

刘 源,杨牧青,汪 泰,等. 云南三七种植区土壤重金属分布特征及其与三七块根、叶片内含量的关系[J]. 江苏农业科学,2018,46(18):298-302.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.18.071

云南三七种植区土壤重金属分布特征 及其与三七块根、叶片内含量的关系

刘 源,杨牧青,汪 泰,赵 宏,张乃明

(云南农业大学资源与环境学院,云南昆明 650201)

摘要:以云南省三七主要种植区土壤及三七植物为研究对象,采用野外调查和室内分析相结合的方法,在云南省三七主要种植区域随机采集 51 个 3 年生三七及栽培土壤样品,对三七块根及土壤中铅(Pb)、镉(Cd)、砷(As)、铜(Cu) 4 种重金属含量进行分析评价,对土壤重金属含量与三七块根、叶片中的重金属含量进行相关性分析。结果表明,(1)云南省三七主要种植区土壤重金属含量超标严重,其中以 Cd、As、Cu 3 种重金属超标最为严重,样品超标率分别为 62.7%、35.3%、64.7%。(2)文山、红河、昆明、曲靖综合污染指数分别为 1.27、1.31、1.76、2.16,重金属污染程度依次表现为曲靖>昆明>红河>文山。(3)三七块根重金属累积量与土壤重金属浓度呈线性正相关,以铅、砷较为明显;三七叶片铅累积量与土壤铅浓度呈线性正相关,而镉、砷、铜 3 种重金属拟合性较差。

关键词:三七;重金属;土壤;评价

中图分类号: S567.23*6.01;X53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)18-0298-04

三七为五加科人参属植物,为临床常用的贵重中药材之一,传统功效为散瘀止血,消肿定痛^[1]。三七起源于 2 500 万年前第三纪古热带残遗植物,生理生态上对环境适应能力很低,仅局限于 23.5°N 附近的中高海拔地区,主要分布于我国云南文山州境内^[2]。由于云南文山州具有低纬度高海拔地区的气候条件,有利于三七干物质和有效成分的积累,形成了文山三七产量高、品质好的特点,是公认的三七“道地产区”^[3]。三七忌地性极强,连作障碍严重。为此,云南很多三七种植户已将种植地由文山州移到了云南其他相对适合三七生长的州(市)种植^[4]。

目前,三七研究主要集中于药用活性领域,其重金属污染研究仍处于起步阶段^[2]。江滨等首次提出,三七中的重金属主要来源于附着在表面的浮土^[5]。冯光泉等通过野外调查发现,三七中砷(As)、镉(Cd)等污染可能主要来源于其特殊的重金属吸收、累积机制^[3,6]。于冰冰等通过长期定点监测发现,三七主产区植株各部位均存在较为严重的砷污染问题,超标率达 14%~81%^[7]。三七作为中成药制剂的重要原料,其重金属污染问题可能会影响其药物安全^[8]。近年来,随着采矿区域的无序扩张以及含重金属农药的大量使用,三七种植区土壤重金属污染问题日益严重,已对三七药品安全及国际贸易产生了严重威胁^[6]。因此,三七中的重金属含量测定是保证其质量的一个重要内容。

本研究通过调查云南文山、红河、曲靖、昆明 4 个三七种植区土壤及三七中的铜(Cu)、砷、镉、铅(Pb) 4 种重金属污染现状,为有效解决三七的重金属污染问题、保障三七的药物安全提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 三七种植区概况

三七的道地产区为云南省文山州,但在云南省的昆明、曲靖、红河以及广西壮族自治区等地均有广泛人工种植。药材中的微量元素常常作为评价道地药材的特征指标之一,众多研究表明,不同产地三七的重金属元素等微量元素含量具有明显的差异^[9]。

1.2 布点与采样

三七土壤样品于 2015 年采集自云南文山、昆明、曲靖、红河共 51 个产地的 3 年期三七植物及土壤样品,具体采样布点情况见图 1。在每个地块随机采集三七样品 10~15 株,同时采集相对应的 0~20 cm 表层土壤,取样点以全球定位系统(GPS)精确定位。

