

穆青,刘洋,展彬华,等.我国植烟土壤主要问题及其防控措施研究进展[J].江苏农业科学,2018,46(21):16-20.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.21.004

# 我国植烟土壤主要问题及其防控措施研究进展

穆青,刘洋,展彬华,费川江,丁峰

(贵州省烟草公司黔西南州公司,贵州兴义 562400)

**摘要:**良好的土壤条件是实现优质烟叶生产的基础条件,也是实现烟叶可持续生产的关键因素。本文对当前我国烟区植烟土壤普遍存在的连续植烟、土壤酸化、重金属污染、农膜残留污染等问题及其危害和应对措施进行综述,以期同类基础研究及优质烟叶生产应用提供参考。

**关键词:**烟草;土壤保育;问题;防控措施;连作障碍;土壤酸化;重金属污染;地膜污染

**中图分类号:** S572.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)21-0016-05

我国是世界烟叶生产大国<sup>[1]</sup>,也是优质烟叶生产潜力最大的地方。烟草作为一种重要的经济作物,提高其品质、使其无公害生产一直是烟草行业关注的重点<sup>[2-3]</sup>,良好农业规范生产(good agricultural practices,GAP)管理是中国烟叶生产的必由之路<sup>[4]</sup>。良好的植烟土壤环境是烟草生态、良好生产的前提<sup>[5]</sup>,当前我国主要烟区长期连作、大量使用化肥等不良耕作措施,造成土壤有机质含量下降、土壤板结、土壤微生物活性降低、土壤酸化、土壤养分供应失衡,严重影响了烟叶的可持续生产。烟区规划不合理、工业污染、肥料的大量使用导致烟地重金属污染严重,严重影响了烟叶生产的安全性<sup>[6-7]</sup>。同时由于农药的大量施用,也增加了烟叶中的农药残留<sup>[8-9]</sup>。

收稿日期:2017-06-08

基金项目:中国烟草总公司贵州省公司科技项目“烟叶生产可持续发展(STP)的研究与推广应用”(编号:2017-23)。

作者简介:穆青(1987—),男,湖北荆州人,硕士研究生,主要从事现代烟草农业。Tel:(0859)8701014;E-mail:455101298@qq.com。

长期大量使用农用地膜,不仅会造成白色污染,土壤中的残膜也会影响土壤吸湿性,降低土壤通透性,影响土壤微生物活动、土壤肥力水平<sup>[10]</sup>,缠绕农机具妨碍耕作活动<sup>[11-12]</sup>。国家烟草专卖局提出行业将启动烟田土壤保育重大专项,研究提出了相应的技术措施和解决方案,做到分类研究、分区治理,深化生物修复、酸化治理、重金属阻隔、有机质提升等烟田土壤保育关键技术研发,着力植烟土壤保育创新突破<sup>[13-14]</sup>。近年来,众多烟草科技工作者围绕植烟土壤连作、酸化、重金属污染、农膜残留污染土壤等问题及其防控措施,进行了大量研究工作。这些研究丰富了植烟土壤保育技术措施,推动了植烟土壤可持续利用。本文对我国植烟土壤主要问题及其防控措施研究进行综述,以期同类基础研究及优质烟叶生产应用提供参考。

## 1 连作障碍

全国烟区 70% 以上分布于山区、半山区<sup>[15]</sup>。由于耕地有限和经济利益的驱动,多数烟农有连作种植习惯,连作成了烟

[36]于宁宁,陈盛伟.气象指数保险在发展中国家的实践与启示[J].新疆农垦经济,2011(1):10-15.

[37]Glauber J W. Crop insurance reconsidered[J]. American Journal of Agricultural Economics,2004,86(5):1179-1195.

[38]施红.财政补贴对我国农户农业保险参保决策影响的实证研究——以浙江省为例[J].技术经济,2008(9):88-93.

[39]匡昕,吴剑,夏帆.基于结构方程模型的农户购买农业保险的影响因素分析[J].农村经济与科技,2015(7):121-125.

[40]Leatham D J, Crane L M. Economic impact of crop insurance on the North dakota state economy[C]//Western Agricultural Economics Association 1997 Annual Meeting,1997.

[41]Harri A, Coble K H, Ker A P, et al. Relaxing heteroscedasticity assumptions in area-yield crop insurance rating[J]. American Journal of Agricultural Economics,2011,93(3):703-713.

[42]Goodwin B K. Problems with market insurance in agriculture[J]. American Journal of Agricultural Economics,2001,83(3):643-649.

