

# 《高海拔区耕地土壤砷、镉农业修复及安全利用技术 规程》团体标准编制说明

标准名称：高海拔区耕地土壤砷、镉农业修复及安全利用技术规程

项目编号：青海省科技厅 2015-ZJ-709

青海颐成单一（服务）2021-023

制、修订类型：制定

主要起草单位：青海省农林科学院

协作单位：青海大学

归口单位：青海省农学会

起草时间：2021年1月---2022年02月

# 目录

《高海拔区耕地土壤砷、镉农业修复及安全利用技术规程》 团体标准编制	
说明 .....	1
一、工作简况 .....	1
（一）任务来源 .....	1
（二）制定标准的必要性与意义 .....	1
（三）主要编制过程 .....	3
二、标准编制原则和依据 .....	4
（一）编制原则 .....	4
（二）编制依据 .....	5
三、标准的主要内容 .....	6
1、范围 .....	6
2、规范性引用文件 .....	7
4、适用耕地范围 .....	8
5、修复目标、修复参数、修复状态确定 .....	9
6、农业修复技术选择 .....	10
7、修复效果评价 .....	11
四、采用国际标准或国外标准的情况，与国际、国内标准水平的对比情	
况 .....	12
五、与有关现行法律、法规和强制性国家标准的关系 .....	13
六、重大分歧意见的处理经过与依据 .....	13
七、作为强制性标准或推荐标准的建议 .....	13
八、贯彻标准的要求和措施建议 .....	13
九、废止现行有关标准 .....	13
十、其他应予说明的事项 .....	13

## 一、工作简况

### （一）任务来源

2021年6月，青海省农林科学院、青海大学省部共建三江源生态与高原农牧业国家重点实验室、西宁市经济技术开发区甘河工业园区管理委员会及青海省生态环境监测中心联合提交了《高海拔区耕地土壤重金属砷、镉农业修复及安全利用技术规程》团体标准制订的申请书。

2021年12月，青海省农学会《关于下达2021年团体标准项目计划的通知》（青农字〔2021〕21号）确定立项计划。本标准由青海省农林科学院、青海大学省部共建三江源生态与高原农牧业国家重点实验室及西宁市经济技术开发区甘河工业园区管理委员会、青海省生态环境监测中心共同起草完成。

本标准主要起草人：肖明、崔明明、杨文君、金诚、陈鹏、陈黎军。

### （二）制定标准的必要性与意义

土壤是农作物生长的基本资源，在土壤环境质量条件中，由于土壤重金属污染具有潜在性、长期性、毒害性及其难修复性，成为生产优质安全农产品优先考虑的制约因素，同时也是土壤环境保持、生态资源保护、农产品安全等领域共同研究的热点。在重金属污染条件下，高浓度重金属会导致农作物重金属富集，继而通过食物链为食用者摄取，最终侵害人体健康。国家标准《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行） GB 15618-2018》将镉（Cd）、砷（As）、铜（Cu）、铅（Pb）、铬（Cr）、锌（Zn）、镍（Ni）、汞（Hg）列入农业用地（适用于农田、蔬菜地、茶园、果园、牧场、林地、自然保护区等地）土壤重金属主要筛选、管控项目，进行指标检测。

目前多方研究表明，镉和砷污染积累现象相对较多，一般作为重点监测内容。镉是金属类元素，砷是类金属元素（一般将其例如污染重金属），两者地表环境中普遍存在，一般将砷、镉列入污染重金属之一加以研究。我国很多地方人、畜饮水安全和农产品安全受到砷、镉污染严重威胁。针对农田土壤资源环境的和农产品重金属污染问题，目前普遍的防护工作主要从降低重金属输入和增加重金属

输出方面着手，其中降低农业源输入、富集植物修复、灌溉淋洗修复是目前的研究热点，也是生产中较为接受的方式。农田土壤重金属的主要输入途径是肥料、农药、污水灌溉、大气沉降以及固体废弃物。不同的土地集约利用程度、土地利用类型、化肥、农药使用量，均会对土壤重金属累积和分布产生影响。

