

烟叶质量安全影响因素及防控措施

罗 静 (广东烟草韶关市有限公司, 广东韶关 512023)

摘要 重金属污染和农药残留是影响烟叶质量安全的重要因素。随着人们对产品质量安全的愈加关注, 烟叶重金属污染和农药残留逐渐成为众多研究关注的重点。为了提高烟叶产品质量安全、降低重金属和农药对人类健康的危害, 综述了近年来国内外烟叶重金属和农药残留相关研究, 分析了两大污染源的来源, 强调从种植技术和生产管理 2 个方面同时进行防控, 以期烟草种植者和管理者提供借鉴。

关键词 烟草; 质量安全; 影响因素; 防控措施

中图分类号 S572 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)19-0015-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.19.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Influencing Factors and Control Measures of Tobacco Quality and Safety

LUO Jing (Shaoguan Municipal Tobacco Company in Guangdong Province, Shaoguan, Guangdong 512023)

Abstract Heavy metal pollution and pesticide residues are important factors affecting tobacco quality and safety. As people pay more and more attention to quality and safety, heavy metal pollution and pesticide residues have gradually become the focus of many studies about tobacco. In order to improve the quality and safety of tobacco and reduce the harm of heavy metals and pesticides to human health, this paper reviewed the correlational research on heavy metals and pesticide residues in tobacco leaves at home and abroad in recent years, analyzed the sources of two major pollution sources, and emphasized on prevention and control from planting technology and production management in the same time, with a view to providing reference for tobacco growers and managers.

Key words Tobacco; Quality safety; Influencing factor; Control measures

烟草作为一种重要的经济作物, 我国每年种植 100 万 hm^2 以上, 产销量占世界总量的 1/3 以上, 是世界第一产销大国。随着公众场所禁止吸烟呼声的高涨以及人们对食品安全的愈加关注, 安全性已经成为烟叶品质优劣的主要评判标准之一。过去人们把焦点集中在降焦减害上, 但目前越来越多的研究表明, 重金属污染和农药残留同样是影响烟叶产品质量安全的重要因素^[1-3]。2010 年, 我国就曾因卷烟中检测出重金属而被国外媒体宣扬报道, 因此对烟叶产品质量安全性研究不仅关系到消费者的健康问题, 而且关系到烟草对外贸易和国民经济发展。鉴于此, 笔者综合分析了烟叶重金属和农药残留的来源, 从种植技术和生产管理 2 个方面总结出防控措施, 为推进烟叶高质量发展和降低烟草对人类健康影响提供一定的实践依据。

1 烟叶重金属污染和农药残留现状

1.1 重金属污染 Rickert 等^[4]对不同国家和地区的研究表明, 在不同年度不同生产环境下, 烟叶中砷、镉、铅、汞的含量存在较大差异, 地域差异和环境变化是影响烟叶重金属含量的主要原因。张艳玲等^[5]对我国 20 个烟叶主产区 497 份样品研究结果表明, 烟叶重金属含量存在显著的地域差异, 铅和镉是当前我国烟叶中的主要重金属元素, 平均值分别为 2.89 和 2.95 mg/kg 。刘天波等^[6]将砷、镉、铬、铅、镍、硒和汞等重金属列入烤烟 44 种有害成分。

1.2 农药残留 近些年来我国烟叶生产化肥使用较多, 土壤中微量元素不足, 烟株抗逆性降低, 病虫害频繁发生。全

国烟草侵染性病害和昆虫调查结果显示, 我国有 68 种烟草侵染性病害、200 多种害虫。其中危害较重且经常发生的主要有病毒病、黑胫病、青枯病、赤星病等。人们通常采取施用化学农药的方式来防治病虫害, 由于长期依赖农药, 病虫害产生了抗药性, 农药用量不加节制, 导致土壤和烟叶中农药残留过高^[7]。烟草质量监督检验中心与青州烟草研究所经过一系列调研, 掌握了国内外烟草农药使用基本情况和烟草农药残留限量要求, 确定了农药残留重点检测的 44 种农药, 主要为有机磷类、氨基甲酸酯类、菊酯类农药。其中, 有机磷农药残留是目前我国烤烟生产中较为突出的农药残留^[8]。