[43]祝仲坤,陶建平.农业保险对农户收入的影响机理及经验研究[J].农村经济,2015(2):67-71.

[44]Garrido A B, Sumpsi J M. The impact of crop insurance subsidies on land allocation and production in Spain[J]. DECD-Organisation for Economic Co-operation and Development,2006,5(11):226-255.

[45]Young C E, Vandever M L, Schnepf R D. Production and price impacts of US crop insurance programs[J]. American Journal of Agricultural Economics,2001,83(5):1196-1203.

[46]Goodwin B K, Vandever M L, Deal J L. An empirical analysis of acreage effects of participation in the federal crop insurance program[J]. American Journal of Agricultural Economics,2004,86(4):1058-1077.

[47]Tronstad R, Bool R. U. S. cotton acreage response due to subsidized crop insurance[C]//Agricultural and Applied Economics Association,2010.

[48]Miao F, Feng H, Hennessy D A. Land Use Consequences of Crop Insurance Subsidies[C]//Agricultural and Applied Economics Association,2011.

[49]西爱琴,朱广印,吴敬学.农户科学储粮技术认知与采用意愿研究——基于山东省的实证分析[J].中国农业资源与区划,2015,36(5):82-88.

草的主要种植制度<sup>[16-17]</sup>。

### 1.1 连作危害

烟草属茄科忌连作物<sup>[18]</sup>。张长华等研究表明,随着连作年限增加,烟茎、烟根、烟叶重量都呈明显降低趋势<sup>[19]</sup>。Yu 等研究发现,长期连作导致烟株产质量下降,烟叶含钾量和含糖量也下降<sup>[20]</sup>,而烟碱量上升,香气质变差,加剧了烟叶评吸质量的负效应,并随年限的增加,有逐年恶化的趋势<sup>[21]</sup>。连作为根系病害提供了生存、繁殖场所<sup>[18]</sup>,也是地下害虫大量繁殖的原因<sup>[17]</sup>。烟草病虫害率(烟草黑胫病<sup>[22]</sup>、根结线虫病<sup>[23]</sup>、赤星病<sup>[24]</sup>、青枯病<sup>[25]</sup>)和连作年限具有一定的正相关关系。

### 1.2 连作条件下土壤保育与修复主要技术措施

**1.2.1 前作种植绿肥** 前作种植绿肥,其根系等能加厚耕层、疏松土壤,有效改善土壤物理结构;绿肥在生长过程中产生的分泌物能提高土壤中有效磷、钾的含量,有效改善土壤的理化性质。绿肥压入土壤后,分解产生的有机酸以及形成的腐殖酸等物质,能有效地改善土壤微生物群落结构。崔鸣等研究发现,植烟地块种植紫花苜蓿前作后,土壤有机质、全氮含量显著增加,土壤中碱解氮、速效磷、有效铜、有效锌、有效硼含量均有一定程度的提高<sup>[26]</sup>。

各烟区可根据当地实际情况,根据不同海拔确定不同绿肥品种、播种量、播种时期和翻压时期。在海拔 1 200 m 以下区域一般种植紫花苕子或箭舌豌豆,播种量为 30 ~ 37.5 kg/hm<sup>2</sup>;海拔 1 200 m 以上区域一般种植油菜(播种量 15 ~ 22.5 kg/hm<sup>2</sup>)或小麦(播种量 37.5 ~ 45 kg/hm<sup>2</sup>)等耐寒品种。在海拔 800 m 以下区域,于 8 月下旬土壤翻耕后播撒,于 12 月中下旬结合冬耕浅土整体翻压绿肥;在海拔 800 ~ 1 200 m 区域,于 9 月中下旬土壤翻耕后播撒,第 2 年 3 月中旬进行整体绿肥翻压;在海拔 1 200 m 以上区域,于 9 月下旬至 10 月上旬,完全清除地膜和烟草秸秆后,沿垄沟堡土或松动烟垄后进行条播,于第 2 年 4 月,将绿肥压到垄体内,深度距垄面 20 cm 以上<sup>[27]</sup>。

**1.2.2 秸秆还田** 秸秆还田通过增加土壤有机质含量以及胶结作用,使土壤中的粉粒或黏粒形成水稳定性团聚体,从而改善土壤通透性。秸秆还田后能够增加土壤有机质含量和矿物营养,改善土壤物理性状,秸秆降解产生的有机酸类物质可以溶解、保持土壤的矿质养分,提高其生物有效性。秸秆还田后,土壤中的碱性磷酸酶、脲酶、过氧化氢酶等都有不同程度增加。秸秆还田可促进土壤呼吸作用,增进土壤生物活性,增加土壤微生物数量<sup>[28]</sup>。

