

土壤深耕与秸秆还田对土壤物理性状及烟叶产质量的影响

芦伟龙^{1,2}, 董建新¹, 宋文静¹, 柳开楼³, 张启明⁴, 张海伟⁴, 苏鹏飞⁵, 张俊清¹, 梁洪波^{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. 江西省红壤研究所, 南昌 331717; 4. 江西省烟草科学研究所, 南昌 330025; 5. 吉安市烟草公司安福分公司, 江西 安福 343200)

摘要: 为探明江西典型植烟区适宜耕作方式, 改善烟区土壤理化性质, 在稻烟轮作区开展田间试验研究深耕对土壤物理性状、烤烟生长与烟叶产质量的影响。结果表明, 在 5~10 cm 土层, 秸秆还田显著降低了土壤容重、增加了土壤总孔隙度、毛管孔隙和通气孔隙; 在 20~25 cm 土层, 深耕和秸秆还田均显著降低了土壤容重, 提高了土壤通气孔隙。深耕显著降低了土壤的贯穿阻力, 秸秆还田通过增加 5~10 cm 土层 2 mm 团聚体的含量进而增加了土壤大团聚体的比例。深耕和秸秆还田均能提高烟株根茎叶的干物质量、促进其对氮磷钾的吸收, 以深耕处理与深耕+秸秆还田处理效果更显著。深耕和秸秆还田显著提高了烟叶产量、产值和烟叶评吸总分。利用圆盘犁深耕土壤结合水稻秸秆还田是改良植烟土壤、提高烟叶产质量的可行技术措施。

关键词: 烤烟; 深耕; 秸秆还田; 物理性状; 养分吸收; 产质量

中图分类号: S572.06

文章编号: 1007-5119(2019)01-0025-08

DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2019.01.004

Effects of Deep Soil Tillage and Straw Returning on Soil Physical Properties and Yield and Quality of Tobacco Leaves

LU Weilong^{1,2}, DONG Jianxin¹, SONG Wenjing¹, LIU Kailou³, ZHANG Qiming⁴, ZHANG Haiwei⁴,
SU Pengfei⁵, ZHANG Junqing¹, LIANG Hongbo^{1*}

(1. Institute of Tobacco Research of CAAS, Key Laboratory of Tobacco Biology and Processing, Ministry of Agriculture, Qingdao 266101, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 3. Jiangxi Institute of Red Soil, Nanchang 331717, China; 4. Tobacco Science Institute of Jiangxi Province, Nanchang 330025, China; 5. Anfu Tobacco Company of Jiangxi Province, Anfu, Jiangxi 343200, China)

Abstract: In order to find out the suitable tillage methods in Jiangxi typical tobacco-growing areas, and to improve the soil physical and chemical properties in tobacco-producing areas, a field trial was carried out in the rice-tobacco rotation area of Jiangxi Province. The results showed that in the 5-10 cm soil layer, straw returning significantly reduced soil bulk density, increased soil total porosity, capillary porosity and aeration porosity; in the 20-25 cm soil layer, deep tillage and straw returning significantly reduced soil bulk density and significantly increased soil aeration porosity. Deep tillage significantly reduced the penetration resistance of the soil and straw returning to the field increased the proportion of large aggregates of soil by increasing the content of aggregates 2 mm in 5-10 cm soil layer. Deep tillage and straw returning increased the dry matter content of tobacco root, stem and leaf, and promoted the absorption of nitrogen, phosphorus and potassium. The effects of deep tillage and deep tillage combined with straw returning were more significant than the other treatments. Deep tillage and straw returning significantly increased tobacco yield, output value and total tobacco smoking score. In Jiangxi Province, it is a feasible technical measure to improve tobacco planting soil and tobacco yield and quality by deep ploughing soil with disk plow combined with rice straw returning.

Keywords: tobacco; deep tillage; straw returning; physical properties; nutrient absorption; yield and quality

基金项目: 中国烟草总公司江西省公司科技项目“基于合理耕层构建提高江西烟田土壤肥力的技术研究与示范”(2016.01.005); 中国农业科学院科技创新工程(ASTIP-TRIC03)

作者简介: 芦伟龙(1994-), 男, 在读硕士研究生, 主要从事作物栽培与生理生态研究。E-mail: lwl19947@163.com

*通信作者, E-mail: lianghongbo@caas.cn

收稿日期: 2018-10-08

修回日期: 2019-01-25

江西省系全国烟草种植区划中最适宜与适宜区之一^[1], 烤烟种植模式主要为烟稻轮作, 长期单一的浅耕模式使该地区烟田土壤耕层明显变浅, 土壤板结与犁底层变厚等耕层问题日益严重^[2]。耕层土壤结构失调会影响土壤中的水、肥、气、热, 阻碍和影响烤烟的生长发育, 从而降低烤烟产质量。因此, 土层深耕和培肥植烟土壤已成为提高烟叶质量的根本出路。

