

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2015.11.018

翻耕与改良剂施用对土壤植烟适应性的影响^①

蒋珍茂¹, 赵秀兰¹, 魏世强¹, 张永华²,
罗 畅¹, 徐 畅³, 陈益银⁴

1. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400716; 2. 中国烟草总公司 重庆市公司彭水分公司, 重庆 409600;
3. 中国烟草总公司 重庆市公司, 重庆 401147; 4. 重庆烟草科学研究所, 重庆 400716

摘要: 在重庆市典型烟区进行了 2a 时间的田间试验, 研究了土壤翻耕深度、土壤改良剂类型及其施用方式等土地整理因子对植烟土壤质量的影响, 评估了整理后土壤的植烟适宜性. 结果表明, 土壤翻耕可改善土壤物理性质, 使得土壤容质量下降 1.38%~15.17%, 孔隙度增加 1.68%~18.68%, 但同时也降低了土壤的有机质、有效氮、磷、铁、锰、铜等含量, 且随土地整理深度增加, 降低幅度增大. 石灰、生物质炭、堆肥等土壤改良剂在改善土壤主要理化性质因子中的作用方向和程度不同: 石灰提升土壤 pH 值但降低养分有效性, 生物质炭促进有机质积累且强化石灰效应, 而堆肥既可改良土壤物理性质, 还能平衡土壤养分供应. 3 种改良剂之间的复配施用更能协同改善土壤理化性质及其植烟适宜性. 改良剂在土壤的表层施用效果优于全层混合施用.

关键词: 翻耕; 改良; 土壤理化性质; 烟草; 适宜性

中图分类号: X503.231; S156.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2015)11-0122-09

烟草是一种重要的经济作物, 在我国国民经济和财政收入中, 烟草行业的纳税约占政府收入的 10%, 具有举足轻重的地位^[1]. 烟草生产是烟草行业最初也是重要的一环, 决定着最终烟草产品的品质^[2]. 目前的烟草生产中, 由于长期连作导致土壤耕作层变薄、犁底层增厚、土壤酸化、有机质含量降低等问题^[1-3]. 对土壤进行深翻并配合施用土壤改良剂是解决植烟区土壤质量问题的有效途径. 刘红杰等^[4]发现, 深翻耕可促进土壤氮素转化, 减缓土壤酸化, 提高土壤有机质含量, 进而促进烟草生长. 张文梅等^[5]对广昌旱地紫色土进行 80~100 cm 的深耕后发现, 深翻可改善烟株根系生长的环境条件, 促进烟株生长发育和微生物活动, 提高土壤肥力, 减轻病虫害的发生. 徐天养等^[6]和郑建辉^[7]发现耕作深度对烟叶的生长期、农艺性状、养分吸收和评吸质量等方面均有影响, 分别建议土壤的最佳耕作深度为 30~40 cm 和 20 cm. 与此同时, 土壤深翻也带来了一些负面问题, 例如深耕打破了犁底层, 使养分下渗流失作用增强^[8], 降低了碱解氮、有效磷和有效钾等营养元素的含量^[4,9], 需额外补偿磷肥和钾肥; 降低了某些土壤酶活性^[4]等. 对于这些土壤翻耕整理中出现的问题, 配合土壤改良剂的应用提供了一些解决思路. 土壤改良剂可改善土壤的结构、温度、蓄水保肥能力等物理化学性质以及提高土壤微生物量和酶活等生物化学特性, 促进植株生长, 增加作物产量^[10]. 刘春英^[11]将一定数量的粉煤灰、石灰、白云石粉和废菌棒按比

① 收稿日期: 2013-10-12

基金项目: 中国烟草总公司重庆市公司项目(NY20120301070005); 水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07104-003); 国家自然科学基金项目“nZVI 颗粒和树脂载体之间的相互作用在污染物去除中的影响机制研究”(21207110).

作者简介: 蒋珍茂(1980-), 女, 重庆人, 副教授, 主要从事污染物迁移转化机理和污染控制研究.

通信作者: 魏世强, 研究员.

例混配成不同组合的改良剂施用于植烟土壤,发现其对烤烟生物产量、经济产量、上等烟叶产量、烟叶还原糖及烟碱含量等均有不同程度提高,并确定了最佳的改良剂组合为“石灰+菌棒+常规化肥”。邱学礼等人^[12]研究了不同土壤改良措施(施用河砂、沸石、水稻秸秆、中草药药渣、腐熟有机肥)对植烟土壤理化性质的影响,发现这些改良剂不同程度地改善了土壤的通透性,降低了土壤粘粒含量,增加了土壤营养元素含量,但对土壤 pH 值影响较小。

重庆位于我国西南地区,是典型的低山丘陵区,地形起伏较大,耕地瘠薄,水土流失严重,地块小而分散,烟草连片种植规模不高,限制了烟草现代农业种植性技术的应用,同时烟区土壤也存在酸化板结、有机质下降等土壤质量问题。目前重庆市植烟区正大规模地进行烟区土地整理,期望能有力促进烟区规模化种植和机械化作业水平。烟区土地整理势必对土壤理化性质产生重要的影响,从而影响烟草生长和产量品质的形成,不同区域由于地形地貌、土壤母质、土层深度等自然环境条件及耕作管理方式的不同,土地整理对土壤性质的影响规律可能存在差异,但对于本地烟区土地整理对土壤性质的影响及经过整理后的土壤烟草栽培适宜性,目前尚无系统研究。为此,本文根据重庆烟区现行的土地整理措施,着重考察土地整理深度以及配合施用不同类型改良剂对土壤理化性质的影响,为烟田土地优化整理及后续烟草栽培管理提供基础依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试改良剂包括石灰、生物质炭、秸秆堆肥。其中,石灰购买于重庆市彭水县润溪乡石灰厂;秸秆堆肥采自农家自堆肥;生物质炭购买于重庆市力宏精细化工有限公司,其理化性质为 pH 9.9,有机碳 239.70 g/kg,全磷 1.33 g/kg,全钾 42.64 g/kg,有效钙 2.63 g/kg,有效镁 0.38 g/kg。