当前烟区主要采取稻草、玉米、小麦秸秆还田。湖北省恩施州烟草公司成功利用烟草秸秆研制出了生物有机肥,通过还田在连作条件下连续试验 4 年,观察发现与对照组比较,生物有机肥显著提高了土壤 pH 值、有机质含量、阳离子交换量,显著降低了土壤青枯病菌数量;土壤容重呈下降趋势,总孔隙度呈升高趋势;土壤通透性得以改善,土壤水、肥、气、热调节能力得以优化;土壤酶活性增强<sup>[27]</sup>。

**1.2.3 建立合理的耕作制度** 合理轮作是解决土壤退化的重要途径<sup>[29]</sup>。合理轮作可均衡利用土壤养分,提高肥效,改善土壤理化性状,减轻病虫害,并且能取得较高的经济效益。周兴华研究表明,稻烟轮作对土传病害的防治效果特别显

著<sup>[30]</sup>;对赤星病、蛙眼病等其他病害也能起到减少初侵染源、降低危害的作用<sup>[31]</sup>。

通过建立合理的轮作、套种、间种、复种等种植制度,能促进烟田生态系统良性循环,调节利用植烟土壤肥力,减轻部分病虫害危害,能够充分利用有限的土地资源获得较高的种植效益。

## 2 土壤酸化

土壤酸化是指土壤中盐基离子被淋洗而氢离子增加、酸度增加的过程,此过程主要由自然因素和人为因素引起;但近几十年来,人为因素(二氧化硫和含氮化合物等的排放,以及不恰当的农业措施<sup>[32-34]</sup>)造成的土壤酸化问题日趋严峻,严重危害了土壤环境质量和作物的生长发育,造成巨大的经济损失。近年来,我国产烟地区土壤酸化日趋严重。烟草生长同样对植烟土壤 pH 值有严格的要求,一般 pH 值在 5.5 ~ 6.5 的土壤较为宜。

### 2.1 植烟土壤酸化危害

烟草工作者研究发现,土壤 pH 值过低,则不利于烟草生长发育和烟叶品质的形成<sup>[35-36]</sup>。较低的土壤 pH 值不利于烟草根系生长发育,抑制了烟株的生长<sup>[35]</sup>。土壤酸化会抑制土壤中的微生物活性<sup>[37-38]</sup>,降低土壤-矿质元素含量<sup>[39]</sup>。土壤酸化影响烟株氮素的吸收<sup>[40]</sup>,降低土壤磷的有效性<sup>[40]</sup>,降低土壤硼含量<sup>[41]</sup>,加剧病害的发生<sup>[42]</sup>,最终降低烟草产量。植烟土壤酸化,使烟叶中的烟碱含量增加,糖碱比不协调,影响了烟叶品质<sup>[43-44]</sup>。同时,植烟土壤酸化时,土壤中重金属离子活化,造成烟株中重金属含量增加,容易形成“黑色烟草”和“灰色烟草”<sup>[45]</sup>。

### 2.2 植烟土壤酸化的主要改良技术

**2.2.1 合理施肥** 烟地选择应减少酸性或者生理酸性的肥料,避免肥料的单一使用,应选择对土壤酸化影响小的尿素、碳酸氢铵类肥料,注重钾肥的使用,注意微量元素的补充,做到土壤养分均衡;此外,应增加有机肥,有机肥施入土壤后,分解慢,肥效长,养分不易流失,能提高土壤酸碱缓冲性<sup>[46]</sup>;同时,应做到测土配方施肥、精准施肥、滴灌施肥,提高肥料利用率,减少化学肥料的使用。

**2.2.2 选择土壤改良剂** 对酸化严重的地块,可以选择施用石灰。同时,沸石、白云石、粉煤灰等也在酸化土壤修复中有应用。新型改良剂石灰炭、轻烧粉、微生物菌剂等都有良好的效果。

## 3 重金属污染

重金属是指原子密度大于 5.0 g/cm<sup>3</sup> 的金属元素。它们在土壤中的降解性较低、迁移性较差,易于被植物累积吸收。过量的重金属会影响植物生长发育,烟草中许多重金属易以氧化物的形式通过烟气进入人体,对人体造成伤害<sup>[47]</sup>。有研究表明,云贵地区烟叶中镉(Cd)含量明显高于其他省份<sup>[48]</sup>。在世界范围内越来越关注烟草安全的形势下,加强烤烟重金属问题的深入研究、提出切实可行的烤烟重金属治理技术势在必行。

