

# 我国无污染农产品重(类)金属元素土壤 环境质量的制定与研究进展

孟凡乔<sup>x</sup>, 史雅娟<sup>y</sup>, 吴文良<sup>x</sup>

*o x u* 中国农业大学资源和环境学院, 北京 *x\alpha\alpha\alpha Z A*; *y u* 中国科学院生态环境研究中心

**摘 要** *H* 分析了目前土壤标准制定的两类主要方法;比较了目前无污染农产品的土壤环境质量和存在的问题;阐述了土壤标准制定应考虑的原则和注意的因素。

**关键词** *H* 有机食品; 绿色食品; 土壤环境质量标准

**中图分类号** *H z EA*    **文献标识码** *HE*    **文章编号** *H\alpha\alpha\nu-\omega\gamma\Gamma\Delta\circ\gamma\alpha\alpha\phi\rho\Gamma-\omega\alpha B\Gamma-\omega A*

自 *xZ\Delta E* 年德国首先实施环境标志以来, 全球已有几十个国家和地区仿效和采用了环境标志制度, 其中包括“蓝色天使”、“能源之星”、“自然食品”、“有机食品”、“绿色食品”、“北欧环境标志”、“中国环境标志”以及  $\mathbb{X}\text{ }\phi\text{ }x A\alpha\alpha\nu$  质量认证等。由于环境标志能带来良好的生态、经济和社会效益, 受到消费者、企业和政府部门的广泛支持和欢迎, 它的影响越来越大, 应用范围越来越 $\Gamma^{-\omega}\Delta x\kappa$ 。

目前, 我国已经注册认可的无污染农产品主要有“有机(天然)食品”、“绿色食品”、“无污染农产品”等, 对应的管理部门也分别制定和颁布了环境质量标准 $\theta y\kappa$ 。由于土壤系统的复杂性, 重(类)金属元素化学、生物学特性和环境影响因子的变异性, 和大气、水标准相比较, 土壤标准的制定是最复杂的、也是引起争议最大的标准之一(表 *x*)。所以到目前为止, 世界上大部分国家还没有统一的土壤环境质量标准。

表 *x*    一些国家和地区土壤中重(类)金属元素  
的最大允许浓度 (  $\text{ }_1\text{ }\nu\upsilon\omega\nu$  )  $\theta z\sim E\kappa$

| 国家和地区 | $\Xi$                | $\Pi\rho$                | $\Pi\mathfrak{e}$                                                                                    | $\Phi\nu$                | $\phi\circ$                 |
|-------|----------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 欧共体   | —                    | $x\sim z$                | —                                                                                                    | $x\sim x\text{ }\iota B$ | $B\kappa\sim z\alpha\omega$ |
| 美国    | $z\Gamma\iota\Delta$ | $z\text{ }\iota B\Gamma$ | —                                                                                                    | $B\kappa A$              | $x\text{ }E\gamma x$        |
| 法国    | —                    | $y$                      | —                                                                                                    | $x$                      | $\pi\alpha\omega$           |
| 德国    | $\gamma\pi\omega$    | $z$                      | $\pi\alpha\omega$                                                                                    | $y$                      | $\pi\alpha\omega$           |
| 意大利   | —                    | $z$                      | —                                                                                                    | $y$                      | $\pi\alpha\omega$           |
| 苏格兰   | $xy$                 | $x\text{ }\iota\Delta$   | —                                                                                                    | $\omega\iota A$          | $Z\alpha\nu$                |
| 英国    | $A\iota B$           | $z\text{ }\iota B$       | —                                                                                                    | $x$                      | $B\mathfrak{B}\kappa\omega$ |
| 加拿大   | $x A$                | $x\text{ }\iota\Delta$   | $xy\omega$                                                                                           | $\omega\iota B$          | $\Gamma\omega$              |
| 前苏联   | $x B$                | $B$                      | $\pi\alpha\omega\text{ }\mathbb{I}\text{ }\mu\omega\iota\omega\iota B\text{ }\mathbb{I}\text{ }\rho$ | $y\text{ }\iota\omega$   | 背景值+ $\gamma\pi\omega$      |