相关研究指出深耕能够保持土壤疏松, 有益土壤的熟化 增强肥力^[3]。ZHANG等^[4]研究表明, 深耕能加大活土层, 便于根系伸展, 扩大作物吸收营养的范围, 使紧实土层变松碎, 土壤容重减小。冀保毅等^[5]研究表明, 深耕能增加耕层有效土壤深度和土壤孔隙度, 降低土壤容重, 改善耕层土壤的物理性状。秸秆作为常见的有机物料, 合理还田能够起到提高土壤养分含量, 改善土壤理化性状的作用^[6-7]。前人对深耕及秸秆还田的研究虽然较多, 但针对烤烟方面的研究则鲜有报道。本研究基于田间试验, 研究深耕结合秸秆还田对烟田土壤理化性状、烤烟生长发育和烟叶产质量的影响, 以期通过耕作方式改良烟田土壤质量, 促进烟株发育, 为当地烟区生产优质适产烟叶提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于2017年3月在江西省吉安市安福县严田镇山背村(27°22'27"N, 114°22'19"E)进行, 试验区实行烤烟-水稻轮作种植制度, 供试烤烟品种为云烟87, 起垄种植。供试土壤为水稻土, 试验开始前土壤养分状况: pH 4.79, 有机质 20.47 g/kg, 全氮 1.52 g/kg, 全磷 0.33 g/kg, 全钾 11.45 g/kg, 碱解氮 92.07 mg/kg, 有效磷 19.25 mg/kg, 速效钾 67.04 mg/kg, 氯离子 0.20 mg/kg。试验秸秆为前茬的水稻秸秆, 主要矿质养分含量: 全氮 8.41 g/kg, 全磷 1.40 g/kg, 全钾 1.45 g/kg, 全钙 3.65 g/kg, 全镁 2.70 g/kg。耕层土壤质地为中壤土。

1.2 试验设计

本试验设计4种处理方式。旋耕(CT): 水稻收获后秸秆全部移出田间, 植烟前旋耕机作业2遍, 耕深约15 cm; 旋耕+秸秆还田(CTS): 水稻收获后秸秆粉碎全量还田, 植烟前旋耕机作业2遍, 耕深约15 cm; 深耕(DT): 水稻收获后秸秆全部移出田间, 植烟前圆盘犁作业1遍, 旋耕机作业2遍, 耕深25~30 cm; 深耕+秸秆还田(DTS): 水稻收获后秸秆粉碎全量还田, 植烟前圆盘犁作业1遍, 旋耕机作业2遍, 耕深25~30 cm。每个处理分别设3次重复, 各小区面积均为55 m², 株距50 cm, 行距120 cm。3月8日移栽, N、P₂O₅和K₂O施用量分别为7.5、6.75、22.5 kg/hm²。

1.3 样品采集及测定

烤烟收获后分别测定各小区土壤的基本物理性状。用土壤紧实度仪(SC900)测定0~45 cm土层土壤穿透阻力。用环刀采集5~10 cm、20~25 cm、40~45 cm土壤样品测定土壤容重、土壤孔隙度等^[8], 采用湿筛法测定团聚体^[9], 取样位置如图1。

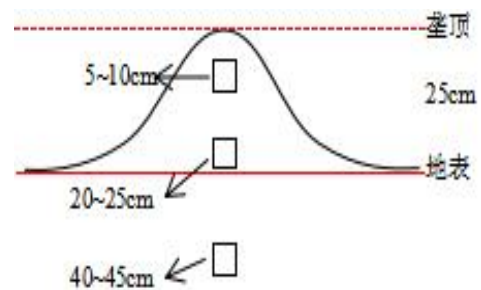


图1 取样示意图

Fig. 1 Sampling schematic diagram

烤烟达到平顶期后, 每个小区取3株烟株, 分根、茎、叶在105 °C下杀青30 min, 然后70 °C烘干至恒质量, 称其质量记录。经H₂SO₄-H₂O₂法消煮后, 凯氏定氮法测定氮含量, 钒钼黄分光光度计法测定磷含量, 火焰光度计法测定钾含量^[10]。

各小区烟叶单采单收, 初烤后进行计产计值。采集C3F等级初烤烟叶, 送农业部烟草产业产品质量监督检验测试中心测定还原糖^[11]、总糖^[11]、

总植物碱^[12]、总氮^[13]、钾^[14]及氯^[15]含量，进行烤烟感官质量评吸。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2007 和 Origin Pro 8.6 进行数据以及表格处理；采用 SAS 9.3 进行统计分析，显著性水平设为 $\alpha=0.05$ 。