### 3.1 重金属污染的危害

植烟土壤被重金属污染后,重金属被烟株吸收,影响烤烟

产量与质量,同时影响烟叶安全性。烟叶吸收重金属会使叶绿素含量、叶片数量、地上地下部分生物积累量降低<sup>[49-51]</sup>。Cd、铅(Pb)是2种烟草吸收过多重金属,会降低烟碱、可溶性糖含量,提高烟叶中蛋白质、氨基酸含量<sup>[52]</sup>。重金属会使烟叶中糖碱比、氮碱比升高,烟叶内在品质下降,化学协调性下降<sup>[53]</sup>。

### 3.2 影响重金属积累的因素

3.2.1 土壤背景值 我国主要植烟区是云贵高原,在近十年的发育过程中,剧烈的褶皱运动和缓慢的升降运动使该地区具有良好的成矿条件,同时也造成该地区土壤重金属背景值较高<sup>[54]</sup>。烟叶中重金属含量与植烟土壤中的有效态重金属含量密切相关<sup>[55]</sup>。

3.2.2 人为活动 随着经济发展,人类活动对环境的影响越来越大。工业生产、汽车排放的气体、尾尘含有大量重金属,经过自然沉降、雨淋沉降到土壤或者植株叶面。矿业企业排放的不达标工业废水污染了植烟土壤。磷肥的施入会增加土壤重金属含量,其对主要重金属的贡献率甚至达50%以上<sup>[56]</sup>;烟草专用肥则含有较多的是铬(Cr)和砷(As);饼肥则是铜(Cu)和锌(Zn)的主要携带者;天然硫酸钾镁肥和磷肥中Cd含量相对较高<sup>[57]</sup>。

3.2.3 品种差异 由于基因型的差异,不同品种烟株的不同部位对不同重金属的积累能力不同<sup>[58-59]</sup>。

### 3.3 治理技术

3.3.1 生物修复 生物修复是指利用特定的生物吸收、转化、清除或降解环境污染物,实现环境净化、生态效应恢复的生物措施,主要包括植物修复、微生物修复、动物修复。该修复技术成本低、操作简单、无二次污染、修复效果好、易于大面积推广<sup>[60]</sup>。植物修复包含植物稳定、植物挥发、植物提取3种方式。植物稳定是利用对重金属具有耐性的植物降低有毒重金属在土壤中的移动性,从而降低重金属进入植物的可能性<sup>[61]</sup>。植物挥发是利用植物根系吸收金属,将其转化为气态使其挥发,以降低土壤污染,但容易造成二次污染<sup>[62]</sup>。植物提取是利用植物从土壤中吸收1种或几种重金属污染物,并将其转移、储存到地上部分,然后收割地上部分进行集中处理,达到降低或者去除土壤重金属污染的目的<sup>[63]</sup>。微生物修复是利用活性微生物使重金属被吸附或转化为低毒产物,从而降低重金属的污染程度<sup>[64]</sup>。动物修复是利用土壤中某些低等动物(蚯蚓、鼠类等)吸收土壤中重金属这一特性,通过习居土壤动物或投放高富集动物使土壤重金属被吸收和转移,随后采用电激、灌水等方法从土壤中驱赶出这些动物,从而降低土壤重金属污染的方法。

3.3.2 物理修复 物理修复主要包括工程措施(客土、换土、深翻耕土)和热脱附等,需要投入大量人力、物力、财力,并且易破坏土体结构<sup>[65-66]</sup>。

3.3.3 化学修复 化学修复主要包括电动修复、淋洗技术、原位固定技术。电动修复是指通过在污染土壤两侧施加直流电压形成电场梯度,土壤中重金属污染物在电场的作用下通过电迁移、电渗流或者电泳的方式被带到电极两端,然后进行集中收集处理,从而清洁土壤<sup>[67]</sup>。土壤淋洗技术是将水或者含有冲洗助剂的螯合剂、酸碱溶液、络合剂、表面活性剂等淋洗剂注入污染土壤或者沉积物中,洗脱、清洗土壤中污染物的

过程<sup>[68]</sup>。原位固定技术是指运用物理、化学方法将土壤中有毒污染物固定,或者将污染物转化成化学性质不活泼的形态,阻止重金属在环境中迁移、扩散等活动,从而降低重金属毒害程度的修复技术<sup>[69]</sup>。

