

# 中美土壤分类系统的参比基准研究: 土类与美国系统分类土纲间的参比

史学正 于东升 孙维侠 王洪杰 赵其国 龚子同

(中国科学院南京土壤研究所土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 南京, 210008. E-mail: [xzshi@issas.ac.cn](mailto:xzshi@issas.ac.cn))

**摘要** 土壤分类是土壤学研究成果交流和推广、实现土壤资源现代化管理的基础。回顾了土壤发生分类(GSCC)的完善过程, 阐述了参比研究的数据基础和研究方法。参比研究以《中国土种志(共六卷)》和部分省土种志为基本素材, 共计收集全国 2540 个土种资料, 根据美国土壤系统分类(ST)的检索, 解译出每个土种在 ST 分类中所对应的土纲、亚纲、土类和亚类的归属。根据土壤类型法, 把 2540 个土种的解译结果逐个地连接到最近才完成的全国 1:100 万数字化土壤图相应的图斑上。根据每个土种在两个分类系统各高级分类单元中的归属及其所代表的分布面积, 按 GSCC 土类与 ST 土纲统计出它们之间可以参比的面积。提出了参比度和最大参比度的概念, 并以 GSCC 土类与 ST 土纲的最大参比度为依据, 分类型讨论了 GSCC 土类与 ST 土纲参比的全貌, 认为 20 个最大参比度大于 95% 和 15 个最大参比度介于 70% ~ 95% 的土类可以作为这两个分类系统参比的基准, 而 25 个低参比度的土类还需要作进一步的深入研究。

**关键词** 土壤发生分类(GSCC) 美国土壤系统分类(ST) 参比基准 参比度 最大参比度

土壤分类系统是土壤资源现代化管理和进行国内外土壤学术成果交流必不可少的工具。到目前为止, 国际上还没有一个统一的土壤分类, 只是 ST(美国土壤系统分类)<sup>[1]</sup>和 WRB(World reference base for soil resources)分类<sup>[2]</sup>在国际土壤学术交流和合作研究中得到广泛应用, 成了当今世界的主流土壤分类系统。目前在国际上进行学术交流, 在国际杂志上发表论文通常都使用这两个分类系统的名称。国际上对土壤参比研究工作很重视, 最近国际上著名的土壤分类学家编制出版了《土壤分类——全球层面的参比》一书, 以促成国际土壤分类系统的形成<sup>[3]</sup>, 但各个分类间系统的参比基准并没有建立(所谓参比基准就是各个土壤分类系统中各种土壤类型间的对应关系)。自从上世纪 30 年代我国开展土壤研究工作以来, 数以万计的各种土壤数据都是长期应用中国土壤发生分类(GSCC)积累起来的, 但这个分类与国际上广泛应用的美国系统分类(ST)的学术思想大不一样。由于国际上并不了解 GSCC, 这样中国科学家在国际上进行学术交流, 开展国际合作和在国际杂志上发表论文都遇到了很大的困难, 特别是国内学者在国际杂志上发表论文时, 往往由于所用 GSCC 土壤名称, 无法被国际上的审稿专家理解而退稿, 从而严重阻碍了我国土壤学科对外交流和发展。另一方面, 国外

科学家到中国进行有关土壤方面的合作研究时, 即使收集到大量的土壤资料, 也会因为不了解 GSCC 而很难应用这些数据资料。为了解决这些问题, 就非常迫切需要一个 GSCC 系统与 ST 系统间的参比基准, 为此, 中国土壤学家作了不懈的努力。1996 年研究了江西省和福建省的 20 个红壤剖面后, 发现 12 个可参比为 ST 的老成土, 4 个为淋溶土, 另外 4 个为始成土<sup>[4]</sup>。1999 年以中国土壤系统分类的土纲为主线, 每个土纲列举了若干个土壤剖面, 共计 64 个剖面为范例, 将这些土壤剖面在中国土壤系统分类与 GSCC, ST 和 FAO 图例单元间进行了参比分析<sup>[5]</sup>。尽管近几年来做了一些土壤类型参比研究工作, 但都是零散的、少量的和小区域的, 并以土壤剖面个数作为统计的基本单元。而以 GSCC 中最为常用的土类为基础, 在全国范围内根据大量的土壤剖面资料逐个与 ST 土纲建立参比关系, 并以两个系统高级分类单元的分布面积为基础的参比基准研究还未开展, 远远不能满足我国土壤科学的发展和对外进行学术交流的需要。本文以《中国土种志(共六卷)》<sup>[6-11]</sup>和部分省土种志为基本素材, 通过鉴定 2540 个土种在 ST 系统中的归属, 并与最近才建成的全国 1:100 万数字化土壤图相连接, 然后统计它们在 GSCC 土类与 ST 土纲之间的内在联系, 总结其规律性, 最后建立起不同可信度等级的