2 污染物来源

2.1 重金属来源 重金属主要是通过土壤、大气、水源以及烟用物资等介质, 从烟叶表面或烟株根部进入体内。

2.1.1 土壤。申洪涛等^[9]研究表明, 土壤中重金属含量越高, 则烤烟中该重金属含量也越高, 烤烟中重金属含量与土壤中重金属含量显著相关, 其中铅相关性最大, 锌、镉、镍、砷和铬相关性依次降低。目前, 我国农田不同程度地存在砷、铅和镉等重金属污染, 其中植烟土壤以镉和汞污染最为突出, 部分烟区土壤铅中度污染, 砷、铜和锌轻度污染, 部分烟区土壤汞、镉、铬和铅等含量逐年增加^[10-12]。土壤中的重金属不易降解, 被植物根系吸收后, 继而通过食物链危害人体健康^[13]。土壤中重金属主要来源于成土母质以及人类生产活动。Borůvka 等^[14]和何舞等^[15]研究表明, 土壤中铜、锌、镍和镉主要来源于成土母质。随着经济全球化的发展, 人类活动也成为影响烟叶重金属含量的重要因素。比如, 不当施肥、灌溉污水、固体废弃物冲刷等会导致重金属富集在土壤。

2.1.2 大气。近年来, 随着农村经济的发展, 不少烟田附近修起了公路和工业园区。汽车尾气和工业粉尘中含有大量的重金属, 大气中的这些重金属自然沉降到土壤和叶片上,

基金项目 广东省烟草专卖局(公司)科技项目“烟叶规范化生产(GAP)技术集成与应用”(粤烟科项 201406)。

作者简介 罗静(1985—), 女, 四川眉山人, 农艺师, 硕士, 从事烟叶生产技术研究推广工作。

收稿日期 2020-03-02

导致周围 2~3 km 的烟田受影响。翟振等^[16]、王爱国等^[17]研究表明,厂矿周边环境下铬、砷和铅 3 种元素对烟叶污染风险较高,公路两侧环境下镍、镉元素污染风险高;一些粉尘落入烟区土壤中形成化合物,又给烟叶带来二次污染。Miele 等^[18]、王爱国等^[19]研究表明,降雨能将叶片表面的重金属冲洗掉,烟叶中镉、铅、铬、镍和砷的含量下降,证明大气沉降也是烟叶重金属的主要来源之一。

2.1.3 水源。由于城市工业化的迅速发展,含有大量重金属的工业废水排入河流,使用这些受污染的水源灌溉也会导致土壤重金属含量增加。云南、贵州、四川、湖南等地是我国重要的烤烟种植区,但也是我国有色金属的重要矿区,部分工矿企业污水未经处理排入河流,造成污灌区土壤重金属汞、镉、铬、铅等含量逐年增加^[4]。

2.1.4 烟用物资。烟叶生产中的农药、化肥和地膜等烟用物资不合理使用也会加剧重金属污染。部分农药中含有重金属,以含汞、硒和铅为多,如赛力散、西力升等含有汞,稻脚青、苏农 6401 等含有硒,砷酸铅、亚砷酸铅等含有硒、铅,代森铅等含有其他重金属^[20]。如果长期使用这类农药,烟叶中重金属含量也会随之增加。一些矿物原料、化工原料或固体废弃物(如煤灰、火土灰等)加工而成的肥料(如堆肥、钙镁磷肥)也含有重金属。大量研究表明,烟草专用肥含有较多的铬和砷,饼肥含有较多的铜和锌,天然硫酸钾镁肥和磷肥含有较多镉^[21]。程旭艳等^[22]、王飞等^[23]研究表明,猪粪中重金属含量最高,其中铬、砷、镉、铜、锌、汞和铅超过国内或国际标准,鸡粪以镉、铅和铬超标为主,其他商品有机肥以铬超标为主。饲料添加剂中添加了过量的铜和锌,导致牲畜粪便类有机肥也存在重金属超标的现象。烟用地膜含有镉和铅,如果残留在土壤中,也会增加烟叶重金属含量。

2.2 农药来源 烟叶农药残留主要来源于 2 个方面:一是农药。施药后部分农药粘着在烟草叶面的绒毛上,或渗透到烟叶蜡质层,通过吸收、疏导进入到烟株汁液中。二是环境。土壤、肥料和灌溉水中的农药,也易造成烟叶农药残留。