3.3.4 农艺措施 施肥、灌溉、农药等农艺措施都可影响烟叶对重金属的吸收和积累。使用硅肥能够抑制烟草对镉、砷的吸收,其作用机理包括提高土壤对重金属的固定作用,提高细胞壁硅质化,阻止重金属侵入及与重金属在细胞壁形成沉淀<sup>[70]</sup>。通过深耕土地、调节施肥与灌水量等农艺措施可调节土壤理化性质,实现植烟土壤环境介质的调控,减少总金属的污染。

## 4 地膜污染及其防控措施

地膜覆盖技术在烤烟生产上广泛使用。地膜覆盖的基本原理是利用地膜的隔离作用,膜下植烟土壤和膜上近地表空间特殊生态环境,从而对烟草的生长、发育、养分吸收与代谢规律、烟叶成熟产生复合影响效应,集成关键管理技术,促进地膜覆盖栽培的烟叶生长、成熟,使主要化学成分及其含量符合或接近优质烤烟生产的品质标准和产量指标,实现定向培育优质烟叶目标。我国主要烟区在西南,地膜覆盖使烟草种植的海拔高度大幅度升高,有效解决了高原地区春迟秋早、积温不足、无霜期短等限制因素,实现了烟草的优质高产高效<sup>[71]</sup>。与此同时,地膜覆盖技术也给许多烟区带来了一系列的环境问题。

### 4.1 地膜残留危害

在云南曲靖烟区,地膜的覆盖有效解决了烟叶生产两头低温和节令、抗旱、移栽的问题。地膜回收难度大,尤其是超薄地膜因韧性差、易破碎、回收率低,导致土壤中地膜残留量大。以往当地烟农处理农用薄膜方式粗放,大多直接在冬耕时打碎混入土壤,少数收集地膜,在田间地头烧掉。地膜作为石油化工产品,不易降解,给土壤环境带来了极大的危害。土壤中残留的地膜,破坏土壤生态和团粒结构,影响作物根系发育,导致产量下降,土地利用的可持续性下降。同时,土壤中残留的农膜也影响农业机械设备的使用效率。

### 4.2 地膜残留防控技术

4.2.1 生物降解膜 生物降解膜能在田间完全降解,环境友好、清洁生产,可优化生物降解膜组分和配比、实现地膜降解和烟草生长需求同步,可以代替普通地膜。有研究表明,生物降解膜和普通地膜,在保温增墒、促进根须生长发育、提高根系鲜质量干质量和上中等烟比例、产量方面均无显著差异<sup>[72]</sup>。

4.2.2 残留地膜机械化回收技术 目前广大烟区使用的地膜很薄,清理时容易破碎,不易回收。根据我国地膜残留污染的特殊国情,现已开发出滚筒式、弹齿式、齿链式、滚轮缠绕式、气力式等残膜回收机械。但是,回收机械将会加大成本、增加用工,并且部分机械的适用性有待提高<sup>[12]</sup>。

4.2.3 修订完善的地膜标准 地膜质量是影响地膜回收率的重要因素。当前烟叶生产所用的地膜厚度均超过0.01 mm,回收较为方便。但在我国大农业领域,仍在使用0.008 mm甚至0.005 mm厚度的超薄地膜,如果植烟土壤实现轮作,地膜回收效率将难以保障。美国和欧洲国家地膜厚

度一般在 0.20 mm 左右,日本为 0.015 mm,回收效率高,残留地膜污染轻<sup>[73]</sup>。因此需要修订完善的地膜标准、加强质量监管、提高回收率。

4.2.4 形成地膜回收机制 只有充分调动烟农积极性,才能有效回收地膜。2013—2015 年,贵州省遵义市烟草公司自组装废旧农用地膜流水线加工生产线,形成了“烟草公司组织,回收补贴引导、分类回收利用”的工作机制,以及“合作社运作、订单式生产、多元化利用”的运行模式。