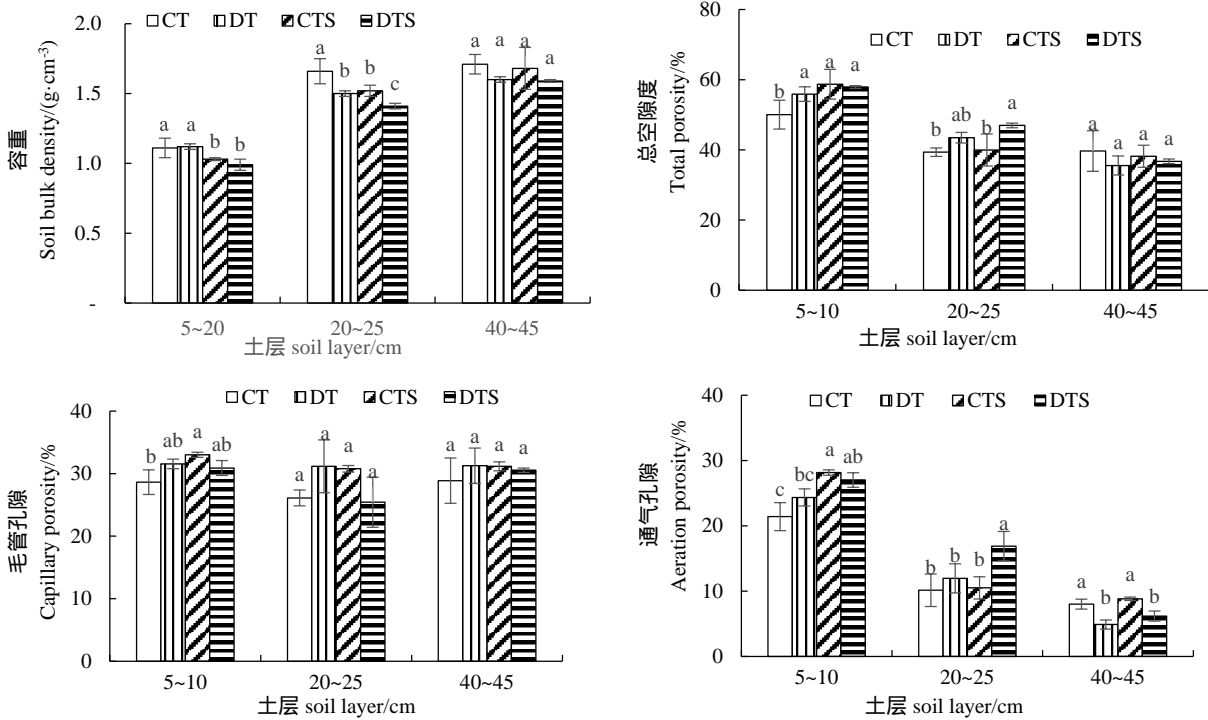
2 结果

2.1 深耕与秸秆还田对土壤物理性状的影响

如图 2 所示，深耕与秸秆还田的综合作用对土壤容重的影响较为明显，但是二者的单独作用在各土层表现却不一致。在 5~10 cm 土层，旋耕和旋耕+秸秆还田处理之间以及深耕和深耕+秸秆还田处理之间差异达到了显著水平，表明秸秆还田对浅层土壤容重的影响较大；在 20~25 cm 土层，旋耕和深耕处理之间，旋耕+秸秆还田和深耕+秸秆还田处理之间，旋耕和旋耕+秸秆还田处理之间以及深耕和深耕+秸秆还田处理之间差异均达到

了显著水平，表明深耕和秸秆还田均可显著降低土壤容重；在 40~45 cm 土层，各处理之间差异不显著，但仍表现出深耕处理容重低于旋耕处理。

在 5~10 cm 土层，旋耕与深耕处理之间土壤总孔隙度的差异达到显著水平，而旋耕与旋耕+秸秆还田处理之间土壤的总孔隙度、毛管孔隙、通气孔隙均达到显著水平，说明深耕和秸秆还田皆有提高土壤孔隙度的作用；在 20~25 cm 土层，深耕+秸秆还田较旋耕+秸秆还田处理显著增加了土壤的总孔隙度以及通气孔隙，深耕较旋耕处理也有所增加，但未达到显著差异水平，表明在此土层深耕对土壤孔隙度影响更大。在 40~45 cm 土层，各处理之间土壤总孔隙度与毛管孔隙度差异不显著，反而深耕与深耕+秸秆还田处理分别较旋耕与旋耕+秸秆还田处理的通气孔隙显著降低，这可能是深翻时采用的圆盘犁机具作业时，由于机具自身重量对下层土壤产生的压实作用导致的（图 2）。



注：同一土层不同小写字母表示处理间差异有统计学意义 ($p < 0.05$)，下同。

Note: Values within the same soil layer followed by different letters are significantly different at $p < 0.05$, the same below.