2.2.1 施药。烟叶生产过程中,施用的农药主要用于防治病虫害、除草、抑芽。部分烟农文化程度低,缺乏质量安全意识,滥用国家明令禁止农药,施药方法不科学,安全间隔期不够,造成烟叶中农药残留^[24]。部分烟农为了减少种烟用工,使用大量的除草剂除草,部分除草剂直接喷施到了烟叶表面,造成除草剂残留过高。抑芽剂马来酰肼曾广泛应用于烟株打顶抹杈,部分烟农使用 2~3 次,大量的使用导致其残留量明显高于杀虫剂、杀菌剂、除草剂^[25]。我国烟叶就曾因抑芽剂超标在出口贸易中被退货。田间采收的烟叶一旦残留农药较多,烘烤时虽然有部分转化分解,但仍有部分未分解或产生的代谢物残留在烤后烟叶中,最终导致卷烟农药残留也较高。

2.2.2 环境。防治地下害虫和杂草的农药直接喷洒到土壤上,防治烟株病虫害的农药喷洒到叶片的同时有部分洒入土壤,日积月累,也会导致土壤农药残留过高。研究表明,六六六在土壤中被分解 95% 最长需要 20 年,滴滴涕被分解 95%

需 30 年^[26]。可见土壤中残留的农药分解需要一定的时间,这些农药又通过烟株根系吸收转移至烟叶组织内部。部分肥料当中含有少量农药,施肥的同时也将这些农药直接施到烤烟的根际,从而进入烟叶组织内。喷洒于土壤中的农药经雨水冲刷流入附近的水体,使用受到农药污染的水浇灌烤烟,也会不同程度地增加烟叶的农药残留。

3 防控措施

3.1 技术措施

3.1.1 合理轮作。按照土地用养结合的原则,合理推行轮作制度,有利于保持和提高土壤肥力,消除土壤中的有毒物质,减少病虫害的发生。选择一些对重金属具有超富集或对病虫害有杀生作用的植物进行种植。比如锌超标的烟田可以选择黑麦草进行轮作,黑麦草对锌具有较好的富集作用^[27]。烟草根线虫病和黑胫病的发病率较高的地区,可以种植芸薹属植物作绿肥,能增强烟株对这 2 种病虫害的抵抗力^[28]。

3.1.2 深耕晒垡。收获前茬作物后及时深耕晒垡,清除植物残体和田间杂草。耕作层深度 30 cm 以上,晒垡时间 5 d 以上,病菌孢子、害虫虫卵和杂草种子就会丧失发芽力或窒息死亡,从而减轻病虫和杂草的危害。对于重金属轻度污染的土壤,深耕晒垡也有利于调控植烟土壤环境介质,减少烤烟吸收积累重金属。由于前茬作物导致农药残留超标的植烟土壤,实行深翻耕或施用一些农药降解试剂(如过碳酸钠等),可以适当减轻前茬植物残留下来的农药对后茬烟草的污染。

3.1.3 土壤保育。施用改良剂是降低土壤重金属污染的一种有效手段。改良剂主要通过离子交换、吸附、表面络合和沉淀等作用,降低重金属有效性,减少烟株对重金属的吸收。改良剂有无机和有机 2 种类型。其中,无机改良剂主要包括石灰、熟石灰和黏土矿物等,通过提高土壤 pH,不仅能降低烟叶中砷、汞、铬和铅含量,而且还能有效抑制烟草青枯病、黑胫病等茎基部病害的发生^[29-30]。有机改良剂则以有机肥为主(如猪粪、麦秆和稻草等),其中有机胶体和黏土矿物既能吸附土壤中的重金属,又能增加土壤有机质。

3.1.4 合理选择品种进行清洁育苗。穆佳佳等^[31]、石保峰等^[32]研究表明,不同品种对重金属的富集能力不同,品种间重金属含量差异较明显。根据烟区的主要病害和土壤污染情况,可以选择种植具有抗病性强且对重金属低积累的品种。石陶然等^[33]研究认为,烟苗中也存在重金属超标现象,可能与烟苗培育基质有关。因此,育苗环节要选择清洁基质和干净水源,防止烟苗重金属含量过高。同时加强苗木消毒,覆盖防虫网,避免烟苗染病而过多喷施农药。

