

# 湖北省团体标准编制说明

2024 年 8 月 10 日

标准名称	土壤硒含量分级及划定	起草单位 (盖章)	湖北省地质科学研究院、湖北省标准化与质量研究院、湖北省硒产业协会等
拟修订或整合标准名称	无	代替标准编号	无
主要起草人	杨波涌、杨良哲、闫加力、黄彬、汪丹、张阳阳、王梦园、杨欢、周伟、姜俊、刘海远、黄荣等	协作单位	

## 一、项目现状及编制或修订目的和意义

### 1、研究现状

湖北省硒资源丰富，主要分布于江汉平原和恩施地区。江汉平原地区土壤硒资源具有“总量大、分布广、品质优”的特点。土壤高硒面积达 10000 余平方千米，可作为农产品开发基地的面积近 7000 平方千米；土壤环境质量总体较好，高硒土壤区大多为偏碱性和中性土，有利于农作物对硒的吸收；通过在高硒土壤区采集农作物样品分析，证实具有开发绿色无公害富硒农产品的优势。恩施州有“世界硒都”的美誉，拥有全球唯一沉积型的独立硒矿床，同时还有面积达 10000 平方千米的高硒土壤资源，以及富硒矿泉水资源、富硒生物资源、富硒特产资源、富硒生态旅游资源等，形成了天然富硒环境与富硒生物圈。近年来，在省委省政府的高度重视下，在省自然资源厅大力支持下，我省富硒产业规模快速扩张。全省富硒产业发展格局由恩施州单极支撑向协调发展、多点支撑转变，以荆州、荆门、天门、仙桃、潜江为代表的江汉平原地区富硒产业取得突破性发展，十堰、宜昌等“第三梯队”富硒产业发展开始起步，综合产值和销售收入稳步增长。

目前随着消费者对富硒产品认知程度的提高和对健康要求的日益重视，富硒产业在蓬勃发展的同时，对富硒产品进行科学规范生产和客观评价显得尤为重要，制定标准就是其中的关键一环。然而根据土壤硒元素含量界定富硒土壤，目前我国和湖北省均没有统一标准。

为规范湖北省土壤硒产业发展，我院前期开展了《湖北省土壤富硒标准预研究》和《湖北省土壤富硒标准研究》项目的研究，项目在湖北省 1:25 万多目标地球化学调查和湖北省“金土地”工程土地质量调查数据的基础上，综合研究求取了湖北省土壤和农作物硒含量背景值，建立了土壤和农作物硒的相关关系，并根据湖北省土壤和农作物硒富集特征，结合国家对农产品硒含量的要求，合理地提出了湖北省土壤富硒标准划分预案，是本次标准制订工作的重要科研基础。本次，湖北省地质科学研究院（湖北省富硒产业研究院）联合湖北省标准化与质量研究院和湖北省硒产业协会等单位的有关人员组建编制组，对该标准进行编制、征询意见、修改和评审等工作。

## 2、编制或修订目的和意义

富硒土壤作为生产天然富硒农产品的重要基础，目前我国仅制定了富硒稻谷标准，我省制定了富硒有机食品标准，对富硒土壤无国家标准，不同省份、不同地区土壤硒元素含量都有所不同。为了深入贯彻落实习近平总书记“将硒资源转化为富硒产业”有关精神，推动湖北省富硒产业的发展，合理规划开发湖北省富硒土壤资源，制订一个可供我省富硒土壤评价的标准十分必要。

我国硒资源分布不均衡，国家对富硒土壤的界定还没有一个统一的标准，而近年来富硒农产品开发已成为现代农业提质增效的热点，为了提高农副产品的附加值，各硒资源富集区根据当地的生态环境和农产品生产种植情况纷纷制定地方性富硒土壤标准和富硒食品及相关产品标准，为发展硒资源、规范硒市场提供了重要的保障。