1.2 试验地点及方法

1.2.1 试验地点

试验设在重庆市彭水县润溪乡白果坪村 1 组,107°55′42.3″E,29°5′49.4″N,海拔 1 080 m,土壤类型为石灰岩母质发育的矿质黄泥,该区域为重庆渝东南典型植烟区。试验地块撂荒 2a,前茬作物是雪莲果。

1.2.2 试验设计与方法

1)翻耕深度的影响。设不翻耕(CK1)、翻耕深度分别为 30,60 和 80 cm。翻耕方式为人工将设计深度内的土壤全部翻耕、全层混合,混匀后在表层 30 cm 施石灰以调整土壤的 pH,石灰用量按照当地现行土地整理推荐用量 3 000 kg/hm² 计。

2)改良剂类型对植烟土壤理化性质的影响。在固定土地整理深度为 30 cm 条件下,比较不同改良剂的作用效果。设不加改良剂(CK2)、石灰(LM, 3 000 kg/hm²)、生物质炭(BC, 3 000 kg/hm²)、堆肥(DF, 7 500 kg/hm²)、秸秆堆肥+石灰(DF+LM, DF7 500 kg/hm²+LM 3 000 kg/hm²)、秸秆堆肥+生物质炭(DF+BC, DF 7 500 kg/hm²+BC 3 000 kg/hm²)、秸秆堆肥+1/2 石灰+1/2 生物质炭(DF+BC+LM, DF 7500 kg/hm²+LM 1 500 kg/hm²+BC 1 500 kg/hm²)和石灰+生物质炭(BC+LM, LM 3 000 kg/hm²+BC 3 000 kg/hm²),共 1 个对照 7 个处理。改良剂在烟草栽培前 20 d 施入,与土层混合均匀。

3)改良剂施用方式对植烟土壤理化性质的影响。施用方式设全层施用(T)和表层施用(S)2 个水平,改良剂包含石灰、堆肥+石灰 2 种类型,共 4 个处理。土地整理深度固定为 60 cm。改良剂全层施用的混合深度为 60 cm,表层施用的混合深度为 30 cm。改良剂在烟草栽培前 20 d 施入。

整个田间试验共 16 个处理,试验方案见表 1。小区面积 6 m×3.6 m=21.6 m²,采用随机区组试验,重复 3 次。每小区种植烟草 5 行×6 株/行=30 株,行距 1.2 m,株距 0.60 m。试验时间为 2012 年 4 月至 9 月,烟草移栽时间为 5 月 16 日。肥料及烟田管理均按当地的管理措施进行。

表 1 田间试验设计方案

编号	处理	代 号	翻耕深度/ cm	改良剂类型	施用方式	用量/ (kg · hm ⁻²)
1	翻耕深度	30	30	石灰	表层施用	3 000
2		60	60	石灰	表层施用	3 000
3		80	80	石灰	表层施用	3 000
4	改良剂类型	CK2	30	不施		0
5		LM	30	石灰	表层施用	3 000
6		BC	30	生物质炭	表层施用	3 000
7		DF	30	秸秆堆肥	表层施用	7 500
8		DF+LM	30	秸秆堆肥+石灰	表层施用	7 500+3 000
9		DF+BC	30	秸秆堆肥+生物质炭	表层施用	7 500+3 000
10		DF+LM+BC	30	秸秆堆肥+1/2 石灰+1/2 生物质炭	表层施用	7 500+1 500+1 500
11	LM+BC	30	石灰+生物质炭	全层施用	3 000+3 000	
12	施用方式	LMS	60	石灰	表层施用	3 000
13		LMT	60	石灰	全层施用	3 000
14		DF+LMS	60	堆肥+石灰	表层施用	7 500+3 000
15		DF+LMT	60	堆肥+石灰	全层施用	7 500+3 000
16		CK1	不整理			

1.3 土壤样品采集和分析方法

土壤样品采集: 分别在试验前(2012 年 4 月 20 日)和烟草收获后(9 月 2 日)按不同处理采集土壤剖面样和耕层样, 剖面样分 A(0~30 cm), B(30~60 cm), C(60~90 cm)3 个层次, 耕层样按梅花点法在每个小区采集耕层土壤混合样, 每小区设 10 个采样点, 在每个采样点采集同等重量土壤, 混合均匀后按四分法取 1 kg 左右土壤, 带回实验室进行理化性质测定。

土壤样品的基本理化性质监测项目包括容质量、孔隙度、pH、交换酸、有机质、速效氮磷钾、有效铁、有效锰、有效铜、有效锌和有效镁等, 测定方法参照《土壤农化分析》^[13]。