## 5 讨论与展望

良好的植烟土壤是烟叶生产的首要环境因素和条件<sup>[74]</sup>。当前大农业生产发展趋势,已由以前的粗放式生产向环境友好型可持续生产方向发展。同时,植烟土壤保育已成为现代烟草农业建设的瓶颈问题。针对当前植烟土壤问题以及应对措施需要从以下进行更多的研究:(1)需要科学合理地规划烟地,避开重金属污染区域,同时要做好烟田的基本保护工作。(2)要做到精准化施肥。测土配方施肥是以肥料田间试验、土壤测试为基础,根据作物需肥规律、土壤供肥性能和肥料效应,在合理施用有机肥料的基础上,提出氮、磷、钾及中、微量元素等肥料的施用品种、数量、施肥时期和施用方法。烟草测土施肥开展得较少,可以结合互联网+项目,开展互联网+烟草测土施肥,实现植烟土壤信息网格化。同时,开展水肥耦合、水溶性肥料、滴灌等烤烟生产示范,做到科学精准施肥,提高水、肥的利用率,优化植烟土壤环境。(3)当前有关烟草农药安全使用研究主要集中于对烟叶安全性的研究,对于土壤中残留农药的普查及影响的研究很少,解决措施很少涉及。关于绿色植保与土壤保育的研究需要更多人涉及。(4)植烟土壤保育政策的制定。各烟区要和政府相关部门主动联系,制定切实可行的政策,同时要采取多种方式确保政策落实。

## 参考文献:

- [1] 张勇,池宏,王建军. 我国烟叶生产问题研究[C]//首届中国科技政策与管理学术研讨会论文集. 北京:中国科学学与科技政策研究会,2005:306-313.
- [2] 郑新章,高琳,周雅宁. 近5年国内外烟草科技论文统计分析与研究热点[J]. 中国烟草学报,2008,14(3):59-64.
- [3] 周金仙,白永富,张恒,等. 云南烟草品种区域试验研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学版),2004,19(1):78-85.
- [4] 赵元宽. 推行 GAP 管理是中国烟叶生产的必由之路[J]. 烟草科技,2003(11):3-7.
- [5] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [6] 张玉涛,杨兴平,李琳,等. 重金属 Pb、Cr、Cd 对烟草生长的影响及其分布规律[J]. 南方农业学报,2012,43(11):1697-1702.
- [7] Wang F Y, Wang L, Shi Z Y, et al. Effects of AM inoculation and organic amendment, alone or in combination, on growth, P nutrition, and heavy-metal uptake of tobacco in Pb-Cd-contaminated soil[J]. Journal of plant growth regulation, 2012, 31(4):549-559.
- [8] 陈庆园,黄刚,商胜华. 烟草农药残留研究进展[J]. 安徽农业科学,2008,36(11):4575-4576,4614.
- [9] 刘勇,周冀衡. 烤烟农药残留的来源分析及解决方案[J]. 作物研究,2009,23(增刊1):167-171.
- [10] 严昌荣,刘恩科,舒帆,等. 我国地膜覆盖和残留污染特点与防控技术[J]. 农业资源与环境学报,2014,31(2):95-102.
- [11] 常瑞甫,严昌荣. 中国农用地膜残留污染现状及防治对策[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2012:13-15,41.
- [12] 严昌荣,梅旭荣,何文清,等. 农用地膜残留污染的现状与防治[J]. 农业工程学报,2006,22(11):269-272.
- [13] 张虹,张在杰. 以创新驱动烟草科技发展——解读2015年行业科技工作重点[N/OL]. 东方烟草报,2015-04-13. [http://www.eastobacco.com/kjcx/201504/20150413\\_363213.html](http://www.eastobacco.com/kjcx/201504/20150413_363213.html).