## *x*    土壤环境质量的制定依据与进展

### *x u w*    土壤环境质量的制定依据

土壤环境质量标准主要是以保护土壤的环境质量, 保障土壤生态平衡, 维护人体健康为依据, 对土壤中有毒物质含量的限制, 是环境法规的一部分。土壤环境质量的制定主要有两条路线——地球化学方法和生态因子方法。前者根据元素的地球化学组成、含量、分布状况、影响因子等因素, 按照标准实施的区域或功能, 通过一定的调查、计算和拟合, 来确定元素的环境质量标准。这种方法制定的标准计算准确, 可以充分考虑不同地理区域的实际状况(如对于背景值较高地区), 但与元素的生态学影响联系不够; 生态因子方法是在大量长期生态学试验(生态毒理学、环境卫生学等)制定的环境基准(  $\Pi\mathfrak{h}\text{ }\chi^6\text{ }\sigma^6\text{ }\chi^6$  )的基础上 $s$  参考社会、政治、经济等因素来修正形成。这种方法将污染物的影响与食品卫生、环境影响等充分联系, 但实际工作中由于缺乏长期试验和复合试验, 选用化合物的类型有一定的局限性, 制定的标准有一定的“误差”, 制定工作有很大困难。

### *x u y*    土壤环境质量的制定现状

#### *x u y u w*    土壤元素背景值的研究

人类活动已经几乎影响到地球的每个角落 $s$  而且不同自然条件下发育成不同土类, 同一种土类发育于不同的母质母岩, 其土壤环境背景值也有明显差异。因此, 土壤元素的背景值是统计性的, 以特征值(如果是对数正态分布, 用几何均值)表达该元素背景值的集中趋势。以一定的置信度表达该元素的背景值范围, 可以说土壤环境背景值是一个范围值而不是一个确定值。

美国从 *xZ\Gamma x* 年开始, 分两个阶段对美国大陆

共*x yx E* 个土壤和地表物质进行了分析, *x ZEE* 年又对阿拉斯加州的土壤进行了调查, 完成了当时国际上规模最大和系统性最强的专题研究。英国、日本、前苏联、加拿大、挪威、罗马尼亚等也都开展了土壤环境背景值的研究, 涉及元素累计达*Γw* 余个。

“七五”期间, “全国土壤环境背景值调查研究”对全国主要土类*A w ZB* 个典型剖面的 $\Xi$ 、 $\Pi\rho$ 、 $\Pi\mathfrak{b}$ 、 $\Phi\nu$ 、 $\phi o$  等*xy* 种元素和*Eκav* 个主剖面 $\partial\chi$ 、 $\varrho o$ 、 $\Pi\mathfrak{f}$ 、 $O\sigma$ 、 $s^6$ 、 $O\xi$ 、 $s\pi$ 、 $\partial\xi$  等*Aκv* 余种元素进行了调查、分析, 得到了它们的背景值、分布状况等(表*y*)<sup>*θZκ*</sup>。

*x iy uy* 土壤元素临界值的确定

土壤元素的临界值(基准)是指土壤元素既不影响农产品产量和生物学质量, 又不导致地表水和地下水污染的最大含量(或阈值)。土壤临界值不仅决定于元素自身的性质, 而且也决定于存在的自然条件, 其

中尤其是土壤类型及其性质。前苏联从土壤卫生学的角度, 根据土壤微生物及其活性指标提出了某些元素的临界值或标准; 联邦德国的学者以某些元素卫生标准或人体摄入量提出过土壤的允许浓度; 英国和日本曾根据土壤元素含量与作物产量的关系制定出某些元素的标准。澳大利亚、加拿大等国也曾提出过一些元素的最大允许量。这些研究获得的数值差异很大。

“七五”期间, 我国“土壤环境容量研究”主要根据元素在土壤—植物体系、土壤—微生物体系、土壤—水体系中的生态学效应和环境效应, 确定了主要土类的元素临界值(表*z*)<sup>*θxκκ*</sup>。