高海拔区农业是青海省生态建设及地区农业经济发展的核心区域。为了更好地保障和维护生态保护建设和农业经济的可持续发展，青海省肩负着省部共建绿色有机农畜产品示范省，更少绿色有机农畜产品输出地建设的重要目标。围绕这一目标，资源环境基础是否达到条件要求，保护好耕地，修复耕地达到绿色标准是实现这一目标的先决条件。在众多的资源环境影响因素中，土壤重金属由于客观决定性强，污染容易改良难等特点，是众多制约农产品质量安全因素中的重中之重。高海拔区是典型的干旱、好氧、高 pH 值地区，具有很强的区域特性。在柴达木盆地农业主产区诺木洪农场进行多年耕种地和新开垦地土壤重金属小尺度质量评价，其中新开垦荒地中土壤砷平均质量分数在 15.5~16.3 mg/kg 之间，虽然平均含量达到绿色标准，但样点超标率较高，说明局部区域达不到国家标准。镉含量平均值为 0.43 mg/kg，达到无公害产品标准但达不到绿色产品标准，成为生产绿色农业的限制性因素。在枸杞种植业中，每年有大约 263 g/hm<sup>2</sup> 重金属砷、3444 mg/hm<sup>2</sup> 重金属镉随肥料、农药输入到农田土壤中，农业输出量远低于农业输入量，高海拔区枸杞田土壤重金属砷处在一个绝对的净输入状态，土壤资源环境存在重金属砷污染风险。

针对农田土壤资源环境的和农产品重金属污染问题，目前普遍的防护工作主要从降低重金属输入和增加重金属输出方面着手，其中降低农业源输入、植物修复、灌溉淋洗修复是目前的研究热点，也是生产中较为接受的方式。农田土壤重金属的主要输入途径是肥料、农药、污水灌溉、大气沉降以及固体废弃物。

本标准针对以往农用地土壤重金属污染修复治理效果评价目标不集中、评价指标不全面、评价程序不统一等问题，以服务于污染风险管控、污染防治工作管理为导向，从应用范围、适用的耕地、轮作制度、栽培技术措施、肥料施用原则及方法、其它农业源输入物施用原则及采收、安全利用目标的确定、技术选择以及效果评估等方面进行技术规定。此标准的形成，将有助于聚焦修复治理目标、提高修复治理效率、规范治理效果评价程序与方法，对于指导高海拔区土壤重金属污染治理工作和科学评价修复治理成效有重要意义。

### （三）主要编制过程

#### 1、成立标准起草工作组

工作组由青海省农林科学院、青海大学省部共建三江源生态与高原农牧业国家重点实验室、西宁市经济技术开发区甘河工业园区管理委员会和青海省生态环境监测中心人员组成。青海省农林科学院主要负责编制工作的立项、组织、技术路线与工作方案审定、征求意见、多方评议、送审上报等工作。青海大学省部共建三江源生态与高原农牧业国家重点实验室主要负责确定技术路线与工作方案、编制草案与编制说明等工作。西宁市经济技术开发区甘河工业园区管理委员会、青海省生态环境监测中心主要负责研究基础和参数审核工作。成立以具备高级职称人员为主的编制工作组，人员专业涵盖农业、生态、环境、植物营养等多专业学科。

#### 2、制定了标准编制工作计划

标准起草工作组制定了标准编制工作计划、编写大纲，明确了任务分工及各阶段进度安排。同时，标准起草工作组成员认真学习了 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第一部分：标准化文件的结构和起草规则》，结合标准制定工作程序的各个环节，进行探讨和研究。

#### 3、开展了广泛调查和研究工作

（1）基于科研项目工作积累，包括：

①《柴达木盆地枸杞田土壤砷、镉空间变异及修复机理研究》青海省科技厅基础研究计划 2015-ZJ-709，②《工农交错区环境友好型生态产业发展——甘河园区周边山旱区生态农业构建及产业创新研究与示范》西宁经济开发区甘河工业园区管委会 2019-STNY-001，③《甘河工业园区周边生态及产业创新研究与示范工作》西宁经济开发区甘河工业园区管委会 青海颐成单一（服务）2021-023，④《灌溉农业影响下高寒荒漠区土壤砷的变迁动态研究》省部共建三江源生态和高原农牧业国家重点实验室 2019-ZZ-14，⑤《黄河上游谷地氮磷非点源识别及生态拦截模式构建研究》青海省科技厅基础研究计划 2021-ZJ-731；

