

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2021.06.013

韩会阁, 刘巧真, 许成悦, 等. 黄褐土和潮土中硫素在植物生长发育关键时期的消长. 土壤, 2021, 53(6): 1200–1206.

黄褐土和潮土中硫素在植物生长发育关键时期的消长^①

韩会阁¹, 刘巧真¹, 许成悦², 卢晓华², 吴照辉¹, 徐文正¹, 郭芳阳¹, 阎小毛¹, 蔡宪杰^{2*}

(1 河南省农业科学院烟草研究所, 黄淮种植区烟草病虫害绿色保护与防治重点实验室, 河南许昌 461100; 2 上海烟草集团有限责任公司, 上海 200082)

摘 要: 为了解河南省分布面积最大的两种类型土壤中硫素的转移、转化和积累规律, 从而指导硫肥的合理施用, 本研究测定了黄褐土和潮土烟田上层 (0~20 cm)、中层 (20~40 cm) 和下层 (40~60 cm) 土壤在烤烟关键生育期(移栽前、团棵期、现蕾期和收获后)的全硫、有机硫、无机硫和有效硫含量。结果表明: ①团棵期, 黄褐土上层各形态硫含量降低、中下层各形态硫含量增加, 潮土中上层各形态硫含量增加、下层各形态硫含量下降; 现蕾期, 黄褐土中层无机硫和有效硫含量降低, 潮土中层各形态硫和下层无机硫、有效硫含量均下降; 收获后, 黄褐土中下层无机硫和有效硫含量降低, 潮土各土层无机硫和有效硫含量增加、有机硫含量降低。②在黄褐土和潮土烟田, 现蕾期烤烟体内的全硫积累量分别约为当地硫肥施用量的 25.35% 和 11.84%, 且与移栽前相比, 黄褐土各土层各形态硫在烤烟收获后均显著增加; 收获后潮土上层有机硫含量略有降低(-10.21 mg/kg)、但无机硫(+175.11 mg/kg)和有效硫(+174.99 mg/kg)含量显著增加, 中层各形态硫含量均增加显著, 下层有机硫和全硫含量降低、但无机硫和有效硫含量增加。综上, 黄褐土和潮土试验点的硫肥施用量均大于需求量。但黄褐土中可能因硫素的转移能力较弱、向有机硫转化的能力较强, 硫素更容易在各层土壤积累, 而潮土中过量的硫则可能较易转移和淋失, 污染其他土壤及地表和地下水, 因此, 黄褐土和潮土烟田的硫肥施用量均应适当减少, 且潮土烟田还应当减少基肥施用量、增加追肥次数并减小施肥深度, 以减少土壤硫素的积累和淋失, 从而减少土壤面源污染。

关键词: 黄褐土; 潮土; 硫; 植物生长发育; 消长

中图分类号: S572 **文献标志码:** A

Sulphur Changes at Plant Key Growth Stages in Yellow Cinnamon Soil and Fluvo-aquic Soil

HAN Huige¹, LIU Qiaozhen¹, XU Chengyue², LU Xiaohua², WU Zhaohui¹, XU Wenzheng¹, GUO Fangyang¹, YAN Xiaomao¹, CAI Xianjie^{2*}

(1 *Institute of Tobacco Research, Henan Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory for Green Preservation & Control of Tobacco Diseases and Pests in Huanghuai Growing Area, Xuchang, Henan 461100, China*; 2 *Shanghai Tobacco Group Company, LTD, Shanghai 200082, China*)

Abstract: In order to understand the transfer, transformation and accumulation of sulfur and to guide the rational application of sulfur fertilizers in the two largest types of soils in Henan Province, the contents of total sulfur, organic sulfur, inorganic sulfur and available sulfur were determined in the upper (0–20 cm), middle (20–40 cm) and lower (40–60 cm) layers in tobacco-planting fields of yellow cinnamon soil and fluvo-aquic soil before pre-transplanting, at the stages of rosette and budding and after-harvest of tobacco. The results showed that: 1) At the rosette stage, the concentrations of all sulfur forms decreased in the upper layer but increased in the middle and lower layers of yellow cinnamon soil; the concentrations of all sulfur forms increased in the upper and middle layers but decreased in the lower layer of fluvo-aquic soil. At the budding stage, the concentrations of inorganic and available sulfur decreased in the middle layer of yellow cinnamon soil, while in fluvo-aquic soil, the concentrations of all sulfur forms decreased in the middle layer and the concentrations of inorganic and available sulfur decreased in the lower layer. After harvest, the concentrations of inorganic and available sulfur decreased in the middle and lower layers of yellow cinnamon soil, while the concentrations of inorganic and available sulfur increased but the concentration of organic sulfur deceased in all layers