湖北省土壤类型多，种植结构多样，若按谭见安、李家熙的划分标准，富硒土壤类别过于简单。在进一步分析土壤环境、土壤类型、种植品种、农产品对土壤硒的吸收率等综合因素的基础上，按层次分类法，建立湖北省富硒土壤标准并进行等级划分，有利于富硒土壤的评价及富硒土壤的开发利用，可操作性强。该标准的制定可增强我省土壤硒含量等级评价的科学性和实用性，对我省富硒产业发展等具有指导性意义。

## 二、确定标准的主要内容或技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法等依据和理由

1、主要内容：本标准规定了土壤硒含量和富硒土壤的定义，并根据不同土地类型（水田、旱地）和不同土壤酸碱度（ $\text{pH} < 6.5$ 、 $6.5 \leq \text{pH} < 7.5$ 、 $\text{pH} \geq 7.5$ ）划定了土壤硒含量分级标准值，同时指出了哪一级属于高富硒土壤，哪一级属于富硒土壤。

2、分级依据：根据《食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则》(GB 28050—2011)要求产品硒含量达到 0.075mg/kg 时在包装上标识为含硒，产品硒含量达到 0.15mg/kg 时在包装上标识为富硒；本标准选取 0.075mg/kg、0.15mg/kg 和目前被广泛接受认可的硒产品界限值 0.04mg/kg 分别对应至土壤硒含量，是本标准土壤硒分级值确定的主要依据。

### 3、分级指标的确定：

(1) 土壤硒有效性主要与土壤中硒的价态转化有关，而土壤中硒的价态转化与土壤条件密切相关，如土壤 pH、氧化还原电位、淹水时间、有机质含量等等，其中土壤 pH、氧化还原电位是两个关键的因素。

本标准旨在评价与研究湖北省种植主要农作物的土壤中硒的含量，因此根据氧化还原电位影响因素将土地类型分为水田和旱地，具体来研究水田、旱地土壤中硒含量的等级划分。

对统计数据进行分析研究可知，土壤有效硒含量与土壤 pH 呈正相关关系，因此本标准参照我国土壤酸碱度等级划分标准分为酸性 ( $\text{pH} < 6.5$ )、中性 ( $6.5 \leq \text{pH} < 7.5$ )、碱性 ( $\text{pH} \geq 7.5$ ) 三级。而水田土壤 pH 对其硒含量的影响较小，所以仅对于旱地按照土壤不同酸碱度进行了划分。

#### (2) 水田分级值的确定

对水田统计数据分析可知：稻米硒含量与其土壤硒含量相关系数  $r$  为 0.7920， $p$  值小于 0.05，说明水稻稻米硒含量与其土壤硒含量有显著的正相关关系，相关方程为：稻米  $\text{Se} = 0.01 + 0.15 \times \text{土壤 Se}$ 。根据硒产品界限值按相关方程换算出水田土壤硒界限值 0.20、0.43 和 0.93 mg/kg，通过四舍五入优化数值，最后以 0.20、0.40 和 0.90 mg/kg 作为水稻土壤硒评价标准值。