GSCC 土类与 ST 土纲间的参比基准, 以推动我国土壤学科对外交流与发展.

### 1 参比研究的基础与方法

我国近代土壤分类研究工作始于上个世纪 30 年代初. 当时引进了美国土壤分类——C.F. Marbut 分类<sup>[14]</sup>. 1954 年通过引进前苏联的地理发生分类, 以此为基础提出了中国土壤发生分类, 并于 1978 年建立了一个统一的较为完整的分类体系(GSCC)——“中国土壤分类暂行草案”<sup>[12]</sup>, 很快被我国土壤学界所承认, 成为全国第二次土壤普查分类的基础, 并于 1998 年完善成为六级分类系统, 即土纲、亚纲、土类、亚类、土属和土种<sup>[13]</sup>, 这个系统包含了 12 个土纲、29 个亚纲、61 个土类和 231 个亚类, 其中土类和亚类名称是我国土壤学家最为熟悉的, 也是最为常用的土壤名称.

#### 1.1 参比研究的数据基础

从 1979 年到 1994 年开展的全国第二次土壤普查采用了 GSCC 系统, 它所形成的成果《中国土种志(共六卷)》和部分省土种志是我国迄今为止最全面的全国性土壤调查数据, 也是本参比研究工作的基础数据, 共计 2540 个土种. 每个土种的数据资料包括土壤特性和分析数据两个部分, 土壤特性叙述了土种的归属与分布、主要性状、典型剖面和生产性能 4 个方面. 如主要性状阐述该土种发育的成土母质和自然条件, 包括土壤剖面构型和土层厚度等, 阐述各层的野外剖面记录; 土壤分析数据由土壤物理性质、土壤化学性质和土壤养分这三部分组成, 这些数据作为土壤类型参比解译的基础数据. 在参比工作中除了使用上述土壤属性数据外, 更重要的是应用了最近才建成的全国 1:100 万数字化土壤图, 该图大部

分地区的基本制图单元为土属, 全图共有 909 个基本制图单元, 归属于 234 个亚类, 61 个土类和 12 个土纲. 这是我国在扎实的工作与丰富的数据资料基础上编成的第一套 1:100 万土壤图, 也是到目前为止最为详细的全国性土壤图. 1:100 万土壤数据库的集成就是采用土壤类型法把 2540 个土壤剖面的参比类型信息逐一连接到具有相同土壤名称的数字化土壤图上, 形成一个集空间和参比类型于一体的土壤数据库.

#### 1.2 土壤参比研究方法

以上述土种志的数据为基础, 根据美国土壤系统分类(ST)的检索<sup>[1]</sup>, 由经验丰富的土壤调查和分类学家解译出每个土种在 ST 中所对应的土纲、亚纲、土类和亚类的归属, 从 2540 个土种中选取其中的 5 个作为参比范例, 列于表 1. 土种的解译通过反复讨论修改后确定, 这部分工作全部完成后, 根据土壤类型法, 把 2540 个土种逐个地与全国 1:100 万的数字化土壤图中相应的图斑相连, 然后根据每个土种在两个分类系统各高级分类单元中的归属及其所代表的分布面积. 按 GSCC 土类与 ST 土纲进行统计, 总结出 GSCC 土类与 ST 土纲间的参比基准.