①基金项目: 河南省农业科学院优秀青年科技基金项目(2018YQ08)和上海烟草集团有限公司技术服务项目(2021310000140792)资助。

* 通讯作者(caixj@sh.tobacco.com.cn)

作者简介: 韩会阁(1981—), 女, 河南许昌人, 博士, 助理研究员, 主要从事烟草栽培研究。E-mail: hanhuihuige@163.com

of fluvo-aquic soil. 2) In the tobacco-planting fields of yellow cinnamon soil and fluvo-aquic soil, the accumulation of total sulfur in tobacco was about 25.35% and 11.84% of the local sulfur fertilizer application amount at the budding stage, respectively. Compared with pre-transplanting, all sulfur forms accumulated greatly in all layers of yellow cinnamon soil; the content of organic sulfur slightly reduced (-10.21 mg/kg) in the upper layer of fluvo-aquic soil, but the content of inorganic and available sulfur increased significantly ($+175.11 \text{ mg/kg}$ and $+174.99 \text{ mg/kg}$, respectively), and the contents of all sulfur forms increased significantly in the middle layer of soil, the contents of organic sulfur and total sulfur decreased but the contents of inorganic and available sulfur increased in the lower layer of soil. In summary, the applied amount of sulfur fertilizer is greater than the demand of tobacco in the test sites of yellow cinnamon soil and fluvo-aquic soil. However, due to the weak transfer ability and strong conversion ability of sulfur to organic sulfur in yellow cinnamon soil, sulfur is easily accumulated in all soil layers; while the excessive sulfur in fluvo-aquic soil may be easier to transfer and lose by leaching, it is more likely to pollute other soils, surface and groundwater. Therefore, the applied amount of sulfur fertilizer should be reduced, and in the tobacco-planting fields of fluvo-aquic soil, basal fertilizer amount should be reduced, topdressing times should be increased, the fertilization depth should be reduced in order to reduce the accumulation and leaching of soil sulfur, and thereby to reduce soil non-point source pollution.

Key words: Yellow cinnamon soil; Fluvo-aquic soil; Sulfur, Plant growth and development; Growth and decline

硫是植物生命活动必需的营养元素之一, 在植物的细胞结构和生理生化功能中均起着不可替代的作用。植物体内的硫除少部分通过叶片对大气中 SO_2 的直接吸收外, 主要来自于从土壤中吸收的硫酸盐^[1], 因此, 土壤硫素对植物的生长发育起着决定性作用。土壤硫包含有机硫和无机硫, 主要以有机化合物形态赋存于作物残茬和土壤有机质中(可占全硫的 98%), 大部分有机硫需要经微生物分解为无机硫和小分子有机硫, 即转化为有效硫之后才能被植物直接吸收利用。研究表明, 在微生物作用下, 土壤中的硫能在有机和无机形态之间不断转化^[2], 以满足无机硫供应不足时作物对硫素的吸收利用和有效硫过量时硫在土壤中的暂时或长期储存。因此, 研究土壤有机硫、无机硫和有效硫含量在植物生长发育过程中的变化和消长规律, 对于了解作物生长季土壤硫素的转移转化、利用和最终积累有着重要意义。

土壤养分生产力很大程度上取决于土壤中养分的转移和转化能力, 以及对植物生长发育的有效性及其在土壤中的储存能力^[3]。不同类型土壤具有不同的团聚体结构和粒径组成等物理特性, 对硫的固定、储存和释放能力不同, 土壤中硫素的转移转化和积累能力也可能不同^[4]。黄褐土和潮土是河南省分布面积最大的两种土壤类型, 其有效硫含量处于中高水平, 硫分生产力直接影响着农作物的产量和质量。近年来, 对黄褐土和潮土两种土壤氮、磷、钾的吸收利用、转化和积累已做了较多工作, 但对其硫状况的研究较少, 对硫在土壤中的转移、转化和积累的研究更是不够。基于此, 本研究以黄褐土和潮土^[5]为研究对象, 测定二者在烤烟生长发育关键时期(移栽前、团棵期、

现蕾期和收获后)的全硫、有机硫、无机硫和有效硫含量, 探讨两种类型土壤中硫素在植物生长发育过程中的变化和消长规律, 为了解其硫素的转移、转化和积累提供一定的理论依据, 从而为因地制宜指导两大类土壤硫肥的合理施用、减少土壤面源污染提供一定的理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验点概况