图 2 深耕和秸秆还田对土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙、通气孔隙的影响

Fig. 2 Effects of deep tillage and returning straw on soil bulk density, total porosity, capillary porosity and aeration porosity

土壤的贯穿阻力是反映土壤紧实度的重要参数,一定程度上反映了植物根系下扎的难易程度。由图3可见,与旋耕相比,深翻明显降低了土壤的贯穿阻力。旋耕和旋耕+秸秆还田处理分别在22.5 cm和27.5 cm深处出现坚硬土层,紧实度仪难以继续深入。在12.5 cm以上土层,深耕处理的贯穿阻力均大于深耕+秸秆还田处理,旋耕和旋耕+秸秆还田之间无明显规律。在12.5 cm以下土层中,大多数情况下贯穿阻力表现为深耕<深耕+秸秆还田<旋耕+秸秆还田<旋耕。深耕打破了犁底层上层部分,减少了犁底层的厚度,增加了疏松土层的厚度,为根系的生长提供了良好的条件。

一般将>0.25 mm的土壤团聚体划分为大团聚体,反之为微团聚体。表1示出,在5~10 cm土层,深耕+秸秆还田和旋耕+秸秆还田2个秸秆

还田的处理>0.25 mm的大团聚体含量显著高于旋耕和深耕处理,其中主要是增加了2 mm团聚体的含量,而<0.25 mm的微团聚体含量则反之,说明秸秆还田可以提高表层土壤的大团聚体含量。各处理对20~25 cm土层的团聚体无显著影响。在40~45 cm土层,旋耕处理>0.25 mm的大团聚体含量最高,但是其2 mm团聚体的含量却最低,主要是增加了0.5~1.0 mm和0.25~0.5 mm团聚体的含量;深耕处理>0.25 mm的大团聚体含量最低,但是2 mm团聚体的含量却最高;旋耕+秸秆还田和深耕+秸秆还田处于上述两个处理之间,且二者之间无显著差异。

2.2 深耕与秸秆还田对烟株干物质质量的影响

由图4可知,烤烟平顶期,与旋耕相比,深耕处理烤烟的根、茎、叶以及整株的干物质积累量均显著增加,增幅分别为78.95%、28.54%、31.77%、24.53%;与旋耕+秸秆还田相比,深耕+秸秆还田处理烤烟的根、茎的干物质积累量显著增加,增幅分别达到了39.36%、16.66%。旋耕与旋耕+秸秆还田处理、深耕与深耕+秸秆还田处理之间,烤烟叶片及总干物质积累量达到显著差异,但根、茎的干物质积累量无显著差异。可见,深耕和秸秆还田处理均能促进烤烟干物质积累,较秸秆还田处理,深耕对烤烟干物质积累的影响在根、茎、叶以及总量上均表现更明显。

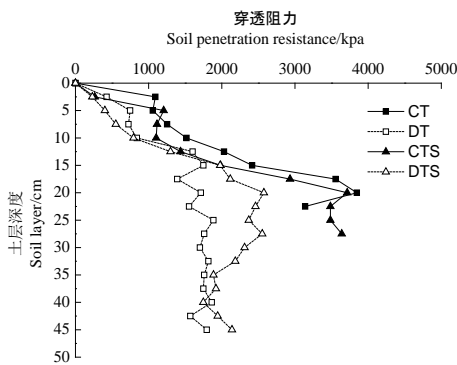


图3 深耕和秸秆还田对土壤穿透阻力的影响

Fig. 3 Effects of deep tillage and straw returning on soil penetration resistance

表1 深耕和秸秆还田对各级水稳性团聚体比重的影响

Table 1 Effects of deep tillage and straw returning on the content of different sizes of soil aggregate %

土层 Soil layer/cm	处理 Treatment	2 mm	1~2 mm	0.5~1 mm	0.25~0.5 mm	<0.25 mm	0.25 mm
5~10	CT	79.02±4.00b	2.99±2.13ab	1.47±1.26a	1.08±0.38a	15.40±0.22a	84.56±0.22c
	DT	77.06±1.12b	4.61±0.18a	4.38±1.92a	1.97±0.88a	11.99±0.26b	88.01±0.26b
	CTS	87.51±2.60a	1.13±0.20b	3.60±2.67a	2.44±1.22a	5.33±1.09c	94.67±1.09a
	DTS	90.17±0.22a	1.43±0.26b	1.44±0.19a	1.31±0.03a	5.64±0.20c	94.36±0.20a
20~25	CT	73.32±5.94a	4.18±1.35a	4.31±2.53b	4.31±2.80a	13.88±0.73a	86.12±0.73a
	DT	69.02±15.07a	5.41±3.77a	5.26±2.17b	9.23±6.04a	11.08±3.10a	88.92±3.10a
	CTS	54.20±0.34a	4.93±1.89a	13.63±0.88a	10.50±0.73a	16.74±0.07a	83.26±0.07a
	DTS	64.24±14.64a	3.92±0.55a	15.15±4.77a	7.55±4.45a	9.14±4.88a	90.86±4.88a
40~45	CT	30.69±0.30b	7.88±3.25a	21.64±9.22a	22.99±11.27a	18.04±4.14b	81.96±4.14a
	DT	50.59±3.38a	4.51±1.93a	9.07±3.18a	10.33±0.83a	25.49±0.89a	74.51±0.89b
	CTS	39.01±8.56ab	7.93±5.95a	13.74±0.08a	17.61±2.79a	21.71±0.10ab	78.29±0.10 ab
	DTS	39.51±3.24ab	7.90±6.68a	12.07±5.25a	20.44±9.93a	20.08±1.24ab	79.92±1.24ab

