后土壤氮吸收速率迅速增加,移栽11周达高峰,之后迅速下降,至移栽13周趋于稳定,因此烤烟氮的吸收动态主要取决烤烟对土壤氮的吸收。从整个生长期来看,烤烟生长前期,红壤烤烟的氮素吸收速率显著高于水稻土烤烟和黄壤烤烟,而烤烟生长后期则反之。

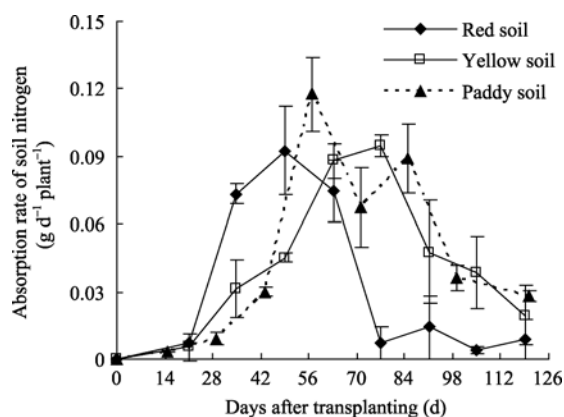


图3 不同土壤上烤烟的土壤氮吸收曲线
Fig. 3 Absorption curves of soil N in tobacco plants on several types of soil

2.1.4 烤烟不同来源氮的吸收动态 烤烟中总氮、土壤氮、肥料氮的吸收曲线均为单峰曲线,但肥料氮的吸收高峰早于土壤氮(图4)。烤烟自进入旺长期,化肥氮和土壤氮的吸收速率开始迅速增加,肥料氮吸收速率至烤烟现蕾期(8周左右)达高峰;土壤氮的吸收速率高峰晚于肥料氮,至打顶期(9周)吸收速率达到高峰。在烤烟生长前期土壤氮吸收速率与肥料氮吸收速率相当,随着生育期的推进,二者差异越大,前者逐渐高于后者。

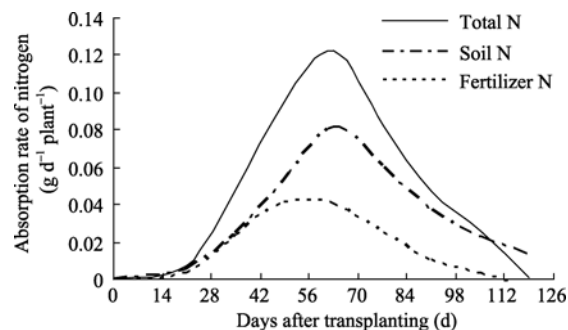


图4 烤烟中不同来源氮的吸收动态
Fig. 4 Absorption curves of soil N and fertilizer N in tobacco plant in several types of soil

2.2 西南烟区典型植烟土壤上烤烟的氮素累积

2.2.1 总氮素累积动态 随着烤烟生长,氮素累积量不断增加,至烤烟采收结束,红壤、黄壤、水稻土烤烟最大累积量分别达100.1、117.3和127.5 kg hm⁻²。尽管红壤上烤烟氮素累积总量低于黄壤上和水稻土上,但氮素累积速率红壤上却高于黄壤上和水稻土上,水稻土烤烟和黄壤烤烟氮素累积速率差异不显著。如图5所示,移栽初期(3周)红壤上烤烟氮素累积量很低,仅占总累积量的4.8%;3周后烤烟

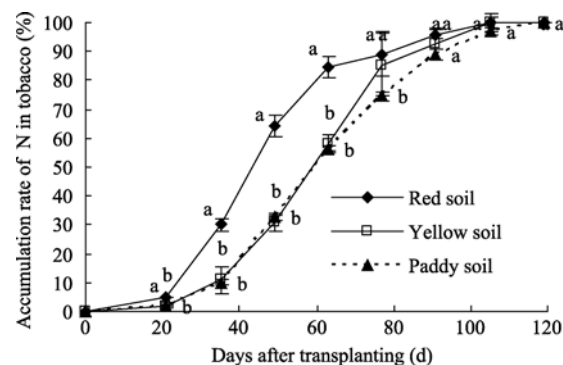


图5 不同土壤上烤烟氮累积动态
Fig. 5 Dynamic changes of cumulative N in tobacco-plants on several types of soil

同一时期数字后相同字母表示差异不显著(Duncan's, $P < 0.05$).
Values in the same stage with the same letter are not significantly different (Duncan's, $P < 0.05$).