试验于 2018 年分别在河南省南阳市内乡县余关镇孙沟村和漯河市临颍县固厢乡大师村大方烟田进行。试验点烟田常年种植烤烟, 种植模式均为烤烟-小麦-玉米(红薯)-烤烟。土壤类型分别为黄褐土和潮土, 二者有效硫、有机质、全氮、全磷、全钾含量及 pH 分别为 44.64 mg/kg 和 22.79 mg/kg 、 22.30 g/kg 和 13.64 g/kg 、 0.86 g/kg 和 1.02 g/kg 、 0.28 和 0.12 g/kg 、 14.25 g/kg 和 23.62 g/kg 及 6.72 和 7.52 。

1.2 样地布设和样品采集

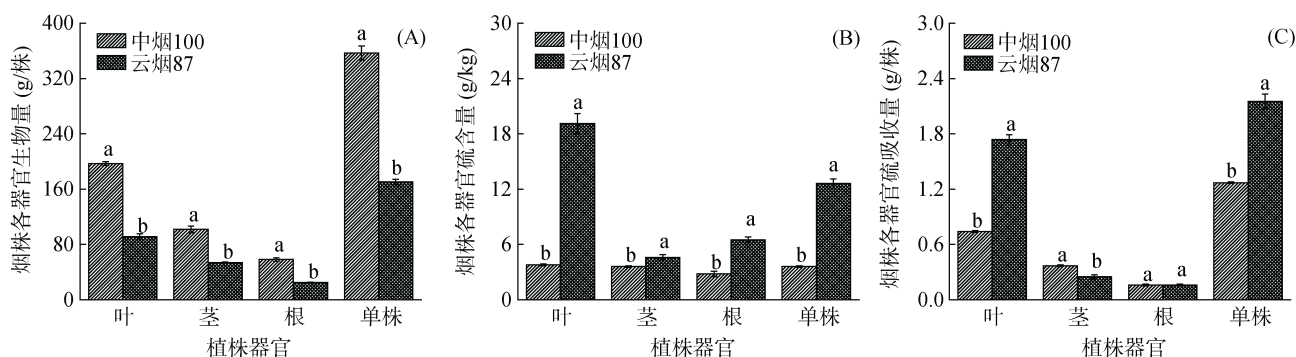
根据当地烟农的施肥配方和所施肥料含硫量, 确定 2018 年黄褐土和潮土试验样地的纯硫施用量分别为 127.2 kg/hm^2 和 144.9 kg/hm^2 , 所用硫肥均为硫酸钾, 施肥深度均约为 $20 \sim 40 \text{ cm}$, 氮肥施用量分别为 45.0 kg/hm^2 和 51.0 kg/hm^2 。两个试验点肥料投入的 $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$ 均为 $1:1.5:3$, 铵态氮与硝态氮的比例均为 $4:6$ 。种植的烤烟均为当地主栽品种, 黄褐土和潮土分别为云烟 87 和中烟 100, 移栽期分别为 4 月 6 日和 5 月 16 日, 移栽密度分别约为 $15\ 000/\text{hm}^2$ 和 $13\ 500/\text{hm}^2$ 株。于同年 3 月, 分别在两个试验样地选取相距 50 m 的三条样带作为重复样地, 在每条样

带上选择三个采样点作为重复采样点,于移栽前、团棵期、现蕾期和收获后在每个采样点采集 0~20、20~40、40~60 cm 土层土壤,并于现蕾期(黄褐土和潮土分别为 6 月 6 日和 7 月 5 日)采集每个采样点附近的烟株,分为叶、茎和根三部分,带回实验室。

1.3 样品处理和测定

土壤样品经自然风干、去除细根和杂质后过 10 目土壤筛,用于测定土壤有效硫和无机硫含量;部分过 10 目土壤筛的样品使用研磨仪研磨后过 100 目筛,用于测定土壤全硫含量。土壤有效硫按照《土壤农业化学分析方法》^[6]中的方法进行测定。土壤水溶性硫和吸附性硫分别以 H_2O 和 KH_2PO_4 (P, 500 mg/L) 溶液为浸提剂,浸提液过滤后于电感耦合等离子体原子发射光谱(ICP-AES)测定,无机硫含量为水溶性硫与吸附性硫之和;土壤全硫含量使用元素分析仪 (VarioMicrocube, Elementar, Hanau, 德国)测定;有机硫由全硫和无机硫的差值获得^[7]。