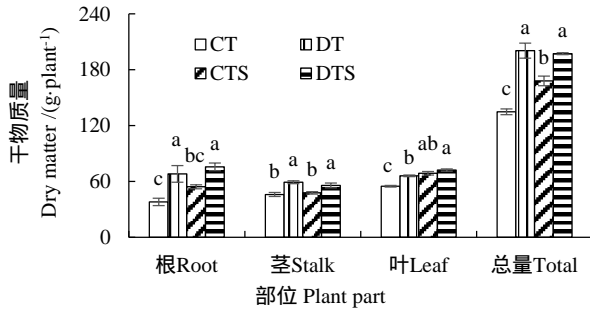


图 4 深耕和秸秆还田对烤烟干物质质量的影响

Fig. 4 Effects of deep tillage and straw returning on dry matter accumulation in flue-cured tobacco

2.3 深耕与秸秆还田对烟株养分吸收的影响

由图 5A 可知，与旋耕处理相比，深耕处理的烤烟根、茎、叶以及整株的氮素积累量显著升高，增幅达到了 66.71%、25.49%、29.10%、21.71%；与旋耕+秸秆还田处理相比，深耕+秸秆还田处理的烤烟茎中氮素积累量显著升高，增幅为 44.04%，根、叶中氮素积累量差异未达到显著水平。由图 5B 可知，与旋耕处理相比，深耕处理的烤烟根、茎、叶及整株磷元素积累量显著升高，增幅达到了 79.19%、29.53%、35.71%、42.68%；与旋耕+秸秆还田处理相比，深耕+秸秆还田处理的烤烟根、茎及整株磷元素积累量显著升高，增幅为 53.62%、43.78%、31.72%，叶中磷元素积累量未达到显著水平。由图 5C 可知，与旋耕处理相比，深耕处理的烤烟根、叶及整株的钾元素积累量显著升高，增幅达到了 78.48%、45.73%、46.44%，叶中钾积累量也有所增加但未达到显著水平；与旋耕+秸秆还田处理相比，深耕+秸秆还田处理的烤烟根、茎及整株钾元素积累量显著升高，增幅为 41.98%、29.28%、22.12%，叶中钾元素积累量差异不显著。

2.4 深耕与秸秆还田对烤烟产质量的影响

2.4.1 深耕与秸秆还田对烤烟产量的影响 由表

表 2 深耕与秸秆还田对烤烟经济性状的影响

Table 2 Effects of deep tillage and straw returning on economic characters of flue-cured tobacco

处理 Treatment	产量 Tobacco yield/(kg·hm ⁻²)	产值 Output value/(元·hm ⁻²)	均价 Average price/(元·kg ⁻¹)
CT	1 566.39±117.30c	33 783.44±584.77d	21.64±1.43b
DT	1 935.00±195.63b	41 134.56±2 283.33c	21.31±0.97b
CTS	2 061.50±64.35b	51 233.20±3 872.68b	24.84±1.10a
DTS	2 592.50±183.14a	64 321.10±1 888.12a	24.85±1.03a

2 可知，深耕处理显著增加了烤烟的产量、产值，对烤烟均价影响不明显；其中，深耕处理较旋耕处理产量产值增幅分别为 23.53%、21.76%；深耕+秸秆还田处理较旋耕+秸秆还田处理烤烟产量产值增幅分别为 25.76%、25.55%。而秸秆还田处理下烤烟的产量、产值及均价均显著提高。