（2）调研了青海省高海拔区耕地土壤重金属污染修复治理技术；

- (3) 调研了耕地土壤重金属污染修复治理效果评价的指标、方法、程序等；
- (4) 收集调研了相关法律法规、规章制度、政策文件、管理办法，相关国际标准、其他国家标准规范，国内外相关科研成果和相关典型案例；
- (5) 收集、整理和分析了相关研究资料，主要自主研究资料见参考文献：  
[1-7]。

#### **4、编制了标准草案。**

在整理调研资料的基础上，编制了标准草案。

#### **5、多次召开了论证与座谈会议。**

优化完善了标准文件和编制说明，增强了科学性、全面性、公正性、适用性和可行性。

## **二、标准编制原则和依据**

### **（一）编制原则**

本标准的制定根据科学性、综合性、公正性、实用性等基本原则，按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第一部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则和《地方标准管理办法》的要求编写。

#### **1、科学性原则**

基于国家法律法规、标准规范、科学研究成果，借鉴国际标准或国外先进标准，综合考虑农用地土壤污染风险评估情况、土壤污染治理方案、治理实施情况及效果等情况，纳入数理统计方法，坚持绿色、可持续、健康发展理念，制订全面、真实反映修复治理效果的评价指标、评价程序、评价方法。

#### **2、综合性原则**

全面调研相关法律法规、标准规范，统筹兼顾，既要符合法律、法规、规章和强制性标准的要求，又要与现行的国家标准、行业标准和地方标准相协调；广泛征求意见，包括生态环境、农业农村、自然资源等专家，省市县管理部门、环保企业、农业经营主体等部门与经营主体，兼顾多方意见、多方利益，综合研

究分析，科学合理制定农用地污染修复治理效果评价标准。

### 3、公正性原则

以引导、规范农用地土壤重金属污染修复治理和促进受污染农用地安全利用为出发点，科学设置标准制定范围，合理制定标准内容；制定过程多方参与、协商一致、公开透明，满足我省生态环境保护和土壤污染防治等工作需求，促进市场有序竞争和行业健康发展。

### 4、实用性原则

以服务于我省生态环境保护和土壤污染防治等工作为导向，基于国情、省情，结合当前技术水平和经济社会条件，合理制定评价指标、评价程序、评价方法，切实做到技术先进、经济合理、切实可行，适用于我省农用地土壤污染修复治理效果评估工作。

## （二）编制依据

技术成果：柴达木盆地枸杞田土壤砷、镉空间变异及修复机理研究。

技术报告：柴达木盆地枸杞田土壤砷、镉空间变异及修复机理研究技术报告；工农交错区环境友好型生态产业发展——甘河园区周边山旱区生态农业构建及产业创新研究与示范技术报告。

研究专著：

[1] 肖明,纳添仓,孙小凤,等.柴达木盆地枸杞质量安全评价及可追溯系统研究[M].西宁:青海民族出版社,2019:49-51.

[2] Xiao M, Yang W, Zhang Z, et al.The soil heavy metal information accurate collection and evaluation about Lycium Barbarum cultivation in western China[A].In.computer and computing technologies in agriculture VII[C].Springer,2013:289-299.

研究专著与论文：

[1] 肖明,杨文君,崔明明,等.藜麦、皱叶酸模对土壤砷、镉修复作用田间试验[J].干旱区资源与环境,2018,32(07):122-127.

[2] 杨文君,肖明.枸杞田农药中砷、镉输入统计与相关含量比较[J].青海大学

学报,2016,34(05):25-29.

[3] 肖明,杨文君,张泽,等.柴达木农田土壤 Cd 的积累及风险预测[J].植物营养与肥料学报,2014,20(05):1271-1279.