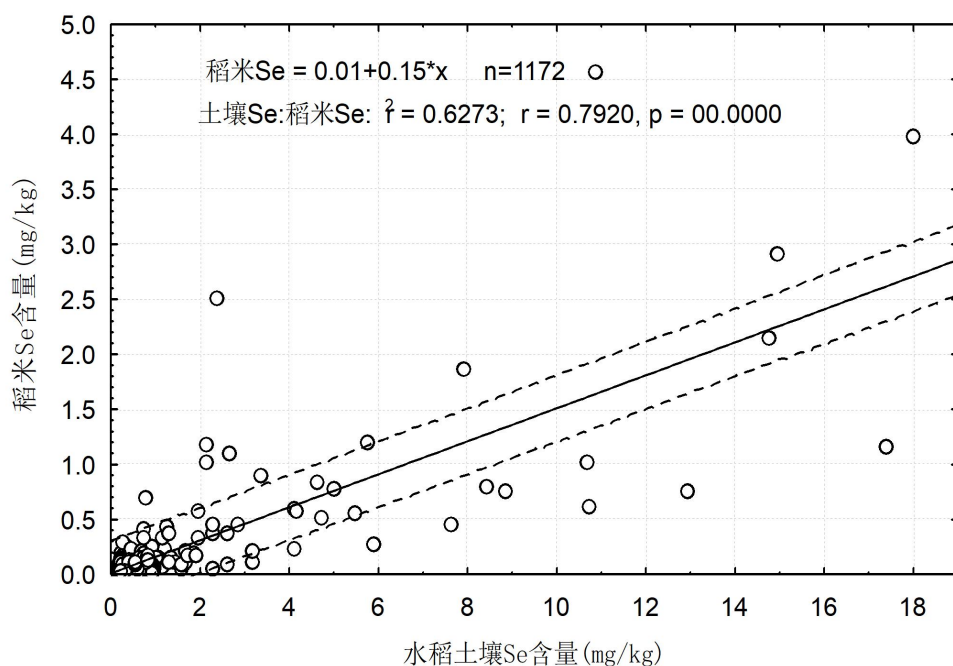


图 1 稻米硒含量与其土壤硒含量相关关系图

### (3) 旱地分级值的确定

引入富集系数，即农作物硒含量与土壤硒含量的比值，用来反映土壤硒被作物吸收的程度。当旱地作物硒含量与其土壤硒含量相关系数大于 0.6 时，用对应的相关方程求取土壤硒界限值，当相关系数小于 0.6 时，用富集系数求取对应的土壤界限值。

根据旱地农作物统计分析可知：

对于小麦，小麦面粉硒含量与其土壤硒含量具有一定的对数相关性，相关系数为 0.4316，p 值小于 0.05，所以选择富集系数求取不同土壤酸碱度条件下的土壤硒界限值。当土壤  $\text{pH} < 6.5$  时，富集系数为 0.18，根据硒产品界限值换算出小麦土壤硒界限值 0.22、0.42 和 0.83 mg/kg；当土壤  $6.5 \leq \text{pH} < 7.5$  时，富集系数为 0.17，根据硒产品界限值换算出小麦土壤硒界限值 0.24、0.44 和 0.88 mg/kg；当土壤  $\text{pH} \geq 7.5$  时，富集系数中值为 0.29，根据硒产品界限值换算出小麦土壤硒界限值 0.14、0.26 和 0.52 mg/kg。