3.1.5 选择安全性高的肥料进行平衡施肥。采购肥料时要加强重金属检测,防止采购重金属超标的肥料,同时进行平衡施肥。张晓海^[34]研究表明,烤烟在高施肥水平下对砷、汞、铅和镉的吸收能力强于低施肥水平和中等施肥水平。因此根据烟草品种、土壤养分含量和重金属污染情况进行科学配方施肥,在一定程度上可以缓解重金属的危害。土壤镉高

的烟田,可以施用钙肥和锌肥,能有效降低烟草对镉的吸收;土壤铅高的烟田,可以施用硫酸钾肥,能有效降低土壤铅的有效性,从而降低烟叶铅含量^[35]。除草剂二氯喹啉酸含量高的烟田,可施用活性炭,不仅能有效吸附土壤中的二氯喹啉酸,降低烟草根际土壤中除草剂浓度,而且可以提高土壤 pH,使土壤重金属的活性大大降低,延缓烟草对重金属的吸收^[36-39]。

3.1.6 做好田间管理。尽量选择可降解地膜,移栽后及时覆膜并压实,既有利于提高地温,减少肥料损失,促进烟苗早生快发,提高烟株抗病性,又能有效驱避如蚜虫等病毒传播媒介,减轻病虫害危害。加强田间卫生管理,及时清除烟田积水、烟株残体、杂草和地膜,都能有效减少病虫害源,防止过多施用农药。

3.1.7 综合防治病虫害。贯彻“预防为主,综合防治”的植保方针,建立烟草病虫害发生预测预报和综合防治机制,以农业防治为基础,综合运用物理、生物和化学防治措施,最大限度保护烟区生态系统。一是农业防治。加强合理轮作、深耕晒垡、覆盖地膜、田间卫生、中耕培土等农业措施,提高烟株的抗病性。比如潍坊烟区推行的“三深一高一平衡”,即深翻、深栽、深沟、高垄和平衡施肥技术,可有效减少病虫害发生^[40]。二是物理防治。利于黄板、性诱剂、频振式杀虫灯等措施诱杀烟蚜、斜纹夜蛾、烟青虫、棉铃虫等烟田害虫。三是生物防治。利用烟蚜茧蜂、赤眼蜂等天敌以及除虫菊素、苦皮藤素、鱼藤酮、苦参碱、苏云金杆菌等生物农药防治烟蚜、烟青虫、斜纹夜蛾、地老虎等害虫。四是化学防治。科学合理地使用农药是解决农药残留的关键。根据中国烟叶公司每年颁布的烟草农药使用推荐目录,选择高效、低毒、低残留的环境友好农药品种。由专业植保人员根据病虫害情况,对症下药、适时用药和适量用药,尤其禁止在采收前 15 d 喷施农药。

3.2 管理措施

3.2.1 加强政府监管治理力度。提高烟叶产品质量安全性是一项综合复杂的工作,需要引起相关单位和人员的高度重视。烟草公司要与地方政府、环保部门密切联系,形成齐抓共管的合力。政府要规范法律法规,加强对烟叶生产周边环境及设施建设的管理和整治,从治理土壤和灌溉水污染源入手,控制和消除工业污染源。

3.2.2 建立基本烟田保护区。定期对植烟区域的空气、土壤和水源进行监测,以确保烟叶生产环境安全。比如每年监测一次灌溉水,每 3 年监测一次土壤,每 5 年监测一次空气。尽量避开土壤、水源和空气中有毒物质较高的地区,选择无污染或污染程度低的地区种植,建立基本烟田保护区,禁止用污水灌溉。

3.2.3 提高烟农绿色防控意识。推行绿色防控技术是贯彻落实党的十九大会议强调的新发展理念中“绿色发展”的重要载体,但是技术落地好,关键人来管。烟农作为烟叶种植主体,对农药的使用方法、施药时间、施药次数和用量起着决定性作用。由于烟农文化程度和环保意识较薄弱,因此,必须对烟农加强培训,让他们明白烟叶质量安全的重要性,