进入旺长期,氮累积量呈线性增加,至烤烟移栽 9 周氮素累积量占烤烟生育期氮素累积总量的 84.6%,打顶后的氮素吸收比例为 15.4%。黄壤烤烟生长前期氮素累积速率显著低于红壤烤烟,至打顶期氮素累积比例为 58.1%,打顶后仍快速累积,至 11 周达 85.4%。水稻土烤烟生长前期氮素累积比例显著低于红壤烤烟,打顶期的氮素累积比例为 56.4%,打顶后氮素累积量呈逐步增加趋势,直至烤烟生长结束。

2.2.2 土壤氮累积动态 统计分析显示,打顶前(9 周),红壤烤烟的土壤氮素累积速率显著高于黄壤烤烟和水稻土烤烟,后二者土壤氮累积曲线差异不显著。如图 6 所示,红壤烤烟在移栽后 3 周即进入快速累积期,至 9 周土壤氮累积量占整个生育期土壤氮累积总量的 87.8%,打顶后土壤氮的吸收比例为 12.2%;且打顶前红壤烤烟土壤氮累积量显著高于黄壤烤烟和水稻土烤烟。黄壤烤烟至打顶期土壤氮累积比例为 47.3%,打顶后仍快速累积,至 11 周达 73.2%。水稻土烤烟打顶期的土壤氮累积比例为 49.2%,打顶后呈逐步增加趋势,直至烤烟生长结束。采收结束后,红壤、黄壤、水稻土烤烟中土壤氮累积量分别为 66.4、84.3 和 91.2 kg hm⁻²,对烤烟氮的贡献率分别为 69.2%、72.7%和 71.5%。

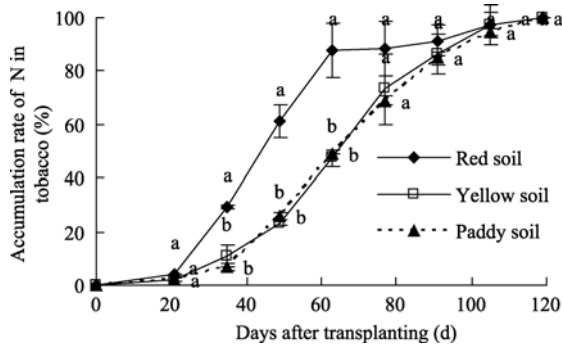


图 6 不同类型土壤烤烟土壤氮累积动态

Fig. 6 Accumulation trends of soil N in tobacco plants on several types of soil

同一时期数字后相同字母表示差异不显著(Duncan's, $P < 0.05$).
Values in the same stage with the same letter are not significantly different (Duncan's, $P < 0.05$).

2.2.3 肥料氮累积动态 不同类型土壤烤烟中肥料氮的累积速率差异较土壤氮小。如图 7 所示,红壤烤烟移栽后 3 周即进入快速累积期,至 9 周肥料氮素累积量占烤烟生育期肥料氮累积总量 69.8%,打顶后的肥料氮吸收比例为 30.2%。黄壤烤烟至打顶期肥料氮累积比例为 73.4%,打顶后肥料氮仍快

速累积。水稻土烤烟氮素累积比例打顶期为 72.0%,打顶后呈逐步增加趋势,直至烤烟生长结束。采收结束时,红壤、黄壤、水稻土烤烟中肥料氮的累积量分别为 29.6、31.7 和 36.3 kg hm⁻²,对烤烟总氮的贡献率分别为 30.8%、27.3%和 28.5%。