1.3 样品处理与测试方法

1.3.1 样品处理 采集新鲜三七后用自来水冲洗干净,洗去根部泥土,并用细毛刷清洗,再用去离子水冲洗。将三七植株分成主根、须根、茎、叶等不同部位,于 105℃ 下杀青处理 30 min,然后于 60℃ 条件下烘干 24 h 至恒质量,烘干后的三七样品经玛瑙研钵磨碎后置于封口袋中保存。将土壤样品自然风干后,剔除样品中植物根系、有机残渣以及可见侵入体,用木质工具碾碎并用玛瑙研钵研磨,分别过 20、100 目尼龙筛,待测^[10]。

1.3.2 测试方法 仪器:WFX-120 原子吸收分光光度计,AFS-820 双道原子荧光分光光度计,铅、镉空心阴极灯,砷、铜编码空心阴极灯。

收稿日期:2017-03-31

基金项目:云南省科技创新强省计划(编号:2014AE014);云南省科技创新人才计划(编号:2015HC018)。

作者简介:刘 源(1990—),男,河北衡水人,硕士,主要从事土壤重金属污染修复研究。E-mail:190185470@qq.com。

通信作者:张乃明,博士,教授,博士生导师,主要从事农业面源污染控制、土壤环境质量演变等方面的研究。E-mail:zhangnaiming@sina.com。

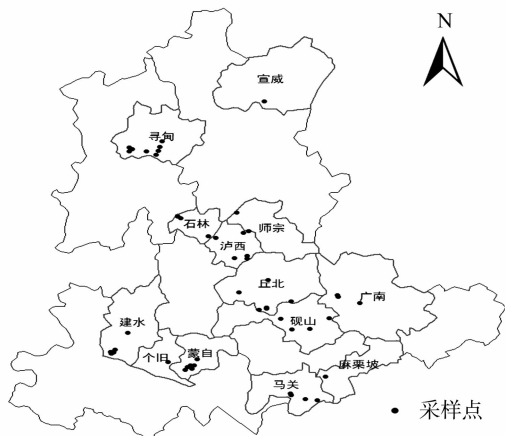


图1 采样布点情况

试剂:砷、铅、铜、镉标准液均为 1 mg/mL(由中国计量科学研究院化学计量与分析科学研究所提供),其余所用试剂均为优级纯,水为去离子水。

测定方法:用原子吸收法测铅、镉含量;用原子荧光法测砷、铜含量^[11-12]。

1.4 数据处理

数据采用 Excel 2010 软件进行统计分析,用 ArcGIS 软件绘制采样布点图。

本研究用《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995)的土壤重金属二级标准对云南三七种植区土壤 Cd、As、Cu、Pb 环境质量进行评价。用《药用植物及制剂外经贸绿色行业标准》(WM/T 2—2004)对云南三七种植区植株 Cd、As、Cu、Pb 环境质量进行评价。

综合污染指数计算公式^[10]:

$$P_{综合} = \sqrt{(P_{max}^2 + P_{ave}^2)/2}。$$

式中: $P_{综合}$ 为 Nemerow 综合污染指数; P_{max} 为单项污染指数最高值; P_{ave} 为各单项污染指数的算术平均值。 $P_{综合} < 0.7$ 表示清洁, $P_{综合}$ 为 0.7~1.0 属警戒限, $P_{综合}$ 为 1.0~2.0 属轻度污

染, $P_{综合}$ 为 2.0~3.0 属中度污染, $P_{综合} > 3$ 为重度污染。

2 结果与分析

2.1 云南三七种植区土壤重金属含量

对采集自云南文山、昆明、曲靖、红河共 51 个产地的 3 年期三七土壤样品中铅、镉、砷、铜 4 种重金属元素进行了检测及分析,三七种植区土壤重金属含量及分布见表 1。由《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995)的土壤重金属二级标准可知,云南三七种植区存在较为严重的土壤 Cd、As、Cu 污染,样品超标率分别为 62.7%、35.3%、64.7%,土壤 Pb 浓度均远低于限量标准 250 mg/kg。褚卓栋等认为,土壤重金属浓度概率分布若符合正态分布,则表明该元素来源于成土母质,若不符合则可能来源于人类活动^[13]。本研究发现,云南三七种植区已出现比较严重的 Cd、As、Cu 等多种重金属污染,原因是由于云南省土壤本身背景值较高,导致 Cu、Cd 超标现象严重;近年来云南主要三七种植区矿产资源的不合理开发、矿业活动的无序扩张以及含重金属农药的大规模使用^[9],导致三七种植区土壤重金属的污染范围不断扩大、污染程度不断加剧。