2 结果和讨论

2.1 土地翻耕深度对土壤理化性质的影响

2.1.1 对土壤容质量和孔隙度的影响

土壤容质量和孔隙度影响烟草根系发育, 优质烟区适宜的土壤质地以砂壤土至中壤土最好。有研究表明砂质土的容质量大于 1.4 g/cm³, 粘质土大于 1.35 g/cm³, 烟草根系的生长受到抑制。适宜烤烟栽培的土壤通透性指标为^[14-15]: 容质量(耕层)为 1.1~1.4 g/cm³, 总孔隙度范围为 47.26%~56.87%。土壤经不同翻耕深度整理后, 经过一季烟草种植, 土壤容质量及孔隙度的变化如表 2 所示。由表可见, 试验点土壤质地偏重, 从表层到底层土壤容质量范围为 1.37~1.52 g/cm³, 孔隙度为 42.64%~48.11%, 处于适宜指标临界线或适宜指标范围之外。翻耕处理明显改善了土壤物理性质, 土壤容质量较未翻耕对照处理明显下降, 幅度达 1.38%~15.17%, 相应孔隙度增加 1.68~18.68%, 符合适宜烤烟栽培指标要求。土壤容质量和孔隙度的改善与整理深度直接相关, 90 cm 深翻处理使 A, B, C 层土壤物理性质均得到改善, 而整理深度 60, 30 cm 的处理仅对所整理的层次产生影响。

2.1.2 对土壤酸度的影响

土壤酸度是影响土壤养分转化及有效性的决定因素之一, 也是影响烟草生长发育、烟叶产量和品质的重要因素, 酸度对烤烟优质生产尤为重要。已有研究表明^[16], 烟草最适宜的土壤 pH 值范围在 5.5~6.5 之间。未翻耕的表层土壤(CK1)pH 值仅为 4.38, 较适宜指标要求低约 1 个 pH 单位, 不能满足烤烟优质栽培要求; 仅翻耕 30 cm 而未施用石灰的处理(CK2)土壤酸度为 4.32, 表明仅仅表层翻耕不会对土壤 pH 影响产生明显影响。土壤翻耕 30~60 cm 并施用石灰后土壤 pH 为升高至 5.17~5.55, 较 CK2 提高了 0.8~1.2 个 pH 单位, 使土壤 pH 接近适宜范围。不同整理深度表层施用等量石灰 pH 的变化有所差异, 这与底层土

壤与表层土壤整理过程中混合程度与 pH 差异有关. 土壤酸化主要发生在表层^[17], 因此底层土壤与表层土壤混合后, 同样石灰施用量所引起的 pH 增加作用随整理深度的增加而加强.

表 2 土壤翻耕深度对土壤容质量和孔隙度的影响

处 理	CK1(未整理)	整 理 深 度			
		30 cm	60 cm	90 cm	
容质量/(g·cm ⁻²)	A	1.37±0.11a	1.22±0.09b	1.23±0.08b	1.19±0.10b
	B	1.45±0.12a	1.43±0.11a	1.33±0.12b	1.23±0.10c
	C	1.52±0.10a	1.45±0.07b	1.44±0.06b	1.32±0.08c
孔隙度/%	A	48.11±1.21a	53.92±1.35b	54.60±1.06bc	55.09±1.24c
	B	45.28±1.34a	46.04±1.16a	49.81±1.09b	53.74±1.31c
	C	42.64±1.14a	45.28±1.38b	45.66±1.17b	50.19±1.31c

pH 主要反应土壤酸碱度的强度指标, 而交换性铝则是土壤酸度的容量指标, 决定了提高单位土壤 pH 所需的石灰需要量, 同时酸性土壤中的活性铝离子对多数作物生长具有毒害作用. 由图可见, 整理深度结合石灰施用对交换性铝的影响总体趋势一致, 石灰施用使表层土壤交换性铝的含量大幅度下降, 整理 30 cm 配合施用石灰, 使土壤交换性铝由 2.46 下降至 0.54 cmol/kg, 随整理深度增加, 交换性铝含量进一步减少. 交换性铝的减少可抑制土壤再酸化的潜势.

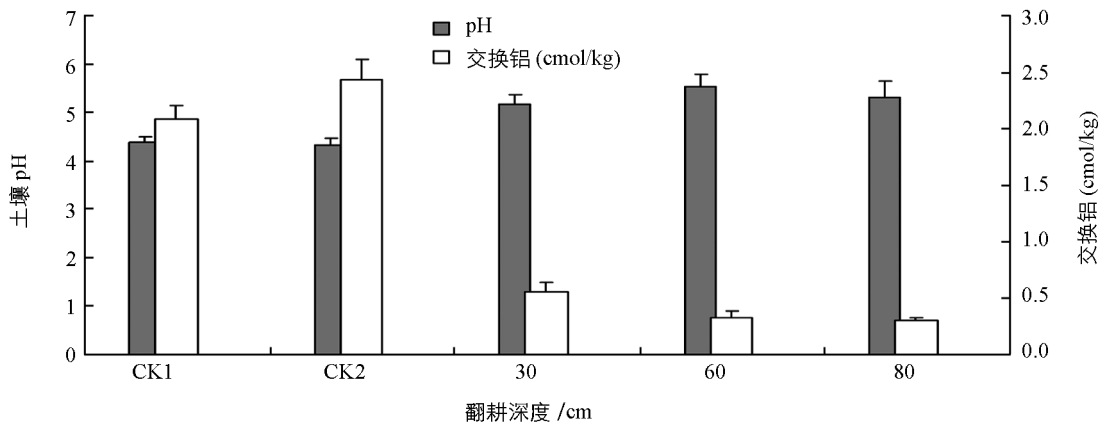


图 1 表层土壤 pH 和交换性铝含量随土地整理深度的变化

2.1.3 对土壤养分状况的影响

土壤肥力是决定烟草产量品质的基础, 不同肥力因子对作物产量、品质形成的作用有所差异, 只有当这些因子相互协调并处于适宜水平才能最有利于产量品质的形成. 对烟草优质栽培的适宜土壤养分指标已有一些研究, 综合相关研究成果, 植烟土壤适宜养分状况指标^[18-21]: 有机质含量以 10~20 g/kg (南方烟区以 15~30 g/kg) 为宜; 碱解氮 60~120 mg/kg, 有效磷(P) 4~18 mg/kg, 速效钾(K) 含量为 100~170 mg/kg; 交换性镁(Mg) 为 100~400 mg/kg.