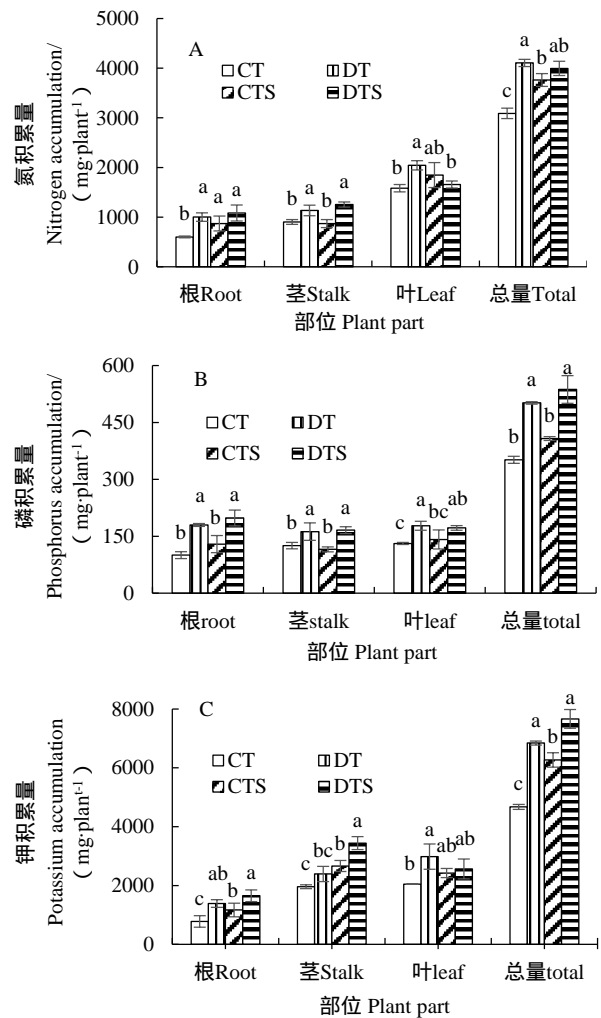


图 5 深耕和秸秆还田对烤烟氮 (A)、磷 (B)、钾 (C) 积累量的影响

Fig. 5 Effects of deep tillage and straw returning on nitrogen(A), phosphorus(B), potassium(C) accumulation in flue-cured tobacco

2.4.2 深耕与秸秆还田对烟叶化学成分的影响
由表 3 可知,与旋耕处理相比,深耕处理的还原糖显著增加,总糖、总植物碱、总氮、钾、氯含量无显著差异。与旋耕+秸秆还田处理相比,深耕+秸秆还田处理还原糖、总糖、总植物碱、总氮、钾、氯含量无显著差异。旋耕+秸秆还田处理和旋耕处理相比较,总植物碱含量显著降低,其余 5

项化学成分均无显著差异。

2.4.3 深耕与秸秆还田对烤烟感官评吸质量的影响
由表 4 可知,烤烟感官评吸质量得分为深耕+秸秆还田>旋耕+秸秆还田>深耕>旋耕,说明深耕和秸秆还田均能提高烤烟的评吸质量,以深耕+秸秆还田的处理得分最高。

表 3 深耕和秸秆还田对烟叶化学成分的影响

Table 3 Effects of deep tillage and straw returning on chemical components of tobacco leaves %

处理	还原糖	总糖	总植物碱	总氮	氧化钾	氯
Treatment	Reducing sugar	Total sugar	Total alkaloid	Total nitrogen	K ₂ O	Cl
CT	28.9±0.42b	35.2±1.08ab	2.17±0.05a	1.77±0.08a	3.50±0.18a	0.32±0.03bc
DT	30.7±0.21a	36.2±0.15a	1.84±0.13ab	1.60±0.04a	3.11±0.16a	0.29±0.01c
CTS	29.5±0.57ab	34.0±0.07b	1.77±0.46b	1.80±0.22a	3.42±0.10a	0.43±0.09ab
DTS	28.6±1.15b	35.2±0.49ab	1.91±0.23ab	1.71±0.10a	3.50±0.21a	0.47±0.01a

表 4 深耕和秸秆还田对烤烟感官评吸质量的影响

Table 4 Effects of deep tillage and straw returning on sensory evaluation quality of flue-cured tobacco

处理	劲头	浓度	香气质	香气量	余味	杂气	刺激性	燃烧性	灰色	总分
Treatment	Strength	Smoke concentration	Aroma quality	Aroma concentration	Aftertaste	Impurity	Irritation	Combustion	Ash	Total score
CT	适中	中等+	10.50	15.40	18.20	12.00	8.80	3.00	2.90	70.8
DT	适中+	中等+	10.90	15.70	18.50	12.20	8.70	3.00	2.90	71.9
CTS	适中	中等+	10.90	15.60	18.50	12.40	8.80	3.00	2.90	72.1
DTS	适中+	中等+	11.10	15.90	18.90	12.60	8.70	3.00	2.90	73.1

3 讨论

相关研究表明^[16-19],在壤土地块上,深耕显著降低了土壤的穿透阻力与土壤容重,在土壤耕层相对浅、土壤较紧实田地,深耕可以有效的改善土壤质量。本试验结果显示,深耕措施较旋耕处理显著降低表层及次表层土的土壤容重,降低了土壤贯穿阻力,同时显著增加土壤孔隙度,增加土壤的通气性,改善土壤结构从而改善作物根系生长环境。此外,秸秆还田显著降低了表层土的土壤容重,增加了土壤孔隙度,但其对深层土的影响较小,这与前人的研究结果基本一致^[20-22]。田慎重等^[23]研究表明,秸秆还田显著增加了土壤大团聚体的含量。本试验结果显示,施加秸秆还田的两个处理分别较相应不还田处理显著增加了土壤大团聚体的含量,说明秸秆还田有利于微团聚体团聚成更大粒级的团聚体。

深耕能促进有机质在耕层土壤中的积累,提高作物对氮素利用率,提高耕层土壤中的氮、磷和钾等营养元素的含量^[19]。石磊等^[24]研究表明,深耕 30 cm 处理的烟株叶面积较耕作 15 cm 处理显著增加。李浩等^[25]研究发现耕层的加深会提高作物产量和生物量。本研究结果显示深耕显著增加烤烟平顶期时的生物量,促进了植株的生长发育,其中,深耕处理显著促进了烤烟根系的生长,这也为烤烟对营养元素的吸收打下基础。此外,深耕显著增加了烤烟对氮、磷、钾 3 种营养元素的积累,这也与烤烟的生物量增加基本一致。

