

不同施氮水平对水稻土氮素供应和烤烟氮素吸收积累的影响

樊玉星¹, 张洁洁¹, 闫凯龙², 苏 强¹, 刘 阳^{3*}

(1 安徽中烟工业有限责任公司阜阳卷烟厂, 安徽阜阳 236000; 2 河南农业大学烟草学院, 郑州 450002; 3 中国烟草总公司郑州烟草研究院, 郑州 450001)

摘 要：采用大田试验研究分析了凉山州植烟水稻土在不同施氮水平下的无机氮供应动态、烟株干物质积累、烟株对氮素的吸收分配规律以及烤后烟叶品质的差异。结果表明：施氮对土壤无机氮的影响持续到移栽后 13 周，随施氮量的增加土壤无机氮浓度升高，各处理无机氮供应高峰出现在移栽后 7 周和 13 周；各施氮处理烟株干物质积累均显著高于不施氮处理，说明施氮可以促进前期烟株根系的发育；施氮显著提高了各时期烟株中氮素的含量，尤其表现在移栽后 9 ~ 11 周，施氮 75 kg/hm² 处理烟株氮积累量显著高于施氮 45 kg/hm² 处理，但施氮 105 kg/hm² 处理积累量与施氮 75 kg/hm² 处理差异不大。综合感官评吸结果，本研究认为供试水稻土施氮量以 75 kg/hm² 较为适宜。

关键词：烤烟；水稻土；供氮动态；干物质；氮营养
中图分类号：S572

在我国农业生产中，氮肥的利用率一直不高，大量氮肥的投入不仅是对资源的一种浪费，更对环境造成了不可评估的污染。为了追求短期经济效益而大量不合理施用氮肥的依旧存在，造成了土壤硝态氮的大量流失，水体污染加剧。烟草施肥过量还导致烟叶品质降低，烟叶粗糙，刺激性大，可用性差。目前，已有较多关于氮肥施用量的报道^[1-4]，但是如何精准施氮的问题并没有得到很好地解决，由于田间土壤氮素矿化环境的多样性和复杂性，至今尚没有一种很好的方法能够准确地预测当季栽培土壤的矿化氮含量。有研究表明，土壤矿化势与植物吸氮量有较好的相关性^[3-6]，但也有研究指出土壤矿化势不能很好地反映田间土壤状况，较实际土壤矿化氮量偏高，不能真实地体现土壤供氮水平^[7-8]。另外以水稻土为对象

的相关研究较少，因此本试验选取四川凉山州烟区水稻土为试验用土，采用田间小区试验研究了不同施氮水平下，烟草生育期内土壤无机氮的变化动态、有机氮矿化量积累及各时期氮素在烟株中积累分配情况，以明确施氮对土壤氮素供应和烟草氮营养的影响，从而根据土壤氮素供应特点采取相应养分管理措施，为提高凉山州水稻土植烟区域烟叶品质提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验区基本情况

试验点位于四川省凉山州德昌县阿月乡黄家坝村，海拔 1 387 m。供试土壤为水稻土，质地为黏壤，前茬作物为小麦，土壤基本理化性状见表 1。

表 1 试验田土壤基本理化性状
Table 1 Basic physical and chemical properties of tested soil

土壤	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH
水稻土	31.5	1.76	152.9	21.7	137.1	5.83

1.2 田间试验设计

试验设 4 个处理，分别为 CK(不施氮肥)、T1 (45 kg/hm²，以纯氮计，下同)、T2(75 kg/hm²)、T3

(105 kg/hm²)，其中 T2 施氮量为当地推荐施肥量。试验采用随机区组设计，3 次重复，共 12 个小区，每小区 100 株烟，各处理施用肥料中氮肥为硝铵磷，磷

* 通讯作者(liuy407@163.com)
作者简介：樊玉星(1986—)，男，农学学士，助理工程师，主要从事烟草原料研究。E-mail: 315630536@qq.com

肥为普钙与硝铵磷, 钾肥为硫酸钾, T2 氮磷钾比例 1:1:3, 其余处理磷钾肥施用量与 T2 相同。

1.3 试验栽培措施及田间管理

烤烟供试品种为云烟 85, 移栽苗采用漂浮育苗, 行株距采取田烟标准为 120 cm × 55 cm, 种植密度为 15 150 株/hm²。移栽当日距烟苗 10 cm 将基肥环施于周围并覆土约 5 cm, 依据当地习惯, 磷肥全部基施, 氮钾肥按基追比施肥, 基肥:追肥=7:3。本次试验移栽日期为 2013 年 4 月 23 日, 烟苗移栽完成后立即采用地膜覆盖, 于团棵期(移栽后 35 天内)揭膜追肥, 其他田间管理按照当地优质烟叶开发生产技术规范进行。

1.4 样品采集

1.4.1 土壤样品采集 移栽前土壤样品采集:于移栽整地前多点采集 0~30 cm 土层混合土样 1 kg, 测定土壤有机质、全氮、碱解氮、速效磷、速效钾、pH、NO₃⁻-N、NH₄⁺-N。

土壤无机氮动态样品采集:全部试验处理于移栽后 3、5、7、9、11、13、15 周在各小区距烟株 20 cm 内按 0~20、20~40 cm 土层分层采集土壤样品测定 NO₃⁻-N、NH₄⁺-N。