表 1 土壤中重金属 Pb、Cd、As、Cu 浓度

重金属	重金属浓度 (mg/kg)			变异系数 (%)	标准 (mg/kg)	超标率 (%)
	含量范围	平均值	标准差			
Pb	4.60~85.30	42.93	18.31	42.65	250.00	0
Cd	0.072~1.60	0.49	0.33	67.34	0.30	62.7
As	0.197~220.20	40.68	42.47	104.40	40.00	35.3
Cu	21.40~224.30	72.61	50.37	69.37	50.00	64.7

注:标准参照《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995)二级标准,pH 值 <6.5。

2.2 不同行政区三七土壤 4 种重金属含量比较

基于云南文山、昆明、曲靖、红河 51 个点位三七种植区土壤的铅、镉、砷、铜 4 种重金属元素的整体数据,笔者对各个行政区的三七种植区土壤 4 种重金属元素含量进行了系统分析(表 2)。

表 2 不同行政区三七土壤中 4 种重金属含量比较

区域	样品数 (个)	重金属含量 (mg/kg)							
		铜		砷		镉		铅	
		范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值
文山	20	21.4~174.0	58.31	6.85~149.20	40.71	0.072~1.600	0.46	20.3~85.3	38.68
红河	18	30.6~143.0	59.10	0.197~220.20	50.23	0.113~0.922	0.46	4.6~83.6	47.30
昆明	10	41.4~224.3	112.30	1.44~24.40	9.89	0.213~0.781	0.46	25.0~60.6	40.56
曲靖	3	72.4~218.2	125.40	28.40~65.20	46.80	0.523~1.480	0.92	41.2~67.6	52.70
标准值		50		40		0.3		250	

从表 2、表 3 可以看出,4 个三七种植区域中的重金属含量有一定差异,能看出较为明显的产地特点,4 个区域的铅均未超标,文山地区的铜、砷、镉超标率分别为 50.0%、40.0%、45.0%,红河地区的铜、砷、镉超标率分别为 66.7%、50.0%、66.7%,昆明地区的铜、砷、镉超标率分别为 80.0%、0%、80.0%,曲靖地区的铜、砷、镉超标率分别为 100.0%、66.7%、100.0%,4 个地区铜、砷、镉元素超标情况不容乐观,污染情况很严重。潘洪君等通过电感耦合等离子体制谱(ICP-MS)法测定 4 种中药材中重金属含量,认为同种类中药材有害元素含量差异较大,反映出我国土壤和水质环境等

表 3 不同行政区三七土壤中重金属超标率

区域	样品数 (个)	超标率 (%)			
		铜	砷	镉	铅
文山	20	50.0	40.0	45.0	0
红河	18	66.7	50.0	66.7	0
昆明	10	80.0	0	80.0	0
曲靖	3	100.0	66.7	100.0	0

因素的地区差异^[11]。本研究与相关报道的不同产地药材中重金属污染程度均存在一定差别的结果相一致。

2.2.1 不同区域污染程度分析 按照上述评价标准以及评

价方法计算云南三七各种植区单项污染指数和综合指数,从表 4 可以看出,就总体而言,研究区采样点土壤中重金属元素 Cu、As、Cd 单项污染指数大部分在 1~2 之间,处于轻度污染等级,重金属元素 Pb 单项污染指数均在 0.7 以下,处于清洁级别。文山、红河、昆明、曲靖 4 个三七种植区 $P_{综合}$ 分别为 1.27、1.31、1.76、2.16,其中文山、红河、昆明均为轻度污染等级,曲靖为中度污染等级,且 4 个三七种植区重金属污染程度依次表现为曲靖>昆明>红河>文山。

2.2.2 三七块根、叶片的重金属含量 对采集自云南文山、

表 4 不同区域土壤污染指数

区域	P_{Cu}	P_{As}	P_{Cd}	P_{Pb}	$P_{综合}$	污染程度
文山	1.17	1.02	1.52	0.15	1.27	轻度污染
红河	1.15	1.26	1.55	0.14	1.31	轻度污染
昆明	2.25	0.25	1.54	0.16	1.76	轻度污染
曲靖	2.51	1.17	3.05	0.21	2.16	中度污染

