

《中国标准土壤色卡》与日本《新版标准土色贴》 颜色准确性的比较^①

晏昭敏*, 袁大刚*, 陈剑科, 吕扬, 翁倩, 付宏阳, 王昌全

(四川农业大学资源学院, 成都 611130)

摘要: 本文旨在确定《中国标准土壤色卡》(1989)和日本《新版标准土色贴》(2014)两种色卡书的颜色标注是否准确、二者之间是否存在显著的差异, 以及确定能否也用后者来确定中国土壤颜色。首先用日本柯尼卡美能达 CM-600d 型分光测色计测定两种色卡书所有色片的 Munsell 色调(H)、明度(V)和彩度(C)值, 再利用均方误差(MSE)和均方根误差(RMSE)等统计参数, 借助土壤颜色差异等级标准(微弱、明显、突出), 评估色片测量值与标注值的差异, 并用广义线性混合模型(GLMMs)检查测量变化的来源。结果表明: 标注值与测量值的 MSE 和 RMSE 在 H 值方面表现为日本《新版标准土色贴》略高于《中国标准土壤色卡》, 而在 V 值和 C 值方面表现为日本《新版标准土色贴》比《中国标准土壤色卡》分别低了 71.43%、63.49% 和 47.17%、39.24%。对于两种色卡书中常用的、有同样色调的色片, 日本《新版标准土色贴》的 290 个色片中有 6 个(占 2.07%)有“明显”差异, 而《中国标准土壤色卡》的 289 个色片中有 27 个(达 9.34%)有“明显”差异, 但二者均无“突出”差异的色片。GLMMs 统计模型显示两种色卡书之间存在显著性差异($P < 0.0001$)。日本《新版标准土色贴》在 V 和 C 上较《中国标准土壤色卡》有更准确的颜色表示, 但《中国标准土壤色卡》有更丰富的色片且具有中国特色, 更适于我国土壤颜色的鉴定。

关键词: 土壤颜色; 色卡书; Munsell 颜色; 分光测色计

中图分类号: S152.2+4 文献标识码: A

土壤颜色是土壤调查中需观测的最醒目的形态特征之一, 是最容易监测的一个反映土壤物质组成及其性质的指标, 是判断成土环境、土壤发育程度及肥力特征的重要依据^[1]。土壤系统分类中土壤颜色的判别主要依据 Munsell 色空间绘制的土壤色卡, 将土壤颜色用色调(Hues, H)、明度(Value, V)、彩度(Chroma, C)进行解释, 明确土壤颜色在土壤 Munsell 色卡中的位置^[2]。因此, 土壤 Munsell 色卡书是几乎所有的土壤科学家所必备的工具之一。

长期以来, 我国在土壤调查研究中对土壤颜色主要采用目视描述法。在中国 20 世纪三、四十年代的土壤调查中, 参考英国土色标准, 侯光炯配制了 48 个土色标准瓶, 成为当时中央地质调查所暂行土色描述标准; 在全国第二次土壤普查中, 华中农学院(1982)编制了《标准土色卡》^[3]; 随着调查研究工作的深入, 根据中国土壤颜色情况, 中国科学院南京土壤研究所和西安光学精密机械研究所(1989)联合编制了《中国

标准土壤色卡》(当时售价 120 元)^[4]。目前, 国际土壤调查普遍采用美国的《Munsell Soil Color Charts》(目前最低售价约 1 600 元)^[5]和日本《新版标准土色贴》(目前最低售价约 2 000 元)^[6]描述土壤颜色。在发展中国土壤系统分类高级分类体系的过程中, 《中国土壤系统分类》(首次方案)、《中国土壤系统分类》(修订方案)和《中国土壤系统分类检索》(第三版)均推荐使用《中国标准土壤色卡》和《新版标准土色贴》。

国际上关于利用标准色卡书来评估土壤颜色的研究已有不少, 近年来利用便于控制测试条件的测色仪器, 客观、定量、精确地测定土壤颜色的方法、设备也开始大量涌现^[7-9]。Fernandez 和 Schulze^[10]曾使用一种分光光度计收集了一份 Munsell 土壤色卡所有色片的反射光谱, 结果显示测量的 V 值与标注值没有显著的不同, 而测量的 H 和 C 值与标注的 H 和 C 值有显著性差异。Thompson 等^[11]使用分光光度计对《Munsell Soil Color Charts》和《GLOBE Soil Color