土壤有机质是决定土壤肥力和养分平衡供应的重要因素. 由表 3 可见, 土地整理深度和石灰施用使土壤有机质含量发生了较大改变. 整理 30 cm 结合施用石灰的处理较整理同样深度而不施用石灰的处理(CK2), 土壤有机质含量降低了 4.9%, 随着整理深度的增加, 土壤有机质含量有进一步降低的趋势, 80 cm 深度处理较 30 cm 整理深度处理, 土壤有机质含量降低了 11.5%. 这一方面可能是由于施用石灰提高了土壤 pH, 孔隙结构改善, 微生物活性增加, 加快了有机质的腐殖化, 另一方面是由于深翻使得低有机质含量的底土进入表层. 尽管不同翻耕深度翻耕与石灰施用处理后, 土壤有机质含量(11~14.26 g/kg)仍然在一般烟草栽培适宜土壤有机质含量范围内, 但低于南方烟区对土壤有机质的要求(15~30 g/kg). 因此, 土地整理后的植烟土壤应适量增加有机肥的施用, 特别是腐熟化程度高、以改良土壤物理性质为目标的有机肥的施用.

土地不同深度整理对土壤速效养分含量也有明显影响. 其中碱解氮和速效磷随石灰的施用和整理深度的增加明显下降, 但使得土壤速效钾含量有所增加, 与对照(CK2)相比, 碱解氮、速效磷分别下降了 12.9%~36.3%和 34.6%~67.1%, 而速效钾含量则增加了 4.81%~26.25%. 这可能是因为土壤整理后

pH 提高, 氮肥挥发损失加大, 同时, 底土层土壤有机质及氮磷养分含量低, 对磷素养分的固定能力强, 经翻耕进入表层土壤后, 由于稀释作用及养分固定作用, 土壤有效性氮磷含量降低. 而钾含量该土壤本身含量较丰富, 底层钾含量较高, 翻耕反而提高了土壤表层钾含量. 与相应适宜养分指标相比, 不同深度整理后土壤碱解氮仍然在适宜范围内, 而有效磷处于适宜指标低限, 烟草是高需钾作物, 无论整理与否土壤有效钾均偏低.

表 3 土地整理深度对耕层土壤养分状况的影响

整理深度	有机质 (g·kg ⁻¹)	碱解氮 (mg·kg ⁻¹)	有效磷 (mg·kg ⁻¹)	有效钾 (mg·kg ⁻¹)	交换镁 (mg·kg ⁻¹)	有效铁 (mg·kg ⁻¹)	有效锰 (mg·kg ⁻¹)	有效铜 (mg·kg ⁻¹)	有效锌 (mg·kg ⁻¹)
CK2	14.26±1.02a	106.72±8.50a	10.19±1.02a	90.36±9.16a	299.67±25.67a	58.11±4.97a	66.14±5.18a	0.92±0.87a	2.44±0.19a
30	13.56±1.11ab	92.91±7.91b	6.54±0.64b	114.08±8.47b	262.15±26.45b	53.12±5.12ab	41.223.65b	0.91±0.90a	1.64±0.15b
60	12.10±1.09b	81.30±8.14c	6.66±0.58b	127.45±8.59b	248.67±23.85c	21.60±2.01d	29.262.76c	0.84±0.77b	1.41±0.17c
80	11.00±1.03c	67.98±7.43d	3.35±0.37c	94.71±7.98a	246.67±25.67c	27.32±2.45c	25.562.48c	0.83±0.81b	1.35±0.11c

对于中、微量元素镁、铁、锰、铜和锌, 翻耕及施用石灰均降低了其在土壤中的有效性, 且随整理深度的增加降低幅度加大. 其中整理 80 cm 的土壤有效铁、锰、锌的含量仅相当于对照的 33%~50%, 而锌的含量已接近普通作物缺锌临界值 1 mg/kg. 显然, 这些中微量元素有效性的降低是由于 pH 增加及底层土壤稀释效应所致.

综上, 烟区土地整理中, 土壤翻耕的重要作用在于改善土壤物理性质, 提升土壤 pH, 但可降低土壤有机质、有效氮、磷及镁、铁、锰、铜和锌等中微量元素有效性, 且随整理深度的增加影响更加显著. 因此, 烟区土地整理并非越深越好, 应以打破犁底层为宜, 综合考虑整理成本和对土壤养分状况的影响, 建议整理深度控制在 60 cm 以下, 同时土壤翻耕整理中应适当增加有机肥及磷、钾肥及中微量元素的补给.

2.2 改良剂类型的影响

在 30 cm 相同整理深度条件下, 配合施用不同类型和用量土壤改良剂, 对植烟土壤理化性质也产生了明显影响.

2.2.1 对土壤容质量和孔隙度的影响

表 4 结果显示, 土壤改良剂施用对土壤容质量和孔隙度也有一定影响. 单独施用石灰时, 土壤容质量有所上升, 孔隙度下降; 而施用堆肥则降低了土壤容质量, 孔隙度明显增加; 而生物质炭未表现出显著影响. 改良剂联合施用对土壤物理性质未显示出明显的协同作用, 仍然表现为含有石灰的处理容质量增加而孔隙度下降, 堆肥则相反. 与前述烟草栽培推荐适宜物理性质指标相比, 所有处理耕层通透性指标均处于适宜范围.