注:参考《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995)二级标准。

表 5 三七块根、叶片的重金属含量和超标率

重金属	标准含量 (mg/kg)	重金属含量(mg/kg)				超标率(%)	
		块根		叶片		块根	叶片
		范围	均值	范围	均值		
铅	5.0	0.096~3.06	1.17	1.03~12.90	4.73	0	36.6
镉	0.3	0.10~1.22	0.42	0.118~1.18	0.37	76.5	58.5
砷	2.0	0.051~9.28	1.87	0.066~21.80	4.98	31.4	68.3
铜	20.0	1.58~12.00	4.94	2.04~60.30	9.48	0	4.9

2.3 土壤与三七块根、叶片中重金属含量之间的关系

2.3.1 土壤与三七块根重金属含量之间的关系 三七块根是三七主要的药用及食用部位,块根中携带的重金属也会转入人体内,并且对新陈代谢和一些生理机能带来巨大的威胁,所以将不同三七种植区土壤重金属含量与三七块根

昆明、曲靖、红河共 51 个产地的 3 年期三七植株样品中铅、镉、砷、铜 4 种重金属元素进行了检测及分析,对三七重金属污染评估主要参照《药用植物及制剂外经贸绿色行业标准》(WM/T2—2004),其 Pb、Cd、As、Cu 的限量标准分别为 5.0、0.3、2.0、20.0 mg/kg。本研究结果显示,云南三七种植区植株块根、叶片部位均存在较为严重的重金属污染。从表 5 可以看出,块根部位 Pb、Cd、As、Cu 超标率分别为 0、76.5%、31.4%、0,叶片部位 Pb、Cd、As、Cu 超标率分别为 36.6%、58.5%、68.3%、4.9%。Cu 超标率较低。冯光泉等调查发现,种植区部分三七样品出现 Cd、Pb 等重金属超标的现象^[14]。近年来,由于国内外对比需求量剧增、文山耕地有限、三七连作障碍等原因,使得部分重金属含量超标区域也被应用于三七种植,从而导致三七重金属污染问题凸显^[15-16]。本研究结果表明,三七种植区植株已存在较为严重的 As、Cd、Pb 等重金属污染,对人体健康及国际贸易造成潜在威胁。

重金属含量之间进行拟合线性分析(图 2),分析结果表明,土壤中铅、砷重金属含量上升,与三七块根中重金属含量呈正相关,相关系数分别为 0.152 2、0.236 7(图 2-A、图 2-C),随着土壤中铅含量的增加,三七块根中的铅含量基本稳定在 2.5 mg/kg 以内,变化范围比较小;三七块根中砷的超标率达