田间原位培养(埋袋法)^[9-13]土壤样品采集:在烤烟移栽当日, 在各试验田不施氮肥小区的烟垄上, 取垄脊与垄坡两端共三点 0~30 cm 土层土壤样品, 将其充分混合均匀, 取一半即刻放入冰盒带回用于测定土壤 NO₃⁻-N、NH₄⁺-N, 另一半装入封口袋中并插入塑料软管保持通气埋入 20 cm 土层处进行原位培养, 培养时间为 2 周。2 周后将封口袋取出采集土样, 放入冰盒带回, 用于测定培养后土壤无机氮。与此同时, 采样并进行下一轮田间原位培养, 培养自移栽后 1 周起, 此后每 2 周 1 次至采收结束。氮矿化量即为培养前后无机氮的差值。

1.4.2 烟株样品采集 烟株样品采集:自移栽后第

3 周开始每 2 周采集 1 次至采收结束, 从各处理小区中采样 2 株(移栽第 7 周后改为 1 株), 移栽后第 3、5 周烟株样品分为根、茎、叶 3 部分, 移栽后 7 周烟株样品分为根、茎、上部叶、中部叶、下部叶 5 部分。根在 60℃ 下烘至恒重, 其他各部分分别在 105℃ 杀青, 于 60℃ 下烘干, 称干重, 测定各部分的总氮含量, 用于计算各个部分的吸氮量。

1.5 样品测定项目及方法

土壤样品的测定及方法参考鲍士旦《土壤农化分析》^[9]方法测定, 测定指标包括土壤有机质、全氮、碱解氮、速效磷、速效钾、无机氮、NO₃⁻-N、NH₄⁺-N、pH。

土壤无机氮=土壤 NO₃⁻-N+土壤 NH₄⁺-N; 土壤矿化氮量=培养后土壤无机氮浓度-培养前无机氮浓度; 矿化速率=土壤矿化氮量/矿化时间; 干物质重=根干物质重+茎干物质重+各部位烟叶干物质重; 烟株吸氮量=烟株含氮量×干物质重。

采用 EXCEL2010 和 DPS 7.05 数据处理软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施氮水平下水稻土无机氮动态变化

2.1.1 水稻土不同土层 NO₃⁻-N 动态变化 总体来看, 水稻土各处理 0~20 cm 土层 NO₃⁻-N 变化趋势一致(图 1), 在移栽后 3 周土壤 NO₃⁻-N 上升明显, 移栽后 5~7 周开始降低, 至 9 周时, 施氮处理与不施氮处理 NO₃⁻-N 含量差距较 7 周时明显缩小, 至 11 周出现峰值, 各施氮处理与不施氮处理差距又有所增加, 13 周后各处理无机氮迅速降低, 变化较小。

水稻土 20~40 cm 土层 NO₃⁻-N 变化趋势与 0~20 cm 土层相似, 也呈现高-低-高的走势, 但变化幅度要小于 0~20 cm 土层。各施氮处理间变化走势相同, 移栽后 3~9 周表现为下降, 11 周有所回升, 但回升幅

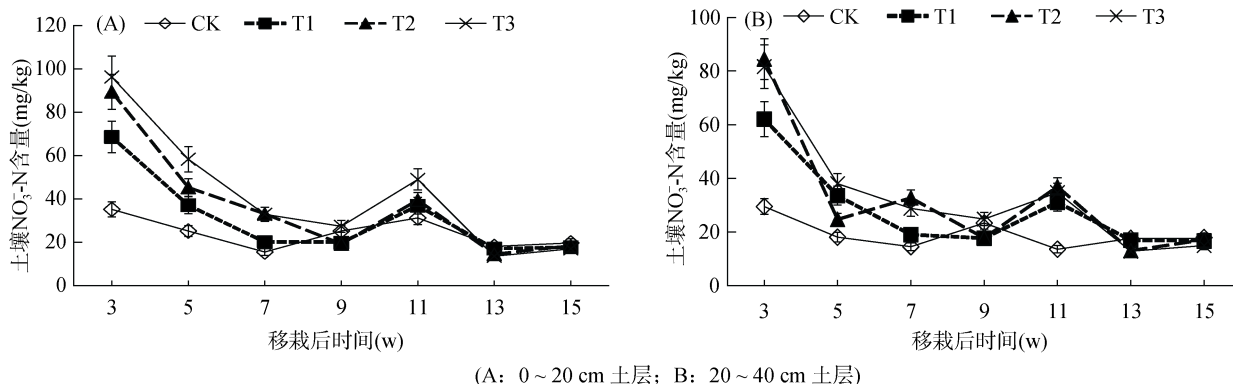


图 1 不同施氮水平下不同土层水稻土 NO₃-N 动态变化

Fig. 1 NO₃-N dynamic changes of paddy soils in different layers under different nitrogen levels

度小于 0~20 cm 土层,表明 20~40 cm 土层微生物活性要低于 0~20 cm 土层,但仍有不可忽视的土壤矿化作用。

2.1.2 水稻土不同土层 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 动态变化 水稻土 0~20 cm 土层 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量呈波动式变化(图 2),施氮对土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 变化趋势的影响主要在 5 周前,7 周后与不施氮处理变化趋势相同。在移栽后 3 周各施氮