科学合理地使用农药、肥料,推行绿色防控技术。同时建立烟农诚信制度,可以将烟叶农残情况作为烟农诚信度考察重点,对农药残留超过国家局规定阈值的烟农以及不严格按照要求施药者,下一年度取消种烟资格。

3.2.4 发挥科研力量。一是加强品种培育。通过对烟草重金属积累、分配有关基因型的差异进行比较与筛选,培育出重金属低积累的新品种。二是快速检测质量安全。由当地科研单位对大田烟叶进行农药残留和重金属含量快速检测,及时、动态了解烟株情况,如果农药和重金属含量较高,大田后期立即采取相应的措施进行调控。

3.2.5 实行烟叶 GAP 管理。GAP 管理的重点不是新技术探索和研究,而是将所有适用技术综合成体系,规范使用于生产实践。它与标准化管理又有所不同,它更加注重对烟叶农药残留、重金属和非烟物质的控制。结合 GAP 管理理念,在烟叶生产关键环节按照标准操作规程(SOP)执行并做好痕迹记录,既能保证烟叶质量安全,又能做到有迹可循,实现烟叶质量可追溯。

参考文献

- [1] 李义强,王凤龙,龚道新.我国无公害烟叶生产的问题、优势及对策[J].中国烟草科学,2009,30(3):54-57.
- [2] LIU H W, WANG H Y, MA Y B, et al. Role of transpiration and metabolism in translocation and accumulation of cadmium in tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.) [J]. Chemosphere, 2016, 144: 1960-1965.
- [3] 刘春奎, 许自成, 王晖, 等. 中国烤烟含氯农药残总量状况及其控制措施探讨[J]. 中国农学通报, 2007, 23(11): 126-129.
- [4] RICKERT W S, KAISERMAN M J. Levels of lead, cadmium, and mercury in Canadian cigarette tobacco as indicators of environmental change: Results from a 21-year study (1968-1988) [J]. Environmental science & technology, 1994, 28(5): 924-927.
- [5] 张艳玲, 尹启生, 周汉平, 等. 中国烟叶铅、镉、砷的含量及分布特征[J]. 烟草科技, 2006, 39(11): 49-52.
- [6] 刘天波, 刘友梅, 李帆, 等. 烤烟重金属来源及其治理技术研究进展[J]. 河南农业科学, 2013, 42(2): 7-10.
- [7] 苗圃, 王玉洁, 李丽华, 等. 洛阳烟叶农药残留有效控制途径探析[J]. 现代农业科技, 2019(8): 109-110.
- [8] 李云生, 李文琴, 李康红. 烟草中有害化学物质的来源、控制及检测方法[J]. 云南农业科技, 2014(4): 59-64.
- [9] 申洪涛, 陈洋, 杨自军, 等. 河南烟区土壤及烤烟重金属含量研究[J]. 河南农业大学学报, 2019, 53(4): 616-620.
- [10] 李春芳, 王菲, 曹文涛, 等. 龙口市污水灌溉区农田重金属来源、空间分布及污染评价[J]. 环境科学, 2017, 38(3): 1018-1027.
- [11] 单倩, 凌平, 彭桃军, 等. 植烟区土壤重金属污染现状及主要污染元素毒害效应[J]. 江西农业学报, 2017, 29(8): 68-72.
- [12] 刘天波, 刘友梅, 李帆, 等. 烤烟重金属来源及其治理技术研究进展[J]. 河南农业科学, 2013, 42(2): 7-10.
- [13] 杨国涛, 李青常, 马永瑾, 等. 广西贺州烟区土壤重金属含量分析与评价[J]. 烟草科技, 2018, 51(1): 28-32.
- [14] BORŮVKA L, VACEK O, JEHLÍČKA J. Principal component analysis as a tool to indicate the origin of potentially toxic elements in soils [J]. Geoderma, 2005, 128(3/4): 289-300.
- [15] 何舞, 王富华, 杜应琼, 等. 东莞市土壤重金属污染现状、污染源及防治措施[J]. 广东农业科学, 2010, 9(4): 211-213.
- [16] 翟振, 张艳玲, 杨欣, 等. 大气沉降对烟叶重金属含量的影响及溯源分析[J]. 烟草科技, 2019, 52(6): 9-15.
- [17] 王爱国, 张仕祥, 戴华鑫, 等. 水泥厂对周边环境及烟叶重金属积累的影响[J]. 烟草科技, 2018, 51(3): 7-14.
- [18] MIELE S, OLIVIERI O, BARGIACCHI E. Monitoring and minimizing heavy metal contents in tobacco [C]//First results of a survey on Verona's Virginia bright tobacco in Italy. Kyoto: Agro-Phyto Groups, CORESTA Congress, 2001.