植物样品 105℃ 杀青 30 min 之后 70℃ 烘干至恒



(图中不同小写字母表示同一器官不同烤烟品种间差异在 $P < 0.05$ 水平显著)

图 1 两种主栽烤烟品种各器官及全株的生物量、硫含量和硫吸收量

Fig. 1 Biomass, sulfur concentrations and uptakes in each organ and whole plant of two main tobacco varieties

2.2 黄褐土和潮土各形态硫含量在烤烟关键生育期的变化规律

2.2.1 土壤全硫

研究结果(图 2)显示,在试验前(移栽前)土壤中,随着土层深度增加,黄褐土全硫含量逐渐降低、下层为上层的 36.34%,潮土全硫含量为上层最高、中层最低、下层为上层的 80.99%;与潮土相比,黄褐土除 40~60 cm 土层外,各土层全硫含量均较高。

图 2 还显示,随生育期延续,黄褐土表层全硫含量在团棵期降低,之后逐渐增加,收获后最高,比移栽前增加了 306.48 mg/kg,为移栽前的 2.97 倍;中层和下层全硫含量先增加后降低,现蕾期最高,收获后均高于移栽前,分别比移栽前增加了 124.95 mg/kg 和 155.68 mg/kg,是移栽前的 2.18 倍和 3.76 倍(图

重并称重,各样品全硫含量按照《土壤农业化学分析方法》^[6]中植物全硫的测定方法进行测定。

1.4 数据分析

分别采用 Origin 2015 和 SPSS18.0 对数据进行图表绘制和统计分析,采用单因素方差分析法(One-way ANOVA, LSD)进行多重比较。

2 结果与分析

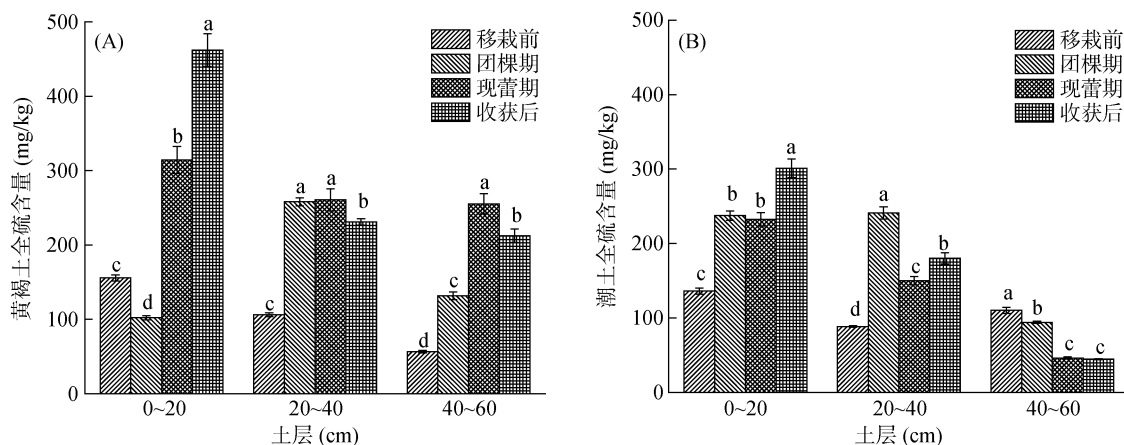
2.1 中烟 100 和云烟 87 现蕾期的生物量和硫含量

由图 1 可知,中烟 100 的叶、茎和根生物量均约为云烟 87 的 2 倍(图 1A),但因其各器官硫含量(图 1B)分别为云烟 87 的 19.89%、78.26% 和 43.08%,其单株硫吸收量(图 1C)为云烟 87 的 59.07%。中烟 100 和云烟 87 现蕾期的单株硫吸收量分别为 1.27 g 和 2.15 g(图 1C),分别按其种植密度计算可知,至现蕾期,二者每公顷的总硫积累量分别为 17.15 kg 和 32.25 kg,分别约为当地硫肥施用量的 11.84% 和 25.35%。

2A)。潮土表层全硫含量也基本表现为随生育期延续而增加,收获后最高,比移栽前增加了 164.89 mg/kg,为移栽前的 2.21 倍;中层全硫含量为团棵期增加,现蕾期降低,收获后又增加,收获后高于移栽前,比移栽前增加了 91.79 mg/kg,为移栽前的 2.04 倍;下层全硫含量随生育期延续逐渐降低,收获后低于移栽前,比移栽前减少了 65.52 mg/kg,为移栽前的 40.61%(图 2B)。