*x iy ιε* 土壤环境质量的制定

将地球化学方法和土壤基准方法结合起来, 吴燕玉等提出了我国 $\Xi$ 、 $\Pi\rho$ 、 $\Phi\nu$  和 $\phi o$  的土壤环境质量标准(表*A*)<sup>*θzκ*</sup>。该标准将功能区分为自然保护区或清

表*y* 我国土壤中 $\Xi$ 、 $\Pi\rho$ 、 $\Pi\mathfrak{b}$ 、 $\Phi\nu$ 、 $\phi o$  的背景值和范围( *ι υ υ ω υ ρ* )

| 元素                | 样点数           | 中位值              | 算术平均值              | 几何平均值              | ZB%位值              | ZB%置信限                           |
|-------------------|---------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------|
| $\Xi$             | <i>A w Zε</i> | <i>Z ι Γ</i>     | <i>xx iy</i>       | <i>Z iy</i>        | <i>y Δ ι κ υ</i>   | <i>y ι B ~ z z ι B</i>           |
| $\Pi\rho$         | <i>A w ZB</i> | <i>w ι κ ι Δ</i> | <i>w ι κ ι Δ Δ</i> | <i>w ι κ ι Δ A</i> | <i>w ι κ ι Γ A</i> | <i>w ι κ ι κ Δ ~ w ι κ ι z z</i> |
| $\Pi\mathfrak{b}$ | <i>A w Zγ</i> | <i>B Δ ι κ</i>   | <i>Γ x ι κ υ</i>   | <i>B z ι Z</i>     | <i>xx E ι E</i>    | <i>x Z ι κ ~ x B κ ι y</i>       |
| $\Phi\nu$         | <i>A w Zγ</i> | <i>w ι κ ι E</i> | <i>w ι κ ι Δ B</i> | <i>w ι κ ι κ υ</i> | <i>w ι κ ι γ x</i> | <i>w ι κ ι Δ Γ ~ w ι κ ι Δ y</i> |
| $\phi o$          | <i>A w ZB</i> | <i>γ z ι Γ</i>   | <i>γ Γ ι κ υ</i>   | <i>γ z ι Γ</i>     | <i>B B ι Γ</i>     | <i>xx ι κ υ ~ B Γ ι κ</i>        |

表*z* 我国主要土类 $\Xi$ 、 $\Pi\rho$ 、 $\phi o$  的临界值( *ι υ υ ω υ υ* )

| 土类  | $\Xi$        | $\Pi\rho$          | $\phi o$       |
|-----|--------------|--------------------|----------------|
| 灰钙土 | <i>γ B</i>   | <i>γ ι κ</i>       | <i>z τ α υ</i> |
| 褐土  | <i>γ x</i>   | <i>w ι κ ι B Δ</i> | <i>z τ α υ</i> |
| 黑土  | <i>Δ y</i>   | <i>x ι κ</i>       | <i>B α υ</i>   |
| 棕壤  | <i>z τ ω</i> | <i>x ι κ x</i>     | <i>z τ α υ</i> |
| 黄棕壤 | <i>B x</i>   | <i>w ι κ</i>       | <i>B Z B</i>   |
| 紫色土 | <i>π τ ω</i> | <i>w ι B</i>       | <i>γ B κ υ</i> |
| 红壤  | <i>Δ Δ</i>   | <i>w ι Γ</i>       | <i>z A B</i>   |
| 赤红壤 | <i>z E</i>   | <i>w ι B</i>       | <i>γ E Δ</i>   |
| 砖红壤 | <i>A B</i>   | <i>w ι Γ</i>       | <i>z A y</i>   |

洁区、农牧区、森林区、城市区或废物处置区或工矿区*A* 个区域, 分别对应于*A* 级标准*A* 级标准分别为几何平均值乘以几何标准差、几何平均值乘以几何标准差的平方( $\Xi$  毒性大, 乘以几何标准差)、生态影响的最低浓度和工矿区高背景值或生态影响的高浓度。

*x Z Z B* 年发布的《土壤环境质量标准》<sup>*θxκκ*</sup> (*Γ O x B Γ x E*—*x Z Z B*) 根据土壤应用功能和保护目标, 将

土壤划分为*z* 类:

I 类主要适用于根据规定的自然保护区、集中式生活饮用水源地、茶园、牧场和其他保护地区的土壤, 土壤基本保持自然背景水平。

II 类主要适用于一般农田、蔬菜地、茶园、果园、牧场等土壤, 土壤质量基本上对植物和环境不造成危害和污染。

III 类主要适用于林地土壤及污染物容量较大的高背景值土壤和矿产附近等地的农田土壤(蔬菜地除外)。土壤基本上对植物和环境不造成危害和污染。

标准的制定依据是土壤背景值和生态因子的方法结合(表*B*)。从表*B* 中看出, 标准的一级水平和表*A* 的标准数值相当, 即土壤背景值几何平均值与几何标准差的乘积。而二级和三级水平大体与元素临界值的低限、高限相当。因此, 该标准的制定依据、结果和吴燕玉等的研究相同或相近, 只是个别元素存在例外。

表*A* 我国 $\Xi$ 、 $\Pi\rho$ 、 $\Phi\nu$  和 $\phi o$  的建议土壤环境质量标准(吴燕玉) ( *ι υ υ ω υ υ* )

| 级别       | $\Xi$                      | $\Pi\rho$        | $\Phi\nu$      | $\phi o$               | 适用区域          | 制定依据                     |
|----------|----------------------------|------------------|----------------|------------------------|---------------|--------------------------|
| <i>x</i> | <i>x B</i>                 | <i>w ι κ B</i>   | <i>w ι κ</i>   | <i>z τ ω</i>           | 自然保护区或清洁区     | 几何平均值×几何标准差              |
| <i>y</i> | <i>γ τ ω</i>               | <i>w ι κ τ ω</i> | <i>w ι γ</i>   | <i>Γ w</i>             | 农牧区           | 几何平均值×几何标准差 <sup>*</sup> |
| <i>z</i> | <i>γ Δ</i>                 | <i>w ι B κ υ</i> | <i>w ι B</i>   | <i>π τ α υ</i>         | 森林区           | 生态影响的最低浓度                |
| <i>A</i> | <i>z τ ω</i> 沙土除外 <i>ρ</i> | <i>x ι κ υ</i>   | <i>x ι κ υ</i> | <i>z τ α υ ~ B α υ</i> | 城市区、废物处置区或工矿区 | 采用工矿区高背景值或生态影响的高浓度       |

表B 我国部分元素的土壤环境质量标准(ГОСТ-2000)

| 项目        | 一级   |                | 二级                                         |                     | 三级                  |            |
|-----------|------|----------------|--------------------------------------------|---------------------|---------------------|------------|
|           | 自然背景 | $I_{\Gamma B}$ | $\Gamma_{\Delta B} \sim \Delta_{\Delta B}$ | $\Delta_{\Delta B}$ | $\Delta_{\Gamma B}$ |            |
| $\Xi$     | 水田   | $x_B$          | $zw$                                       | $y_B$               | $yw$                | $zw$       |
|           | 旱地   | $x_B$          | $\Delta w$                                 | $zw$                | $y_B$               | $\Delta w$ |
| $\Pi\rho$ |      | $w\rho w$      | $w\rho w$                                  | $w\rho w$           | $w\rho w$           | $xw$       |
| $\Pi$     | 水田   | $Zw$           | $y_Bw$                                     | $zw$                | $z_Bw$              | $\Delta w$ |
|           | 旱地   | $Zw$           | $x_Bw$                                     | $yw$                | $y_Bw$              | $zw$       |
| $\Phi v$  |      | $wvB$          | $w\rho w$                                  | $wvB$               | $xw$                | $xvB$      |
| $\phi o$  |      | $zB$           | $y_Bw$                                     | $zw$                | $z_Bw$              | $Bw$       |