25 ℃ 处理的种子发芽各项指标最优,而且种子发芽后根和茎生长较好,说明该温度最有利于种子萌发。

此外,幼苗的生长也需要适宜的温度条件,低温会使植物的光合速率下降,影响植物体内养分的运输,从而对植物的生理代谢造成破坏;高温则会降低植物光合速率,进而影响植物体内营养物质的合成与积累,从而抑制植物生长^[16]。该研究结果表明,温度的高低对出苗率和成苗率影响较大,5~10 ℃ 时出苗率不足 1/3,而且出苗后生长基本停止,到试验结束未有新叶长出,当温度升高到 15 ℃ 时,出苗率可以达到 50% 以上,成苗率达到最高值的 45.22%,该结果与 Bois 等^[17] 研究结果较相似,即在 10 ℃ 藜麦叶生长仍可维持其最大值的 30%^[17]。各处理中,25 ℃ 时种子出苗率最高,但成苗率和幼苗干重却低于 20 ℃ 处理,说明 20 ℃ 更有利于幼苗生长和干物质的积累,幼苗生长得更健壮。综上所述,20~25 ℃ 是藜麦种子萌发及幼苗生长的适宜温度。

参考文献

[1] PETERSON A, MURPHY K. Tolerance of lowland quinoa cultivars to sodium chloride and sodium sulfate salinity[J]. Crop science, 2015, 55(1): 331-338.

[2] PREGO I, MALDONADO S, OTEGUI M. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa* [J]. Annals of botany, 1998, 82(4): 481-488.

[3] GRAF B L, ROJAS-SILVA P, ROJO L E, et al. Innovations in health value and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. Compr Rev Food Sci Food Saf, 2015, 14(4): 431-445.

(上接第 17 页)

[19] 王爱国,戴华鑫,杨欣,等. 模拟降雨对烟叶重金属含量的影响[J]. 烟草科技, 2019, 52(9): 10-16.

[20] 曹祥练,孙敬国,卢红良. 重金属对烤烟产量及品质影响的研究进展[J]. 河北农业科学, 2009, 13(9): 3-6, 9.

[21] 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.

[22] 程旭艳,王定美,乔玉辉,等. 中国商品有机肥重金属分析[J]. 环境污染与防治, 2012, 34(2): 72-76.

[23] 王飞,邱凌,沈玉君,等. 华北地区饲料和畜禽粪便中重金属质量分数调查分析[J]. 农业工程学报, 2015, 31(5): 261-267.

[24] 杨静,赵东方,邹光进,等. 黔东南州烟农使用农药现状调查及对策[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(34): 199-201, 231.

[25] 王凤龙,时焦,杨德廉. 烟草抑芽剂进展与应用[J]. 中国烟草, 1996(3): 34-38.

[26] 王京文,陆宏,厉仁安. 慈溪市蔬菜地有机氯农药残留调查[J]. 浙江农业科学, 2003(1): 40-41.

[27] 李广云,曹永富,赵书民,等. 土壤重金属危害及修复措施[J]. 山东林业科技, 2011(6): 96-101.

[28] 刘领,李继伟,任鹏,等. 不同芸薹属绿肥对烤烟生长及产量的影响[J]. 河南农业科学, 2017, 46(8): 52-56, 76.

[29] 高旭,孙曙光,许自成,等. 曲靖烟区土壤 pH 与烟叶重金属含量的分布特点及关系分析[J]. 江西农业学报, 2011, 23(12): 116-120.

[30] 施河丽,向必坤,彭五星,等. 调节植烟土壤酸度防控烤烟青枯病[J].

[4] 任贵兴,杨修仕,么杨. 中国藜麦产业现状[J]. 作物杂志, 2015(5): 1-5.

[5] RAO N, DONG L Y, LI J, et al. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of American Sloughgrass (*Beckmannia syzigachne*) [J]. Weed science, 2008, 56(4): 529-533.