表 4 改良剂类型对土壤容质量和孔隙度的影响

改良剂类型	CK2	LM	BC	DF	DF+LM	DF+BC	LM+BC	DF+LM+BC
容质量/(g·cm ⁻²)	1.22±0.10b	1.33±0.13c	1.20±0.15b	1.10±0.09a	1.23±0.11b	1.12±0.12a	1.30±0.14c	1.24±0.13b
孔隙度/%	53.92±3.79b	49.81±4.15a	54.72±4.96b	58.49±5.17c	53.58±5.21b	57.74±4.91c	50.94±4.74a	53.20±5.40b

2.2.2 对土壤 pH 的影响

对植烟区土壤施用石灰(LM)、生物质炭(BC)、堆肥(DF) 3 种土壤改良剂及其不同组合, 均不同程度地提高了土壤的 pH 并降低了土壤中交换铝的含量(图 2). 其中, 石灰+生物质炭(LM+BC)组合对土壤 pH 的增高和交换铝含量的降低作用最明显, 土壤 pH 较对照(CK2)的 4.32 提高到了 5.38, 增加了 1.06 个 pH 单位, 而交换性铝含量则降低了 83%; 其次是石灰单独施用使土壤 pH 增高 0.85 个 pH 单位, 交换铝降低 77%; 其余改良剂对于土壤酸度的矫正效果大小顺序为 DF+LM, BC, DF+BC, DF+LM+BC 和 DF. 与烟草栽培适宜 pH 值范围 5.5~6.5 相比, 施用 LM+BC 及单独施用 LM 土壤接近适宜 pH 低限.

石灰是常用的酸性土壤改良剂, 烟区土壤翻耕配合施用石灰, 能有效提高土壤 pH, 但按照 pH 改善目标所需石灰量一次性施用, 可能导致烟草前期根系生长受到影响. 同时, pH 的急剧上升可能会使肥料氮素损失增加, 土壤磷素及微量元素有效性降低. 因此, 最好逐年适量施用, 施用时应结合土壤翻耕, 充分与土壤接触混匀. 生物质炭是农业秸秆、垃圾等生物质材料在厌氧或者绝氧的条件下热解的产物, 施用于土壤

后不易被微生物所分解,可通过碳负效应近乎永久性地将大气中的碳固定起来,被认为是一种对陆地生态系统中的 CO₂ 起到长期的碳汇作用的新方法^[22-23],近年来将其作为土壤改良剂受到重视.由图 2 可见,单独施用生物质炭土壤 pH 提高不大,但与石灰同时施用则较单独施用石灰作用效果更加明显;施用农家堆肥对土壤 pH 的提升作用不大,但可提高土壤缓冲能力、改善土壤结构,增加土壤养分.

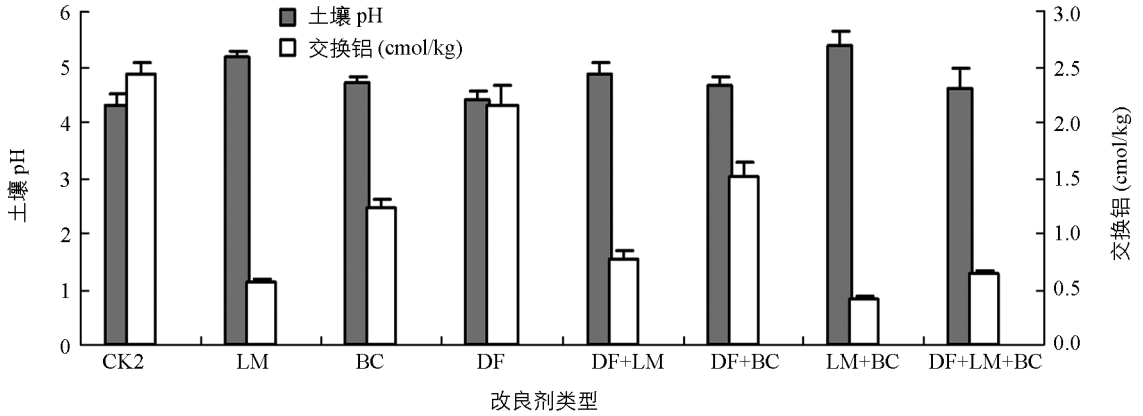


图 2 改良剂类型对土壤 pH 的影响

2.2.3 对土壤养分状况的影响

表 5 为改良剂类型对土壤肥力状况的影响.单独施用石灰(LM)降低了土壤有机质含量,而生物质炭(BC)和堆肥(DF)则可提高土壤有机质含量,增减幅度分别为-4.9%,+5.4%和+7.5%.以堆肥与生物质炭联合施用(DF+BC)使土壤有机质含量提高幅度最大达 16%,而石灰配合堆肥(DF+LM)或生物质炭(LM+BC)与两者单独施用比较,对土壤有机质的提升作用反而减小,表明石灰施用确实减少了土壤有机质的积累.因此,烟区土地整理应结合堆肥或生物质炭等有机肥的施用,从而使得土壤有机质含量与植烟土壤适宜指标要求更加相近.值得关注的是堆肥、生物质炭和石灰三者联合施用,并没有对提升土壤有机质起进一步的作用,因此,实践中可能以两两联合施用为宜.