处理均表现为 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量的上升,在移栽后 9 周和 13 周出现峰值,这与 $\text{NO}_3^+\text{-N}$ 的变化不一致,由于 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的移动性要差于 $\text{NO}_3^+\text{-N}$,受到降雨的影响较小,在淹水条件下,土壤中氨化作用降低不明显,但硝化作用却明显减弱,烟草生育期内水分状况的不断变化,是导致 $\text{NO}_3^+\text{-N}$ 与 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 变化不一致的主要原因。

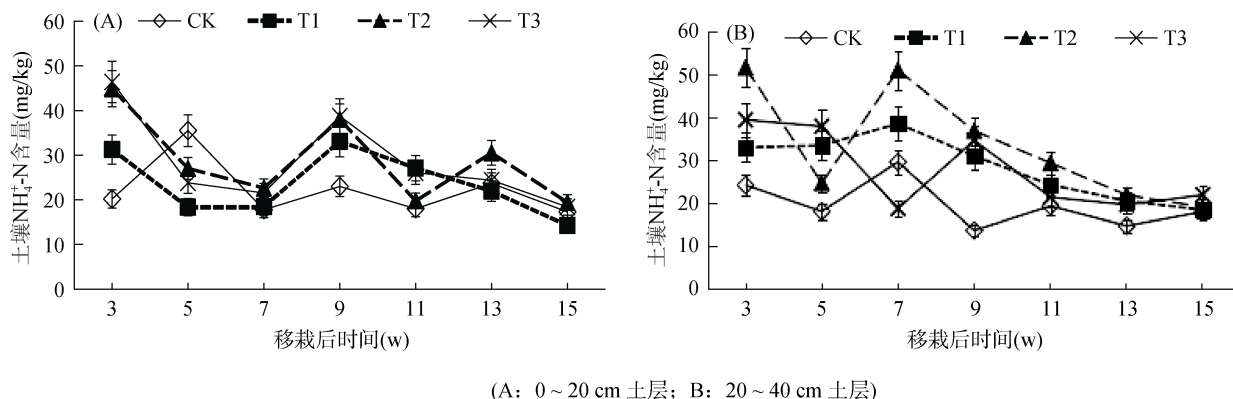


图 2 不同施氮水平下不同土层水稻土 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 动态变化

Fig. 2 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ dynamic changes of paddy soil in different layers under different nitrogen levels

水稻土 20~40 cm 土层 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 动态变化与 0~20 cm 土层相似,但波动幅度较小。施肥导致的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 波动在 9 周后才有所减弱,由于烟株前期根系较小,吸收的土壤养分主要为表层,因此施肥前期 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 保持在较高浓度,且后期 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 供应无明显峰值。

2.1.3 水稻土不同土层无机氮动态变化 由图 3 可知,水稻土 0~20 cm 土层各处理无机氮变化趋势与 $\text{NO}_3^+\text{-N}$ 相同,这是由于 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的变化幅度较 $\text{NO}_3^+\text{-N}$ 小,被 $\text{NO}_3^+\text{-N}$ 动态所掩盖。移栽后 3 周后各施氮处理无机氮提升至 99.85~142.69 mg/kg,7 周后迅速下降至 55.4~82.15 mg/kg,追肥后 5 到 7 周无机氮继

续缓慢下降,追肥于移栽后 5 周左右完成,土壤的肥力储存基本在施基肥时完成,而且此时土壤无机氮含量变化趋于稳定,故追肥对土壤无机氮含量并无太大影响。至 7 周后各处理无机氮含量降至生育期底点,随后开始缓慢上升,上升持续至 11 周,随后又开始降低。施氮处理在 3~11 周显著高于不施氮处理无机氮含量,11 周后表现不显著。20~40 cm 土层水稻各处理无机氮变化与 0~20 cm 相似,各施氮处理在 3~7 周呈降低趋势,但有所波动,这可能是由于 20~40 cm 土层肥料氮分布不均匀导致的。整体来看,20~40 cm 土层各处理在无机氮变化幅度要略小于 0~20 cm 土层,这与微生物的生物活性、土壤通气性等环境因素有关。

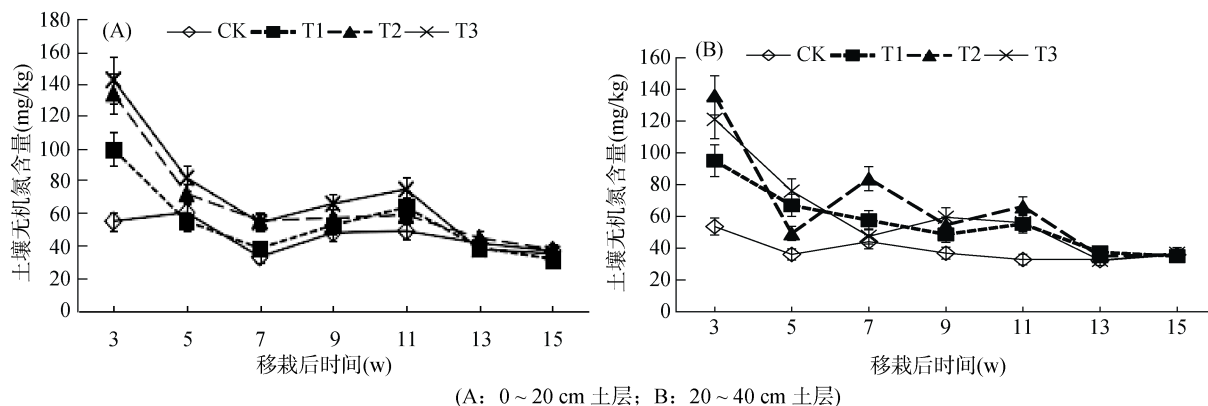


图 3 不同施氮水平下不同土层水稻土无机氮动态变化

Fig. 3 Inorganic nitrogen dynamic changes of paddy soil in different layers under different nitrogen levels