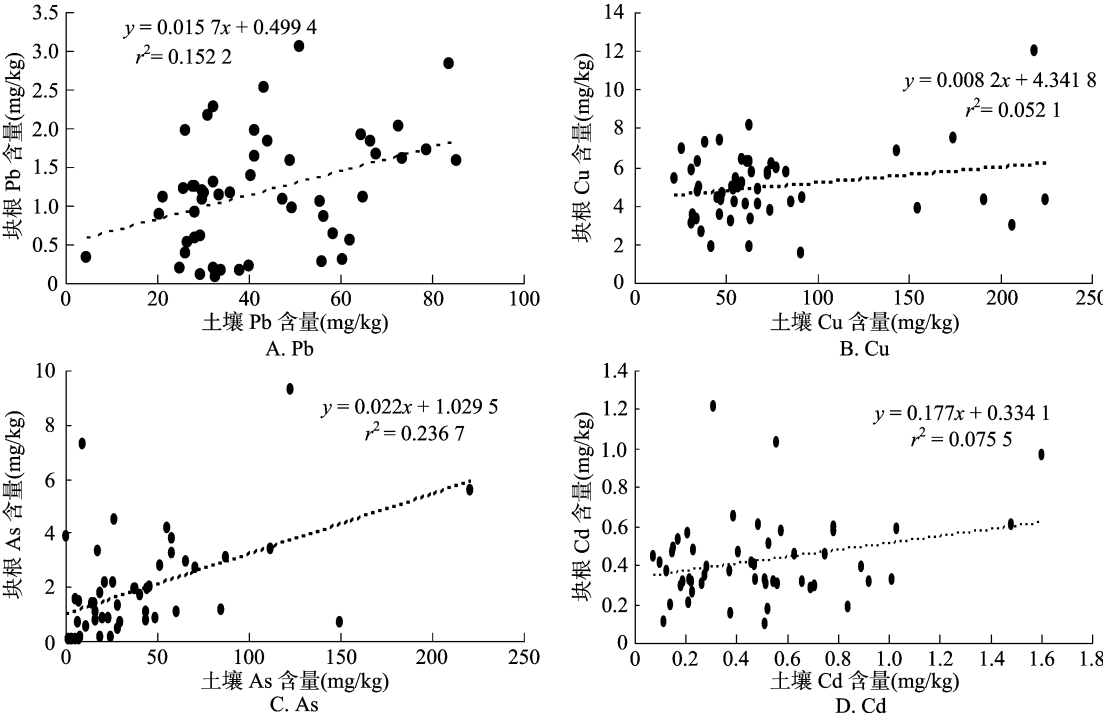


图2 三七土壤与三七块根重金属含量之间的关系

到了 31.4%。随着土壤砷含量的增加,块根中砷含量总体趋势是增加的,二者呈正相关关系,但是块根中的砷含量表现出比较大的波动性,这有可能是不同区域气候环境影响造成的。不同产地的生态环境也对三七的化学成分试验表明,气候因子气温、降水量、日照时数、相对湿度等对三七有效成分含量具有一定影响,并且 1 月降水量和年温差是影响三七化学成分的关键因子^[17]。本研究三七块根中镉、铜的拟合性较差,拟合系数分别为 0.075 5、0.052 1(图 2-B、图 2-D),所以三七块根中的镉和铜可能不仅仅来源于土壤里,可能与重金属形态有关,还可能来自外源矿业、交通以及农药化肥污染。

本研究中三七块根镉、砷的超标率分别达到了 76.5%、

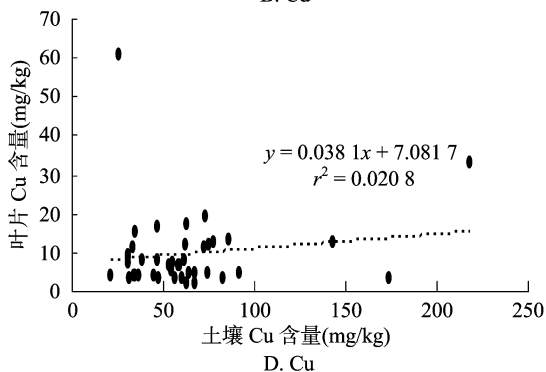
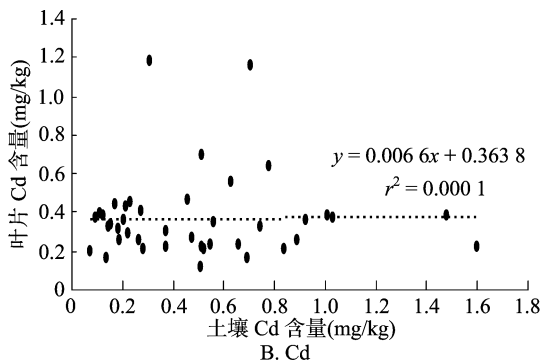
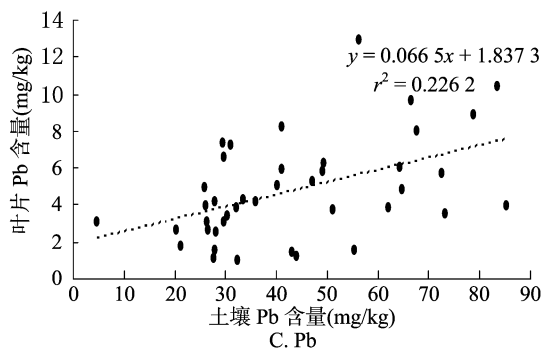
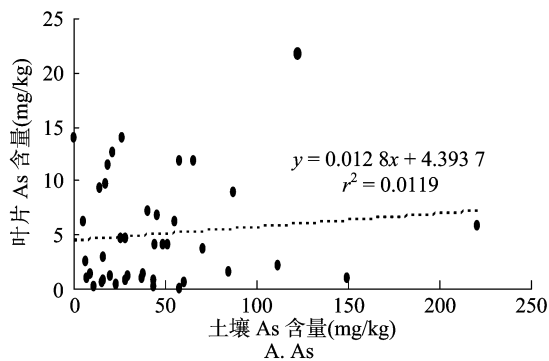