从土壤养分变化情况来看,与对照(CK2)相比,单独施用石灰(LM)使土壤有效氮、磷、镁、铁、锰、锌等除钾和铜以外的其他养分指标下降,不同指标降幅在 12.38%~37.68%之间,其中磷、锌、锰有效性降低最为明显,降幅均在 30%以上;单独施用生物质炭(BC)也具有同样的趋势,但相应指标下降幅度低于施用石灰的处理;而堆肥施用则显著提高了除交换性镁在内的所有养分指标,其中有效钾增幅达 85.68%,而有效锰增加了几乎一倍,表明堆肥不仅增加了土壤有机质含量,同时,提高了土壤养分平衡供应能力.与施用单一改良剂相比,3 种改良剂两两联合施用对改善土壤养分状况显示出明显的协同作用.除含有石灰的组合(DF+LM 和 BC+LM)处理土壤有效磷仍然较低外,改良剂联合施用,既提高了土壤酸度,同时也极大地改善了土壤养分供给状况,特别是土壤钾素有效性大幅度提高,这对喜钾的烤烟栽培十分有利.但三种改良剂同时施用似乎并不利于发挥其在提升土壤养分有效性中的协同作用.

与前述植烟土壤适宜养分状况指标相比,施用石灰、生物质炭、堆肥提高了土壤养分指标与适宜指标要求的吻合性,两两联合施用对促进土壤养分指标协调平衡具有协同作用.

表 5 改良剂类型对土壤养分状况的影响

改良剂类型	有机质 /(g·kg ⁻¹)	碱解氮 /(mg·kg ⁻¹)	有效磷 /(mg·kg ⁻¹)	有效钾 /(mg·kg ⁻¹)	交换镁 /(mg·kg ⁻¹)	有效铁 /(mg·kg ⁻¹)	有效锰 /(mg·kg ⁻¹)	有效铜 /(mg·kg ⁻¹)	有效锌 /(mg·kg ⁻¹)
CK2	14.26±1.24ab	106.72±8.78d	10.19±0.94d	90.36±0.81a	299.67±2.57c	58.11±4.89ab	66.14±5.10c	0.92±0.09a	2.44±0.19d
LM	13.56±1.51a	92.91±7.94b	6.66±0.59a	102.92±0.98ab	262.56±2.18a	53.12±5.31a	41.22±3.98a	0.91±0.10a	1.64±0.14a
BC	15.03±1.33bc	83.23±8.17a	8.89±0.71c	139.16±1.11b	275.33±2.31ab	51.59±4.97a	58.57±4.79b	1.39±0.11d	2.25±0.21c
DF	15.33±1.46c	118.69±9.25e	13.42±0.96e	167.78±1.43c	286.12±2.78b	79.56±6.78d	120.02±1.07f	1.37±0.17d	2.58±0.26d
DF+LM	14.90±1.30bc	101.98±9.71c	7.64±0.64b	207.26±1.82d	364.67±2.99e	57.92±6.01ab	87.38±0.77e	1.12±0.14b	1.71±0.18a
DF+BC	16.55±1.27d	96.03±8.47bc	13.02±0.89e	204.14±1.91d	381.67±3.10f	77.34±65.97d	72.17±0.76cd	1.10±0.09b	2.81±0.22e
LM+BC	14.59±1.57b	100.28±9.38c	7.14±0.67ab	230.92±1.97e	317.67±2.75d	69.68±5.74c	74.44±0.69cd	1.26±0.13cd	3.01±0.24f
DF+LM+BC	14.11±1.29ab	99.14±8.76c	7.26±0.73ab	152.64±1.68c	291.15±2.87bc	56.77±5.84ab	65.91±0.67c	1.18±0.08bc	1.92±0.17b

2.3 改良剂施用方式的影响

结合土壤翻耕整理, 改良剂的施用方式可能会对土壤理化性质产生不同效果, 本研究选择施用石灰和石灰+堆肥 2 个处理, 在整理 60 cm 条件下, 比较了改良剂全层施用和耕层施用 2 种方式对土壤理化性质的影响。

2.3.1 对土壤容质量和孔隙度的影响

由表 6 测定结果可见, 土壤翻耕处理降低了土壤容质量, 孔隙度增加, 与前述结果一致. 但无论是单独施用石灰处理还是石灰+堆肥处理, 表层施用与全层施用之间土壤容质量和孔隙度无明显差异, 说明土壤物理性质主要受翻耕深度的影响, 改良剂施用深度不同不会显著影响土壤物理性质; 但改良剂种类不同则有一定影响, 含有堆肥的处理, 可降低土壤容质量, 增加土壤孔隙度. 翻耕 60 cm 未对下层 90 cm 土壤(C 层)产生影响。

表 6 两种改良剂处理不同施用方式对土壤容质量和孔隙度的影响

项 目		CK1	LM	LM	LM+DF	LM+DF
		(未整理)	表施	全层施	表施	全层施
容质量/(g·cm ⁻²)	A	1.37±0.12a	1.33±0.11a	1.36±0.15a	1.25±0.11b	1.22±0.15b
	B	1.45±0.13a	1.30±0.14b	1.33±0.13b	1.27±0.10bc	1.23±0.13c
	C	1.52±0.17a	1.50±0.13a	1.54±0.12a	1.52±0.13a	1.48±0.17a
孔隙度/%	A	48.11±3.99a	49.81±5.01a	48.68±3.99a	52.83±4.76b	53.96±5.47b
	B	45.28±4.15a	50.94±4.76b	49.81±4.51b	52.08±5.08c	53.58±5.11c
	C	42.64±4.28a	43.40±4.15b	41.89±4.37a	42.64±4.13a	44.15±4.73b