2.1.4 土壤矿化氮积累动态 田间土壤环境因素复杂,土壤矿化易受外界环境因素的影响,土壤温湿度、土壤微生物通量等都会影响土壤氮素矿化。如相同类型水稻土改种蔬菜约 20 年的土壤矿化氮量低于相同类型种植烟叶的水稻土^[10]。氮矿化量是不断变化的,在田间存在一定的不稳定性,有时会呈现波动式变化,采用适宜的施肥措施培肥后氮素的矿化和硝化速率都有很大提高^[11]。图 4 原位培养结果显示,移栽后 5 周内氮矿化量积累较慢,移栽后 5~11 周矿化氮积累速率加快,累积量显著增加,11 周后矿化量增长缓慢并趋于平稳,采烤结束时土壤矿化氮积累量为 133.91 kg/hm²,表明水稻土氮供应能力较高,此地的水稻土适宜种植烟叶。

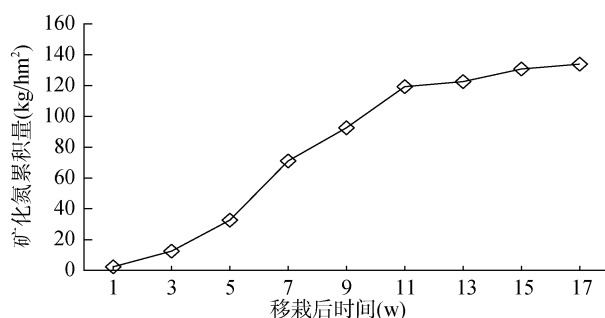


图 4 土壤矿化氮积累动态

Fig. 4 Accumulation dynamics of mineralization nitrogen of paddy soil

2.2 不同施氮水平下烤烟干物质积累动态变化

2.2.1 根的干物质积累 图 5 表明,移栽后 5~9 周,不施氮处理根系干重缓慢增加,9 周时积累量占到总积累量的 46.92%,9~11 周干物质积累速度达到最大,期间积累的干物质质量占总积累量的 39.65%,11 周以后积累趋于平缓,仅占到总积累量(41.43 g/株)的 13.42%。T1 处理移栽后 5~7 周积累较慢,7~11 周增长速度加快,11 周时积累量占到总积累量 60.96%,15 周后积累量达到最大为 104.42 g/株。T2 与 T1 处理的积累规律相似,但积累量有所提高,总积累量达到 111.64 g/株。T3 处理在 5~9 周积累趋势与 T1、T2 处理大致相同,但在 9~11 周积累速率提高至生育期内最高,13 周时达到最大积累量 82.08 g/株。

各时期积累量表明,团棵期(5 周)以前各处理干物质积累强度都较弱,但各施氮处理均显著高于不施氮处理,说明施氮可以促进前期烟株根系的发育,施氮 45 kg/hm²(T1)与 75 kg/hm²(T2)处理根系干物质积累无显著差异,但施氮 105 kg/hm²(T3)处理却显著高于前两者;旺长期到圆顶期,施氮处理的增长速率要显著高于不施氮处理,在一定施氮量范围内对根系干

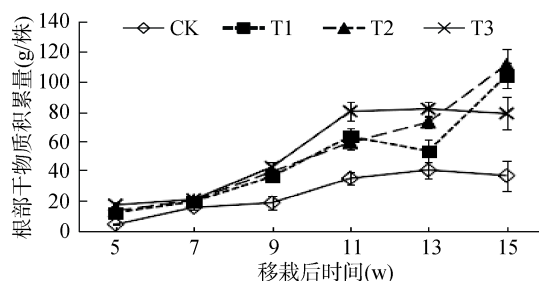


图 5 不同施氮水平下烤烟根干物质积累

Fig. 5 Dry matter accumulations in flue-cured tobacco roots under different nitrogen levels

物质积累影响不大;成熟期氮素过高对根系干重增长无促进作用,可能是施氮过高造成后期烟株含氮化合物的合成过量而抑制了碳水化合物的积累。

2.2.2 茎的干物质积累 茎是烟株运输营养物质的重要器官。从图 6 可知,各处理茎的干物质在 5 周内增长缓慢,5~9 周内各处理增长速率加快,施氮处理的增长速率要显著高于不施氮处理,而施氮处理间积累速率差异不显著。9~11 周,施氮处理积累速率有显著上升达到生育期内最大,T2、T3 处理的积累速率显著高于 T1 处理,而不施氮处理积累速率变化不大且显著低于其他处理。11 周以后,T1、T2、T3 处理积累速率均显著降低,CK 处理在 11~13 周积累速率无显著变化,且 13 周达到茎干重最大积累量。总体来看,施氮提高了各时期烟株茎干重的积累量,在施氮 75 kg/hm² 以上对茎干重增加影响不显著。