基金项目: 国家自然科学基金项目(41671218)和国家科技基础性工作专项项目(2014FY110200A12)资助。

* 通讯作者(690654034@qq.com)

作者简介: 晏昭敏(1995—), 女, 四川泸州人, 硕士研究生, 主要从事土壤资源可持续利用研究。E-mail: 1756000941@qq.com

Book》两种不同品牌色卡书的 H、V 和 C 值进行测量,并用土壤颜色差异标准(微弱、明显、突出)评估了每个色片的测量值与标注值是否相同,结果表明这两种品牌的颜色代表有微弱的差异,主要是 10YR 3/6 和 10YR 4/6 色片的差异。日本土色卡首次出版以来不断重新印刷出版,最新版本为 2014 年版《新版标准土色贴》;《中国标准土壤色卡》(1989)制作时全部色片 Munsell 值均经精密测定,且采用国内先进涂色和印刷技术印制,质量得到保证,但第一次出版后便未再版。由于当时制作的数量有限,因而非常珍贵,现在根本无法购到。为此国内有人也用《新版标准土色贴》和《Munsell Soil Color Charts》来确定土壤颜色,但对之与《中国标准土壤色卡》相比的孰优孰劣尚有疑虑,且目前暂无三者之间的比较研究。为解决这一问题,本研究以最为客观的测色仪为基准,考虑到中国和日本地理位置较为接近,土壤颜色类型上应该具有更大的类似性,且《中国标准土壤色卡》以日本《新版标准土色贴》为参考基础制作,理论上可认为《新版标准土色贴》与《中国标准土壤色卡》更为接近。同时,中国土壤系统分类也推荐使用这两种色卡,因此本文重点定量比较《中国标准土壤色卡》和《新版标准土色贴》的标注颜色是否准确、差异是否显著。

1 材料与方 法

1.1 土色卡及其颜色测量

供试土色卡为《中国标准土壤色卡》(1989)和《新版标准土色贴》(2014),均未污损。用柯尼卡美能达 CM-600d 型分光测色计测量每一个色片的 Munsell 颜色,该仪器广泛应用于各行业中反射目标色的颜色和色差测量,是一款轻便、紧凑且精度很高的分光测色计。仪器使用时周围温度范围 5~40℃,相对湿度为 80% 以下,且周围环境无烟雾、尘土、化学气体及产生强烈磁场的设备。测量试验在实验室内进行,测量时避免阳光和室内灯光直接照射,测定参数为观测角度 2°、内置 C 光源,测量面积直径为 8 mm。分光测色计在第一次使用时进行标准零校正,并在每本书测量开始前用标准的白色校正板(CM-A177)进行标准的白板校准。色卡书的每一个色片都被测量 1 次,并从每一个色片的中心收集测量数据。测量结束后通过仪器 USB 端口连接电脑,用色彩数据软件 SpectraMagic NX 对数据进行导出、整合,H、V 和 C 的测量值被记录并精确到小数点后一位(例如,7.6R 6.5/4.3)。在与第一次测量环境条件相同情况下,重

复 3 次,并用同样的方法对数据进行导出与整合,最后对数据结果进行平均值处理。每一个色片的“标注颜色”被认为是该色片的标准 Munsell 颜色,而分光测色计测定的 Munsell 颜色被认为是“测量颜色”。通过对色片标注值与测量值的比较,可以分析两种色卡书之间各自的准确性和相互间的差异。

1.2 典型土壤样品及其颜色测量

2015—2016 年在川中丘陵区采集了 27 个土壤剖面并制成备用土样,从中选取一个典型紫色土剖面(3 个土样),分别用《中国标准土壤色卡》、《新版标准土色贴》和柯尼卡美能达 CM-600d 型分光测色计对典型土壤样品进行比色和测色,比较分析两种色卡书实际比色差异是否显著。利用两种土色卡目测比色时,参与比色的实验人员均无色盲、色弱,比色时段控制在日出后 3 h 至日落前 3 h 之间,靠近窗口比色且避免阳光直接照射。将土样平铺置于白瓷盘内,找出与土色相当的色调页,并将框格卡覆于色卡上,露出与土壤颜色接近的色片,即可进行比色。湿润土比色时用滴管将水滴在风干土表面,待水刚渗入土壤时立即测定。若测得的土壤 Munsell 颜色值位于两色片之间,可取其中间值。实验者同一实验室内判别 3 次,再由另一实验者判别,无争议后确定土样最终目测颜色并记录。用分光测色计测量土样时,将供试土样盛置于配套的粉末测试装置盒中,使土样略多于装置,拧紧装置盖,制备成待测土样。其余步骤按 1.1 部分进行,最后记录土壤 Munsell 颜色值。