### 2 结果与讨论

应用上述全国 1:100 万包含土壤参比类型的数据库, 以 GSCC 的土类和 ST 的土纲的分布面积为统计依据. 为了便于讨论, 我们把 GSCC 某一类型所分布的面积能解译成 ST 某一类型面积的百分率称为这两个类型间的参比度, 它表征两个分类系统中两种土壤类型的接近程度, 也是这两类进行参比的可信度, 参比度越高, 两种土壤类型越接近, 反之两种土

表 1 从 2540 个土种中选取其中 5 个土种的参比范例

| 剖面地点  | 中国土壤发生分类(GSCC) |       |      |       | 美国 ST 亚类                                 |
|-------|----------------|-------|------|-------|--|
|       | 土类             | 亚类    | 土属   | 土种    |  |
| 海南琼山  | 砖红壤            | 砖红壤   | 粘砖红土 | 淡砖泥土  | 暗红色的强发育湿润老成土<br>Rhodic Paleudults        |
| 江西吉安  | 红壤             | 红壤    | 粘红泥  | 粘底红黄泥 | 聚铁网纹湿润老成土<br>Plinthudults                |
| 江苏吴江  | 水稻土            | 潴育水稻土 | 黄泥土田 | 黄泥土   | 典型的全潮湿始成土<br>Typic Endoaquepts           |
| 河南安阳  | 潮土             | 潮土    | 潮壤土  | 底砂二合土 | 潮湿的半干润淡色始成土<br>Aquic Ustochrepts         |
| 黑龙江海伦 | 黑土             | 黑土    | 黄黑土  | 油黄黑土  | 深厚湿润的弱发育冷凉软土<br>Pachic Udic Haploborolls |

壤类型相差越大. 如 GSCC 淋溶土纲的暗棕壤可分别解译成 ST 的淋溶土和始成土, 其面积分别占 63.1% 和 36.9%, 则 GSCC 暗棕壤与 ST 的淋溶土的参比度为 63.1%, 而与 ST 始成土的参比度只有 36.9%. 在分类参比研究过程中一个 GSCC 土类往往可以被参比成几个 ST 土纲, 我们把其中参比度最高的那个称为最大参比度, 它表征这个 GSCC 土类与某个 ST 土纲参比的最大可能性. 如 GSCC 铁铝土砖红壤土类可与 ST 的老成土、氧化土和始成土进行参比, 他们的参比度分别为 82.0%, 15.2% 和 2.8%, 那么, GSCC 铁铝土砖红壤土类与 ST 的老成土为最大参比度, 其值为 82.0%. 下面根据各个土类的最大参比度的大小进行讨论.

2.1 最大参比度大于 95% 的土类

GSCC 土类与 ST 土纲最大参比度大于 95% 的土类列于表 2, 这些是参比程度最高的土壤类型. 最大参比度大于 95% 就意味着他们之间参比可信度大于 95%, 如 GSCC 干旱土纲的灰漠土完全能与 ST 的干旱土进行参比, 其可信度达到 100%. 最大参比度大于 95% 的土类共计有 20 个, 占 GSCC 系统 60 个有资料土类的 1/3. 这 20 个土类分别归属 GSCC 的 9 个土纲, 可分别参比成 ST 系统的灰土、干旱土、新成土、

始成土和有机土 5 个土纲. 在 20 个土类中能参比成 ST 干旱土的最多, 达到 10 个, 能参比成始成土和新成土的分别为 4 个和 3 个. 各个 GSCC 土类能参比成 ST 土纲的面积差别很大, 从  $62.77 \times 10^4 \text{ km}^2$  的风沙土到  $0.01 \times 10^4 \text{ km}^2$  的漂灰土, 分别占国土陆地面积的 6.565% 和 0.001%. 棕钙土、灰棕漠土、棕漠土、风沙土和草甸土可与 ST 土纲参比的面积都超过  $20 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 而漂灰土、龟裂土、泥炭土和寒原盐土可与 ST 土纲参比的面积都不到  $1 \times 10^4 \text{ km}^2$ . 参比研究希望得到尽可能多的大于 95% 的高参比度类型和面积, 通过对比分析, GSCC 系统的土壤分类级别从土纲降到土类与 ST 土纲进行参比后, 这两个分类系统之间的参比度大幅度提高了, 在 GSCC 土纲与 ST 土纲参比过程中, 只有 GSCC 的漠土和干旱土与 ST 土纲的 5 个土类参比度大于 95%, 但仅占国土陆地面积的 9.45%. 而降落到 GSCC 土类与 ST 土纲进行参比后, 参比度大于 95% 的土类从 5 个增加到 20 个, 面积已占到国土陆地面积的 25.7%, 土类数量和所占的面积分别扩大到原来的 4 倍和近 3 倍, 由此可见, 降低 GSCC 分类级别与 ST 系统进行参比是提高参比精度非常有效的一种方法. 总之, 大于 95% 高参比度的土类与 ST 土纲进行参比已完全成为可能, 可作为参比基准.