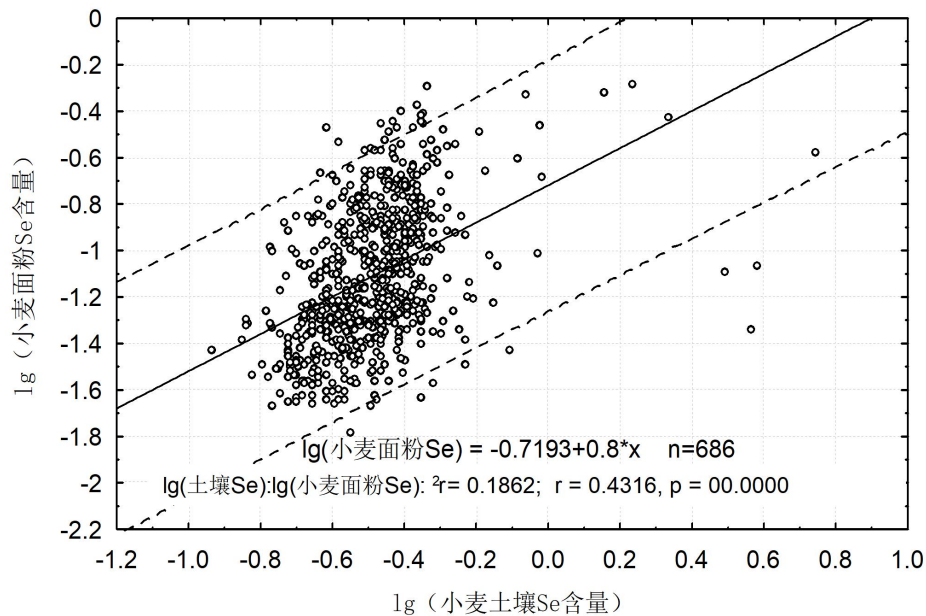


图2 小麦面粉硒含量与其土壤硒含量相关关系图

对于玉米，玉米硒含量与其土壤硒含量相关性表现良好，相关系数为 0.6640， $p$  值小于 0.05。当土壤  $\text{pH} < 6.5$  时，相关方程为：玉米  $\text{Se} = -0.1603 + 0.3245 \times \text{土壤 Se}$ ，根据硒产品界限值换算出玉米土壤硒界限值为：0.62、0.73 和 0.96 mg/kg；当土壤  $6.5 \leq \text{pH} < 7.5$  时，相关方程为：玉米  $\text{Se} = -0.0616 + 0.3212 \times \text{土壤 Se}$ ，根据硒产品界限值换算出玉米土壤硒界限值为：0.32、0.43 和 0.66 mg/kg；当土壤  $\text{pH} \geq 7.5$  时，相关方程为：玉米  $\text{Se} = -0.099 + 0.4283 \times \text{土壤 Se}$ ，根据硒产品界限值换算出玉米土壤硒界限值为：0.32、0.41 和 0.58 mg/kg。

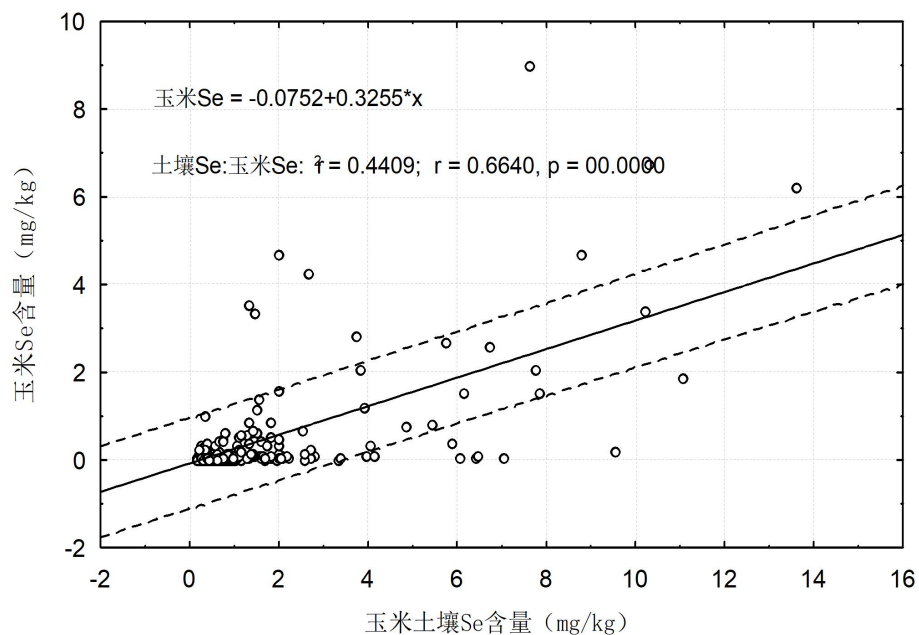


图3 玉米硒含量与其土壤硒含量相关关系图

对于黄豆，黄豆硒含量与其土壤硒含量具有一定的相关性，相关系数为 0.4439，p 值小于 0.05。当土壤 pH < 6.5 时，黄豆硒含量与其土壤硒含量具有良好的对数相关性，相关系数为 0.7089，相关方程为： $\lg(\text{黄豆 Se}) = -0.5949 + 1.048 \times \text{土壤 Se}$ ，根据硒产品界限值换算出黄豆土壤硒界限值为：0.17、0.31 和 0.60mg/kg；当土壤  $6.5 \leq \text{pH} < 7.5$  时，黄豆硒含量与其土壤硒含量相关性较弱，选择富集系数求取不同硒产品界限值对应的土壤硒界限值为：0.20、0.38 和 0.75 mg/kg；当土壤  $\text{pH} \geq 7.5$  时，黄豆硒含量与其土壤硒含量相关性也较弱，选择富集系数求取不同硒产品界限值对应的土壤硒界限值为：0.11、0.21 和 0.43mg/kg。