1.3 土色卡颜色差异比较

1.3.1 统计参数比较 用描述性统计参数极大值、极小值、标准差、平均值、均方误差(MSE)和均方根误差(RMSE)比较两种色卡书测量值与标注值的差异,方法间平均值越接近,MSE、RMSE 越接近于 0,表明差异越小^[12],即测量值越接近色卡标注值,说明色卡颜色表示有更好的准确度。需注意,在土壤 Munsell 色卡中,H 由 2.5 的整数倍与英文颜色缩写组合作为一个色调,如 2.5R、5YR、7.5Y 等,在计算描述性统计参数时,为了使 H 数量化将字母转换为数值,实验将 2.5R 计为 2.5,2.5YR 计为 12.5,2.5Y 计为 22.5^[1],以此类推。

1.3.2 绝对偏差比较 利用美国《土壤描述与采样野外手册》^[13]拟定的“Munsell 颜色差异等级表”对色片标注值和测量值进行对比分析,不是直接比较 H、V 和 C 值,而是比较色卡标注颜色和测量颜色之间绝对差(Δ)的绝对值。如表 1 所示,设定颜色对比的 3 个等级(微弱、明显和突出)用于评估土壤颜色之

间的视觉差别程度。例如，如果标注的颜色是 2.5YR 5/3，而测量的颜色是 2.3YR 4.8/2.8，那么 $\Delta H=0.2$ ， $\Delta V=0.2$ ， $\Delta C=0.2$ ，在这种情况下，颜色的差异等级是 F(微弱)(表 1)；反之，如果标注的颜色是 10R 3/6，而测量的颜色是 7.4R 3.4/4.4，那么 $\Delta H=2.6$ ， $\Delta V=0.4$ ，而 $\Delta C=1.6$ ，在这种情况下，颜色的差异等级是 D(明显)。本文对 2 种色卡书有共同色调的

色片进行标注值和测量值的绝对偏差比较分析，包括 7.5R、10R、2.5YR、5YR、7.5YR、10YR、2.5Y、5Y、7.5Y 和 10Y 色调区域，由此《中国标准土壤色卡》共有 289 个色片，《新版标准土色贴》共有 290 个色片。差异等级为微弱所占比重越大，测色仪测量值越接近色卡标注值，色卡颜色表示越准确。

表 1 颜色对比的判定规则
Table 1 Decision rules for color contrast

$\Delta H < 2.5$			$\Delta H \geq 2.5$			$\Delta H > 5$		
ΔV	ΔC	差异等级	ΔV	ΔC	差异等级	ΔV	ΔC	差异等级
2.49	0 ~ 1.49	F	1.49	0 ~ 1.49	F	0.49	0.49	F
2.49	1.5 ~ 2.49	D	1.49	1.5 ~ 2.49	D	0.49	0.5 ~ 1.49	D
2.49	2.5 ~ 3.49	D	1.49	2.5 ~ 3.49	P	0.49	1.5	P
2.49	3.5	P	1.5 ~ 2.49	0 ~ 1.49	D	0.5~1.49	1.49	D
>2.5	1.49	D	1.5 ~ 2.49	1.5 ~ 2.49	D	0.5~1.49	1.5	P
			1.5 ~ 2.49	2.5 ~ 3.49	P	1.5	-	P
			2.5	-	P			

注：表中 F(faint)表示微弱，D(distinct)表示明显，P(prominent)表示突出。如果颜色 $\Delta V \geq 2.49$ 且 $\Delta C \geq 1.49$ ，那么差异等级为 F，同时不用考虑 H 差值。

