

秸秆还田对云南典型烟区土壤物理性状的影响^①

田育天¹, 李湘伟¹, 谢新乔¹, 孙维侠^{2*}, 史学正², 杨继周¹,
林云红¹, 戴 勋¹, 胡保文¹, 潘金华^{2,3}, 徐灵颖^{2,3}

(1 红塔烟草(集团)有限责任公司, 云南玉溪 653100; 2 土壤与农业可持续发展国家重点实验室
(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008; 3 中国科学院大学, 北京 100049)

摘 要:为研究典型烟区秸秆还田对土壤物理性状的影响,以云南省典型烟区(峨山县)为研究区,对 CK(未秸秆还田)和 SR(秸秆还田)处理的耕作层(0~15 cm)和犁底层(15~25 cm)土壤进行调查分析,结果表明:与 CK 相比,SR 处理耕作层土壤有机质、全氮和活性有机质含量分别提高了 13.4%、10.9% 和 21.6%,犁底层分别提高了 32.7%、25.7% 和 47.4%,秸秆还田对犁底层的改良效果更为明显。从土壤物理性质上看,SR 处理耕作层和犁底层土壤容重分别比 CK 降低了 4.9% 和 6.6%,通气孔隙度分别比 CK 增加了 34.3% 和 163%。因此,在典型烟区实施秸秆还田,可以显著增加土壤通气孔隙,降低土壤容重,显著提高土壤活性有机质含量,使之满足优质烟草生长所需的土壤环境,为其他烟区土壤改良提供理论指导和技术支持。

关键词: 秸秆还田; 典型烟区; 容重; 通气孔隙

中图分类号: S152; S159 文献标识码: A

云南烤烟种植区作为我国重要的优质烟叶生产地区之一,因其生产的烟叶以色泽金黄、组织细致、油润丰满、气味清香醇和而闻名^[1-2]。云南省年均烤烟种植面积约为 $3.5 \times 10^5 \text{ hm}^2$,年产量约为 $8 \times 10^5 \text{ t}$,约占全国烤烟总产量的 30%^[3]。近年来,在云南烟区烤烟生产中烟草常年连作,如一年一季烤烟或一年两季作物(烤烟/豆类或油菜),油菜等的秸秆通常在田间焚烧,造成大气污染风险^[4],其原因在于缺乏有效的秸秆还田机械。另一方面,烤烟与其他作物不同,其收获的产品是烟叶,而烟秆和烟根由于易导致病虫害传播,都不能归还土壤,这样新鲜有机物料归还少,导致烟区土壤质量下降^[5],土壤板结日趋严重^[6],烟草根系发育不良,烤烟品质持续降低^[7]。良好的土壤结构是保证烟草生长发育的基础^[8],对烟叶生长发育、风格特色彰显和品质形成起着至关重要的作用^[9]。

秸秆还田是一种普遍有效的土壤结构改良方法。目前秸秆还田在植烟土壤改良中的应用也得到了关注,主要可以分为以下几个方面:一是不同秸秆还田对于土壤质量的改良效果。如尚志强^[10]分析了麦秆、稻草等不同秸秆还田与覆盖处理对云南保山植

烟土壤的影响,结果表明秸秆还田后土壤变得疏松多孔,土壤透水透气性改善,土壤有益微生物增加,其中麦秆覆盖的综合表现最好,薄国栋等^[11]在山东省诸城市开展的两年秸秆定位试验结果表明,等量玉米秸秆在提高植烟土壤有机质含量及团聚体特征方面要优于小麦秸秆。二是不同还田量对于土壤质量的改良效果。施河丽等^[12]分析了不同用量的烟草秸秆生物有机肥对土壤的改良效果,一般状况的植烟土壤以施用 $1\ 500 \text{ kg/hm}^2$ 为宜,板结、黏重的植烟土壤以施用 $3\ 000 \text{ kg/hm}^2$ 为好;汤浪涛^[13]分析云南省曲靖地区烟草生产的秸秆最佳施用量后发现,随着秸秆还田量的增加,土壤有机质、速效氮、有效磷等含量随之增加,且在烟草移苗 50 d 左右达到最大值。三是不同还田年限对土壤质量的影响。如黄平娜等^[14]通过连续两年的稻草还田改良试验发现,稻草翻压还田有助于土壤速效养分的释放,提高烟叶产质量。综上所述,秸秆还田能够有效改善土壤质量,促进烟草生产。尽管之前的研究对于秸秆还田的改良效果已有一定的认识,但是对于长时间秸秆还田条件下的烟田土壤物理性状和土壤活性有机质等的改良效果鲜有报道。