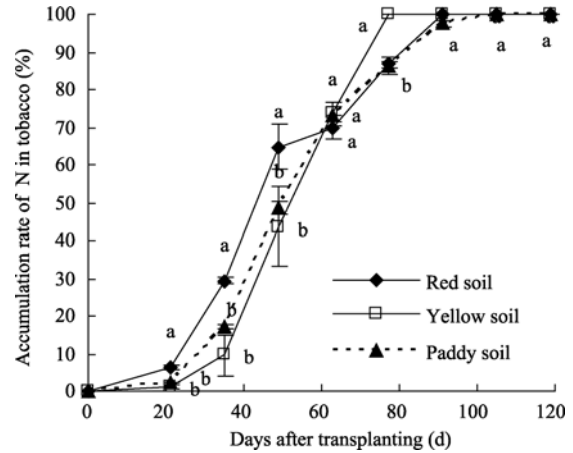


图 7 不同类型土壤烤烟中肥料氮累积动态

Fig. 7 Dynamic changes of fertilizer N in tobacco plants on several types of soil

同一时期数字后相同字母表示差异不显著(Duncan's, $P < 0.05$).

Values in the same stage with the same letter are not significant different (Duncan's, $P < 0.05$).

2.2.4 烤烟中不同来源氮素累积动态的比较 打顶期烤烟中土壤氮累积量与肥料氮累积量无显著差异,成熟期烤烟中土壤氮累积量显著高于肥料氮(图 8-A)。烤烟中土壤氮、肥料氮累积速率曲线均呈 S 型,且烟株中来自肥料的氮累积速率高于土壤氮。至打顶期烤烟中土壤氮累积比例平均为 59.8%,肥料为 72.1%,打顶后土壤氮的累积比例为 40.2%,肥料氮为 27.9%。方差分析显示,打顶前烤烟中土壤氮累积速率与肥料氮累积速率无显著差异,打顶后(移栽后 9 周)二者差异显著(图 8-B)。

2.3 西南烟区烤烟氮素需求量

2.3.1 烤烟氮素累积与烟叶产量的关系 烟叶是烤烟的主要经济产物,烟叶的产量和质量决定了烤烟生产的经济收益。烤烟氮素的累积与烟叶产量显著正相关($r = 0.817$, $P < 0.01$),如图 9 所示,不同生态条件下烟叶干物质累积量随烤烟氮素累积增加而增加,当烤烟氮素累积量达 100 kg hm⁻²,烟叶干物质产量趋于稳定。当烤烟氮素累积量超过 100 kg hm⁻²,茎(包括花和烟叉)的氮素累积量直线上升(图 10),表明氮素供应量过高会引起烤烟生长后期烟杈徒长、腋芽丛生。