图3 三七土壤与三七叶片重金属含量之间的关系

三七叶片中铅、镉、砷、铜 4 种重金属的超标率分别为 36.6%、58.5%、68.3%、4.9%,其中,铅、砷、铜 3 种重金属相较于块根中超标率有明显上升,在块根中铅、铜均未超标的前提下,叶片中的铅、铜超标率分别达到 36.6%、4.9%。表明三七叶片中的铅、砷、铜 3 种重金属来源不仅仅是土壤,可能与重金属形态有关,也可能容易受外源因素的影响,所以三七的种植区应该远离矿区、交通线,在管理过程中尽量适量使用含重金属元素的杀虫剂、杀菌剂,以降低三七中的重金属含量。

3 结论

(1)云南省三七主要种植区土壤重金属污染超标严重,其中以 Cd、As、Cu 3 种重金属超标最为严重,样品超标率分别为 62.7%、35.3%、64.7%,Pb 未超标。(2)文山、红河、昆明、曲靖 4 个三七种植区均已不同程度的重金属污染问题,4 个三七种植区重金属污染程度依次表现为曲靖>昆明>红河>文山。在三七种植区北移的过程中,要注意对重金属污

染的控制。(3)三七块根重金属累积量与土壤重金属浓度呈线性正相关,以铅、砷较为明显;三七叶片铅累积量与土壤铅浓度呈线性正相关,而镉、砷、铜 3 种重金属拟合性较差,表明叶片中镉、砷、铜 3 种重金属与土壤重金属含量关系不明显,原因可能是与重金属的形态有关,相关问题还需作进一步研究阐明。

2.3.2 土壤与三七叶片重金属含量之间的关系 对三七叶片中铅、镉、砷、铜 4 种重金属含量与土壤中含量分别作了拟合线性分析(图 3),分析结果表明,铅具有较好的拟合性,相关系数为 0.226 2(图 3-C),而镉、砷、铜 3 种重金属拟合性较差,相关系数分别为 0.000 1、0.011 9、0.020 8(图 3-B、图 3-A、图 3-D),叶片中镉、砷、铜 3 种重金属含量与土壤重金属含量关系不显著。

参考文献:

- [1]张继,赵朝伟,赵睿.三七的药理作用研究进展[J].中国药业,2003,12(11):76-77.
- [2]王朝梁,陈中坚,崔秀明,等.文山三七的原产地域产品特征[J].中国中药杂志,2004,29(6):511-514.
- [3]冯光泉,张文斌,陈中坚,等.三七及其栽培土壤中几种重金属元素含量的测定[J].中草药,2003,34(11):1051-1054.
- [4]杜彩艳,张乃明,姜蓉,等.云南三七种植区土壤主要养分含量特征研究与评价[J].西南农业学报,2016,29(3):599-605.
- [5]江滨,文旭,赵庆.三七中重金属含量控制的初步研究[J].中国民族民间医药杂志,1997(6):33-37.

赵晶,姜彤,苏布达,等. 标准化方法在干旱损失预估中的应用——以华北地区为例[J]. 江苏农业科学,2018,46(18):302-309.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.18.072

标准化方法在干旱损失预估中的应用 ——以华北地区为例

赵晶¹,姜彤²,苏布达^{2,3},黄金龙⁴

(1. 内蒙古自治区兴安盟气象局,内蒙古兴安盟 137400; 2. 国家气候中心,北京 100081;

3. 中国科学院新疆生态与地理研究所荒漠与绿洲生态国家重点实验室,新疆乌鲁木齐 830011; 4. 中国科学院大学,北京 100049)