基金项目: 红塔烟草(集团)有限公司科技项目(HT2016-6221)资助。

* 通讯作者(wxsun@issas.ac.cn)

作者简介: 田育天(1968—),男,四川内江人,硕士,农艺师,主要从事烟草农业科技研究和原料基地管理。E-mail: tyt@hongta.com

烟草种植中由于烟叶、烟杆等在收获时均被移出耕地,土壤获得的新鲜有机物归还量很低^[15],土壤日趋板结。云南烟区的油菜/烟草和麦类/烟草作物系统占有一定比例,能否利用烟草前茬作物秸秆还田解决植烟土壤的板结问题值得深入研究。云南玉溪植烟区秸秆长期还田区域相对较少,仅在峨山县有两个乡镇在政府组织下实行了大面积的长期秸秆还田管理,本研究立足于该两个典型乡镇的秸秆还田土壤(十多年还田史),分析探究秸秆还田对耕层和犁底层土壤养分和物理性状的影响,为云南典型烟区土壤改良优化提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

玉溪市峨山县位于云南省中部,地理位置 24°01'~24°32' N, 101°52'~102°37' E, 总面积 1 972 km², 是云南典型植烟区。县域内海拔区间在 820~2 584 m, 平均海拔为 1 691 m, 属于高原地貌形态, 地形东部狭长, 西部较宽, 地势东北高, 西南低。峨山县属于中亚热带半湿润高原季风气候区, 终年气候温和, 春暖干旱, 夏无酷暑且雨水较多, 秋凉湿润, 冬无严寒且较干燥, 部分区域具有立体气候特征, 年均气温 15.9℃, 年均降雨量 896.2 mm, 年均日照时长 2 286.9 h。土壤类型主要有: 红壤、黄壤、石灰土、紫色土、水稻土等。研究区主要由两个乡镇组成, 两个乡镇在地方政府的组织下利用拖拉机、收割机等农机设备实现了大面积秸秆还田, 其中麦类/烟草轮作为主的富良棚乡从 2001 年实现了全面机械还田, 油菜/烟草轮作为主的塔甸镇从 2011 年开始实施了秸秆还田。

1.2 土样采集

综合考虑地形和土壤特征等因素, 本研究于 2017 年 11 月通过野外考察并采集了 14 个样点土壤, 划分常规处理(CK)和秸秆还田处理(SR), 其中 CK 处理 2 个样点, SR 处理 12 个样点, 分为耕作层(0~15 cm)和犁底层(15~25 cm)取样, 分别采集环刀样、分析样。环刀样用于测定土壤容重及土壤通气孔隙度^[16]。分析样风干后研磨过 60 目筛测定土壤有机质、活性有机质和全氮含量。其中, 土壤有机质含量采用重铬酸钾容量法-外加热法测定^[17]; 土壤活性有机质采用 333 mol/L 的重铬酸钾氧化法测定^[18]; 土壤全氮含量采用半微量凯氏法测定^[17]。

1.3 数据处理与统计分析

测定数据采用 Microsoft Excel 2003 软件进行统计分析并作图, 采用 IBM SPSS 22.0 对土壤各项指标进行显著性检验与分析。

2 结果

2.1 土壤容重

对不同处理耕作层和犁底层土壤容重的分析结果见表 1。由表 1 可知, CK 和 SR 处理的耕作层容重分别为 1.23 g/cm³ 和 1.17 g/cm³, 均小于 1.35 g/cm³ 临界值。与 CK 相比, SR 处理土壤容重低了 0.06 g/cm³, 降幅为 4.9%。CK 和 SR 处理的犁底层容重分别 1.37 g/cm³ 和 1.28 g/cm³, 与 CK 相比, SR 处理犁底层土壤容重下降 6.6%。耕作层和犁底层的土壤容重均表现为 SR 处理的土壤容重更小; 从变异系数看, 两处理的变异系数均较小, 表明采用秸秆还田能够降低土壤容重, 使之符合优质烟叶的生产需求。

表 1 秸秆还田条件下典型烟区的土壤容重特征(g/cm³)