1.4 广义线性混合模型分析

为简便利用广义线性混合模型(GLMMs)来检查测量变化的来源，本文将前文中“差异等级”结果为微弱(F)的用 0 表示，明显和突出(D 和 P)的均用 1 表示，这样数据就被简化为二分类数据集(微弱和不微弱)，具有相关关系的二分类统计数据就可以用广义线性混合模型(GLMMs)分析来检查测量变化的来源。在具体统计分析中，只选择两种色卡书包含共同 Munsell 色调的色片数据，其中以品牌(中国与日本)为固定因素，测量次数为随机因素，H、V 和 C 为预测因子。

1.5 数据统计分析软件

描述性统计分析及数据处理利用 Microsoft

Excel 2016，广义线性混合模型(GLMMs)分析用 IBM Statistics SPSS20。

2 结果与分析

2.1 色卡设计差异

《中国标准土壤色卡》共有 15 张色调页，28 种色调，426 个色片，色片比《新版标准土色贴》多 37 个，最显著的差异在于 RP 和 R 色调的色片设置，《中国标准土壤色卡》与《新版标准土色贴》相比，增加了 2.5RP、5RP、7.5RP、10RP、2.5R 和 5R 等色调^[14]，而《新版标准土色贴》仅仅在书的末尾有 RP 色调的 7 个低 C 值色片。与《中国标准土壤色卡》相比，《新版标准土色贴》缺少的色片主要集中在高 C 值区域。

表 2 中国《中国标准土壤色卡》和日本《新版标准土色贴》色片分布情况
Table 2 Color chip distribution of Chinese Standard Soil Color Charts and Japanese New Standard Soil Color Book

色卡来源	色片总数	H					V		C	
		R	YR	Y	RP	其他	4	5	3	4
中国	426	71	142	95	41	77	180	246	287	139
日本	389	56	146	95	7	85	169	220	287	102

注：表中 R = 2.5R、5R、7.5R 和 10R；YR = 2.5YR、5YR、7.5YR 和 10YR；Y = 2.5Y、5Y、7.5Y 和 10Y；其他 = 5GY、10GY、5G、10G、5BG、10BG、5B、10B、5PB 和 N。

2.2 色卡测量偏差

2.2.1 统计参数比较 由表 3 可知,《中国标准土壤色卡》H 值范围为 7.73 ~ 36.57, 平均值较《新版标准土色贴》偏黄 1.01, 即偏黄 0.4 个色调, MSE 和 RMSE 分别为 2.18 和 1.48, 比《新版标准土色贴》分别仅低 0.16 和 0.05。《中国标准土壤色卡》V 值范围为 2.70 ~ 7.81, 平均值为 4.96, C 值范围为 0.37 ~ 8.59, 平均值为 2.93, 与《新版标准土色贴》较一致。但《新版标准土色贴》V 值和 C 值的 MSE、RMSE 均比《中国标准土壤色卡》低, MSE 分别低了 0.2(71.43%) 和 0.4(63.49%), RMSE 分别低了 0.25(47.17%) 和 0.31(39.24%), 表明《新版标准土色贴》的 V 和 C 值偏离程度更低, 测量值与色卡标注

值差异较小, 即《新版标准土色贴》在 V 值和 C 值的颜色表示上有更好的准确度。

2.2.2 绝对偏差比较 标注和测量的 Munsell 颜色所得到的绝对偏差的统计结果(表 4)表明, 两种色卡书在 Munsell 颜色的表示上有一致的差异。总的来说,《新版标准土色贴》中 V 和 C 的绝对偏差比《中国标准土壤色卡》更小, 而 H 值的绝对偏差在两种色卡书中相似, 这与表 3 所得结果一致。在分别考虑 H、V 和 C 值的差异时,《新版标准土色贴》除了 2.5Y 和 5Y 表现出标注颜色值和测量值之间较小的差异, 其余所有情况都显示出较大差异, 但《中国标准土壤色卡》也是如此。在所有的类别中, 标注和测量的 C 值之间的偏差往往大于 V 值的偏差。

表 3 两种色卡书统计参数比较
Table 3 Comparison of statistical parameters of Chinese and Japanese color charts

指标	中国《中国标准土壤色卡》						日本《新版标准土色贴》					
	最小值	最大值	平均值	标准差	MSE	RMSE	最小值	最大值	平均值	标准差	MSE	RMSE
H	7.73	36.57	18.27	5.95	2.18	1.48	1.77	32.20	17.26	6.6	2.34	1.53
V	2.70	7.81	4.96	1.36	0.28	0.53	2.23	7.84	4.99	1.65	0.08	0.28
C	0.37	8.59	2.93	1.96	0.63	0.79	0.43	8.55	3.00	2.11	0.23	0.48