表 2 GSCC 土类与 ST 土纲最大参比度大于 95% 的类型

| GSCC 土纲 | GSCC 土类 | ST 土纲            | 面积( $10^4 \text{ km}^2$ ) | 占国土陆地面积/% | 最大参比度/% |
|---------|---------|------------------|---------------------------|-----------|---------|
| 淋溶土     | 漂灰土     | 灰土(Spodosols)    | 0.01                      | 0.001     | 100.0   |
| 干旱土     | 棕钙土     | 干旱土(Aridisols)   | 25.36                     | 2.653     | 97.5    |
|         | 灰钙土     | 干旱土(Aridisols)   | 4.57                      | 0.478     | 98.5    |
| 漠土      | 灰漠土     | 干旱土(Aridisols)   | 6.70                      | 0.701     | 100.0   |
|         | 灰棕漠土    | 干旱土(Aridisols)   | 28.81                     | 3.013     | 100.0   |
|         | 棕漠土     | 干旱土(Aridisols)   | 24.92                     | 2.606     | 100.0   |
| 初育土     | 龟裂土     | 干旱土(Aridisols)   | 0.55                      | 0.057     | 100.0   |
|         | 风沙土     | 新成土(Entisols)    | 62.77                     | 6.565     | 96.4    |
|         | 石质土     | 新成土(Entisols)    | 17.29                     | 1.808     | 100.0   |
| 半水成土    | 草甸土     | 始成土(Inceptisols) | 32.36                     | 3.385     | 98.7    |
|         | 林灌草甸土   | 始成土(Inceptisols) | 2.25                      | 0.235     | 100.0   |
| 水成土     | 泥炭土     | 有机土(Histosols)   | 0.52                      | 0.055     | 100.0   |
| 盐碱土     | 漠境盐土    | 干旱土(Aridisols)   | 2.81                      | 0.294     | 99.3    |
|         | 寒原盐土    | 干旱土(Aridisols)   | 0.90                      | 0.095     | 100.0   |
| 人为土     | 灌淤土     | 始成土(Inceptisols) | 2.05                      | 0.214     | 100.0   |
|         | 灌漠土     | 始成土(Inceptisols) | 1.11                      | 0.116     | 98.7    |
| 高山土     | 寒漠土     | 干旱土(Aridisols)   | 2.66                      | 0.278     | 100.0   |
|         | 冷漠土     | 干旱土(Aridisols)   | 0.28                      | 0.029     | 100.0   |
|         | 寒冻土     | 新成土(Entisols)    | 29.89                     | 3.127     | 100.0   |

2.2 最大参比度为 70% ~ 95%的土类

GSCC 土类与 ST 土纲最大参比度为 70%~95%的土类分别列于表 3。从表 3 中可见,最大参比度为 70%~95%的土类共计 15 个,分别归属于 GSCC 系统的 8 个土纲,可分别参比成 ST 的 7 个土纲。在 15 个土类中最大参比度超过 90%的只有 2 个,它们分别是半水成土纲的潮土和盐碱土土纲的酸性硫酸盐土; 70% ~80%的有 7 个,而 80%~90%的有 6 个。这些 GSCC 土类与 ST 土纲所能参比的面积差别很大,超过  $20 \times 10^4 \text{ km}^2$  的有 3 个,不到  $1 \times 10^4 \text{ km}^2$  的有 4 个,介于  $(10\sim 20) \times 10^4 \text{ km}^2$  的最多,共有 6 个,其中最大的是草毡土,可参比成 ST 始成土的面积达到  $42.71 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 占国土陆地面积的 4.467%; 最小的是酸性硫酸盐土,可参比成始成土的面积只有  $0.04 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 占国土陆地面积的 0.004%。这些土类的最大参比度在 70%~95%之间,也就是可信度介于 70%~95%。虽然还存在一定的误差,但在没有更新更详细的研究结果之前,我们认为可以把表 3 的参比结果作为参比基准,应用于学术交流。