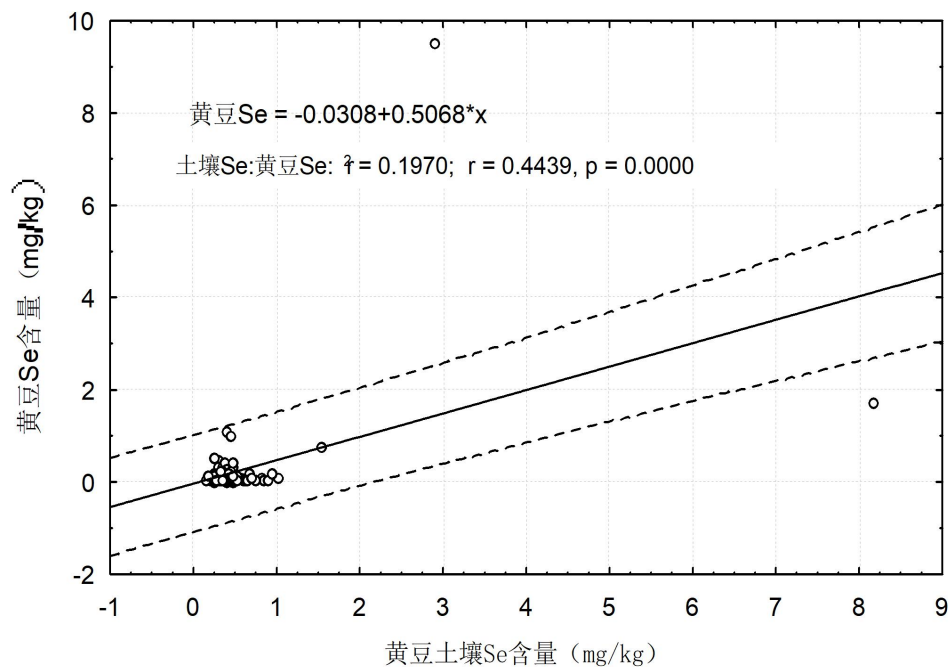


图 4 黄豆硒含量与其土壤硒含量相关关系图

三种旱地作物对土壤硒的富集能力大小为：黄豆>小麦>玉米，可以代表旱地作物易富硒、中等富硒和不易富硒类型，因此将三类作物在不同土壤酸碱度条件下求得的土壤硒界限值取平均值，来综合得到旱地作物在不同土壤酸碱度下对应的土壤硒标准值。

最后进行数值优化取整、四舍五入取整分别得到：当土壤 pH < 6.5 时，旱地土壤硒评价标准值分别为 0.35、0.50 和 0.80mg/kg；当土壤  $6.5 \leq \text{pH} < 7.5$  时，0.25、0.40 和 0.75mg/kg；当土壤  $\text{pH} \geq 7.5$  时，0.20、0.30 和 0.50mg/kg。

### 三、主要试验、验证结果

1、验证方法：通过统计在不同土壤硒等级范围内，农作物能达到 $\geq 0.04\text{mg/kg}$ 和 $\geq 0.075\text{mg/kg}$ 以及在 $0.04\text{mg/kg} \leq \text{Se} < 0.075\text{mg/kg}$ 、 $0.075\text{mg/kg} \leq \text{Se} < 0.15\text{mg/kg}$ 和 $\geq 0.15\text{mg/kg}$ 范围的比例，来验证评价的可靠性。