[4] 肖明,杨文君,吕新,等.柴达木盆地干旱区灌溉枸杞田土壤砷空间变异及评价[J].农业工程学报,2014,30(10):99-105.

[5] 肖明,杨文君,孙小凤,等.土壤 As 动态影响下枸杞质量评价及环境风险预测[J].农业资源与环境学报,2014,31(03):273-278.

参考标准:

GB/T 1.1-2020	《标准化工作导则第一部分：标准化文件的结构和起草规则》
GB 15618-2018	土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
GB 2762-2017	食品安全国家标准 食品中污染物限量
GB 13078-2017	饲料卫生标准
GB 3095-2016	环境空气质量标准
GB 5084-2021	农田灌溉水质标准
GB/T 8321.1-2018	农药合理使用准则
DB44/T 2263.2-2000	耕地土壤重金属污染风险管控与修复风险评价
DB44/T 2264-2020	稻田土壤镉、砷污染胜利阻隔技术规范
NY/T 391-2021	绿色食品 产地环境质量
NY/T 394-2013	绿色食品 肥料使用准则
NY/T 393-2020	绿色食品 农药使用准则
NY/T3343-2018	耕地污染治理效果评价准则
NY/T 398-2000	农、畜、水产品污染监测技术规范

### 三、标准的主要内容

#### 1、范围

本规程规定了高海拔区农业耕地土壤重金属砷、镉农业修复适用的耕地、轮作制度、栽培技术措施，肥料施用原则及方法，其它农业投入品施用原则及采收。



本规程适用于高海拔区农业耕地土壤重金属砷、镉农业修复生产及收获作物利用。

## 2、规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规程的引用而成为本规程的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规程。然而，鼓励根据本规程达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本，凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规程。

GB 15618-2018	土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
GB 2762-2017	食品安全国家标准 食品中污染物限量
DB 51/T 494-2005	绿色食品 油菜生产技术规程
DB 51/T 2205-2016	豆科绿肥种植技术 通则
DB 63/T 1535-2017	藜麦丰产栽培技术规范

下列术语和定义适用于本规程

### 3.1 土壤重金属污染

由于人类活动产生的重金属进入土壤，积累到一定程度，超过土壤本身的自净能力，导致土壤性状和质量变化，构成对人体和生态环境的负面影响和危害。

### 3.2 类金属砷

砷，元素符号 As，类金属元素，土壤中砷（As）主要来源于地质成因、人为活动及大气沉降积累，其中地质成因包括含砷（As）岩石和矿物的风化、火山及地热活动等，人为活动如矿产资源开发、冶炼、使用肥料及农药等是导致砷（As）在土壤中累积的重要因素。

### 3.3 金属镉

镉，元素符号 Cd，金属元素，土壤中镉的来源包括自然来源和人为来源。前者来源于岩石和土壤的本底值。后者主要是由于镉在电镀、颜料、塑料稳定剂、镍镉电池、电视显象管制造中的日益广泛应用。

### **3.4 农业投入品**

指在农业生产中输入到农田中的物质，主要包括肥料、农药、灌溉水投入及其它投入。

### **3.5 土壤修复**

利用物理、化学和生物的方法固定、转移、吸收和转化土壤中的污染物，使其含量降低到目标水平。

### **3.6 农业修复**

指通过以农业生产为技术手段来降低土壤污染物。主要包括两个农田投入品携带输入和农作物生物产量携带输出量比通过农业生产的方式进行协调控制。生态农业是一种降低农田肥料、农药等投入品输入量的农业方式，相应降低了投入品污染物携带输入，是一种农业修复的优选方式。