- [14] 张虹. 解读2016年烟草科技创新工作思路及任务部署[N/OL]. 烟草市场,2016-4-12. <http://www.etmoc.com/look/looklist.asp?id=35185>.
- [15] 国家烟草专卖局. 中国烟草年鉴(2011—2012)[M]. 北京:中国科学技术出版社,2013.
- [16] 姜超英,潘文杰. 作物连作的土壤障碍因子综述[J]. 作物栽培,2007(3):26-28.
- [17] 时鹏,张继光,王正旭,等. 烟草连作障碍的症状·机理及防治措施[J]. 安徽农业科学,2011,39(1):120-122,124.
- [18] 石秋环,焦枫,耿伟,等. 烤烟连作土壤环境中的障碍因子研究综述[J]. 中国烟草学报,2009,15(6):81-84.
- [19] 张长华,王智明,陈叶君,等. 连作对烤烟生长及土壤氮磷钾养分的影响[J]. 贵州农业科学,2007,35(4):62-65.
- [20] Yu J Q, Matsui Y. Effects of root exudates of cucumber (*Cucumis sativus*) and allelochemicals on ion uptake by cucumber seedlings[J]. Journal of Chemical Ecology, 1997, 23(3):817-827.
- [21] 晋艳,杨宇虹,段玉琪,等. 烤烟连作对烟叶产量和质量的影响研究初报[J]. 烟草科技,2002(1):41-45.
- [22] 马国胜,高智谋,陈娟. 烟草黑胫病研究进展[J]. 烟草科技,2001(9):44-48.
- [23] 孔凡玉,王静. 烟草根结线虫病研究进展[J]. 沈阳农业大学学报,2001,32(3):232-235.
- [24] 张亚,何可佳,罗坤,等. 烟草赤星病研究进展及对策[J]. 陕西农业科学,2007(2):82-84,90.
- [25] Liu Y X, Shi J X, Feng Y G, et al. Tobacco bacterial wilt can be biologically controlled by the application of antagonistic strains in combination with organic fertilizer[J]. Biology and Fertility of Soils, 2013, 49(4):447-464.
- [26] 崔鸣,赵兴喜,陈和润,等. 秦巴山地烤烟种植绿肥试验示范研究[J]. 农业与技术,2012,32(11):77,120.
- [27] 王瑞,邓建强,谭军. 连作条件下植烟土壤保育与修复[J]. 中国烟草科学,2016,37(2):83-88.
- [28] 郭亚利,刘锦华,王仕海,等. 植烟土壤保育及改良技术的研究进展[J]. 贵州农业科学,2016,44(4):79-85.
- [29] 张继光,申国明,张久权,等. 烟草连作障碍研究进展[J]. 中国烟草科学,2011,32(3):95-99.
- [30] 周兴华. 烟稻轮作与烟草土传病害发生关系的初步探讨[J]. 中国烟草,1993(2):39-40.
- [31] 晋艳,杨宇虹,段玉琪,等. 烤烟轮作、连作对烟叶产量质量的影响[J]. 西南农业学报,2004(17):267-271.
- [32] 李潇潇,夏强,任立,等. 我国土壤的酸化及改良[J]. 现代园艺,2011(9):156.
- [33] 许中坚,刘广深,俞佳栋. 氮循环的人为干扰与土壤酸化[J]. 地质地球化学,2002,30(2):74-78.
- [34] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴(2008)[M]. 北京:中国统计出版社,2009.