作物生长发育需要适宜的土壤环境,作物产量更与土壤环境密切相关。孔凡磊等^[26]、周静等^[27]研究表明,不同耕作通过改变农田土壤物理性状从而影响土壤水热状况和养分供应,进而影响作物生长发育特性,最终影响作物产量。曹海莲等^[28]

研究显示秸秆还田可以增加作物产量，改善烤烟的质量。本研究结果显示，深耕和秸秆还田显著提高了烤烟的产量与产值，降低了烤后烟叶的植物碱的含量，增加了烤烟的感官评吸质量。

4 结 论

采用圆盘耙深耕打破了犁底层上层 5 cm，减少了犁底层的厚度，增加了疏松土层的厚度；深耕与秸秆还田有效改善了耕层土壤的物理性状，降低土壤容重，增加土壤孔隙度，增加了土壤大团聚体的比重，减小土壤贯穿阻力。土壤环境的改善有效促进了烤烟根系的生长发育，增加烤烟的生物量累积，提高了烤烟对土壤养分的吸收，进一步提高了烤烟的产量、产值和烟叶质量。

参考文献

- [1] 王彦亭, 谢剑平, 李志宏. 中国烟草种植区划[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 36.
WANG Y T, XIE J P, LI Z H. Chinese tobacco planting regionalization[M]. Beijing: Science press, 2010: 36.
- [2] 王娜, 兰建强, 王定伟, 等. 不同耕作深度对烤烟生长及产、质量的影响[J]. 西南农业学报, 2014, 27(4): 1737-1740.
WANG N, LAN J Q, WANG D W. Effect of different plowing depths on growth-development, yield and quality of flue-cured tobacco[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2014, 27(4): 1737-1740.
- [3] 陈冬林, 易镇邪, 周文新, 等. 不同土壤耕作方式下秸秆还田量对晚稻土壤养分与微生物的影响[J]. 环境科学学报, 2010, 30(8): 1722-1728.
CHEN D L, YI Z X, ZHOU W X, et al. Effects of straw return on soil nutrient and microorganisms in late rice under different soil tillage systems[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2010, 30(8): 1722-1728.
- [4] ZHANG H L, QIN Y D, ZHU W S. Effect of tillage on soil physical properties[J]. Soil, 2003, 2: 140-144.
- [5] 冀保毅. 深耕与秸秆还田的土壤改良效果及其作物增产效应研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2013.
JI B Y. Research on the effect of deep tillage and straw retained improve soil quality and enhance the yield of crop[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2013.
- [6] 白和平, 胡喜巧, 朱俊涛, 等. 玉米秸秆还田对麦田土壤养分的影响[J]. 科技信息, 2011(11): 43-44.
BAI H P, HU X Q, ZHU J T, et al. Effects of corn straw returning to field on wheat field soil nutrient[J]. Science & Technology Information, 2011(11): 43-44.
- [7] 张鹏, 李涵, 贾志宽, 等. 秸秆还田对宁南旱区土壤有机碳含量及土壤碳矿化的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(12): 2518-2525.
ZHANG P, LI H, JIA Z K, et al. Effects of straw returning on soil organic carbon and carbon mineralization in semi-arid areas of southern Ningxia, China[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2011, 30(12): 2518-2525.
- [8] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
LU R K. Analytical methods for soil and agro-chemistry [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1999.
- [9] 依艳丽. 土壤物理研究法[M]. 北京: 北京大学出版社, 2009.
YI Y L. Soil Physics Research Method[M]. Beijing: Peking University Press, 2009.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
BAO S D. Soil agricultural chemistry analysis[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000.
- [11] 国家烟草专卖局. YC/T 159—2002 烟草及烟草制品水溶性糖的测定 连续流动法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
State Tobacco Monopoly Administration. YC/T 159—2002 Tobacco and tobacco products-determination of water soluble sugars-continuous flow method[S]. Beijing: China Standards Press, 2002.
- [12] 国家烟草专卖局. YC/T 160—2002 烟草及烟草制品总植物碱的测定 连续流动法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
State Tobacco Monopoly Administration. YC/T 160—2002 Tobacco and tobacco products-determination of total alkaloids-continuous flow method[S]. Beijing: China Standards Press, 2002.
- [13] 国家烟草专卖局. YC/T 161—2002 烟草及烟草制品总氮的测定 连续流动法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
State Tobacco Monopoly Administration. YC/T 161—2002 Tobacco and tobacco products-determination of total nitrogen-continuous flow method[S]. Beijing: China Standards Press, 2002.
- [14] 国家烟草专卖局. YC/T 173—2003 烟草及烟草制品钾的测定 火焰光度法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
State Tobacco Monopoly Administration. YC/T 173—2003 Tobacco and tobacco products- determination