未在表 4 中表达出来的信息表明,《中国标准土壤色卡》测量的 H 值大部分比标注值大, 而《新版标准土色贴》则相反。同样地, 在《中国标准土壤色卡》和《新版标准土色贴》中, 除了 V=2 和 3, 其余 V 的测量值几乎都低于标注值; 而彩度的测量值并不总是比标注值更大或更低。大体上来说, 当标注 V 值较低时, C 的测量值往往比标注值低, 当标注 V 值较高时, C 的测量值往往比标注值高; 相反地, 对于低 C 值的色片, C 的测量值往往比标注值要高, 而在高 C 值色片中, C 的测量值往往比标注值低。这些结果与 Thompson 等^[11]利用分光色度计(柯尼卡美能达 CR-400)对《Munsell Soil Color Charts》和《GLOBE Soil Color Book》H、V 和 C 的测量结果一致。

如表 4 所示, 对于两种色卡书来说, H、V、C 的测量值和标注值之间出现最大的偏差通常发生在低 V 值的色片中(V=2 和 3)。这些结果也与 Fernandez 和 Schulze^[10]的发现相似, 他们发现在《Munsell Soil Color Charts》中, V 值的测量结果在低 V 值范围内(V=2 和 2.5)高于标注值, C 值的测量结果在高 C 值范围内(C ≥ 4)低于标注值。

由表 5 可知, 在《新版标准土色贴》的 290 个色片测量结果中, 有 6 个(仅占 2.07%)在测量颜色和标注颜色之间有明显的差异, 而在《中国标准土壤色卡》

的 289 个色片测量结果中, 则有 27 个(达 9.34%)在测量颜色和标注颜色之间有明显的差异。在所有测量的色调中, 两种色卡书都在 Y 色调区域出现最少有明显差异的色片。对那些有明显差异的色片的检查表明,《中国标准土壤色卡》中与标注颜色偏差的来源主要是测量的 C 值的差异, 在有明显差异的 27 个色片中, 有 24 个所测的 C 值比标注值低 1.5 个单位;《新版标准土色贴》中有 4 个颜色偏差的来源是测量的 H 值的差异, 4 个色片分别是 7.5R 2/1、7.5R 1.7/1、10R 2/1 和 10R 1.7/1; 另外两个则是 C 值偏差, 分别为 10R 3/6 和 2.5YR 2/4。

统计模型也显示, 两种不同品牌的色卡之间存在显著性差异($P < 0.0001$), 表明《新版标准土色贴》有更准确的颜色表示, 但两者在 H、V 和 C 之间无统计学差异($P=0.301, 0.095$ 和 0.584)。考虑到中国比日本幅员更为辽阔, 土壤类型及其颜色更为丰富多样,《中国标准土壤色卡》有 426 个色片, 比日本《新版标准土色贴》多 37 个, 实际上更能满足我国土壤颜色的确定。

2.3 实际案例

3 种测色工具对川中武胜地区紫色土的 Munsell 颜色测定结果如表 6 所示,《中国标准土壤色卡》对同一剖面不同发生层干态土壤的颜色比色结果均为

表 4 Munsell 参数测量平均值与标注值的绝对偏差
Table 4 Absolute deviations between Munsell parameters stated and measured values

因素	《中国标准土壤色卡》			《新版标准土色贴》			
	H	V	C	H	V	C	
综合	1.04	0.45	0.58	1.05	0.24	0.33	
H	7.5R	1.92	0.33	0.66	2.03	0.30	0.29
	10R	1.36	0.35	0.45	1.64	0.26	0.32
	2.5YR	1.09	0.51	0.52	1.34	0.27	0.44
	5YR	1.33	0.55	0.78	0.98	0.26	0.41
	7.5YR	0.81	0.47	0.68	1.10	0.24	0.35
	10YR	0.74	0.55	0.78	0.80	0.22	0.41
	2.5Y	0.62	0.50	0.47	0.50	0.20	0.27
	5Y	0.76	0.45	0.33	0.57	0.21	0.24
	7.5Y	0.95	0.29	0.31	0.85	0.21	0.13
	10Y	1.03	0.28	0.27	1.33	0.23	0.18
V	8	1.02	0.69	0.49	0.78	0.23	0.25
	7	1.08	0.63	0.27	0.82	0.26	0.13
	6	0.91	0.46	0.39	0.70	0.24	0.13
	5	0.88	0.26	0.57	0.70	0.16	0.25
	4	0.93	0.08	0.81	0.75	0.12	0.38
	3	1.09	0.39	0.79	1.24	0.21	0.60
	2	1.58	0.96	0.96	2.08	0.52	0.73
	1	1.72	0.46	0.25	1.57	0.28	0.19
C	2	0.99	0.45	0.37	0.91	0.25	0.26
	3	0.80	0.46	0.54	0.89	0.24	0.34
	4	0.65	0.46	0.70	0.82	0.22	0.41
	6	0.80	0.41	1.00	0.94	0.19	0.51
	8	0.95	0.44	0.99	0.91	0.16	0.47