Table 1 Characteristics of soil bulk densities in typical flue-cure tobacco area under straw returning condition

| 处理 | 层次 | 范围 | 均值 | 标准差 | 变异系数(%) |
|----|-----|-----------|------|------|---------|
| CK | 耕作层 | 1.07~1.34 | 1.23 | 0.15 | 12.0 |
| | 犁底层 | 1.31~1.47 | 1.37 | 0.05 | 3.9 |
| SR | 耕作层 | 1.12~1.25 | 1.17 | 0.05 | 4.0 |
| | 犁底层 | 1.13~1.39 | 1.28 | 0.08 | 5.9 |

2.2 土壤肥力

氮素是所有营养元素中对烟草生长、发育以及烟叶品质影响最大的元素, 也是最敏感的元素。由图 1 可知, CK 耕作层全氮含量为 2.01 g/kg, SR 处理为 2.23 g/kg, 较 CK 高出 0.22 g/kg, 增幅为 10.9%。CK 和 SR 处理的犁底层全氮含量分别为 1.62 g/kg 和 2.04 g/kg, SR 处理犁底层全氮含量增加 0.42 g/kg, 增幅

达 25.7%, 氮素养分提升效果明显。

图 1 表明, CK 耕作层有机质含量为 33.9 g/kg, SR 处理为 38.4 g/kg, 较 CK 高出 4.55 g/kg, 增幅为 13.4%; 与耕作层类似, SR 处理犁底层有机质含量提升效果更加明显, 增幅达 32.7%。结果表明, 峨山地区的植烟土壤有机质含量总体较高, 而秸秆长期还田后能大幅度提升土壤有机质含量。

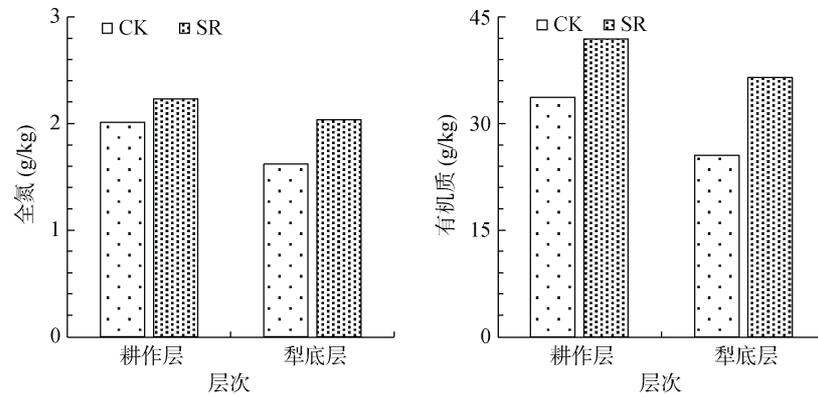


图 1 秸秆还田条件下典型烟区的土壤有机质和全氮特征

Fig. 1 Characteristics of soil total nitrogen and organic matter in typical flue-cure tobacco area under straw returning condition

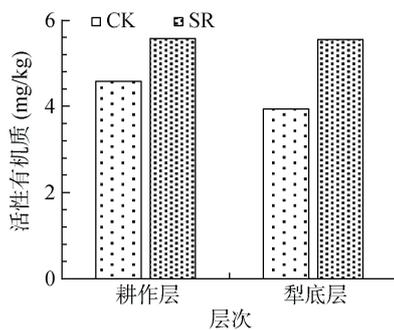


图 2 秸秆还田条件下典型烟区的土壤活性有机质特征

Fig. 2 Characteristics of soil active organic matter in typical flue-cure tobacco area under straw returning condition

土壤活性有机质是指土壤中有效性较高、易被土壤微生物分解矿化、对植物养分供应有最直接作用的那部分有机质。从图 2 可以看出,CK 的耕作层土壤活性有机质含量为 4.6 mg/kg, SR 处理含量为 5.6 mg/kg,