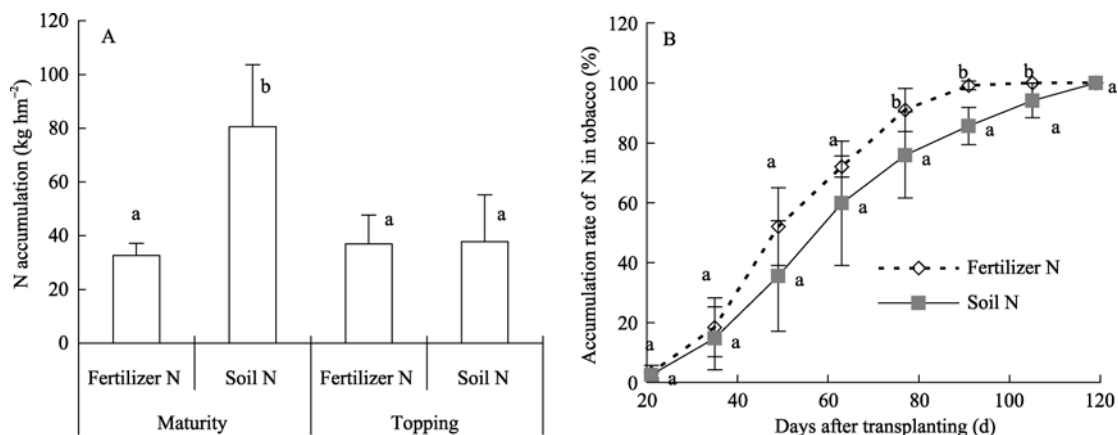


图 8 烤烟中土壤氮和肥料氮累积动态

Fig. 8 Dynamic changes of the soil N and fertilizer N in tobacco plant on several types of soil

同一时期数字后相同字母表示差异不显著(Duncan's, $P < 0.05$)。

Values in the same stage with the same letter are not significantly different (Duncan's, $P < 0.05$).

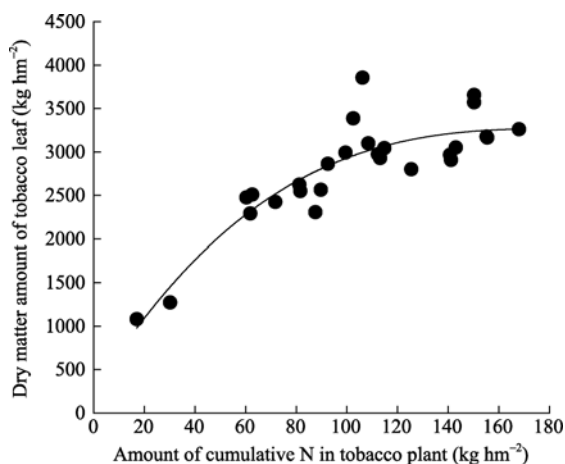


图 9 烤烟氮素累积量与烟叶生物量的关系

Fig. 9 Relationship between amount N and leaf biomass

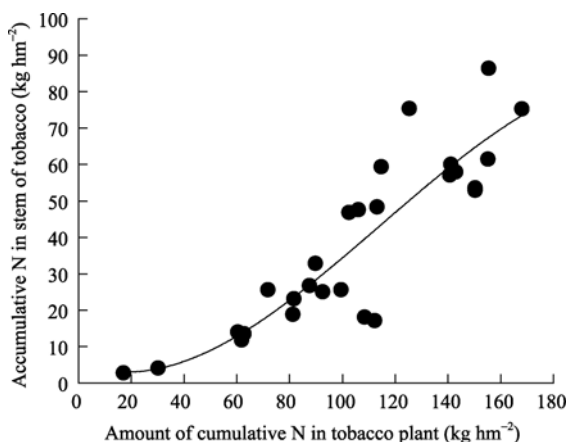


图 10 烤烟氮素累积量与烟茎氮素累积的关系

Fig. 10 Relationship between N of plant and N of stem

2.3.2 烤烟氮素累积与烟叶化学成分的关系

氮、烟碱是烟叶内在质量的重要指标。烟叶总氮含量低则吃味平淡, 总氮含量高则产生浓烈辛辣的烟气, 刺激性较大。烟碱含量过低, 劲头小, 吃味平淡; 烟碱含量过高, 刺激性大, 味苦, 烟味辛辣。烤烟的总氮含量范围为 1.5%~3.5%, 最适宜含量为 2.5%。烤烟烟碱含量范围为 1.5%~3.5%, 小于 1%, 劲头足; 大于 3.5%, 劲头太强; 最适为 2%^[1]。田间试验研究显示, 烤烟氮素累积量与上部烟叶氮 ($r=0.953$, $P < 0.01$)、烟碱含量 ($r=0.729$, $P < 0.01$) 显著正相关(图 11), 随着烤烟氮素累积量的增加, 烟叶氮、烟碱含量也随之增加, 烤烟氮累积量达到 100 kg hm⁻² 时, 烟叶氮含量达到 2.5% 左右, 烟叶烟碱含量