表 5 测量值与标注值有明显差异的色片分布情况(个)
Table 5 Distribution of color chips with distinct differences between measured and stated values

书名	7.5R	10R	2.5YR	5YR	7.5YR	10YR	2.5Y	5Y	7.5Y	10Y	合计
《中国标准土壤色卡》	2	3	2	7	4	6	1	0	2	0	27
《新版标准土色贴》	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	6

表 6 两种色卡和分光测色计实测土样的 Munsell 颜色
Table 6 Munsell color of soil samples measured by two color charts and spectrophotometer

土样名称	发生层深度 (cm)	中国土色卡		日本土色卡		测色计	差异等级	
		干态	润态	干态	润态	干态	中国 & 测色计	日本 & 测色计
紫色土	0~17	2.5YR 4/3	2.5YR 3/2	5YR 4/2	2.5YR 2/2	4.8YR 4.1/2.3	F	F
	17~27	2.5YR 4/3	2.5YR 2/4	5YR 4/2	2.5YR 2/2	4.2YR 3.9/2.3	F	F
	27~40	2.5YR 4/3	2.5YR 2/4	2.5YR 4/3	2.5YR 2/2	3.5YR 4.2/2.6	F	F

2.5YR 4/3, 润态土壤 H 值也为 2.5YR, 0~17 cm 土层的 V/C 值为 3/2, 其余则为 2/4, 表层土壤较深层土壤高一个明度值, 低两个彩度值。《新版标准土色贴》对该土壤剖面的比色结果与《中国标准土壤色卡》不尽相同, 润态土壤比色结果与《中国标准土壤色卡》差别不大; 干态土壤中, 0~27 cm 土层的 H 值为

5YR, 比《中国标准土壤色卡》的比色结果偏黄一个单位(2.5), V 值和 C 值差别不大。由于分光测色计对润态土壤进行测量有所不便, 因此只对干态土壤进行了测量。两种色卡书对同一土壤剖面的比色结果有细微的差别, 但与分光测色计测量结果的差异等级均为 F, 表明两种色卡书本身的色片误差都比较小, 均可

满足中国地区土壤颜色的测定。

3 讨论

土壤颜色是土壤中许多物理和化学指标如有机物质和氧化铁含量等的反映^[15]。不同类型土壤常具有不同的颜色,因而土壤颜色能辅助野外土壤类型的识别^[16],Munsell 土壤色卡书因其便携性和易操作性在土壤的分类和野外定名中应用广泛。本研究用日本柯尼卡美能达 CM-600d 型分光测色计测定《中国标准土壤色卡》(1989)和《新版标准土色贴》(2014)中所有色片的 H、V、C 值,MSE 和 RMSE 等描述性统计参数结果显示,在中、日色卡有共同色调的部分中,《中国标准土壤色卡》H 值的 MSE 和 RMSE 比《新版标准土色贴》略低,但 V、C 值的 MSE 和 RMSE 比《新版标准土色贴》高得多,即《新版标准土色贴》在 V 值和 C 值的观测上有更高的准确度。通过测量值与色卡标注值的差异等级划分对 2 种土色卡有共同色调部分的色片进行比较,结果显示《新版标准土色贴》差异在“微弱”等级的数量高达 98% 左右,《中国标准土壤色卡》略少,但也能保持在 90% 以上。《中国标准土壤色卡》出现明显差异的色片数量较多且集中体现在彩度值的偏差上,这可能是由于出版时间不同、色彩色差技术和涂色印刷技术的不同导致色片本身存在一定的系统误差。2014 年出版的《新版标准土色贴》在色片制作精度与色差等技术上可能比 1989 年出版的《中国标准土壤色卡》更精准。建议国内科技工作者采用最先进的色彩色差技术和涂色印刷技术,进一步提高色片制作精度、减小色片偏差以完善我国土色卡系统,为以后我国土壤颜色研究提供可靠参考。由于《中国标准土壤色卡》目前已经无法购到,土壤科学工作者可以选用《新版标准土色贴》来测定中国土壤。另外,针对同一批土壤,务必要用同一个色卡,且色卡书在使用过程中不能长时间曝光,更不能在强烈阳光下直射,以防颜色发生变化。接下来的研究将进一步比较美国《Munsell Soil Color Charts》与日本《新版标准土色贴》、《中国标准土壤色卡》的颜色准确性差异。