### **3.7 修复效果评估**

通过资料分析与现场勘察、布点采样与实验室检测，综合评估土壤修复是否达到规定要求。

## **4、适用耕地范围**

### **4.1 适用耕地海拔范围**

适用于海拔高于 2000 m 的耕地。本标准起草的研究基础，均在青海省海拔高于 2000 m 的耕地进行，所有本标准适用于海拔高于 2000 m 的耕地。

### **4.2 适用耕地重金属含量范围**

4.2.1 适用于需要修复的表层 20 cm 土壤重金属砷超过 20 mg/kg 或土壤重金属镉超过 0.30 mg/kg 的高海拔区一年一熟制耕地。

4.2.2 适用于土壤重金属砷超过 20 mg/kg 或土壤重金属镉超过 0.30 mg/kg 的经济林地。

4.2.3 适用于需要改造的新开垦土壤重金属砷超过 20 mg/kg 或土壤重金属镉超过 0.30 mg/kg 的宜农荒地。

### 4.3 耕地选择标准

按 NY/T 501-2016 标准执行。

## 5、修复目标、修复参数、修复状态确定

### 5.1 修复目标确定

依据 GB 2762 确定修复总体目标；依据耕地类型、土壤理化性质，确定阶段性修复目标。

### 5.2 污染物输入输出量测算、总量限量原则及修复系数确定

#### 5.2.1 污染物输入输出量测算

5.2.1.1 测算一个轮作周期砷、镉投入品携带输入量。依据公式（1）计算出 R，即一个轮作周期内，所有农业投入品所携带砷或镉总量，并以此为总限量值。

R：一个轮作周期内，所有农业投入品所携带砷或镉总量；

C：一个轮作周期内，栽培农作物生物产出物砷或镉携带输出量；

当  $R > C$  时，存在耕地土壤砷或镉农业污染；当  $R < C$  时，污染逆转。

5.2.1.2 检测农业投入品（主要包括肥料、农药等）携带砷或镉的质量分数，投入品为 F，该投入品砷或镉质量分数 f，测算一个轮作周期投入品单位面积砷、镉输入量 R，即：

$$\sum F_n \times f_n = R \quad (1)$$

农作物输出生物总量 M，农作物砷或镉质量分数 m。一个轮作周期内，测算栽培农作物生物产出物砷、镉携带输出量 C。

$$\sum M_n \times m_n = C \quad (2)$$

#### 5.2.2 农业投入品携带输入、农作物携带输出砷或镉总量限量原则

$$W = C / R \quad (3)$$

$$X = W - 1 \quad (4)$$

W：砷或镉农田出入比，设为维护系数；X：设为修复系数

农业修复目标评价分级表见表 1。

表 1 农业修复目标评价分级

修复系数	评价（修复目标）
$0.5 > X > 0.0$	污染逆转
$1.0 > X > 0.5$	初级修复
$1.5 > X > 1.0$	中级修复
$2.0 > X > 1.5$	高级修复
$X > 2.0$	超级修复