- [35] 徐晓燕, 孙五三, 李章海, 等. 烤烟根系合成烟碱的能力及 pH 对其根系和品质的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2004, 31(3): 315–319.
- [36] 林跃平, 周清明, 王业建, 等. 影响烟草生长、产量和品质的因子的研究进展[J]. 作物研究, 2006, 20(5): 490–493.
- [37] 杨海儒, 宫伟光. 不同土壤改良剂对松嫩平原盐碱土壤理化性质的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(20): 8715–8716.
- [38] 王富国, 宋琳, 冯艳, 等. 不同种植年限酸化果园土壤微生物学性状的研究[J]. 土壤通报, 2011, 42(1): 46–50.
- [39] 王辉, 董元华, 李德成, 等. 不同种植年限大棚蔬菜土壤养分状况研究[J]. 土壤, 2005, 37(4): 460–462.
- [40] 韩锦峰. 烟草栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 128–129.
- [41] 林跃平, 周清明, 王业建, 等. 影响烟草生长、产量和品质的因子的研究进展[J]. 作物研究, 2006, 20(5): 490–493.
- [42] 魏国胜, 周恒, 朱杰, 等. 土壤 pH 值对烟草根茎部病害的影响[J]. 江苏农业科学, 2011(1): 140–143.
- [43] 寇洪萍. 土壤 pH 对烟草生长发育及内在品质的影响[D]. 长春: 吉林农业大学, 1999: 22.
- [44] 周俊. 关于降低烟叶焦油含量的技术性探索[C]//2003 年烟草生产与人体健康和环境保护协调发展研讨会暨中外烟草环保科技展示会法规、专题报告论文集. 北京: 中国烟草学会, 2003: 399–400.
- [45] 左天觉. 烟草的生产、生理和生物化学[M]. 上海: 上海远东出版社, 1993: 23, 223, 281.
- [46] 高忠渊. 鸡粪有机肥对植烟土壤和烤烟烟叶品质的影响研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2009.
- [47] Scherer G, Barkemeyer H. Cadmium concentrations in tobacco and tobacco smoke[J]. Ecotoxicology & Environmental Safety, 1983, 7(1): 71–78.
- [48] 李玉美, 雷硕, 严猛, 等. 贵州省主要烟区土壤及烟草中重金属污染状况分析[J]. 南方农业学报, 2012, 43(10): 1505–1508.
- [49] 石贵玉, 秦丽凤, 陈耕云. 铬对烟草组培苗生长和某些生理指标的影响[J]. 广西植物, 2007, 27(6): 899–902.
- [50] 吴玉萍, 杨虹琦, 徐丽照, 等. 重金属镉在烤烟中的累积分配[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(5): 37–39.
- [51] 王学锋, 师东阳, 刘淑萍, 等. 烟草对土壤中环境激素铅的吸收及其相互影响的研究[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(4): 890–893.
- [52] 王海龙, 李小平. 重金属污染对烟草生理生化和结构的影响[J]. 楚雄师范学院学报, 2006, 21(9): 39–45.
- [53] 马新明, 李春明, 袁祖丽, 等. 镉和铅污染对烤烟根区土壤微生物及烟叶品质的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2182–2186.
- [54] 曾群旺. 云烟及其地质中的稀土元素[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 1995, 15(3): 284–289.
- [55] 郝秀珍, 周东美, 王五军, 等. 泥炭和化学肥料处理对黑麦草在铜尾矿砂上生长影响的研究[J]. 土壤学报, 2004, 41(4): 545–548.
- [56] 张艳玲, 张仕祥, 杨杰, 等. 施肥对植烟土壤重金属输入的影响[J]. 烟草科技, 2010(11): 51–54, 60.
- [57] 武小净, 李德成, 庄云, 等. 山东省典型烟区烟叶重金属的外源调查[J]. 土壤, 2013, 45(3): 513–516.
- [58] Tsotsolis N, Lazaridou T, Matsi T H, et al. Growth and heavy metals content of different tobacco types cultivated in Greece and in Italy[C]. Paris: CORESTA Congress, 2002.
- [59] del P L, Abet M, Sorrentino C, et al. Lead uptake and distribution in plantlets of different tobacco varieties *in vitro* exposed to lead[C]. Cape Town: Joint Meeting of the CORESTA Agronomy & Phytopathology Study Groups, 2001.
- [60] 朱兰保, 盛蒂. 重金属污染土壤生物修复技术研究进展[J]. 工业安全与环保, 2011, 37(2): 20–21.
- [61] Rajkumar M, Sandhya S, Prasad M N V, et al. Perspectives of plant-associated microbes in heavy metal phytoremediation[J]. Biotechnology Advances, 2012, 30(6): 1562–1574.
- [62] Hussein H S, Ruiz o n, Terry N, et al. Phytoremediation of mercury and organomercurials in chloroplast transgenic plants: enhanced root uptake, translocation to shoots, and volatilization[J]. Environmental Science & Technology. 2007, 41(24): 8439–8446.
- [63] Tangahu B V, Sheikh Abdullah S R, Basri H, et al. A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation[J]. International Journal of Chemical Engineering, 2011: 1–31.
- [64] Farhadian M, Vachelard C, Duchez D, et al. *In situ* bioremediation of monoaromatic pollutants in groundwater: a review[J]. Bioresource Technology, 2008, 99(13): 5296–5308.
- [65] 杨海琳. 土壤重金属污染修复的研究[J]. 环境科学与管理, 2009, 34(6): 130–135.
- [66] Wang J X, Feng X, Anderson C W, et al. Remediation of mercury contaminated sites: a review[J]. Journal of Hazardous Materials, 2012(221/222): 1–18.
- [67] Acar Y B, Alshawabkeh A N. Principles of electrokinetic remediation[J]. Environmental Science & Technology, 1993, 27(13): 2638–2647.
- [68] Peng J F, Song Y H, Yuan P, et al. The remediation of heavy metals contaminated sediment[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 161(2/3): 633–640.
- [69] Glasser F P. Fundamental aspect of cement solidification and stabilization[J]. Journal of Hazardous Materials, 1997, 52(2/3): 151–170.
- [70] 王敏敬, 王书成, 郎玉卓, 等. 重金属对烟草的影响及其治理[J]. 河北农业科学, 2008, 12(7): 15–17.
- [71] 陈溪明, 林祥永, 王金文. 银灰膜、配色膜覆盖栽培对烟田杂草控制效果及烟草产质量影响的初步研究[J]. 中国烟草科学, 2000, 21(3): 43–45.
- [72] 郭仕平, 向金友, 曾淑华, 等. 生物降解膜在烤烟地膜覆盖栽培中的应用[J]. 中国农学通报, 2015, 31(28): 50–54.
- [73] 常瑞甫, 严昌荣. 中国农用地膜残留污染现状及防治对策[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2012: 13–15, 41.
- [74] 骆园, 张欢欢, 熊德中. 培肥措施对植烟土壤主要理化性状及烟草经济效益的影响[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(2): 351–356.