随着土壤颜色与土壤理化性质关系研究的深入,采用 Munsell 色卡目视比色不再是唯一判别土壤颜色的方法。测色仪能获取多种色度空间、色度指标,利于扩展土壤颜色研究的色度空间种类和土壤颜色测量的精度,因此各类测色仪逐渐应用于土壤颜色的测定。冯力威等^[17]利用分光测色计 CM700d 测定河南仰韶村遗址剖面色度指标,以反映该地区古气候变化

特征。Stiglitz 等^[18]研究了相对便宜且无 Munsell 色度参数的颜色传感器(NixTM Pro)测量土壤颜色的精确度,结果表明颜色传感器(NixTM Pro)在土壤颜色测量中是精确的,并且无论干土或湿土的测量结果都与实验室标准色度计相当。Islam 等^[19]使用 Cary 5000 紫外-可见-近红外分光光度计中可见光波段间接测定土壤 Munsell 颜色,其测定结果与目测值决定系数 R^2 均保持在 0.84 以上,具有良好相关关系。虽然各类测色仪之间可能存在一定差异,但均能与目测保持较好的一致性。因此,研究者在使用土壤 Munsell 色卡判别土壤颜色时可以选用合适的测色仪进行辅助,以确保实验数据准确度,减少土壤颜色偏离问题产生,当然更希望能有适宜野外工作的便携、快速的测色仪出现。

4 结论

基于测色仪的信息,《中国标准土壤色卡》出现明显差异的色片数量达 9.34%,而日本《新版标准土色贴》出现明显差异的色片仅占 2.07%,后者有相对更为准确的颜色参考。与《中国标准土壤色卡》相比,《新版标准土色贴》V 值和 C 值的 MSE 和 RMSE 分别低了 71.43%、47.17% 和 63.49%、39.24%,有更好的准确度。但《中国标准土壤色卡》是根据中国土壤颜色情况而研制的标准色卡,色调页和色片数量都超过了国外同类土壤色卡,相对于《新版标准土色贴》,《中国标准土壤色卡》增加了专供描述紫色土的 2.5RP、5RP、7.5RP、10RP、5P 等色调,也增加了 2.5R 和 5R 色调的色片,可为有“紫色砂、页岩岩性特征”和“红色砂、页岩、砂砾岩和北方红土”分布的地区提供颜色参考,仍可满足我国土壤颜色描述的需要。

参考文献:

- [1] Rossel R A V, Minasny B, Roudier P, et al. Colour space models for soil science[J]. Geoderma, 2006, 133(3): 320-337
- [2] 龚子同. 中国土壤系统分类:理论·方法·实践[M]. 北京:科学出版社,1999
- [3] 华中农学院(朱敬初,杨补勤). 标准土色卡(第 2 版)[M]. 武昌:华中农学院比色卡印制厂,1982
- [4] 中国科学院南京土壤研究所,中国科学院西安光学精密机械研究所. 中国标准土壤色卡[M]. 南京:南京出版社,1989
- [5] Munsell color and X-Rite. Munsell soil color charts. 2009 revised edition[M]. Grand Rapids: Munsell color and X-Rite, 2013