2.2.2 土壤有机硫含量

研究结果(图 3)显示,在试验前土壤中随着土层深度增加,黄褐土有机硫含量逐渐降低、下层为上层的 32.58%,潮土有机硫含量为上层最高、中层最低、下层为上层的 84.27%;与潮土相比,黄褐土除 40~60 cm 土层外,各土层有机硫含量均较高。



(图中不同小写字母表示同一土层不同生育期间差异在 $P < 0.05$ 水平显著; 下同)

图 2 不同生育期两种类型土壤全硫含量

Fig. 2 Total sulfur concentrations in two soil types at different growth stages of tobacco

图 3 还显示, 随生育期延续, 黄褐土表层有机硫含量先减少后逐渐增加, 团棵期最低, 收获后最高, 达到最大值时比移栽前增加了 296.74 mg/kg, 为移栽前的 3.28 倍; 中层有机硫含量先增加后降低, 移栽前最低, 现蕾期最高, 收获后高于移栽前, 比移栽前增加了 100.38 mg/kg, 是移栽前的 2.15 倍; 下层有机

硫含量逐渐增加, 收获后最高, 比移栽前增加了 132.12 mg/kg, 是移栽前的 4.11 倍 (图 3A)。潮土上层和中层有机硫含量均在团棵期增加, 之后逐渐降低, 在收获后分别低于和高于移栽前, 是移栽前的 91.28% 和 1.83 倍; 下层有机硫含量随生育期延续逐渐降低, 收获后最低, 是移栽前的 27.69% (图 3B)。

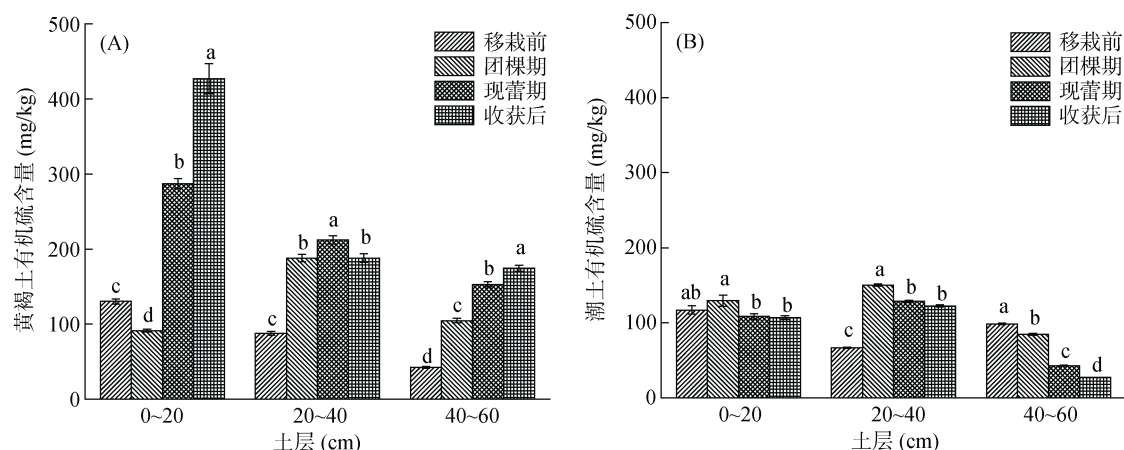


图 3 不同生育期两种类型土壤有机硫含量

Fig. 3 Organic sulfur concentrations in two soil types at different growth stages of tobacco

2.2.3 土壤无机硫 研究结果(图 4)显示, 在试验前土壤中, 随着土层深度增加, 黄褐土无机硫含量逐渐降低、下层为上层的 55.78%, 潮土无机硫含量为中层最高、下层最低、下层为上层的 60.90%; 与潮土相比, 黄褐土除 20~40 cm 土层外, 各土层无机硫含量均较高。

图 4 还显示, 随着生育期延续, 黄褐土表层无机硫含量在团棵期降低, 之后逐渐增加, 收获后最高, 比移栽前增加了 9.74 mg/kg, 是移栽前的 1.39 倍; 中层和下层无机硫含量均先增加后降低, 最大值分别出

现在团棵期和现蕾期, 收获后高于移栽前, 分别比移栽前增加了 24.57 mg/kg 和 23.56 mg/kg, 是移栽前的 2.34 倍和 2.68 倍 (图 4A)。潮土表层无机硫含量随着生育期延续逐渐增加, 收获后最大, 比移栽前增加了 175.11 mg/kg, 是移栽前的 10.18 倍; 中层无机硫含量在团棵期增加, 现蕾期降低, 收获后再增加, 收获后高于移栽前, 比移栽前增加了 36.25 mg/kg, 是移栽前的 2.69 倍; 下层无机硫含量先逐渐降低后增加, 现蕾期最低, 收获后最大, 达到最大值时比移栽前增加了 5.85 mg/kg, 是移栽前的 1.50 倍 (图 4B)。