2.3 最大参比度 < 70%的土类

GSCC 土类与 ST 土纲最大参比度为 < 70%的部分土类列于表 4。这种类型共包含了 25 个土类,占土类总数的 42%,分别归属于 GSCC 系统的 10 个土纲,除 2 个干旱地区的漠土纲和干旱土纲外,其他土纲都有分布。但从土类数量所占比例上看,铁铝土、淋溶

土、半淋溶土和钙层土这 4 个土纲所占的比例最大,如铁铝土纲和钙层土纲的 4 个土类中有 3 个土类属于这种类型,淋溶土纲的 7 个土类中有 4 个也属于这种类型。通过分析认为造成这些土类最大参比度低的主要原因是由于 GSCC 系统与 ST 系统的分类理论和标准大不一样,为此,这些 GSCC 土类中任何一个土类能解译成几个 ST 土纲。如赤红壤可以参比成 ST 系统的老成土(Ultisols)、氧化土(Oxisols)、淋溶土(Alfisols)和始成土(Inceptisols),它们的参比度分别为 56.0%, 16.6%, 8.6%和 18.8%; 又如暗棕壤,可解译成 ST 系统的淋溶土(Alfisols)和始成土(Inceptisols),它们的参比度分别为 63.1%和 36.9%,都相当分散,没有一个可与 ST 系统参比的主要类型。对于这些土类,虽然也可以作为参比基准,但其可信度过低,都 < 70%,为此,我们只把少部分的参比结果列于表 4,以免产生误导。对于这部分土类,我们认为应该在更低的土壤分类单元上和分区域进行深入的研究,以便提高参比精度,这样才能作为参比基准。

3 结论

根据 GSCC 土类与 ST 土纲参比,得到最大参比度大于 95%的 GSCC 土类共有 20 个,占 GSCC 系统 60 个有资料土类的 1/3。这些具有高参比度的土类可作为这两个分类系统的参比基准,并加以广泛地应用。最大参比度介于 70% ~95%的 GSCC 土类共有 15 个,进行参比时虽然还存在一定的误差,但在没有更

表 3 GSCC 土类与 ST 土纲最大参比度为 70% ~95%的类型

| GSCC 土纲 | GSCC 土类 | ST 土纲            | 面积( $10^4 \text{ km}^2$ ) | 占陆地国土面积/% | 最大参比度/% |
|---------|---------|------------------|---------------------------|-----------|---------|
| 铁铝土     | 砖红壤     | 老成土(Ultisols)    | 3.46                      | 0.362     | 82.0    |
| 淋溶土     | 棕壤      | 淋溶土(Alfisols)    | 17.84                     | 1.866     | 70.7    |
|         | 棕色针叶林土  | 淋溶土(Alfisols)    | 8.33                      | 0.871     | 78.4    |
| 半淋溶土    | 褐土      | 淋溶土(Alfisols)    | 18.86                     | 1.973     | 70.8    |
|         | 黑钙土     | 软土(Mollisols)    | 12.51                     | 1.308     | 89.3    |
| 初育土     | 火山灰土    | 火山灰土(Andisols)   | 0.30                      | 0.031     | 87.4    |
|         | 紫色土     | 始成土(Inceptisols) | 18.50                     | 1.935     | 81.7    |
|         | 粗骨土     | 新成土(Entisols)    | 12.67                     | 1.325     | 77.5    |
| 半水成土    | 潮土      | 始成土(Inceptisols) | 32.27                     | 3.375     | 94.0    |
| 盐碱土     | 酸性硫酸盐土  | 始成土(Inceptisols) | 0.04                      | 0.004     | 94.7    |
|         | 碱土      | 淋溶土(Alfisols)    | 0.45                      | 0.047     | 86.5    |
| 人为土     | 水稻土     | 始成土(Inceptisols) | 33.80                     | 3.535     | 74.0    |
| 高山土     | 草毡土     | 始成土(Inceptisols) | 42.71                     | 4.467     | 84.4    |
|         | 黑毡土     | 始成土(Inceptisols) | 18.55                     | 1.941     | 73.4    |
|         | 棕冷钙土    | 干旱土(Aridisols)   | 0.66                      | 0.069     | 78.5    |