高出 CK 处理 21.6%, 增加幅度较有机质(13.4%)大, 犁底层结果与其保持一致。

2.3 土壤通气孔隙

不同处理的土壤通气孔隙分析结果见表 2。从表 2 的结果来看, CK 和 SR 处理耕作层通气孔隙度均值分别为 10.5% 和 14.1%, SR 处理耕作层通气孔隙度大于 CK 处理, 提升了 34.3%; CK 和 SR 处理犁底层通气孔隙度均值分别为 5.9% 和 15.5%, SR 处理的通气孔隙度提升达 163%。与 CK 相比, SR 处理耕作层和犁底层之间的通气孔隙度差异较小, 而且以犁底层的通气孔隙度范围更大, 变异系数为 13.8%~14.9%, 表明通过秸秆还田增加犁底层的通气孔隙度幅度更大。SR 处理的土壤通气孔隙度基本满足烟草生长需求。因此, 秸秆还田措施能够在一定程度上增加土壤孔隙, 改善土壤通气状况, 从而形成生产优质烟叶的土壤环境。

表 2 秸秆还田条件下典型烟区的土壤通气孔隙特征(%)

Table 2 Characteristics of soil aeration porosity in typical flue-cure tobacco area under straw returning condition

| 处理 | 层次 | 范围 | 均值 | 标准差 | 变异系数(%) |
|----|-----|-----------|------|-----|---------|
| CK | 耕作层 | 7.0~15.5 | 10.5 | 3.6 | 33.7 |
| | 犁底层 | 4.5~8.1 | 5.9 | 0.9 | 14.6 |
| SR | 耕作层 | 10.1~16.5 | 14.1 | 2.1 | 14.9 |
| | 犁底层 | 13.3~17.6 | 15.5 | 2.1 | 13.8 |

3 讨论

3.1 秸秆还田有助于提升土壤养分含量

土壤有机质是土壤肥力的重要物质基础, 在一定范围内, 土壤有机质含量高, 对促进烟株生长发育、协调烟叶化学成分具有较好的效果, 可有效提高烟叶香气质、香气量, 减少青杂气和刺激性^[19-20]。本研究结果表明, 秸秆还田有助于提高土壤有机质、全氮和土壤活性有机质含量, 其中土壤有机质和土壤全氮的

增加幅度具有明显的一致性。樊俊等^[15]在湖北省宣恩县椒园镇凉风村的 3 a 秸秆还田定位试验结果也表明, 在 0~20 cm 深度范围内秸秆还田对土壤养分有一定的提升效果, 其中土壤有机质含量从 10.11 g/kg 提升到了 11.00~12.31 g/kg, 与本研究的养分区间差异较大而且提升幅度小, 这可能是由于该研究的还田试验与本研究相比还田时间较短, 而且没有进行轮作。王笃超和吴景贵^[21]对比了玉米秸秆等不同有机物料还田效果后, 发现秸秆还田对于大豆土壤有机碳

的增加有显著效果。刘军等^[22]研究长年连作棉田秸秆还田改良效果也发现,秸秆还田能够提高长期连作棉田土壤胡敏酸和胡敏素的含量,提高土壤腐殖物质,而且在 20 ~ 40 cm 土层土壤胡敏酸积累幅度最大。此外,本研究发现,犁底层的养分增加幅度要远高于表层,而且两个层次在秸秆还田处理中的养分含量相近。这可能是由于本研究中的秸秆还田方式伴随着拖拉机等大型农机的翻耕(翻耕深度一般在 20 cm 左右),使得上下层的土壤混合,下层的土壤被带到上层,秸秆也更加均匀地混施其中,所以犁底层的养分明显提升。殷晓燕等^[23]的研究也表明翻耕+玉米秸秆整株粉碎还田能够显著增加土壤养分,提高土壤质量。

前人研究表明,施肥主要影响活性有机质的含量,土壤中活性有机质与土壤全氮、全磷含量呈极显著相关关系,与碱解氮、有效磷含量呈显著关系,在一定范围内,提高土壤中活性有机质含量,可直接供植物吸收利用的碱解氮、有效磷含量随之增加^[24]。吴小丹等^[25]研究发现长期化肥或化肥与有机肥、稻草配施有利于土壤全有机质、高活性有机质、中活性有机质和低活性有机质的提高。张永春等^[26]在江苏省环太湖地区的机械化稻麦秸秆还田试验中发现秸秆全量还田土壤活性有机质的含量增加最多,而且作物产量与活性有机质及碳库管理指数(CPMI)的相关性要远高于总有机质。本研究也发现,秸秆还田条件下活性有机质的增加幅度与有机质相比更加明显。因此,秸秆还田可以使土壤碳氮含量增加,其中活性有机质的反映更加明显。