2.3.2 对土壤 pH 的影响

图 3 显示了改良剂施用方式对表层土壤 pH 的影响趋势. 可见, 不管是施用石灰还是堆肥+石灰组合施用, 均显示出表层施用对土壤 pH 增高和交换铝含量降低的作用高于全层施用. 这可以简单的用参与混合的土层少则中和作用明显来解释. 由于土壤表层的 30 cm 是主要烟草根系生长区域, 因此改良剂表层施用更能达到明显的矫正土壤 pH 的作用。

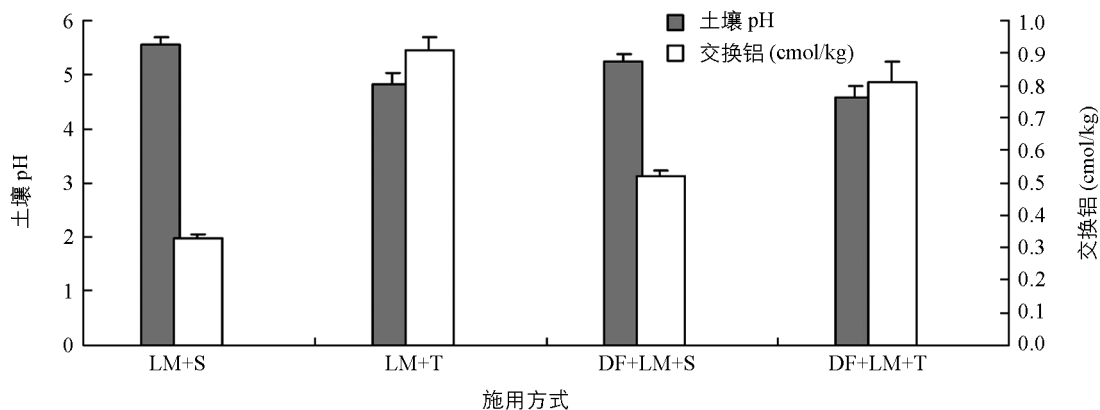


图 3 改良剂施用方式对土壤 pH 的影响

2.3.3 对土壤养分状况的影响

表 7 为改良剂施用方式对耕层土壤养分状况的影响. 与改良剂表层施用相比, 石灰全层施用, 土壤有机质、有效钾、交换性镁含量较低, 而碱解氮、有效磷更高, 可能是由于石灰表层集中施用使土壤 pH 增加幅度更大, 有机质更容易矿化、土壤磷素固定能力增强所致; 石灰+堆肥处理, 较相应单施石灰处理, 养分状况改善, 主要养分指标均高于全层施用. 这进一步显示了堆肥在土壤翻耕中增加和平衡土壤养分的作用, 耕层集中施用能更好地发挥这种作用。

表 7 改良剂施用方式对耕层土壤养分状况的影响

施用方式	有机质 /(g·kg ⁻¹)	碱解氮 /(mg·kg ⁻¹)	有效磷 /(mg·kg ⁻¹)	有效钾 /(mg·kg ⁻¹)	交换镁 /(mg·kg ⁻¹)	有效铁 /(mg·kg ⁻¹)	有效锰 /(mg·kg ⁻¹)	有效铜 /(mg·kg ⁻¹)	有效锌 /(mg·kg ⁻¹)
LM+S	12.15±1.27b	92.91±8.77a	6.66±5.98a	114.08±9.48b	248.67±19.08c	21.60±2.11a	49.26±3.17a	0.84±0.09a	1.41±0.11a
LM+T	11.04±1.13a	98.28±9.01b	7.73±6.76b	87.96±7.96a	215.00±20.41a	37.46±3.01b	49.44±4.16a	0.82±0.08a	1.47±0.15a
DF+LM+S	12.32±1.14b	98.78±9.87b	9.76±8.44d	116.12±10.12b	258.12±23.07d	39.63±4.17b	56.49±3.78c	1.06±0.09b	1.75±0.16b
DF+LM+T	11.21±1.01a	93.48±9.17a	8.62±8.13c	90.69±8.95a	235.16±17.84b	38.22±3.45b	52.44±5.08b	0.85±0.07a	1.62±0.18b

3 结 论

1) 烟区土地整理对土壤理化性质产生了明显影响. 翻耕改善了土壤物理性质, 使土壤容质量下降 1.38%~15.17%、孔隙度增加 1.68%~18.68%, 其影响范围直接取决于翻耕深度, 经翻耕处理的土壤物理性质指标更接近适宜烟草栽培指标要求. 翻耕配合施用石灰, 提高了土壤的 pH, 降低了交换性铝的含量, 但可降低土壤有机质、有效氮、磷及镁、铁、锰、铜和锌等中微量元素有效性, 且随整理深度的增加影响更加显著.

2) 土壤翻耕整理过程中, 配合施用土壤改良剂可有效改善土壤理化性状. 石灰的主要作用在于改良土壤酸度, 生物质炭可促进有机质积累, 强化石灰的效应, 而堆肥既可改良土壤物理性质, 还能平衡土壤养分供应. 两两联合施用对改善土壤理化性质具有协同作用, 提高了土壤物理性质及养分指标与适宜指标要求的吻合性.

3) 改良剂表层施用对改善耕层土壤性质的直接作用大于全层施用.

4) 土壤整理深度、改良剂类型及施用方式对土壤主要理化性质影响的方向和程度不同, 烟区土地整理应以综合提升理化性质参数与适宜指标的吻合性为目标. 建议整理深度控制在 60 cm 以下, 同时适当增加有机肥及磷、钾肥及中微量元素的补给.