- of potassium-flame photometry[S]. Beijing: China Standards Press, 2003.
- [15] 国家烟草专卖局. YC/T 162—2011 烟草及烟草制品 氯的测定 连续流动法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
State Tobacco Monopoly Administration. YC/T 162—2011 Tobacco and tobacco products-determination of chlorine-continuous flow method[S]. Beijing: China Standards Press, 2011.
- [16] JI B, ZHAO Y, MU X, et al. Effects of tillage on soil physical properties and root growth of maize in loam and clay in central China[J]. *Plant Soil and Environment*, 2013, 59(7): 295-302
- [17] 孙敬国, 王昌军, 陈振国, 等. 不同耕作方式对土壤及烤烟的影响[J]. *湖北大学学报(自然科学版)*, 2017, 39(3): 299-304.
SUN J G, WANG C J, CHEN Z G, et al. The influence of different tillage on soil and flue-cured tobacco[J]. *Journal of Hubei University(Natural Science)*, 2017, 39(3): 299-304.
- [18] 张大伟, 刘建, 王波, 等. 连续两年秸秆还田与不同耕作方式对直播稻田土壤理化性质的影响[J]. *江西农业学报*, 2009, 21(8): 53-56.
ZHANG D W, LIU J, WANG B, et al. Effect of straw-returning and different tillage modes on physical and chemical properties of direct seeding paddy soil[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2009, 21(8): 53-56.
- [19] 张军刚, 郭海斌, 王文文, 等. 深耕对土壤理化性质及生物性状的影响[J]. *农业科技通讯*, 2017(11): 184-185.
ZHANG J G, GUO H B, WANG W W, et al. Effects of deep tillage on soil physical and chemical properties and biological properties[J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 2017(11): 184-185.
- [20] 慕平, 张恩和, 王汉宁, 等. 不同年限全量玉米秸秆还田对玉米生长发育及土壤理化性状的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2012, 20(3): 291-296.
MU P, ZHANG E H, WANG H N, et al. Effects of continuous straw return to soil on maize growth and soil[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2012, 20(3): 291-296.
- [21] 孔晓民, 韩成卫, 曾苏明, 等. 不同耕作方式对土壤物理性状及玉米产量的影响[J]. *玉米科学*, 2014, 22(1): 108-113.
SUN X M, HAN C W, ZENG S M, et al. Effects of different tillage managements on soil physical properties and maize yield[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2014, 22(1): 108-113.
- [22] 吕巨智, 程伟东, 钟昌松, 等. 不同耕作方式对土壤物理性状及玉米产量的影响[J]. *中国农学通报*, 2014, 30(30): 38-43.
LYU J Z, CHENG W D, ZHONG C S, et al. Effects of different cultivation methods on the soil physical properties and yield of maize[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014, 30(30): 38-43.
- [23] 田慎重, 王瑜, 李娜, 等. 耕作方式和秸秆还田对华北地区农田土壤水稳性团聚体分布及稳定性的影响[J]. *生态学报*, 2013, 33(22): 7116-7124.
TIAN S Z, WANG Y LI N, et al. Effects of different tillage and straw systems on soil water-stable aggregate distribution and stability in the North China Plain[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(22): 7116-7124.
- [24] 石磊, 朴世领, 沈丽, 等. 不同耕作方式对烤烟生长及内在品质的影响[J]. *延边大学学报*, 2010, 32(2): 100-105.
SHI L, PU S L, SHEN L, et al. Effects of different tillage methods on growth and intrinsic quality of flue-cured tobacco[J]. *Agricultural Science Journal of Yanbian University*, 2010, 32(2): 100-105.
- [25] 李浩, 高鹏. 耕层深度与土壤改良对作物产量及土壤特性的影响[J]. *水土保持应用技术*, 2010(6): 1-3.
LI H, GAO P. Effects of tillage depth and soil improvement on crop yield and soil characteristics[J]. *Technology of Soil and Water Conservation*, 2010(6): 1-3.
- [26] 孔凡磊, 袁继超, 张海林, 等. 耕作方式对华北两熟区冬小麦生长发育和产量的影响[J]. *作物学报*, 2013, 39(9): 1612-1618.
KONG F L, YUAN J C, ZHANG H L, et al. Effect of tillage practice on growth and development and yield of winter wheat in double cropping area in north china. *Acta Agronomica Sinica*, 2013, 39(9): 1612-1618.
- [27] 周静, 史向远, 李永平, 等. 不同耕作措施对旱地玉米生长环境及产量的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2016, 34(1): 134-139.
ZHOU J, SHI X Y, LI Y P, et al. Effects of different tillage practices on growing environment and yield of dryland maize[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2016, 34(1): 134-139.
- [28] 曹海莲, 田峰, 蔡云帆, 等. 不同植烟土壤改良模式对烤烟产质量的影响[J]. *作物研究*, 2015(6): 613-616.
CAO H L, TIAN F, CAI Y F, et al. Effects of different improvement patterns for tobacco-planting soil on yield and quality of flue-cured tobacco[J]. *Crop Research*, 2015(6): 613-616.