3.2 秸秆还田有助于改善土壤结构

土壤容重和通气孔隙是反映土壤结构的重要指标。土壤容重是指在田间自然状态下一定容积内的土体重量 (g/cm^3),是土壤重要的物理性质,不仅可以反映土壤结构的状况,还可以指示土壤质量和生产力^[27-28]。郝葳和田孝华^[8]提出,适宜烟草生长的土壤容重为 1.1 ~ 1.4 g/cm^3 。而胡伟^[29]的试验研究发现,优质烟草适宜生长的土壤容重为 1.12 ~ 1.27 g/cm^3 。土壤容重小于 1.35 g/cm^3 时,植物根系生长阻力较小,高于 1.35 g/cm^3 时根系生长受阻,而高于 1.5 g/cm^3 时,植物根系将很难穿透,土壤成为作物生长的障碍层^[30-31]。同时,土壤孔隙对烟草生长也至关重要,孔隙度不足会影响微生物活动,限制有机质分解和养分有效性,限制根系代谢活动,而且还会对水分吸收造成障碍。土壤孔隙结构是指土壤孔隙的形态大小、空间分布状况以及数量搭配、相互连通状况、孔隙之间相关性等空间分布特征^[32],是土壤

透气性的重要指标,土壤通气孔隙度直接影响了烟草根系的正常生长。我国主要烟区都分布在红壤区,红壤的特点是富酸性、易干旱、易板结、肥力低,容易造成土壤的自然压实,影响作物根系的水、肥、气、热的交换。本研究表明,长期进行秸秆还田可以明显降低土壤容重,增加土壤通气孔隙度,其主要原因可能是由于秸秆直接粉碎还田后,新鲜有机物料的腐解有利于促进土壤微粒的团聚作用,微生物作用形成的腐殖酸与土壤中的钙、镁粘结成腐殖酸钙和腐殖酸镁,形成大量的水稳性团聚体^[33],土壤结构得到有效改善,进而增加土壤透气性^[34],降低土壤紧实度^[35]。相关研究发现,3 a 的连续秸秆覆盖提高了土壤孔隙度^[36],刘定辉等^[37]也通过田间定位试验发现,通过秸秆还田能够增加 10 ~ 20 cm 土层通气孔隙的孔径,改善心土层的土壤结构,降低无效孔隙的孔径。王珍和冯浩^[38]的研究表明,秸秆还田能够显著改善壤土土壤团聚结构,减小土壤容重,增加土壤孔隙度。

此外,对比耕层和犁底层的土壤容重和孔隙度可以发现,秸秆还田后犁底层的土壤结构和耕层趋于一致,即作物的生长区间得到有效增加,这与还田过程中大型农机的翻耕密切相关。徐莹莹等^[39]分析了秸秆的不同还田方式对于玉米土壤结构的影响,结果表明,秸秆还田可以有效降低土壤容重,增加土壤通气孔隙,其中翻埋还田的效果最好,尤其是对于 20 ~ 40 cm 依然保持较好的改良效果。此外,新鲜秸秆粉碎产生的热量也在一定程度上有助于土壤结构的改善,使得土壤保持一定的温度和水分条件,李静静等^[40]的研究也表明粉碎秸秆覆盖可以保证稳定有利的土壤水分和温度条件,提高了生育后期的物质积累。胡伟^[29]认为,随着土壤容重增加根系向下伸展的能力减弱,当土壤容重低于 1.12 g/cm^3 时,烟草根系能良好地向下生长,土壤容重再往上升超过 1.59 g/cm^3 时,根系向下生长的能力受到限制;王树会和李天福^[41]研究却认为土壤容重和烟草的产质量之间呈现倒“V”关系,容重对烟株根系的影响是先促进后抑制。这种差异可能是与烤烟种植品种的不同有关。但综合来看,植烟土壤存在一定的适宜容重和透气性范围,经过秸秆粉碎还田的植烟土壤其耕层和犁底层土壤容重和通气孔隙度基本保持在适宜的种植范围之内。因此,为了保持良好的植烟土壤结构,要坚持采用秸秆翻耕还田。

4 小结

秸秆还田处理能显著提升土壤物理性状和养分,

本研究结果显示秸秆还田样点的耕作层和犁底层土壤全氮、有机质、活性有机质等养分含量出现明显累积,土壤通气孔隙得到有效改善,土壤容重降低。犁底层的改良效果较耕作层更为明显,而且两个层次之间的均值差异不显著,这可能是由于犁底层的初始背景值相对较低,改良的上升空间更大,而且翻耕措施使得上下层土壤混合,使得下层土壤改善更明显。因此,秸秆还田是一项有效提升土壤肥力、改善土壤性质,而且便于实施的农艺措施,值得推广应用。