参考文献:

- [1] 齐 林. 烟草经济 一场利益与健康的博弈 [J]. 中国新时代, 2013, 180(2): 95-97.
- [2] 王树会, 赵宪凤, 刘卫群. 植烟土壤对云南滇中烤烟碳氮代谢及其代谢产物动态变化的影响 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2012, 37(12): 62-67.
- [3] 王彦亭, 谢剑平, 李志宏. 中国烟草种植区划报告 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [4] 刘红杰, 刁向银, 刘朝科, 等. 深翻耕和连作对植烟土壤养分及其生物活性的影响 [J]. 福建农业学报, 2011, 26(2): 298-303.
- [5] 张文梅, 胡必胜, 徐月东, 等. 广昌旱地紫色土深翻改良技术探讨 [J]. 安徽农业科学, 2013, 41(3): 1054, 1073.
- [6] 徐天养, 赵正雄, 李忠环, 等. 耕作深度对烤烟生长、养分吸收及产量、质量的影响 [J]. 作物学报, 2009, 35(7): 1364-1368.
- [7] 郑建辉. 不同翻耕深度对烤烟生产的影响 [J]. 福建农业科技, 2009, (2): 41-42.
- [8] 幸胜平, 邱才飞, 冯健雄, 等. 耕作深度对加工专用型花生籼花 92-01 的抗旱效果研究 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(27): 14903-14904, 14943.
- [9] 李明德, 刘琼峰, 吴海勇, 等. 不同耕作方式对红壤旱地土壤理化性状及玉米产量的影响 [J]. 生态环境学报, 2009, 18(4): 1522-1526.
- [10] 杨丽丽, 董肖杰, 郑 伟. 土壤改良剂的研究利用现状 [J]. 河北林业科技, 2012, (2): 27-30.
- [11] 刘春英. 不同土壤改良剂对烤烟产量和品质的影响 [J]. 安徽农学通报, 2007, 13(21): 54-56.
- [12] 邱学礼, 高福宏, 方 波, 等. 不同土壤改良措施对植烟土壤理化性状的影响 [J]. 西南农业学报, 2011, 24(6): 2270-2273.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [14] 郝 葳, 田孝华. 优质烟区土物理性状分析与研究 [J]. 烟草科技, 1996(5): 36-38.
- [15] 孙永丽, 梅再美. 贵阳市白云岩地区不同土地利用方式对土壤物理性质的影响 [J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2006, (2): 27-31.

- [16] 魏国胜, 周恒, 朱杰, 等. 土壤 pH 值对烟草根茎部病害的影响. 江苏农业科学, 2011, (1): 140—143.
- [17] 李士杏, 王定勇. 重庆地区 20 年间紫色土酸化研究 [J]. 重庆师范大学学报: 自然科学版, 2005, (1): 70—73.
- [18] 黄成江, 张晓海, 李天福, 等. 植烟土壤理化性状的适宜性研究进展 [J]. 中国农业科技导报, 2007, 9(1): 42—46.
- [19] 王子芳, 高明, 魏朝富, 等. 植烟土壤养分的空间变异特征及适宜性评价——以重庆市彭水县为例 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2008, 30(1): 98—103.
- [20] 潘艳华, 阚健亮. 土壤氮磷钾肥量比对烤烟产量品质的影响 [J]. 西南农业大学学报, 2000, 22(2): 120—122.
- [21] 王璇, 吕家格, 唐国祥, 等. 西南丘陵山区植烟土壤肥力空间分布及适宜性评价 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2013, 35(7): 1—9.
- [22] LEHMANN J. Bio-Energy in the Black. Ecological Applications [J]. Ecological Applications, 2007, 5(7): 381—387.
- [23] KUZYAKOV Y, SUBBOTINA I, CHEN H Q, et al. Black Carbon Decomposition and Incorporation into Soil Microbial Biomass Estimated by ^{14}C Labeling [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2009, 41(2): 210—219.

Effects of Tillage and Amendment Application on the Suitability of Soils for Tobacco Cultivation in Tobacco-Planting Areas

JIANG Zhen-mao¹, ZHAO Xiu-lan¹, WEI Shi-qiang¹,
ZHANG Yong-hua², LUO Chang¹, XU Chang³, CHEN Yi-yin⁴

1. School of Recourses and Environments, Southwest University, Beibei Chongqing 400715, China;

2. Pengshui Division, Chongqing Company, China Tobacco Corporation, Chongqing, Pengshui Chongqing 409600, China;

3. Chongqing Company, China Tobacco Corporation, Chongqing 401147, China;

4. Chongqing Institute of Tobacco Science, Beibei Chongqing 400715, China

Abstract: Effects of soil turnover depth and application of amendments on the physico-chemical properties of tobacco-planting soils were studied through a two-year field experiment, conducted in Pengshui, Chongqing from April, 2012 to September, 2013, and the suitability of soils for tobacco cultivation after consolidation was evaluated. The results indicated that turnover of soil ameliorated its physical properties: soil bulk density was reduced by 1.38%—15.17% and soil porosity increased by 1.68%—18.68%; however, it decreased the contents of soil organic matter and reduced the availabilities of nitrogen, phosphorus, iron, manganese and copper. These negative effects increased with the increase in soil plough depth. Lime, biochar and compost showed different roles in ameliorating soil physico-chemical properties: liming increased soil pH but reduced the availabilities of most nutrients, biochar promoted the accumulation of soil organic matter and enhanced the role of lime in acid soil improvement, while compost had positive roles both in improvement of soil physical properties and balanced supply of nutrients. Combined application of the soil amendments tested showed a synergistic effect for improving soil physico-chemical properties, resulting in better suitability for tobacco cultivation. Topsoil application of amendments showed better effects than application to the whole soil profile.

Key words: soil tillage; soil amendment; soil physico-chemical property; tobacco cultivation