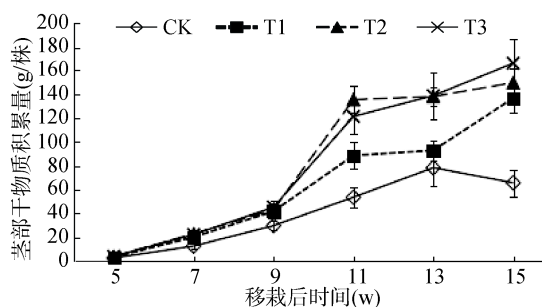


图 6 不同施氮水平下烤烟茎干物质积累

Fig. 6 Dry matter accumulations in flue-cured tobacco stems under different nitrogen levels

2.2.3 叶的干物质积累 各处理烟叶在移栽后 5 周(图 7)干物质积累量差别较明显,CK、T1、T2、T3 处理烟叶干物质积累量分别为 17.54、34.55、39.34、51.64 g/株,施氮处理极显著高于不施氮处理,且不同施氮量处理间差异达到显著水平,表明烟株生育前期施氮量对烟叶干重积累有明显的促进作用。5~9 周各处理积累速率较为接近,在 1.42~1.92 g/(株·d),9 周时各施氮处理仍显著高于不施氮处理,但差距开始缩小,移栽 5 周时各施氮从高到低依次为

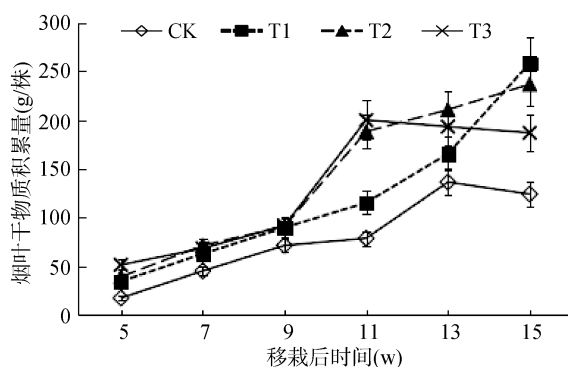


图7 不同施氮水平下烤烟烟叶干物质积累
Fig. 7 Dry matter accumulations in flue-cured tobacco leaves under different nitrogen levels

不施氮处理的 1.97、2.24、2.94 倍,至 9 周时则为 1.25、1.27、1.28 倍,施氮处理间差距缩小。9 ~ 11 周 T2 和 T3 处理积累速率达到生育期最高,而 CK 与 T1 处理积累速率没有显著提升,积累量 T2 与 T3 处理间差异不显著,但都显著高于 T1 与 CK。11 ~ 13 周, T2 与 T3 处理干物质停止积累,而 T1 与 CK 处理却显著增加,这可能与土壤氮供应充足有关,但总积累量仍旧低于 T2 处理。13 ~ 15 周, T1 处理烟重继续增加,达到 T2 积累水平,而 T3 和 CK 却有所减少,表明施氮过高与不施氮均不利于烟叶后期干物质的积累。

从各时间段各部位烟叶的分配比例(图 8)来看,在移栽后第 7 周所有处理均表现为下部叶>中部叶>上部叶,7 周以后下部叶所占比例逐渐缩减,而上部叶的比例逐渐增加,CK 与 T1 处理中部叶占总叶重的比例随生育期变化无明显变化规律,基本维持以相似水平。CK、T3 处理上部叶干重分配比例在移栽后 13 周最高, T1、T2 处理在移栽后 15 周最高。15 周

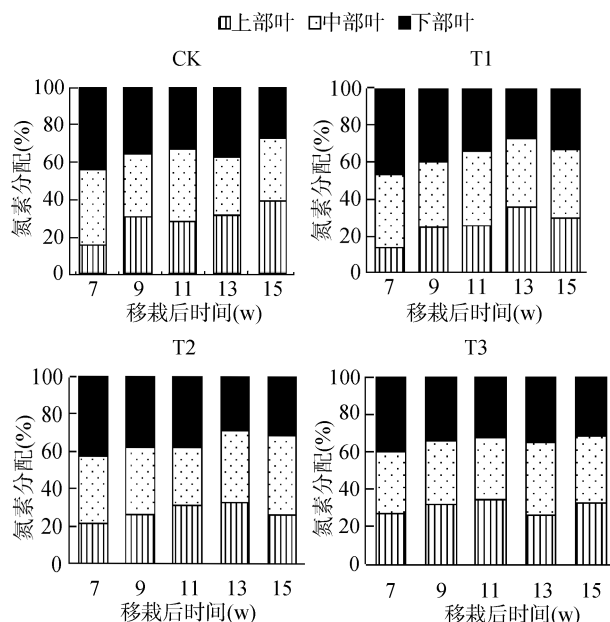


图8 不同施氮水平下各部位烟叶干物质分配比例
Fig. 8 Distribution proportions of dry matter in leaves at different positions under different nitrogen levels

时各部位烟叶干重分配比例分别为上部叶 26.42% ~ 38.77%, 中部叶 33.7% ~ 42.76%, 下部叶 27.52% ~ 33.56%。

2.2.4 烤烟各器官干物质分配比例 由图 9 可知,各处理根茎叶分配动态变化趋势相似,说明不同施氮量对烤烟干物质分配影响不大,各处理均表现为生育前期烟叶所占比例最大,根其次,茎最低;随着生育期的推进,烟叶所占比例呈降低趋势,茎所占比例呈增长趋势,根所占比例比较稳定无明显变化,至成熟期后叶所占比例同样最大,但与茎的差距明显缩小,随着施氮量的增加,茎所占的比例增加,表明在生育后期氮素对茎干重的促进作用最大。