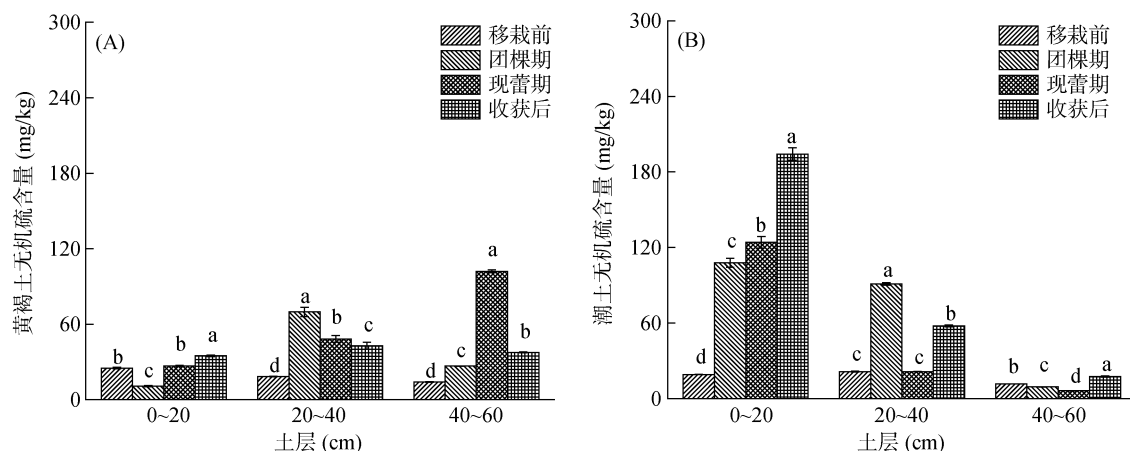


图 4 不同生育期两种类型土壤无机硫含量

Fig. 4 Inorganic sulfur concentrations in two soil types at different growth stages of tobacco

2.2.4 土壤有效硫 研究结果(图 5)显示,在试验前土壤中,随着土层深度增加,黄褐土和潮土有效硫含量均为中层最高、下层最低,下层分别为上层的 34.84% 和 94.69%;与潮土相比,黄褐土除 40~60 cm 土层外,各土层有效硫含量均较高。

图 5 还显示,随着生育期延续,黄褐土表层有效硫含量在团棵期降低,之后逐渐增加,团棵期最低,收获后最高,收获后比移栽前增加了 24.15 mg/kg,是移栽前的 1.54 倍;中层和下层无机硫含量均为先增加

后降低,最大值分别出现在团棵期和现蕾期,收获后均高于移栽前,分别比移栽前增加了 26.60 mg/kg 和 47.78 mg/kg,是移栽前的 1.55 倍和 3.76 倍(图 5A)。随着生育期延续,潮土上层和中层有效硫含量均为团棵期增加,现蕾期降低,收获后再增加,收获后最高,分别比移栽前增加了 174.99 mg/kg 和 70.85 mg/kg,是移栽前的 8.68 倍和 3.74 倍;下层有效硫含量为团棵期和现蕾期最低,收获后最高,收获后比移栽前增加了 22.68 mg/kg,是移栽前的 2.05 倍(图 5B)。