2. 无污染(有机)农产品的土壤环境质量标准

“无污染农产品”为无公害污染或者把公害污染程度规定在控制标准以内的农副产品。2000年颁布的“无污染农产品”土壤环境质量标准对其中几类元素做了规定(表Γ)。将表Γ数据与黑土、黑垆土(黑龙江地区主要土壤类型)的元素背景值相比较可以看出,  $\Xi$  相当于背景值的中位值;  $\Pi\rho$  相当于中位值的  $w \sim zw$  倍;  $\Pi$  相当于中位值的  $xvB$  倍;  $\Phi v$  相当于中位值的  $zw \sim \Delta w$  倍; 而  $\phi o$  相当于中位值的  $x \sim xv \Delta$  倍。与元素的临界含量相比,该标准更没有规律性的联系,其制定依据不得而知。因此,该标准在具体应用中很难判断或说明土壤的洁净或污染状况,无法利用它进行无污染农产品基地的监测或评价。

表Γ 土壤质量标准(ГОСТ-2000)

| 项目        | 标准    |
|-----------|-------|
| $\Xi$     | $x_y$ |
| $\Pi\rho$ | $y$   |
| $\Pi$     | $Zw$  |
| $\Phi v$  | $x$   |
| $\phi o$  | $zw$  |

绿色食品是指遵守可持续发展原则,按照特定生产方式生产,经专门机构认定,许可使用绿色食品标志的、无污染的安全、优质、营养类食品。绿色食品发展初期的土壤环境质量标准是元素土壤背景值的算术平均值加上  $y$  倍的算术标准差。实际上,我国土壤元素中,  $\Xi$ 、 $\Pi\rho$ 、 $\Pi$ 、 $\Phi v$ 、 $\phi o$  的背景值分布均近似于对数正态分布,各元素含量的几何平均值与中位数接近<sup>[20]</sup>。因此,即使是利用背景值来制定标准,标准计算时也应该是几何平均值乘以几何标准差的平方而不是算术平均值加上  $y$  倍的算术标准差。最近即将颁布的《绿色食品—产地环境质量标准》是根据地球化学方法和生态因子方法制定的,该标准比较好的结合了两类方法的优点,制定的标准有较好的科学性和一定的可行性。

有机(天然)食品是指经有机食品颁证机构确认

的,符合生产和加工技术规范的一切可食用的农副产品,包括粮食产品、蔬菜、水果、茶叶、畜禽产品、水产品、野生天然食品等及其加工产品。有机(天然)食品的土壤环境质量标准直接采用了土壤背景值的算术平均值。除了统计意义上有机食品的标准比绿色食品更严格外,从科学意义上与绿色食品没有区别。

2. 无污染农产品土壤环境质量标准制定的原则和应注意的问题

2.1 制定的原则

作为无污染农产品基地,要求其生态环境是无污染的,或者污染程度极轻微。元素的区域土壤背景值作为未受人为因素影响的“洁净”土壤的元素含量,其本质是符合无污染农产品内涵的。但元素的背景值并未与无污染农产品的卫生标准值有直接的联系,其相互关系只是一种理论上、逻辑上的推理。况且,对于元素背景值高的地区,所生产的农产品仍然有可能受到污染。

元素的土壤临界值是通过一定的生态效应试验所获得的结果,反映了某元素在农产品中的含量达到卫生标准时该元素在土壤—作物、土壤—微生物等生态系统之间的效应关系,可以衡量土壤污染的程度。但现有的土壤临界值大部分是通过盆栽、小区试验得来的,仍需要大量的田间试验进一步验证。因此,我们考虑在标准制定工作中应尽量体现以下原则:

- 保证生产的农产品不会对人体及环境造成危害;
- 经过大量、长期的田间试验验证;
- 充分考虑成土因素和其它环境因素;
- 在一定时期内保持稳定;
- 在现有技术、经济水平下具有可操作性。

2.2 应该注意的问题

2.2.1 土壤和气候成土过程对元素含量的影响

对于自然土壤,影响元素含量的控制因素不外乎两个:土壤母质(母岩)和气候成土过程因素。对于这两种因素到底哪一种因素是主导因素有不同看法。现在的研究表明,对于某些抗风化能力强的母岩如石英质岩石,土壤母质的影响是主要的,气候成土过程的影响相对较小;对于抗风化弱的碳酸岩类土壤母质,气候因素是主要的影响因素;大部分岩类如硅酸岩与铝硅酸岩(花岗岩,玄武岩,页岩,粘土,黄土)的抗风化能力介于上述两类母岩之间,而且分布范围较大,因此应该说我国大部分土壤同时受到双重影响,而不能割裂开来考虑<sup>[20]</sup>。无污染农产品的内涵是无污