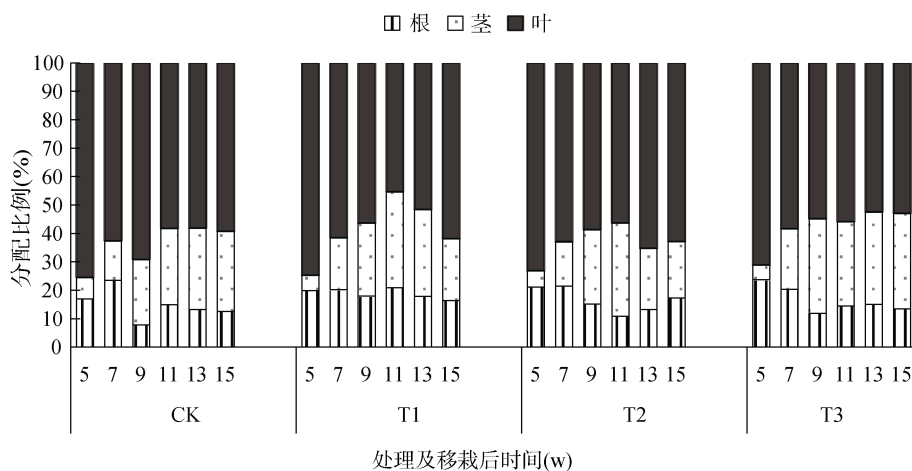


图9 不同施氮水平下烤烟各器官干物质分配比例

Fig. 9 Distribution proportions of dry matter in different tobacco organs under different nitrogen levels

2.3 不同施氮水平下烟株氮素总积累量的动态变化

2.3.1 烟株总氮积累量 图 10 表明, 各处理在移栽后 3 周氮素积累量非常低, 各施氮处理积累量在 0.44 ~ 0.63 g/株, 但均显著高于不施氮处理的 0.27 g/株, 移栽后 5 周, 各施氮处理氮素积累量明显增长, 达到 1.83 ~ 2.33 g/株, 表明团棵期以前各处理氮素积累约占到生育期总积累量的 25.1% ~ 27.8%。移栽后 5 ~ 9 周各处理氮素积累量持续增长, 各施氮处理间差距不大, 9 ~ 11 周 T2、T3 处理的总氮积累量有非常显著的增长, 增长幅度显著高于 T1 和 CK 处理, 11 周时总氮积累量由高到低依次为 T3、T2、T1、CK, 除 T2、T3 处理差异不显著外, 其他处理之间的差异都达到了显著水平($P < 0.05$), 11 周时各处理氮素积累基本完成, 其中 T1、CK 处理占到总积累的 71.1%、78.2%, T2、T3 处理达到了 97.6%、98.7%。11 周后 T2、T3 氮素积累保持平稳, CK 和 T1 处理有小幅度的增长, 这与土壤后期氮素的充足供应有关, 但 T2、T3 处理却无明显增加, 这可能与烟株内代谢的差异有关。

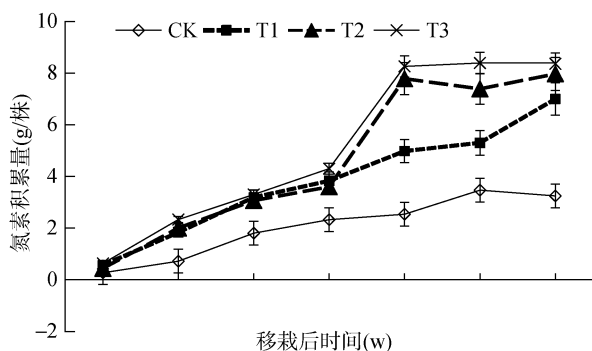


图 10 不同施氮水平下烟株总氮积累量动态

Fig. 10 Total nitrogen accumulation dynamic changes in flue-cured tobacco plants under different nitrogen levels

2.3.2 烟株总氮积累速率 从各处理氮素积累的速率来看(图 11), 各施氮处理的变化动态趋势基本相同, 都是呈波动式变化, 表现为团棵期前缓慢上升, 旺长期(移栽后 5~7 周)先降低后升高, 打顶后迅速降低。氮素积累的两个高峰分别为移栽后 9~11 周和 3~5 周, 其中 T2、T3 处理在 9~11 周的氮素积累速率为生育期内最高, 而 T1 处理的峰值却不明显, CK 处理的氮素积累速率变化较平缓, 积累速率的峰值较施氮处理推后 2 周, 表明氮素供应不足会延迟氮素吸收高峰的来临。

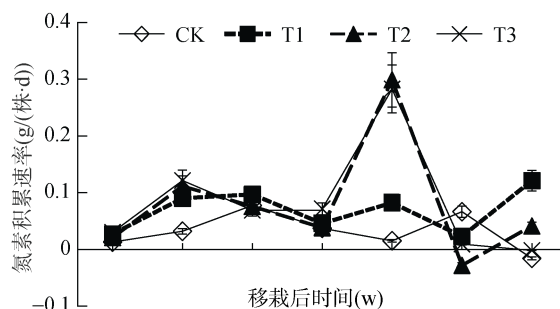


图 11 不同施氮水平下烟株总氮积累速率动态

Fig. 11 Total nitrogen accumulative rate dynamic changes in flue-cured plant tobacco plant under different nitrogen levels