#### 2、水田土壤硒含量等级值验证：

对水田土壤硒等级评价值进行验证（见表1），当土壤硒等级为三级时，稻米达到 $\geq 0.04\text{mg/kg}$ 的比例为71.71%，达到 $\geq 0.075\text{mg/kg}$ 的比例为14.99%，达到 $\geq 0.15\text{mg/kg}$ 的比例为1.56%。当土壤硒等级为二级时，稻米达到 $\geq 0.04\text{mg/kg}$ 的比例为83.61%，达到 $\geq 0.075\text{mg/kg}$ 的比例为33.78%，达到 $\geq 0.15\text{mg/kg}$ 的比例为5.35%。当土壤硒等级为一级时，稻米达到 $\geq 0.04\text{mg/kg}$ 的比例为98.31%，达到 $\geq 0.075\text{mg/kg}$ 的比例为93.22%，达到 $\geq 0.15\text{mg/kg}$ 的比例为76.27%。说明土壤硒含量一、二、三级均可生产出一定比例的含硒甚至富硒农作物，从而验证了水田土壤硒等级评价值的正确性。

表 1 水田土壤硒评价范围富硒作物达标率

	一级 ( $\geq 0.9$ )		二级 ( $0.40 \leq \text{Se} < 0.90$ )		三级 ( $0.20 \leq \text{Se} < 0.40$ )	
	样品数	比例	样品数	比例	样品数	比例
$\geq 0.15\text{mg/kg}$	45	76.27%	16	5.35%	12	1.56%
$\geq 0.075 \text{ mg/kg}$	55	93.22%	101	33.78%	115	14.99%
$\geq 0.04 \text{ mg/kg}$	58	98.31%	250	83.61%	550	71.71%

#### 3、旱地土壤硒含量等级值验证：

土壤 $\text{pH} < 6.5$ 时，旱地土壤硒等级评价值验证见表2。当土壤硒等级为三级时，旱地作物达到 $\geq 0.04\text{mg/kg}$ 的比例为75.86%，达到 $\geq 0.075\text{mg/kg}$ 的比例为34.48%，达到 $\geq 0.15\text{mg/kg}$ 的比例为5.17%。当土壤硒等级为二级时，旱地作物达到 $\geq 0.04\text{mg/kg}$ 的比例为47.22%，达到 $\geq 0.075\text{mg/kg}$ 的比例为8.33%，达到 $\geq 0.15\text{mg/kg}$ 的比例为2.78%。当土壤硒等级为一级时，旱地作物达到 $\geq 0.04\text{mg/kg}$ 的比例为74.42%，达到 $\geq 0.075\text{mg/kg}$ 的比例为44.19%，达到 $\geq 0.15\text{mg/kg}$ 的比例为20.93%。由此可知，当土壤 $\text{pH} < 6.5$ 时，在一、二、三级硒含量土壤上均能生产出一定比例的含硒甚至富硒农作物，从而验证了土壤 $\text{pH} < 6.5$ 时旱地土壤硒等级评价值的正确性。

表 2  $\text{pH} < 6.5$ 旱地土壤硒评价范围富硒作物达标率

	一级 ( $\geq 0.9$ )		二级 ( $0.40 \leq \text{Se} < 0.90$ )		三级 ( $0.20 \leq \text{Se} < 0.40$ )	
	样品数	百分比	样品数	百分比	样品数	百分比
$\geq 0.15\text{mg/kg}$	9	20.93%	1	2.78%	3	5.17%
$\geq 0.075 \text{ mg/kg}$	19	44.19%	3	8.33%	20	34.48%
$\geq 0.04 \text{ mg/kg}$	32	74.42%	17	47.22%	44	75.86%