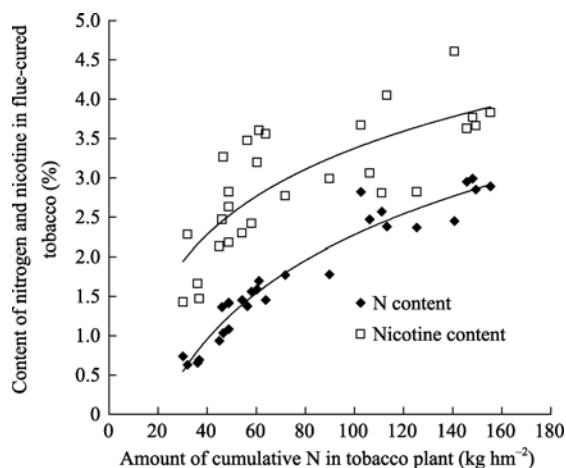


图 11 烤烟氮素累积与烟叶氮、烟碱含量的关系

Fig. 11 Relationship of nicotine and nitrogen content with gross N in flue-cured tobacco

达 3.5% 的上限, 烤烟氮素累积量继续增加, 不利于上部烟叶好品质的形成。

3 讨论

3.1 西南烟区烤烟氮素需求量

烟叶干物质累积量随烤烟氮素累积增加而增加, 当烤烟氮素累积量达 100 kg hm^{-2} , 烟叶干物质产量趋于稳定, 因此对于西南烟区而言, 烤烟氮的最大适宜需求量为 100 kg hm^{-2} , 此时烟叶干物质累积量达到了 3000 kg hm^{-2} 。但烟叶产量与质量是商品烟叶的 2 个属性, 在产量较低的情况下, 产量是矛盾的主要方面, 随着产量的增加, 烟叶质量也随之提高; 产量在适宜的范围内, 烟叶质量较好; 当超过这个范围后, 质量成为矛盾的主要方面, 随着产量的进一步提高, 烟叶质量迅速下降^[13]。戴冕等^[13]通过 4 年的研究明确了各烤烟主产省的适宜产量范围, 其中贵州省为 $1815 \sim 2250 \text{ kg hm}^{-2}$ 、云南省为 $2100 \sim 2650 \text{ kg hm}^{-2}$ 。以烟叶有效产出率为 90% 来计算, 烟叶干物质适宜累积量为 $2100 \sim 3000 \text{ kg hm}^{-2}$, 因此烤烟氮适宜需求量为 $60 \sim 100 \text{ kg hm}^{-2}$ 。在这个范围内, 烟叶氮含量为 1.5%~2.5%, 烟碱含量为 2.5%~3.5%; 烟叶化学成分协调, 有利于上部烟叶好品质的形成。

3.2 西南烟区烤烟氮素吸收规律

优质烟叶的生产应该使烟叶在适当的发育时期及时地以氮代谢为主转变为以碳的积累代谢为主^[14], 但这种转变只有在适宜的氮素供给和氮素吸收下才能实现。烤烟总氮的吸收动态主要取决于烤烟对土壤氮素的吸收, 研究表明红壤、水稻、黄壤烤烟肥料氮的吸收曲线相对一致; 而土壤氮的吸收曲线峰值较烤烟总氮吸收曲线峰值延后, 并且在烤烟生长后期, 黄壤和水稻土烤烟氮素吸收速率显著高于红壤烤烟。西南烟区红壤、水稻和黄壤烤烟总氮吸收高峰分别在移栽后 7、9 和 11 周, 水稻土和黄壤烤烟的氮素吸收高峰显著延后, 拉长了营养生长期, 使生长后期氮吸收量增加, 碳氮代谢过渡期推迟。这可能是由于水稻土具有明显的耕作层和犁底层, 坚实、粘重、不漏水的犁底层; 黄壤多数质地粘重、结构性差和透水性差, 使烤烟根系很难生长, 限制了根系的生长范围^[15], 使烤烟生长前期吸收速率降低。