表 4 GSCC 土类与 ST 土纲最大参比度<70%的部分土类

| GSCC 土纲 | GSCC 土类 | ST 土纲            | 面积(10 <sup>4</sup> km <sup>2</sup> ) | 占陆地国土面积/% | 最大参比度/% |
|---------|---------|------------------|--------------------------------------|-----------|---------|
| 铁铝土     | 赤红壤     | 老成土(Ultisols)    | 11.57                                | 1.210     | 56.0    |
|         | 红壤      | 老成土(Ultisols)    | 43.55                                | 4.555     | 69.3    |
|         | 黄壤      | 始成土(Inceptisols) | 12.78                                | 1.336     | 52.0    |
| 钙成土     | 栗钙土     | 软土(Mollisols)    | 20.95                                | 2.191     | 54.1    |
|         | 栗褐土     | 淋溶土(Alfisol)     | 2.34                                 | 0.245     | 53.3    |
|         | 黑垆土     | 始成土(Inceptisols) | 0.97                                 | 0.102     | 50.1    |

新更详细的研究结果之前,可以应用这些结果作为参比基准.最大参比度<70%的 GSCC 土类有 25 个,造成参比度低的主要原因是 GSCC 系统与 ST 系统的分类理论和划分标准大不一样,这些土类与 ST 系统间类型间的参比相当分散,为了提高参比精度,我们认为很有必要在更低的土壤分类单元上和分区域进行深入研究.由于其最大参比度过低,我们认为这些土类目前还不能作为这两个系统参比基准.

致谢 本工作受中国科学院知识创新工程领域前沿项目(ISSASIP0201)、江苏省自然科学基金重点项目(BK2002504)和国家重点基础研究发展规划项目(G1999011810)资助.

参 考 文 献

- 1 Soil Survey Staff in USDA. Keys to Soil Taxonomy (Sixth Edition), 1992. 1~ 306
- 2 FAO/ISRIC/ISSS. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports, 1998. 1~87
- 3 Eswaran H, Rice T, Ahrens R, et al. Soil Classification, a Global Desk Reference. CRC Press, 2003. 1~263

- 4 史学正, 龚子同. 我国东南部不同分类系统中土壤类别归属的对比研究. 土壤通报, 1996, 27(3): 97~102
- 5 龚子同, 陈志诚, 骆国保, 等. 中国土壤系统分类参比. 土壤, 1999, (2): 57~ 63
- 6 全国土壤普查办公室. 中国土种志 (第一卷). 北京: 中国农业出版社, 1993. 1~ 924
- 7 全国土壤普查办公室. 中国土种志(第二卷). 北京: 中国农业出版社, 1994. 1~739
- 8 全国土壤普查办公室. 中国土种志(第三卷). 北京: 中国农业出版社, 1994. 1~ 744
- 9 全国土壤普查办公室. 中国土种志(第四卷). 北京: 中国农业出版社, 1995, 1~ 806
- 10 全国土壤普查办公室. 中国土种志(第五卷). 北京: 中国农业出版社, 1995, 1~ 886
- 11 全国土壤普查办公室. 中国土种志(第六卷). 北京: 中国农业出版社, 1996, 1~ 880
- 12 龚子同, 赵其国, 曾昭顺, 等. 中国土壤分类暂行草案. 土壤, 1978, (5): 168~169
- 13 席承藩主编. 中国土壤. 北京: 中国农业出版社, 1998. 1~1253
- 14 梭颇著(李庆逵和李连捷译). 中国之土壤. 土壤特刊, 乙种一号. 地质调查所土壤研究室, 1936

(2004-02-13 收稿, 2004-03-25 收修改稿)