- [6] 小山正忠, 竹原秀雄. 新版标准土色贴(第 36 版)[M]. 东京: 富士平工业株式会社, 2014
- [7] Gómez-Robledo L, López-Ruiz N, Melgosa M, et al. Using the mobile phone as Munsell soil-colour sensor: An experiment under controlled illumination conditions[J]. *Computers & Electronics in Agriculture*, 2013, 99(7): 200–208
- [8] Levin N, BenâDor E, Singer A. A digital camera as a tool to measure colour indices and related properties of sandy soils in semiâarid environments[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2005, 26(24): 5475–5492
- [9] Baumann K, Schöning I, Schrupf M, et al. Rapid assessment of soil organic matter: Soil color analysis and fourier transform infrared spectroscopy[J]. *Geoderma*, 2016, 278: 49–57
- [10] Fernandez R N, Schulze D G. Calculation of soil color from reflectance spectra[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1987, 51(5): 1277–1282
- [11] Thompson J A, Pollio A R, Turk P J. Comparison of Munsell Soil Color Charts and the GLOBE Soil Color Book[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2013, 77(6): 2089–2093
- [12] 谢文, 赵小敏, 郭熙, 等. 基于组合模型的庐山森林土壤有效铁光谱间接反演研究[J]. *土壤学报*, 2017, 54(3): 601–612
- [13] Schoeneberger P J, Wysocki D A, Benham E C, et al. Field book for describing and sampling soils, Version 3.0[M]. Lincoln: Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Centre, 2012
- [14] 余建军, 陈沅, 白晓梅, 等. 《中国标准土壤色卡》中芒塞尔颜色系统的建立[J]. *土壤*, 1997, 29(4): 212–214
- [15] Santana O A, Encinas J I, Amorim L B D, et al. Relationship between redness index of soil and carbon stock of aerial biomass in Cerrado vegetation[J]. *Ciência Florestal*, 2013, 23(4): 783–794
- [16] Han P, Dong D, Zhao X, et al. A smartphone-based soil color sensor: For soil type classification[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2016, 123: 232–241
- [17] 冯力威, 吴克宁, 查理思, 等. 仰韶文化遗址区古土壤色度特征及其气候意义[J]. *生态环境学报*, 2015, 24(5): 892–897
- [18] Stiglitz R, Mikhailova E, Post C, et al. Evaluation of an inexpensive sensor to measure soil color[J]. *Computers & Electronics in Agriculture*, 2016, 121(C): 141–148
- [19] Islam K, McBratney A B, Singh B. Estimation of soil colour from visible reflectance spectra[A]//SuperSoil Committee. SuperSoil 2004: 3rd Australian New Zealand Soils Conference[C]. Sydney: The Regional Institute, 2004

Comparison of Color Accuracy Between Chinese Standard Soil Color Charts and Japanese New Standard Soil Color Book

YAN Zhaomin, YUAN Dagang^{*}, CHEN Jianke, LÜ Yang, WENG Qian, FU Hongyang, WANG Changquan

(College of Resources, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: The purposes of this paper are comparing the accuracies and differences between Chinese Standard Soil Color Charts (1989, abbreviated as Chinese Charts) and Japanese New Standard Soil Color Book (2014, abbreviated as Japanese Charts), and determining whether the latter can also be used to determine the color of Chinese soil. Firstly, the Munsell hues (H), value (V) and chroma (C) values of all the color chips of the two color charts were measured with the Japanese Konica Minolta CM-600d spectrophotometer, then the differences between the measured and the stated values were evaluated by using statistical parameters such as mean square error (MSE) and root mean square error (RMSE) with the help of a soil color difference grade standard (faint, distinct, prominent), and finally the sources of the measurement variation were examined by the generalized linear mixed model (GLMMs). The results showed that MSE and RMSE of the stated and measured values are shown in H as Japanese Charts slightly higher than Chinese Charts. In terms of V and C, Japanese Charts is far below Chinese Charts, which are 71.43%, 63.49% and 47.17% and 39.24%, respectively. For those color chips which are commonly used and have the same color hues in the two charts, 6 (only 2.07%) of the 290 color chips in Japanese Charts have distinct differences, while 27 (9.34%) of the 289 color chips in Chinese Charts have distinct differences, but there are no prominent differences between the two charts. The GLMMs statistical model showed a significant difference between the two charts ($P < 0.0001$). Japanese Charts is more accurate in V and C than Chinese Charts, however, Chinese Charts has more colorful chips with Chinese characteristics and is more suitable for the identification need of Chinese soil color.

Key words: Soil color; Soil color charts; Munsell color space; Spectrophotometer