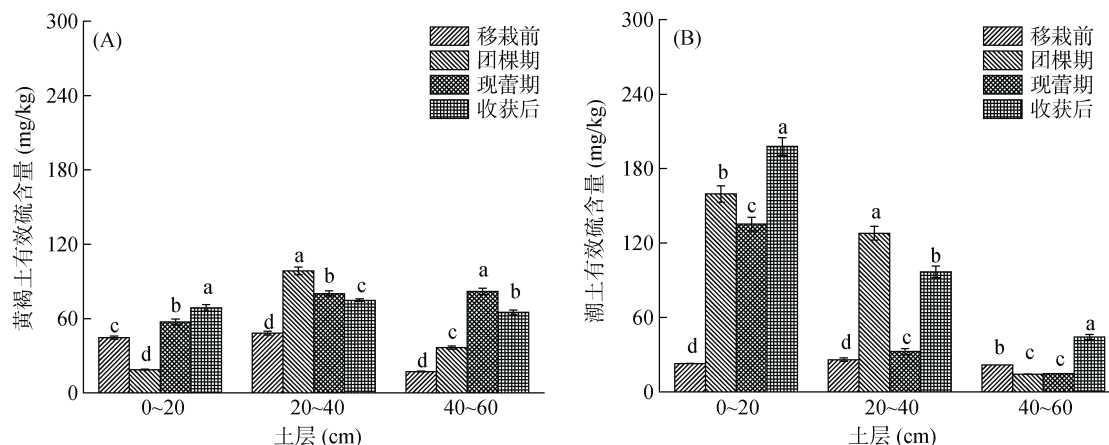


图 5 不同生育期两种类型土壤有效硫含量

Fig. 5 Available sulfur concentrations in two soil types at different growth stages of tobacco

3 讨论与结论

3.1 黄褐土和潮土硫形态

不同类型土壤由于其物理结构特征(土壤团聚体、颗粒和孔隙)不同,对硫的吸附和固定能力有一定差异^[4],其养分含量及养分在土壤中的存在形态也不同。本研究结果显示,两种土壤类型烟田的硫酸钾施用量均远大于烤烟需求量;且尽管黄褐土

研究样地的硫酸钾施用量低于潮土、烤烟采收带出烟田的总硫量高于潮土,其表层各形态硫含量均高于潮土,这与钱晓华等^[8]对安徽省土壤有效硫现状及时空分布和於忠祥等^[9]对沿淮地区土壤有效硫状况及对硫的需求研究中黄褐土有效硫含量高于潮土的结果相似。产生这一结果的原因可能是黄褐土以黏粒复合体为主,对硫的吸附能力较强;而潮土以砂粒复合体为主,对硫的吸附能力较弱,烤烟

生长季施入土壤过量的硫更容易在黄褐土中固定积累,不易淋溶损失^[3,10]。

本研究结果还显示,黄褐土除有效硫含量中层最高、下层最低外,各形态硫含量均随土层深度增加而降低;而潮土全硫和有机硫含量为上层最高、中层最低,无机硫和有效硫含量为中层最高、下层最低。且与潮土相比,黄褐土上层与下层之间各形态硫含量均有更大差异。因此,在中、上层土壤中,黄褐土除中层无机硫含量低于潮土外各形态硫含量均高于潮土;而在下层土壤中,黄褐土除无机硫含量高于潮土外各形态硫含量均低于潮土。产生这一结果的原因可能是,黄褐土对硫的吸附能力较强,硫在土壤中的淋溶作用较弱,不易向下层转移,而潮土对硫的吸附能力较弱,其硫在土壤中的淋溶作用较强,向下层转移的速率更快、转移量更大^[10],因此,潮土虽然中、上层硫含量低于黄褐土但下层却高于黄褐土。与黄褐土相比,潮土中层有机硫含量较低、无机硫和有效硫含量较高的原因可能是,烟草在生长发育中后期对中层土壤养分的需求量最大,而潮土中层土壤的硫酸钾施用量更大,其烤烟的吸收利用量却较小;且因其土壤吸附固定能力较差,过量的无机硫向有机硫转化的速率可能较低,因此潮土积累了更多的无机硫和有效硫,而有较少的有机硫。

3.2 黄褐土和潮土中硫素在烤烟关键生育期的消长规律

不同类型土壤由于其物理特性不同,养分在土壤中的转移和转化速率也不尽相同^[4]。黄褐土以粉砂级复合体和黏粒级复合体为主体,二者之和达90%以上;而潮土则以砂粒复合体占绝对优势,达62.3%。较小粒级复合体对养分的吸附能力较强,其养分的转移和淋溶损失量较小,无机硫向有机硫的转化效率较高,但复合体中的有机养分较不易矿化^[3,11]。

在烤烟生长发育早期(团棵期),根系主要分布在上层土壤,与潮土中烟100相比,黄褐土中层的硫酸钾施用量较少且向上层转移的速率可能较低,但云烟87对硫素的吸收和利用量较大,因此,黄褐土上层无机硫和有效硫含量降低,有机硫含量也可能因向无机硫转化而降低,潮土上层各形态硫含量均增加且高于黄褐土;黄褐土中层无机硫和有效硫含量因硫酸钾的直接施入和释放而增加,有机硫含量也可能因过量无机硫向有机硫转化而增加,但潮土因硫酸钾施用量更大、转移速率可能较快,其无机硫和有效硫含量增加幅度更大而均高于黄褐