染,土壤也应该是未受到污染的,土壤环境质量标准就应充分考虑土壤背景值。对于高背景值的土壤则应结合可能的生态学效应来研究。

z uy uy 土壤理化性质的影响

影响土壤环境质量标准的理化性质主要包括:  
1 Φ、有机质、土壤质地、氧化还原电位、阳离子交换量等。主要原因在于这些理化性质可以影响甚至决定元素的形态、含量、环境效应以及对作物的有效性。我国 xZZB 年制定的土壤标准中,就将土壤分为 I ΓιB, ΓιB~ΔιB 和 Δ ΔιBz 种 1 Φ 范围;将土地利用类型分为旱田、水田和果园、菜地等。同一类型的土壤,区分不同的 1 Φ、有机质等可能有意义;不同类型的土壤情况就很复杂,这也是今后的研究应着重探讨的问题。

z uy ικ 与生态学效应的结合问题

元素是通过土壤这一载体影响植物进而影响到食品安全性和人体健康的。土壤环境质量标准就应主要根据元素的生态学效应来制定,土壤元素临界值似乎是可以采用的方法。但应该注意到,目前的土壤临界值的制定主要是通过受控试验而不是自然条件的试验完成的,特别是元素的作物效应,采用添加一定量的化合物,进行盆栽试验和小区试验。当人们观察到元素产生毒害作用时,元素的水平已经大大超高了背景值。即现有的大量试验是中、高剂量水平的短期试验,而对于低剂量水平下,在大田面积上元素的长期生态学效应试验现在基本上还没有开展。今后的无污染农产品的土壤环境质量标准应从这一角度加强调查和研究工作。

z uy uA 与现场调查工作的结合

从国外的无污染农产品颁证经验来看,无污染食品的现场调查是非常重要的。目前,国际有机农业运动联盟、欧盟的标准都局限于生产过程,而对于具体的土壤标准并没有详细规定。世界上大部分的国家和地区也没有制定土壤标准。

几年来,我国绿色食品和有机食品的发展也证明,通过先期的调查可以确定监测、分析的重点。大多数申请标志的生产地区的土壤质量是比较好的,全部要求进行环境监测、评价会造成时间和物力上的浪费。今后要强调检查员对基地的现场调查和访问,将现场调查和土壤的监测、评价结合起来,而不是机械的取样、分析和计算指数。这样也许可以弥补单纯利用土壤环境质量标准进行监测、评价所带来的不足。