2.3.3 烟株各部位器官氮素分配 各处理氮素分配变化动态(图 12)均表现为根、叶器官所占比例随生育期的推进而减小, 茎部随生育期推进而增加, 移栽后 5 周各处理氮素分配比例为叶 > 根 > 茎, 叶的比例显著高于根和茎, 移栽后 9 周茎的比例迅速增加, 15 周后茎的比例为 20.0% ~ 33.6%, 显著高于 5 周时的 5.37% ~ 7.65%, 总体分配表现为叶 > 茎 > 根。施氮在整体上对烟株氮素各时期氮素分配的影响不大, 成熟期 T3 处理的茎分配比例较大, 表明高水平的氮素供应对烟株茎的氮素积累可能有促进作用。

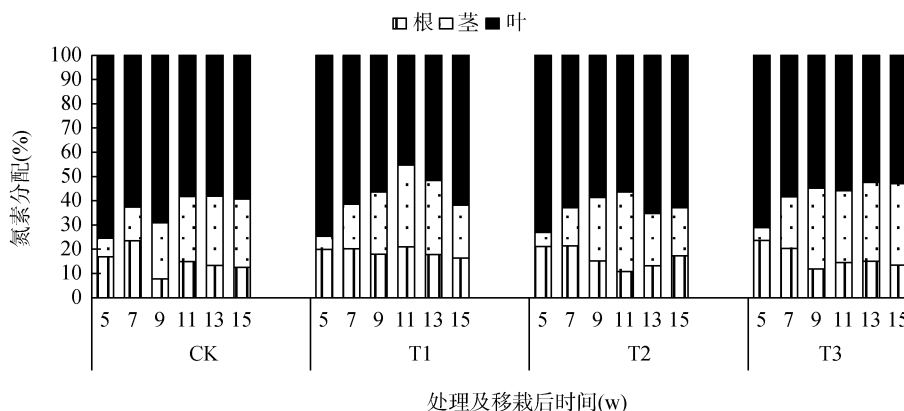


图 12 不同施氮处理烟株各器官氮素积累分配情况

Fig. 12 Distribution proportions of nitrogen in different tobacco organs under different nitrogen levels

2.4 不同施氮水平下烤后烟叶感官质量分析

由表 2 可知，各处理上部叶评吸总分在 60.60 ~ 67.84，表现为 T2>T1>T3>CK，CK 处理在香气量与

余味的表现上要低于其他处理。T3 处理在杂气和余味上分数要低于 T1、T2 处理，表明氮素偏高会导致烟叶杂气增多，吃味变差。

表 2 不同施氮处理中部叶和上部叶感官质量
Table 2 Sensor qualities of tobacco middle and lower leaves under different nitrogen levels

部位	处理	香气量 20	香气质 15	刺激性 12	余味 25	杂气 18	灰色 5	燃烧性 5	总分 100
中部	CK	13.6	9.6	7.20	15	10.80	3.2	3.8	63.20
	T1	12.8	10.2	8.16	17	11.52	4.0	4.0	67.68
	T2	14.4	11.4	7.68	16	12.24	4.0	4.0	69.72
	T3	12.8	9.6	7.20	14	12.24	4.0	4.0	63.84
上部	CK	12.8	9.0	7.20	14	10.80	3.8	3.0	60.60
	T1	14.4	9.6	7.68	16	12.96	4.0	3.2	67.84
	T2	14.4	10.2	7.68	16	12.24	4.0	3.0	67.52
	T3	13.6	9.6	7.20	14	12.24	3.6	3.0	63.24

各处理中部叶得分在 63.20 ~ 69.72，与上部叶相比略有提升，总分仍以 T2 处理最高，CK 处理最低。各处理各项指标分值差距均较小，整体表现为香气质一般，香型为清偏中，香气量尚足，刺激性有，杂气微有，杂气类型以青杂气为主。

3 结论与讨论

本研究结果显示，施氮显著提升了烤烟移栽后 3 周内水稻土中无机氮的浓度，移栽后 3 周土壤中 NO₃⁻-N、NH₄⁺-N 均有大幅度提升，施氮对土壤无机氮的影响主要表现在移栽后 3 ~ 7 周，随施氮量的增加土壤无机氮浓度升高。随着土壤深度的增加，土壤无机氮变化幅度变小，另外各处理无机氮含量差异不显著，说明在烤烟生长中后期，施氮量在一定梯度范围内对土壤无机氮含量影响不大。

水稻土条件下烤烟团棵期(35 天)以前各处理干物质积累强度都较弱，但各施氮处理均显著高于不施氮处理，说明施氮可以促进前期烟株根系的发育，施氮 45 kg/hm² 与 75 kg/hm² 根系干物质积累无显著差异，但施氮 105 kg/hm² 却显著高于前两者；不同施氮量对烤烟干物质分配影响不大，各处理均表现为生育前期烟叶所占比例最大，根其次，茎最低；随着生育期的推进，烟叶所占比例呈降低趋势，茎所占比例呈增长趋势，根所占比例比较稳定无明显变化趋势，至成熟期后叶所占比例仍是最大，但与茎的差距明显缩小，随着施氮量的增加，茎所占的比例增长，表明在生育后期氮素对茎干重的促进作用最大。