### 5.2.3 修复系数确定

依据修复阶段性目标确定修复系数  $X$ 、维护系数  $W$ 。

## 5.3 农业修复状态确立

一个轮作周期内，农田土壤净输出量  $C$  大于农田土壤净输入量  $R$ ，即  $W > 1$ ，视为农业修复状态。

## 6、农业修复技术选择

### 6.1 轮作制度

本规则以藜麦-豆科绿肥-油菜轮作为既定轮作制度执行，其它轮作作物选择参考执行。

栽培次序一年一熟制耕地以藜麦为先行作物；经济林地（枸杞地）以油菜为先行作物；宜农荒地以豆科绿肥为先行作物。

### 6.2 栽培技术措施

#### 6.2.1 绿肥栽培

参照《绿肥种植技术规范》执行。

#### 6.2.2 藜麦栽培

参照《藜麦规范化栽培技术规程》执行。

### 6.2.3 油菜栽培

参照《绿色食品 油菜栽培技术规程》执行。

### 6.2.4 其它作物利用

生产中所有作物均可以作为修复作物利用，其利用价值在其对土壤污染物的输出量，输出量由带出农田的生物产量及其含量决定。

## 7、修复效果评价

从当地主栽作物品种中筛选生物产量和输出量大的作物参与轮作进行农业修复。修复效果评估

### 7.1 评价指标与标准

#### 7.1.1 评价指标

7.1.1.1 必评指标主要包括：

- 治理单元内农产品重金属含量超标率；
- 农产品产量影响评价；
- 治理单元内农产品重金属含量对照变化百分比。

7.1.1.2 选评指标主要包括：

- 土壤重金属有效态影响评价；
- 土壤基本理化性质与土壤肥力影响评价；
- 生态环境效应评价；
- 技术经济合理性评价。

#### 7.1.2 评价标准

评价标准如下：

——安全利用以实现区域内食用农产品重金属含量降低到 GB2762 规定的含量限值及以下为目标，GB2762 未规定的重金属限值，参照其他农产品限值标准执行；

——安全利用效果分为年度效果、持续性效果和整体性效果三类，有达标和达标两个等级；

——安全利用措施不能对耕地和地下水造成二次污染；

### 7.1.3 评估时段与周期

在一个修复周期结束后的作物收获时开展评估；结合修复阶段性目标、总体目标作出评估结论。

## 7.2 采样监测

按照 GB 15618 进行布点和采样。

---

## 四、采用国际标准或国外标准的情况，与国际、国内标准水平的对比情况

本标准没有采用国际标准，在制定过程中未查到同类国际标准。

国内目前已有 NY/T 3343 《耕地污染治理效果评价准则》，其规定了耕地污染治理效果评价的原则、方法与范围、标准、程序、时段、技术要求及评价报告的编制要点，适用于对污染修复治理前后均种植可食用农产品的耕地开展评价。

本标准虽然是在 NY/T 3343 《耕地污染治理效果评价准则》标准的基础上制定的，但是土地利用类型、农作物类型、修复治理技术类型等方面的适用范围上均有不同。在土地利用类型上，此规程适用于高海拔区农业耕地土壤重金属砷、镉农业修复生产及收获作物利用。在农作物类型上，本规则以藜麦-豆科绿肥-油菜轮作为既定轮作制度执行，其它轮作作物选择参考执行。栽培次序一年一熟制耕地以藜麦为先行作物；多年生林地以油菜为先行作物；宜农荒地以豆科绿肥为先行作物。在修复治理技术类型上，不仅适用于农艺修复等以安全利用型修复治

理，还包括了植物修复等修复治理。

## 五、与有关现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准与国内相关法律、法规、规章及相关标准协调一致，没有冲突。

## 六、重大分歧意见的处理经过与依据

本规程与其他现行法律、法规和强制性标准无重大分歧意见。

## 七、作为强制性标准或推荐标准的建议

建议将《高海拔区耕地土壤重金属砷、镉农业修复技术规程》作为推荐性团体标准发布实施。

## 八、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准在发布 3 个月后试行 2 年，再视情实施。本标准在发布后，应向青海省农业农村、生态环境、自然资源等部门以及环保企业、农业新型经营主体等相关人员宣传、贯彻、推荐执行本标准。

## 九、废止现行有关标准

无。

## 十、其他应予说明的事项

无。

### 参考文献

- [1] 肖明,纳添仓,孙小凤,等.柴达木盆地枸杞质量安全评价及可追溯系统研究[M].西宁:青海民族出版社,2019:49-51.
- [2] 肖明,杨文君,崔明明,等.藜麦、皱叶酸模对土壤砷、镉修复作用田间试验[J].干旱区资源与环境,2018,32(07):122-127.
- [3] 杨文君,肖明.枸杞田农药中砷、镉输入统计与相关含量比较[J].青海大学学报

- 报,2016,34(05):25-29.
- [4] 肖明,杨文君,张泽,等.柴达木农田土壤cd的积累及风险预测[J].植物营养与肥料学报,2014,20(05):1271-1279.
- [5] 肖明,杨文君,吕新,等.柴达木盆地干旱区灌溉枸杞田土壤砷空间变异及评价[J].农业工程学报,2014,30(10):99-105.
- [6] 肖明,杨文君,孙小凤,等.土壤as动态影响下枸杞质量评价及环境风险预测[J].农业资源与环境学报,2014,31(03):273-278.
- [7] Xiao M, Yang W, Zhang Z, et al.The soil heavy metal information accurate collection and evaluation about Lycium Barbarum cultivation in western China[A].In.computer and computing technologies in agriculture VII[C].Springer,2013:289-299.