[6] TANVEER A, TASNEEM M, KHALIQ A, et al. Influence of seed size and ecological factors on the germination and emergence of field bindweed (*Convolvulus arvensis*) [J]. Planta daninha, 2013, 31(1): 39-51.

[7] KHAN M A, GUL B, WEBER D J. Influence of salinity and temperature on the germination of *Kochia scoparia* [J]. Wetlands ecology and management, 2001, 9(6): 483-489.

[8] 刘文,刘坤,张春辉,等. 种子萌发的积温效应:以青藏高原东缘的 12 种菊科植物为例[J]. 植物生态学报, 2011, 35(7): 751-758.

[9] 宋顺华,宋松泉,吴萍,等. 白菜种子萌发的热抑制现象及其与细胞壁降解酶的关系[J]. 园艺学报, 2014, 41(6): 1115-1124.

[10] 王婷婷. 不同烘干温度对森林土壤有机碳含量测定的影响[J]. 林业科技, 2016, 41(3): 24-26.

[11] SILVA P O, MEDINA E F, BARROS R S, et al. Germination of salt-stressed seeds as related to the ethylene biosynthesis ability in three *Stylosanthes* species [J]. J Plant Physiol, 2014, 171(1): 14-22.

[12] 何欢乐,蔡润,潘俊松,等. 盐胁迫对黄瓜种子萌发特性的影响[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2005, 23(2): 148-152, 162.

[13] 陈银萍,王晓梅,杨娟娟,等. NO 对低温胁迫下玉米种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(2): 270-277.

[14] 张凯,慕小倩,孙晓玉,等. 温度变化对油菜及其伴生杂草种苗生长和幼苗生理特性的影响[J]. 植物生态学报, 2013, 37(12): 1132-1141.

[15] 马倩倩,鲍荣磊,廖明安. 不同水温浸种对树番茄种子发芽的影响[J]. 北方园艺, 2018(15): 92-96.

[16] 钱璐. 环境因子对蒙古柳(*Salix linearistipularis*) 种子萌发的影响[D]. 哈尔滨:东北林业大学, 2015: 3.

[17] BOIS J F, WINKEL T, LHOMME J P, et al. Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to temperature: Effects on gemination, phenology, growth and freezing [J]. European journal of agronomy, 2006, 25: 299-308.

中国烟草学报, 2015, 26(6): 50-53.

[31] 穆佳佳,鲁耀,严君,等. 曲靖烟叶重金属分布特征及不同品种、海拔之间的差异分析[J]. 中国农学通报, 2019, 35(4): 69-74.

[32] 石保峰,张得平,梁琼月,等. 不同烤烟品种烟叶重金属及硒元素含量的差异性[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(6): 30-32.

[33] 石陶然,赵建,韩小斌,等. 贵州省遵义市主要烟区烟草中重金属含量及其来源研究[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(3): 53-55, 59.

[34] 张晓海. 不同施肥水平下烤烟对重金属元素的吸收分配研究[J]. 农业网络信息, 2005(11): 144-146.

[35] 王东,周冀衡,刘均,等. 施用钾肥对烟草铅量吸收的影响[J]. 作物研究, 2009, 23(3): 177-180.

[36] 沈会芳,蒲小明,张景欣,等. 烟草杀虫剂和除草剂药害修复剂筛选试验[J]. 广东农业科学, 2019, 46(6): 99-109.

[37] JIN J W, LI Y N, ZHANG J Y, et al. Influence of pyrolysis temperature on properties and environmental safety of heavy metals in biochars derived from municipal sewage sludge [J]. Journal of hazardous materials, 2016, 320: 417-426.

[38] WANG X D, LI C X, ZHANG B, et al. Migration and risk assessment of heavy metals in sewage sludge during hydrothermal treatment combined with pyrolysis [J]. Bioresource technology, 2016, 221: 560-567.

[39] 赵建,朱文彬,汪玉,等. 添加生物炭改良剂对土壤-烟草中重金属含量的影响[J]. 农业资源与环境学报, 2019, 36(5): 664-672.

[40] 杜传印,夏磊,王德权,等. 潍坊烟草病虫害绿色防控体系建设实践与思考[J]. 中国烟草科学, 2019, 40(4): 92-98.