参考文献:

- [1] 张霞,张涛,刘志华,等. 云南烤烟主要化学成分的影响因素研究[J]. 江西农业学报, 2014, 26(4): 68-71
- [2] 陈懿,林英超,黄化刚,等. 炭基肥对植烟黄壤性状和烤烟养分积累、产量及品质的影响[J]. 土壤学报, 2019, 56(2): 495-504
- [3] 武德传,周冀衡,樊在斗,等. 云南烤烟多酚含量空间变异分析[J]. 作物学报, 2010, 36(1): 141-146
- [4] 慧谭,彭五星,向必坤,等. 炭化烟草秸秆还田对连作植烟土壤及烤烟生长发育的影响[J]. 土壤, 2018, 50(4): 726-731
- [5] 黄化刚,班国军,陈垚,等. 多孔改良剂对毕节烟区土壤性状及烤烟产质量的影响[J]. 土壤学报, 2017, 54(6): 1427-1437
- [6] 田艳洪,刘文志,赵晓锋,等. 秸秆还田对连作烟田土壤性状及烟株生长的影响[J]. 现代化农业, 2011(11): 29-31
- [7] 张建国,聂俊华,杜振宇. 复合生物有机肥在烤烟生产中的应用研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(4): 424-428
- [8] 郝葳,田孝华. 优质烟区土壤物理性状分析与研究[J]. 烟草科技, 1996, 50(5): 1-9
- [9] 李晓婷,詹军,王维超,等. 豫中烟区土壤物理性状与养分特性及其关系[J]. 河南农业大学学报, 2016, 50(6): 715-719
- [10] 尚志强. 秸秆还田与覆盖对植烟土壤性状和产量质量的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(3): 706-708
- [11] 薄国栋,张继光,申国明,等. 秸秆还田对植烟土壤有机质及团聚体特征的影响[J]. 中国烟草科学, 2014, 35(3): 12-16
- [12] 施河丽,谭军,王兴斌,等. 烟草秸秆生物有机肥对植烟土壤交换性盐基的影响[J]. 中国烟草科学, 2015, 36(4): 80-84
- [13] 汤浪涛. 秸秆还田对植烟土壤肥力及烟草生长、产质量的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2010
- [14] 黄平娜,秦道珠,龙怀玉,等. 稻草还田对烟田速效养分变化及烟叶产量品质的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(12): 294-297
- [15] 樊俊,谭军,王瑞,等. 腐熟有机肥对植烟土壤养分、酶活性及微生物多样性的影响[J]. 烟草科技, 2019, 52(2): 11-18, 61
- [16] 李笑吟,毕华兴,张志,等. 晋西黄土区土壤水分有效性分析的克立格法[J]. 土壤学报, 2006, 43(6): 1004-1010
- [17] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2000
- [18] 徐明岗,于荣,孙小凤,等. 长期施肥对我国典型土壤活性有机质及碳库管理指数的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(4): 459-465
- [19] 王树会,纳红艳,陈发荣,等. 有机肥与化肥配施对烤烟品质及土壤的影响[J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(4): 110-114
- [20] 张启明,陈仁霄,管成伟,等. 不同有机物料对土壤改良和烤烟产质量的影响[J]. 土壤, 2018, 50(5): 929-933
- [21] 王笃超,吴景贵. 不同有机物料对连作大豆土壤养分及团聚体组成的影响[J]. 土壤学报, 2018, 55(4): 825-834
- [22] 刘军,景峰,李同花,等. 秸秆还田对长期连作棉田土壤腐殖质组分含量的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(2): 293-302
- [23] 殷晓燕,程志国,冯涛,等. 不同玉米秸秆机械还田方式和耕作方法对小麦田土壤理化性状及产量影响试验[J]. 农业科技通讯, 2018, 10: 144-147
- [24] 戴志刚. 秸秆养分释放规律及秸秆还田对作物产量和土壤肥力的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009
- [25] 吴小丹,蔡立湘,鲁艳红,等. 长期不同施肥制度对红壤性水稻土活性有机质及碳库管理指数的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(12): 283-288
- [26] 张永春,汪吉东,聂国书,等. 不同量秸秆机械化还田对稻麦产量及土壤碳活性的影响[J]. 江苏农业学报, 2008, 24(6): 833-838
- [27] Saini G R. Organic matter as a measure of bulk density of soil[J]. Nature, 1966, 210(5042): 1295-1296
- [28] Suuster E, Ritz C, Roostalu H, et al. Soil bulk density pedotransfer functions of the humus horizon in arable soils[J]. Geoderma, 2011, 163(1): 74-82
- [29] 胡伟. 土壤容重对烟草生长及植烟土化学性质影响的研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2013
- [30] 才晓玲. 土壤不同容重下玉米根系生长对物理性质影响的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2006
- [31] 郑存德,依艳丽,张大庚,等. 土壤容重对高产玉米根系生长的影响及调控研究[J]. 华北农学报, 2012, 27(3): 142-149
- [32] 程亚南,刘建立,张佳宝. 土壤孔隙结构定量化研究进展[J]. 土壤通报, 2012, 43(4): 988-994
- [33] 赵伟,陈雅君,王宏燕,等. 不同秸秆还田方式对黑土土壤氮素和物理性状的影响[J]. 玉米科学, 2012, 20(6): 98-102
- [34] 孙利军,张仁陟,黄高宝. 保护性耕作对黄土高原旱地地表土壤理化性状的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(6): 207-211
- [35] 李金刚. 耕作措施对四川丘陵机播小麦群体和土壤保墒的影响及其应用效果综合评价[D]. 成都: 四川农业大学, 2014
- [36] Jordan A, Zavala L M, Gil J. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain[J]. Catena, 2010, 81(1): 77-85