3.3 西南烟区烤烟的氮素管理

目前施肥量多以作物整个生育期的氮素供应量

和需求量来预测, 例如用地力等级法^[16]、临界值指标法^[17]和养分平衡法^[18]等。但由于形成良好的烤烟产量和质量, 要求烟株吸收氮素总量的 95% 在开始现蕾时完成, 其后持续吸收的氮素一般在 5% 左右, 最多不能超过总吸收氮量的 10%^[19]。因此烤烟打顶前氮素的供应量应达整个生育期供氮量的 90%。西南烟区烤烟打顶前土壤氮的累积比例为 59.8%, 肥料氮为 72.1%。如果以整个生育土壤氮素供应量来预测施肥量, 则可能造成烤烟生长前期氮素供应不足。因此建议以烤烟打顶前氮素需求量和土壤氮素供应量来计算烤烟氮肥需求量。由于不同土壤类型烤烟打顶前氮素累积比例差异显著, 其中红壤、黄壤和水稻土烤烟打顶前土壤氮累积比例分别为 87.8%、47.3% 和 49.2%, 因此对于不同土壤类型在计算施肥量时应区别对待。

4 结论

在西南烟区, 烤烟中总氮、土壤氮和肥料氮吸收速率的变化均呈单峰曲线, 但肥料氮的吸收高峰早于土壤氮; 烤烟进入旺长期以后, 烤烟土壤氮的吸收速率逐渐高于肥料氮, 转入以吸收土壤氮为主。红壤烤烟前期氮素吸收速率高, 峰值出现早, 后期氮素吸收速率下降也快。黄壤和水稻土烤烟前期氮素吸收速率较低、增速缓、峰值延后, 拉长了营养生长期, 打顶后氮素吸收比例增加。红壤、黄壤和水稻土打顶前土壤氮累积比例分别为 87.8%、47.3% 和 49.2%。不同土壤类型烤烟打顶前氮素累积比例差异显著, 在计算施肥量时应区别对待。

References

- [1] Wang R-X(王瑞新). Tobacco Chemistry (烟草化学). Beijing: China Agriculture Press, 2003 (in Chinese)
- [2] Jiao Y-G(焦永鸽), Li T-F(李天福), Zhang Y-G(张云贵), Li Z-H(李志宏), Liu H-B(刘宏斌), Gu H-H(谷海红). Effect of organic matter on accumulation and distribution of nitrogen of the flue-cured tobacco in red soil. *Plant Nutr Fert Sci* (植物营养与肥料学报), 2009, 15(4): 923-929 (in Chinese with English abstract)
- [3] Ma X-H(马兴华), Zhang Z-F(张忠锋), Rong F-F(荣凡番), Yuan Y-M(苑举民), Liu S-C(刘树村), Wang W-J(王文杰), Shi Y(石屹). Studies on nitrogen absorption, distribution and utilization in flue-cured tobacco under higher and lower fertility conditions. *Chin Tob Sci* (中国烟草科学), 2009, 30(1): 1-4 (in Chinese with English abstract)