参考文献H

θ ικ 刘尊文 u 实施环境标志综合效益分析 θ Εκ u 见侯秉政 u 中国青年学者论环境 θ Ικ s 北京:中国环境科学出版社.sxZZT u ΓΔA—ΓΔE u  
θ γκ 中国绿色食品发展中心 u 绿色食品标准 θ κ u xZZBu  
θ zκ 吴燕玉 s 周启星 s 田均良 u 制定我国土壤环境标准(汞、镉、铅和砷)的探讨 θ Εκ u 应用生态学报.sxZZx sy(A) HAA—z AZu  
θ Ac 王宏康 u 土壤中若干有毒元素的环境质量基准研究 θ Εκ u 农业环境保护.sxZZε sxγ(A) HΓy—xTBu  
θ Bc Ε ξ 1 χ α ι θ σ ξ 0 3 1 σ ξ 0 4 3 0 0 9 8 χ 2 3 χ 2 7 3 χ 7 3 τ Ξ 1 ξ 2 u Ξ 4 ξ 2 s π ξ σ 2 8 χ ξ τ s 3 π ξ σ χ τ i f 0 σ 7 i s α 3 ω 3 s xZET s yIE—yΔx  
θ Γκ Ω 3 ω σ Ε u Σ 2 0 χ 3 2 1 σ 2 8 ξ 0 σ τ τ σ π 7 3 τ 3 6 υ ξ 2 χ ε 2 ρ χ 2 3 6 υ ξ 2 χ τ π 3 2 8 ξ 1 χ 3 6 7 χ 2 7 σ 1 ξ υ σ 7 0 9 ρ υ σ u f 6 3 π σ ρ χ ε υ 7 3 τ 1 3 6 ω φ 3 4 φ σ ρ ξ 8 s 8 σ σ σ ξ υ σ s xZET sxΔx—xΔBu  
θ Δc Ω 3 ω σ Ε s s ξ 0 π σ 0 σ π ω P ρ ξ 2 ρ γ σ 8 σ 0 s Φ u Π φ ξ 2 υ χ ε υ 1 σ ξ 0 7 π 3 π σ τ ξ 2 ρ φ 0 1 ξ 2 φ σ ξ 0 8 φ s s 4 6 χ ε υ σ 6 —γ σ 0 ξ υ s O σ 0 χ ε s xZEA s xrx—xAr u  
θ Ec f ξ υ Ε Ε ∂ s Π φ ξ 2 υ Ε Π ξ 2 ρ Ε ρ ξ 2 3 P Π u ∂ ξ 2 ρ ξ 4 0 χ ε ξ 3 χ 2 3 τ 1 9 2 χ ξ χ 1 ξ 0 7 σ 1 ξ υ σ 7 0 9 ρ υ σ HT 9 χ ρ σ χ ε σ —8 6 ξ π σ σ 1 s 2 8 7 u f 6 3 π σ σ ρ χ ε υ 7 3 τ 8 φ σ χ 2 8 σ 2 ξ 3 χ 2 ξ 0 7 3 1 4 3 7 χ 0 1 3 2 0 ξ 2 ρ ξ 1 4 0 χ ε ξ 3 χ 2 3 τ 7 σ 1 ξ υ σ 7 0 9 ρ υ σ s α 3 ω 3 s Ξ 1 ξ 2 s xBc—xZy u  
θ Zc 魏复盛 u 国内外土壤环境背景值研究现状 θ Εκ u 见:中国环境监测总站 u 中国土壤元素背景值 θ Ικ s 北京:中国环境科学出版社.sxZZuu x—z u  
θ ικ ω 土壤环境容量协作组 u 中国主要类型土壤中 Π ρ , f 0 , Π 0 , Ε 1 的生物学指标和临界含量 θ Εκ u 见:夏增禄 u 土壤环境容量及其信息系统 θ Ικ s 北京:气象出版社.sxZZx ιαE—xxAu