- [37] 刘定辉, 陈尚洪, 舒丽, 等. 四川盆地丘陵区秸秆还田少免耕对土壤水分特征的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(6): 119–122
- [38] 王珍, 冯浩. 秸秆不同还田方式对土壤结构及土壤蒸发特性的影响[J]. 水土保持学报, 2009, 23(6): 224–228
- [39] 徐莹莹, 王俊河, 刘玉涛, 等. 秸秆不同还田方式对土壤物理性状、玉米产量的影响[J]. 玉米科学, 2018, 26(5):78–84
- [40] 李静静, 李从锋, 李连祿, 等. 苗带深松条件下秸秆覆盖对春玉米土壤水温及产量的影响[J]. 作物学报, 2014, 40(10): 1787–1796
- [41] 王树会, 李天福. 土壤容重对烤烟生长及产量和品质的影响[J]. 中国农业科技导报, 2008, 10(5): 94–98

Effects of Straw Returning on Soil Physical Properties in Typical Tobacco Planting Regions of Yunnan Province

TIAN Yutian¹, LI Xiangwei¹, XIE Xinqiao¹, SUN Weixia^{2*}, SHI Xuezheng², YANG Jizhou¹, LIN Yunhong¹, DAI Xun¹, HU Baowen¹, PAN Jinhua^{2,3}, XU Lingying^{2,3}

(1 Hongta Tobacco (Group) Co., Ltd., Yuxi, Yunnan 653100, China; 2 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: In order to study the effects of straw returning on soil physical properties in typical tobacco planting areas, a typical tobacco area (Eshan County) in Yunnan Province was used as a sample, the tillage layer soil (0–15 cm) and the plow-cultivated layer soil (15–25 cm) under CK (not straw returning) and SR (straw returning) were investigated and analyzed. The results showed that soil organic matter, total nitrogen and active organic matter in SR soil of tillage layer increased by 13.4%, 10.9% and 21.6% respectively compared with those of CK, and those in plow-cultivated layer increased by 32.7%, 25.7% and 47.4% respectively. As a result, the improvement range of straw returning for plow-cultivated layer is more effective than for tillage layer. According soil physical characteristics, bulk density of SR soil of tillage and plow-cultivated layers reduced by 4.9% and 6.6% respectively compared with CK, and aeration porosity increased by 34.3% and 163% respectively. Thus, the implementation of straw returning in typical tobacco planting region can improve soil physical properties, fulfill soil environment for the growth of high-quality tobacco, and provide theoretical guidance and technical support for soil improvement in other tobacco planting regions.

Key words: Straw returning; Typical tobacco planting regions; Soil bulk density; Aeration porosity