土壤  $6.5 \leq \text{pH} < 7.5$  时,旱地土壤硒等级评价价值验证见表 3,当土壤硒等级为三级时,旱地作物达到  $\geq 0.04\text{mg/kg}$  的比例为 71.43%,达到  $\geq 0.075\text{mg/kg}$  的比例为 22.86%,达到  $\geq 0.15\text{mg/kg}$  的比例为 5.71%。当土壤硒等级为二级时,旱地作物达到  $\geq 0.04\text{mg/kg}$  的比例为 79.73%,达到  $\geq 0.075\text{mg/kg}$  的比例为 31.08%,达到  $\geq 0.15\text{mg/kg}$  的比例为 13.51%。当土壤硒等级为一级时,旱地作物达到  $\geq 0.04\text{mg/kg}$  的比例为 85.29%,达到  $\geq 0.075\text{mg/kg}$  的比例为 73.53%,达到  $\geq 0.15\text{mg/kg}$  的比例为 47.06%。由此可知,当土壤  $6.5 \leq \text{pH} < 7.5$  时,在一、二、三级硒含量土壤上均能生产出一定比例的含硒甚至富硒农作物,从而验证了土壤  $6.5 \leq \text{pH} < 7.5$  时旱地土壤硒等级评价价值的正确性。

表 3  $6.5 \leq \text{pH} < 7.5$ 旱地土壤硒评价范围富硒作物达标率

	一级 ( $\geq 0.9$ )		二级 ( $0.40 \leq \text{Se} < 0.90$ )		三级 ( $0.20 \leq \text{Se} < 0.40$ )	
	样品数	百分比	样品数	百分比	样品数	百分比
$\geq 0.15\text{mg/kg}$	16	47.06%	10	13.51%	6	5.71%
$\geq 0.075 \text{ mg/kg}$	25	73.53%	23	31.08%	24	22.86%
$\geq 0.04 \text{ mg/kg}$	29	85.29%	59	79.73%	75	71.43%

土壤  $\text{pH} \geq 7.5$  时,旱地土壤硒等级评价价值验证见表 4,当土壤硒等级为三级时,旱地作物达到  $\geq 0.04\text{mg/kg}$  的比例为 76.25%,达到  $\geq 0.075\text{mg/kg}$  的比例为 47.03%,达到  $\geq 0.15\text{mg/kg}$  的比例为 14.85%。当土壤硒等级为二级时,旱地作物达到  $\geq 0.04\text{mg/kg}$  的比例为 91.07%,达到  $\geq 0.075\text{mg/kg}$  的比例为 66.25%,达到  $\geq 0.15\text{mg/kg}$  的比例为 26.86%。当土壤硒等级为一级时,旱地作物达到  $\geq 0.04\text{mg/kg}$  的比例为 84.78%,达到  $\geq 0.075\text{mg/kg}$  的比例为 67.39%,达到  $\geq 0.15\text{mg/kg}$  的比例为 42.39%。由此可知,当土壤  $\text{pH} \geq 7.5$  时,在一、二、三级硒含量土壤上均能生产出一定比例的含硒甚至富硒农作物,从而验证了土壤  $\text{pH} \geq 7.5$  时旱地土壤硒等级评价价值的正确性。

表 4  $\text{pH} \geq 7.5$ 旱地土壤硒评价范围富硒作物达标率

硒范围 (mg/kg)	一级 ( $\geq 0.9$ )		二级 ( $0.40 \leq \text{Se} < 0.90$ )		三级 ( $0.20 \leq \text{Se} < 0.40$ )	
	样品数	百分比	样品数	百分比	样品数	百分比
$\geq 0.15$	39	42.39%	152	26.86%	30	14.85%
$\geq 0.075$	62	67.39%	375	66.25%	95	47.03%
$\geq 0.04$	78	84.78%	519	91.70%	154	76.25%



**四、其它**（包括采用国际标准；国内外标准水平对比分析；参考资料；存在问题与措施；调查研究统计数据；主要试验；验证原始记录；分析或综述报告；例行试验报告等。若页面不够，可另作附页。）

GB 15618 土壤环境质量标准 农用地土壤污染风险管控标准（试行）

DZ/T 0258 多目标区域地球化学调查（1:250000）

DZ/T 0295 土地质量地球化学评价规范

NY/T 1104 土壤中全硒的测定

NY/T 1377 土壤 pH 的测定

**五、重大意见分歧的处理**（包括处理过程、依据和结果。）

本规范在编写过程中没有重大意见分歧。