- [4] Ji H-X(鞠红霞). Effects of Soil Conditions on the Growth, Nutrients Accumulation and Quality of Flue-Cured Tobacco. MS Thesis of Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2006 (in Chinese with English abstract)
- [5] Tang L-N(唐莉娜), Xiong D-Z(熊德中). Effects of soil acidity adjustment on root growth and chemical compositions of the cured leaves in flue-cured tobacco. *Chin J Eco-Agric* (中国生态学报), 2002, 10(4): 65–67 (in Chinese with English abstract)
- [6] Wang L-X(汪祿祥). The Oxidation-Reduction Status in Tobacco-Grown Soils in Yunnan Province and Tobacco Nutrition. MS Thesis of Southwest Agricultural University, 2001 (in Chinese with English abstract)
- [7] Zhang F-R(张凤荣). Soil Geography (土壤地理学). Beijing: China Agriculture Press, 2002 (in Chinese)
- [8] Wang P(王鹏), Zeng L-L(曾玲玲), Wang F-P(王发鹏), Zhou J-C(周建朝), Zhang W-L(张维理), Li Z-H(李志宏). Study of ^{15}N accumulation, distribution and utilization flue-cured tobacco on yellow soils. *Plant Nutr Fert Sci* (植物营养与肥料学报), 2009, 15(3): 677–682 (in Chinese with English abstract)
- [9] Zhang B-Q(张本强), Ma X-H(马兴华), Wang S-K(王术科), Wang Y(王毅), Sun G(孙刚), Guan E-S(管恩森), Wu H-Y(吴元华), Chen X-D(陈向东), Zhang Y-Y(张艳艳), Shi Y(石屹), Zhang Z-F(张忠锋). Effects of nitrogen application regimes on nitrogen uptake, accumulation and quality of flue-cured tobacco. *Chin Tob Sci* (中国烟草科学), 2011, 32(5): 56–62 (in Chinese with English abstract)
- [10] Wang N(王宁), Li D-Z(李大壮), Han S-X(韩世欣), Ye Y(叶义), Wang X-Y(王辛雨), Guan X(关鑫), Lü M(吕明), Wang P(王鹏). The N accumulation and distribution and quality in flue-cured tobacco in chernozem. *Chin J Soil Sci* (土壤通报), 2011, 42(2): 178–181 (in Chinese with English abstract)
- [11] Jiao Y-G(焦永鸽), Li T-F(李天福), Zhang Y-G(张云贵), Li Z-H(李志宏), Liu L-H(刘宏斌), Gu H-H(谷海红). Effect of organic matter on accumulation and distribution of nitrogen of the flue-cured tobacco in red soil. *Plant Nutr Fert Sci* (植物营养与肥料学报), 2009, 15(4): 923–929 (in Chinese with English abstract)
- [12] Gu H-H(谷海红), Liu H-B(刘宏斌), Wang S-H(王树会), Li T-F(李天福), Zhang Y-G(张云贵), Jiao Y-G(焦永鸽), Li Z-H(李志宏). Study on accumulation and distribution of different sources of nitrogen in flue-cured tobacco plant by ^{15}N tracer. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 2008, 41(9): 2693–2702 (in Chinese with English abstract)
- [13] Su D-C(苏德成). Chinese Tobacco Cultivation (中国烟草栽培学). Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 2005. pp 92–108 (in Chinese)
- [14] Shi H-Z(史宏志), Han J-F(韩锦峰). The discussion of several questions on carbon and nitrogenous metabolism. *Tob Sci Technol* (烟草科技), 1998, (2): 11–16 (in Chinese)
- [15] Li Y-W(李跃武), Huang Q-H(黄其华). The discussion on producing high quality flue-cured tobacco on southern paddy in China. *Tob Sci Technol* (烟草科技), 1999, (4): 37–39 (in Chinese)
- [16] Jin J-Y(金继运). A systematic approach for soil nutrient status study and its application. *Acta Pedol Sin* (土壤学报), 1995, 32(1): 84–90 (in Chinese)
- [17] Zhou M-Z(周鸣铮). Scientific basis for fertilization by soil testing. *Chin J Soil Sci* (土壤通报), 1984, (4): 156–160 (in Chinese)
- [18] Truog E. Fifty years of soil testing. In: Proceedings of the 7th International Congress Soil Science, 1960. pp 46–53
- [19] Su D-C(苏德成). Nitrogen in tobacco on growth process. In: State Tobacco Monopoly Administration (国家烟草专卖局) ed. Proceedings of Conference on Tobacco Agricultural Science and Technology for Sustainable Development Strategy Outlook at the Turn of the Century (跨世纪烟草农业科技展望和持续发展战略研讨会论文集). Beijing: China Commercial Publishing House, 1999. pp 80–84 (in Chinese)