不同施氮量对烟株氮素积累的速率影响较小，施氮 45 ~ 105 kg/hm² 的动态变化趋势基本相同，都是呈波动式变化，表现为团棵期前缓慢上升，旺长期先

降低后升高，打顶后迅速降低。不施氮烟株氮素积累速率变化较平缓，积累速率高峰较施氮处理推后 2 周，表明氮素供应不足会延迟氮素吸收高峰的来临。

各处理烟株氮素分配动态变化均表现为根器官、叶器官所占比例随生育期的推进而减小，茎器官随生育期推进而增加，移栽后 5 周各处理氮素分配比例为叶>根>茎，移栽后 9 周茎的比例迅速增加，15 周后茎的比例为 20.0% ~ 33.6%，显著高于 5 周时的 5.37% ~ 7.65%，总体分配表现为叶>茎>根，与前人等研究结果基本一致^[1,11]。施氮在整体上对烟株氮素各时期氮素分配的影响不大，成熟期以施氮量最高的处理茎分配比例较大，表明高水平的氮素供应对烟株茎的氮素积累有促进作用。

综合来看，75 kg/hm² 的施氮量较符合试验田水稻土氮素施用水平，其烤后烟叶感官质量较好，施氮达到 105 kg/hm² 后期氮素供应存在过量的问题，烟叶落黄慢易贪青晚熟，烤后烟叶质量有所降低。在生产过程中应合理控制氮肥施用，改进农艺措施减少后期氮素供应偏高的问题。

参考文献：

[1] 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

[2] 刘青丽, 任天志, 李志宏, 等. 植烟黄壤供氮特征研究[J]. 中国农业科学, 2010, 43(1): 87–95

[3] 刘育红, 吕军. 稻田土壤氮素矿化的几种方法比较[J]. 土壤通报, 2005, 36(5): 675–678

[4] 闫德智, 王德建. 稻麦轮作条件下施用氮肥对土壤供氮能力的影响[J]. 土壤通报, 2005, 36(2): 190–193

[5] 宋少堂, 窦逢科, 孙清祯. 应用 ¹⁵N 示踪技术研究烟草对氮素肥料的吸收与分配[J]. 河南农业科学, 1993(3): 224–227

- [6] 谷海红, 刘宏斌, 王树会, 等. 应用 ^{15}N 示踪研究不同来源氮素在烤烟体内的积累和分配[J]. 中国农业科学, 2008, 41(9): 2 693–2 702
- [7] 谷海红, 李志宏, 李天福, 等. 不同来源氮素在烤烟体内的累积分配及对烟叶品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(1): 183–190
- [8] 王鹏. 土壤与氮营养对烤烟氮吸收分配及品质影响[D]. 哈尔滨: 中国农业科学院甜菜所, 2007
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [10] 金学霞, 范晓辉, 蔡贵信, 等. 菜地土壤氮素矿化和硝化作用的特征[J]. 土壤, 2003, 36(4): 382–386
- [11] 李辉信, 胡锋, 刘满强, 等. 红壤氮素的矿化和硝化作用特征[J]. 土壤, 2000, 32(4): 194–197
- [12] 马兴华, 苑举民, 荣凡番, 等. 施氮对烤烟氮素积累、分配及土壤氮素矿化的影响[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(1): 17–21
- [13] 田昆, 常凤来, 莫剑, 等. 原状土就地培养取样法定位研究田间土壤氮动态变化[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(2): 143–147

Effects of Different Nitrogen Levels on Nitrogen Supply of Paddy Soil and Nitrogen Absorption and Accumulation of Flue-cured Tobacco

FAN Yuxing¹, ZHANG Jiejie¹, YAN Kailong², SU Qiang¹, LIU Yang^{3*}

(1 Fuyang Cigarette Factory of China Tobacco Anhui Industry Co., Ltd., Fuyang, Anhui 236000, China; 2 College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 3 Zhengzhou Tobacco Research Institute of CNTC, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: A field experiment was conducted in tobacco-planting paddy soil in Liangshan of Sichuan Province to study the effects of different nitrogen levels on inorganic nitrogen supply dynamic, dry matter accumulation of tobacco, nitrogen absorption, distribution regularity of tobacco and tobacco quality. The results showed that: the effect of nitrogen fertilizer on soil inorganic nitrogen lasted 13 weeks after transplanting. Soil inorganic nitrogen concentration increased with the increase of nitrogen application amount, the supply peak of inorganic nitrogen appeared from 7 weeks and 13 weeks after transplanting under different treatments. The dry matter accumulations of tobacco plant with nitrogen application were significantly higher than that of no nitrogen treatment, indicating nitrogen can promote root growth. Nitrogen application significantly increased tobacco nitrogen content in growth period, especially in 9 – 11 weeks after transplanting, the tobacco plant nitrogen accumulation with nitrogen 75 kg/hm^2 was significantly higher than that with nitrogen 45 kg/hm^2 , but little difference between 75 kg/hm^2 and 105 kg/hm^2 . Comprehensive sensory evaluation showed 75 kg/hm^2 nitrogen is suitable for the tested paddy soil.

Key words: Flue-cured tobacco; Paddy soil; Nitrogen dynamics; Dry matter; Nitrogen nutrition