土;黄褐土下层各形态硫含量均增加、而潮土下层各形态硫含量均降低且均低于黄褐土的原因可能是,烤烟在生长发育早期需水量较大,与内乡相比,临颍降雨量较大且灌溉条件较好,再加上其本身的土壤特性,潮土下层养分向下转移的速率可能更快、淋溶损失可能更多。

到现蕾期,根系主要分布在中层土壤,烤烟对上层和下层土壤的养分吸收量减少,但中层过量的无机硫肥继续向上、下两层土壤转移并向有机硫转化,黄褐土上层和下层各形态硫含量均增加,潮土上层无机硫和有机硫含量也均因转移而增加,下层却可能因转移和淋溶损失量更大而下降;黄褐土中层无机硫和有效硫含量因烟株的直接吸收利用而下降,有机硫含量也可能因过量无机硫的转化而增加,潮土中层各形态硫含量均可能因吸收、利用和向上、下土层转移而下降。

现蕾期之后,根系主要分布在中下层土壤,黄褐土上层各形态硫含量持续增加,中、下层无机硫和有效硫含量因植物吸收利用而下降,中层有机硫含量也可能因无机硫相对耗竭(与团棵期和现蕾期相比)转化速率降低并同时向上、下土层转移而低于现蕾期,下层有机硫可能因转移而来过量无机硫的转化而继续增加;潮土各层无机硫和有效硫含量因该时期养分需求量低于现蕾期,但过量无机硫肥继续快速向土壤中释放并转移而均高于现蕾期,各层土壤有机硫含量因转移淋失而继续降低。

本研究结果还显示,黄褐土各土层各形态硫含量在烤烟收获后均不同程度地高于移栽前,各层土壤均存在硫大量积累的现象,且有机硫的增加倍数大于无机硫和有效硫;与移栽前相比,潮土收获后下层有机硫和全硫含量降低,但无机硫和有效硫含量增加,中层各形态硫含量均增加显著,上层有机硫含量略有降低,但无机硫和有效硫含量显著增加且增加量均远大于有机硫含量的降低量。这表明,尽管不同类型土壤中硫肥的转移、转化和储存能力不同,但黄褐土和潮土试验点的硫肥施用量均大于需求量,存在施肥过量的问题。黄褐土中可能因硫素的转移能力较弱、向有机硫转化的能力较强,硫素更容易在各层土壤积累,而潮土中过量的硫素则可能较易转移和淋溶损失,从而可能更容易污染其他土壤及地表和地下水。因此,黄褐土和潮土试验点的硫肥施用量均应适当减少,并应在潮土试验点适当减少基肥施用量、增加追肥次数、适当减小施肥深度,以减少土壤硫素的积累和淋失,从而减少土壤面源污染。

参考文献:

- [1] 崔岩山, 王庆仁. 施用硫肥对几种作物与牧草产量和硫素含量的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(8): 1261–1264.
- [2] Mikkelsen R, Norton R. Soil and Sulphur fertilizer[J]. Better Crops, 2013(2): 7–9.
- [3] 沈阿林. 河南省黄褐土和潮土供肥性能的静态比较研究[J]. 土壤通报, 1994, 25(1): 28–30.
- [4] 李学斌, 张义凡, 陈林, 等. 荒漠草原典型群落土壤粒径和养分的分布特征及其关系研究[J]. 西北植物学报, 2017, 37(8): 1635–1644.
- [5] 韩会阁, 郭芳阳, 吴照辉, 等. 硫对烤烟生理和生长发育特性的影响[J]. 河南农业科学, 2020, 49(3): 40–46.
- [6] 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.
- [7] 刘潇潇, 王钧, 曾辉. 中国温带草地土壤硫的分布特征及其与环境因子的关系[J]. 生态学报, 2016, 36(24): 7919–7928.
- [8] 钱晓华, 杨平, 周学军, 等. 安徽省土壤有效硫现状及时空分布[J]. 植物营养与肥料学报, 2018, 24(5): 1357–1364.
- [9] 於忠祥, 张成林, 王士佳. 沿淮地区土壤有效硫状况及对硫的需求[J]. 应用生态学报, 2001, 12(2): 210–212.
- [10] 郑劲民, 李嵩震, 付瑜, 等. 烟区土壤养分状况及钾肥对烤烟产量和质量的影响[J]. 土壤, 1997, 29(6): 315–321.
- [11] 刘卫群, 姜占省, 郭红祥, 等. 黄褐土、潮土中不同氮素形态配比对烤烟根际土壤微生物数量的影响[J]. 土壤通报, 2004, 35(1): 43–47.