摘要:以华北地区(包括内蒙古自治区、河北省、山西省、北京市及天津市)为例,基于该地区1984—2014年干旱直接经济损失数据和社会经济统计资料,结合华北地区91个气象观测站月降水数据和COSMO-CLM(CCLM)区域气候模式模拟数据,采用居民消费物价指数标准化(consumer price index normalization, CPIN)、传统标准化(conventional normalization, CN)、替代标准化(alternative normalization, AN)及国内生产总值标准化(gross domestic product normalization, GDPN)方法对华北地区干旱直接经济损失数据进行标准化处理,构建标准化方案下灾害损失与干旱强度间的定量关系,研究华北地区过去(1984—2014年)和未来(2017—2050年)3种排放情景[低排放情景(RCP2.6)、中低排放情景(RCP4.5)、高排放情景(RCP8.5)]下,干湿变化和干旱灾害直接经济损失的变化特征。结果表明,研究灾害损失的年际变化,必须采用标准化方法;本研究提出的多种标准化方法均可以用于灾害损失标准化,但每一种标准化方法都有其局限性和适用性。1984—2014年,华北地区干旱灾害较为严重的年份主要集中在20世纪90年代后期至21世纪初期。社会经济的发展对灾害损失有着不可忽视的叠加和放大效应,未来干旱损失的研究要将其考虑在内。相比基准期(1986—2005年),华北地区在2017—2050年RCP2.6情景下发生干旱的频次减少且强度减弱,除西部地区外均呈现干旱化态势;RCP4.5情景下发生干旱的频次减少,强度增强,东部和南部干旱化态势明显;RCP8.5情景下发生干旱的频次增加且强度增强,干旱主要集中在北部、中部和东部。华北地区1986—2005年干旱灾害直接经济损失多年平均为247亿元,2017—2050年,在RCP2.6和RCP4.5情景下,华北地区由气候变化造成的干旱灾害经济损失较基准期(1986—2005年)分别减少了1%和4%左右,RCP8.5情景下增加了24%左右。

关键词:标准化降水指数;干旱;经济损失标准化方法;情景;预估;华北地区;农业合理规划

中图分类号: S423 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)18-0302-08

20世纪60年代以来,世界各地频繁发生的自然灾害对人类生命和财产安全造成了严重影响^[1-2]。干旱因其发生频

率高、持续时间长、波及范围广,给国民经济尤其是农业生产活动带来严重损失,受到社会各界的普遍关注^[3-5]。在我国,干旱发生频次占所有自然灾害的22%,影响人口占全部受灾人口的33%,造成的损失占总自然灾害的15%以上,位居各类灾害前列^[6]。预计,未来气候将进一步变暖,干旱灾害仍将持续^[7-9]。不同年份间的干旱损失数据不能直接进行逐年对比分析,须进行标准化后才能进行比较,因而对于干旱,特别是对经标准化处理后的未来干旱损失的研究在减缓干旱影响等方面意义重大。

收稿日期:2017-03-29

基金项目:国家重点基础研究发展计划(“973”计划)(编号:2013CB430205);国家自然科学基金面上项目(编号:41571494)。

作者简介:赵晶(1993—),女,内蒙古兴安盟人,硕士研究生,主要从事气象灾害风险评估研究。E-mail: zhaojing_199303@163.com。

[6]郝南明,田洪,苟丽. 三七生长初期不同部位微量元素的含量测定[J]. 广东微量元素科学,2004,11(6):31-34.

[7]于冰冰. 云南文山三七种植区土壤和三七中砷的分布特征及其健康风险[D]. 南京:南京农业大学,2011.

[8]林龙勇,于冰冰,廖晓勇,等. 三七及其中药制剂中砷和重金属含量及健康风险评估[J]. 生态毒理学报,2013,8(2):244-249.

[9]金航,崔秀明,徐璐珊,等. 三七道地与非道地产区药材及土壤微量元素分析[J]. 云南大学学报(自然科学版),2006,28(2):144-149.

[10]林龙勇,阎秀兰,廖晓勇,等. 三七对土壤中镉、铬、铜、铅的累积特征及健康风险评价[J]. 生态学报,2014,34(11):2868-2875.

[11]潘洪君,姜秀涛,刘莉,等. 食品中砷和汞的双道原子荧光同

时测定法[J]. 职业与健康,2003,19(10):64-65.

[12]中国医学科学院卫生研究所. 土壤卫生监测检验方法[M]. 北京:人民卫生出版社,1985.

[13]褚卓栋,刘文菊,肖亚兵,等. 中草药种植区土壤及草药中重金属含量状况及评价[J]. 环境科学,2010,31(6):1600-1607.

[14]冯光泉,刘云芝,张文斌,等. 三七植物体中重金属残留特征研究[J]. 中成药,2006,28(12):1796-1798.

[15]张重义,林文雄. 药用植物的化感自毒作用与连作障碍[J]. 中国生态农业学报,2009,17(1):189-196.

[16]张子龙,王文全,杨建忠,等. 三七连作土壤对其种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 土壤,2010,42(6):1009-1014.

[17]冯旭芹,崔秀明,陈中坚,等. 三七有效成分与气候生态因子的相关性分析[J]. 中国农业气象,2006,27(1):16-18.