作者简介H

孟凡乔 o xZIZ—p 男,博士学位,讲师。主要从事生态农业、农业环境保护、有机食品、绿色食品等方面的研究和技术开发。

$$\begin{aligned} & P \sigma^0 \sigma^0_{341} \sigma^{28}_{3\tau} s_3 \chi^0 \Sigma_{20} \chi^6_{321} \sigma^{28} \xi^0 \kappa^9 \xi^0 \chi^3_{33} s_8 \xi^2 \rho \xi^6 \rho^{73\tau} \\ & \Phi \sigma \xi^0_{33} \epsilon \sigma^8 \xi^0 \tau^{36} \vartheta_{32} - 4 30098 \sigma \rho E \upsilon^6 \chi \tau^{90896} \xi^0 f^{63} \rho^9 \pi^{87} \chi^2 \Pi \varphi \chi^2 \xi \\ & \epsilon \Sigma \vartheta \Upsilon T \xi^2_{216} \chi^5_{32} s s \Phi X \zeta \xi_i \phi^0 \xi^2_{23} s \delta \beta \delta \sigma^2 \mu \xi^2_{23} \nu^r \\ & o x u l l s^{00} \sigma \upsilon \sigma_{3\tau} \rho \sigma^{7396} \pi \sigma^7 \xi^2 \rho \Sigma_{20} \chi^6_{321} \sigma^{28} s \pi \chi \sigma^2 \pi \sigma^7 s \Pi \varphi \chi^2 \xi E \upsilon^6 \chi \tau^{90896} \xi^0 \beta^2 \chi^0 \sigma^{617} \chi^3, O \sigma \chi \chi^2 \upsilon x \alpha \alpha u Z A \Pi \varphi \chi^2 \xi \Theta \\ & y u \vartheta \sigma^7 \sigma \xi^6 \pi \varphi \Pi \sigma^{2806} \tau^{36} \Sigma \pi^3 - \sigma^{20} \chi^6_{321} \sigma^{28} \xi^0 s \pi \chi \sigma^2 \pi \sigma^7 s \Pi \varphi \chi^2 \xi E \pi \xi \rho \sigma^3_{133\tau} s \pi \chi \sigma^2 \pi \sigma^7 p \\ & E \theta^{786} \xi \pi^8 : \vartheta_{32} - 4 30098 \sigma \rho \xi \upsilon^6 \chi \tau^{90896} \xi^0_{463} \rho^9 \pi^8 \chi^2 \chi^2_{32\sigma} s_{3\tau} 8 \varphi \sigma_{1378} \chi_{14368} \xi^{28} \xi_{4463} \xi \pi \varphi \sigma^7 \tau^{36} \varphi \omega \varphi_{59} \xi^0 \chi^3 \xi^2 \rho \varphi \omega \varphi - \\ & \sigma \tau \chi \theta \xi^0_{23} \xi \upsilon^6 \chi \tau^{90896} \sigma \chi^2 \Pi \varphi \chi^2 \xi s_1 \varphi \chi \sigma_{73} \chi^0 \sigma^2_{20} \chi^6_{321} \sigma^{28} \xi^0_{59} \xi^0 \chi^3_{33} \tau^{36} \tau \xi^6_{10} \xi^2 \rho \chi^2 \chi^2_{140} \sigma^8 \xi^0 \chi^3 \sigma^2_{20} \chi^6_{321} \sigma^{28} 1_{32} \chi^3_{36} \chi^2 \upsilon \\ & \xi^2 \rho \xi^{77} \sigma^{77} 1 \sigma^{28} u \alpha \varphi \sigma_{4\xi^4} \sigma^6_{7911} \xi^0 \chi^0 \sigma^7 y_1 \xi \chi^2_1 \sigma^8 \varphi^3 \rho^{73\tau} 73 \chi^0_{59} \xi^0 \chi^3_{33} \rho \sigma^0 \sigma_{341} \sigma^{28} s \chi \iota \omega u \Upsilon \sigma^3 \upsilon^6 \xi^0 \varphi \chi \tau \epsilon \sigma^8 \varphi^3 \rho \xi^2 \rho \Sigma \pi^3 - \\ & 03 \upsilon \chi \tau \xi^0 T \xi \pi^8_{367} \epsilon \sigma^8 \varphi^3 \rho s \pi^3_{14} \xi^0 \sigma \rho_1 \chi^6 \sigma_{8\varphi} 4 \sigma^{7\tau} \sigma^{28} 73 \chi^0 \sigma^2_{20} \chi^6_{321} \sigma^{28} 59 \xi^0 \chi^3_{33} \tau^{36} 2_{32} - 4 30098 \sigma \rho \xi \upsilon^6 \chi \tau^{90896} \sigma u X \xi \rho \rho \chi^0_{32} s \\ & 8 \varphi \sigma \upsilon^9 \chi \rho \sigma \chi^2 \sigma^7 \xi^2 \rho \tau \xi \pi^8_{367} 7 \varphi^3 \rho^0 \rho o \sigma \pi^3_{27} \chi \rho \sigma^0 \sigma \rho \chi^2_{8\xi} \chi^3_{36} \chi^2 \upsilon 73 \chi^0_{78} \xi^2 \rho \xi^0 \rho^{73\tau} u \\ & \Omega \sigma_{136} \rho^{73\tau} : 36 \upsilon \xi^2 \chi \tau \tau_{33} \rho \Theta \upsilon^8 \sigma \sigma^2 \tau_{33} \rho \Theta \tau_{73} \chi^0 \sigma^2_{20} \chi^6_{321} \sigma^{28} 59 \xi^0 \chi^3_{33} 78 \xi^2 \rho \xi^0 \rho^{73\tau} \end{aligned}$$