

# 样点代表性等级采样法在丘陵山区土壤表层有机质制图中的应用<sup>①</sup>

孙孝林<sup>1,2</sup>, 王会利<sup>3\*</sup>, 宁源<sup>1</sup>

(1 广西大学农学院农业资源与环境系, 南宁 530004; 2 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275;

3 广西林业科学研究院, 南宁 530002)

**摘要:** 基于样点代表性等级的土壤采样方法在成本、应用性、制图准确度上具有明显的优势,但在其他方面(如敏感性)上仍需要大量研究。为了进一步研究这种方法的可用性,本文以安徽宣城境内的丘陵山区为研究区,应用该方法分析以往土壤采样点的代表性等级,进而研究样点代表性等级对土壤制图准确度的影响。研究表明: 高等级代表性链广泛存在,而低等级代表性链则较少; 代表性链的等级有效地从不同程度反映出土壤形成环境的变异;

样点代表性采样设计的采样点与规则化网格采样、目的性采样有很大不同; 一般地,随着低等级样点的逐渐加入,制图准确度增加,但增幅随着样点等级的降低而降低。这些结果说明,样点代表性等级采样法在应用、成本、准确度几个方面都有明显的优点,因而具有较好的应用前景。需要注意的是,在应用该方法选择样点时,样点的代表性应达到一定级别,以避免制图准确度不会因为样点的加入而降低。此外,由于其他地形地貌类型(如平原区)还缺乏较好的土壤协同环境因子,该方法的应用受到了一定程度的限制。

**关键词:** 土壤制图; 土壤采样; 样点代表性

**中图分类号:** P934

土壤采样是获取土壤信息的基础和关键环节,直接影响土壤调查与制图的成本、效率和准确度<sup>[1]</sup>。因此,土壤采样设计一直备受关注,是土壤调查与制图研究中的主要问题之一<sup>[2-4]</sup>。

常用的土壤采样设计方法很多,例如传统的专家知识判断、规则化采样、简单随机采样、拉丁超立方抽样等<sup>[5]</sup>。大量研究对这些方法做了较为全面的介绍<sup>[1,4-7]</sup>。不同的设计方法所依据的理论各不相同,主要有3种理论:土壤发生学、统计概率学和地统计学。de Gruijter等<sup>[5]</sup>根据采样设计理论和基于采样的分析推理方法,把这些方法分为基于模型采样和基于设计采样两类;杨琳等<sup>[6]</sup>根据采样设计理论将其分为3类:经典采样、空间采样和目的性采样;张淑杰等<sup>[7]</sup>根据采样设计方式将其分为3类:空间均匀采样、环境要素(包括土壤)属性域均匀采样和兼顾空间及属性域的均匀采样。由于采样设计所依据的理论不同,不同的采样设计方法具有不同的优缺点和适用范围。例如,经典采样(简单随机采样)简单易行但需要

大量样点,成本很高;目的性采样可以节约成本但需要专家经验,在缺乏专家经验的地区难以实施<sup>[4]</sup>。因此,至今还没有一套在应用、成本、准确度各方面都具有明显优势而被广泛接受的土壤采样设计方法。

针对大尺度土壤调查的采样往往是多次、分批、逐步进行的特点,杨琳等<sup>[4]</sup>提出了基于样点代表性等级的土壤采样设计方法。该方法依据土壤在空间上逐渐变化的特点,认为“空间中存在着可代表土壤性状变化的代表性样点”,并进一步地把土壤样点对性状变化的代表性按照尺度进行分级,例如全局变化和局部变化,最后按照土壤样点的代表性等级,结合采样经费预算,来选择采样点<sup>[4]</sup>。可以看到,这种采样设计方法不仅充分考虑了现有的采样投入,同时还为后续的采样投入预留了充足的采样空间,因而在成本上具有明显的优势。此外,这种方法在分级土壤样点代表性时,采用了模糊聚类方法来分类土壤形成环境因子组合,因而不需要较多的专家经验,可以广泛应用。更重要的是,杨琳等<sup>[4]</sup>认为,“并非采集越多的样点就

基金项目: 广西大学科研基金项目(XBZ111320)资助。

\* 通讯作者(wanghui6@163.com)

作者简介: 孙孝林(1980—),男,湖北荆州人,博士,副教授,主要从事数字土壤制图研究。E-mail: sun\_xiaolin@yahoo.com

可以提高制图精度,样点的代表性高低对制图精度的影响更大”。因此,这种采样方法在制图准确度上也具有重要的优势。然而,他们<sup>[4]</sup>也指出,这种方法仍有较多方面需要进一步探讨,例如该方法的敏感性。

为了进一步研究基于样点代表性等级的土壤采样设计方法,本文在安徽宣城的丘陵山区内采集了大量土壤样点,再使用这种设计方法分析出样点的代表性等级,进而利用不同等级的样点组合进行土壤表层有机质数字制图研究,从而分析样点代表性等级对制图准确度的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

本文中的研究区即孙孝林等<sup>[8]</sup>的研究区。该研究区位于安徽省东南部宣城市皖南山区与长江下游平原的过渡地带内,地理范围为 118°37'31"~118°40'15"E, 30°50'55"~30°52'30"N,面积约 11 km<sup>2</sup>。该区气候为亚热带湿润季风气候类型;海拔 31~83 m,丘陵特征明显(图 1);成土母质主要为白垩纪风化物、第四纪红土及下蜀黄土;植被类型为常绿针叶林和落叶阔叶林,多见次生林;土地利用类型以林地、草地、农用地为主,其中林地和草地共占研究区面积的 50%

左右,农用地(旱地、水田)约占 32%,其他为道路、水库、建筑用地等。

### 1.2 土样采集

本研究所使用的土壤样点由 3 部分构成,如图 1 所示。其中第 1 和 2 部分样点与孙孝林等<sup>[8]</sup>中的样点相同,除了研究区内自西北向东南的河谷内的 5 个样点之外。第 1 部分样点的采样设计综合考虑了空间范围覆盖和典型土壤景观特征:首先,在研究区内,选择能够代表整个研究区母质、地形、土地利用等土壤发育形成环境要素的训练区;然后,在训练区内,按照 150 m 间距网格化布点,并根据地形特征和土地利用状况从网格布点中筛选出 48 个采样点;最后,根据野外考察获得的土壤专家经验,对网格化布点进行微域调整,使这些点尽可能地代表典型的地形景观位置。第 2 部分样点的采样设计与第 1 部分相同,只是在第一步中没有采用网格化布点,而是大致均匀地布点,且在第三步中较大幅度地根据专家经验调整这些样点的位置,使其更好地代表地形序列,共计 31 个样点。第 3 部分样点来自赵量等<sup>[9]</sup>,即依据目的性采样方法利用模糊聚类选择的 21 个样点(因该方法设计的样点与第 1、2 部分中的样点有较多重合,故这部分的样点数目与赵量等<sup>[9]</sup>中的不同)。

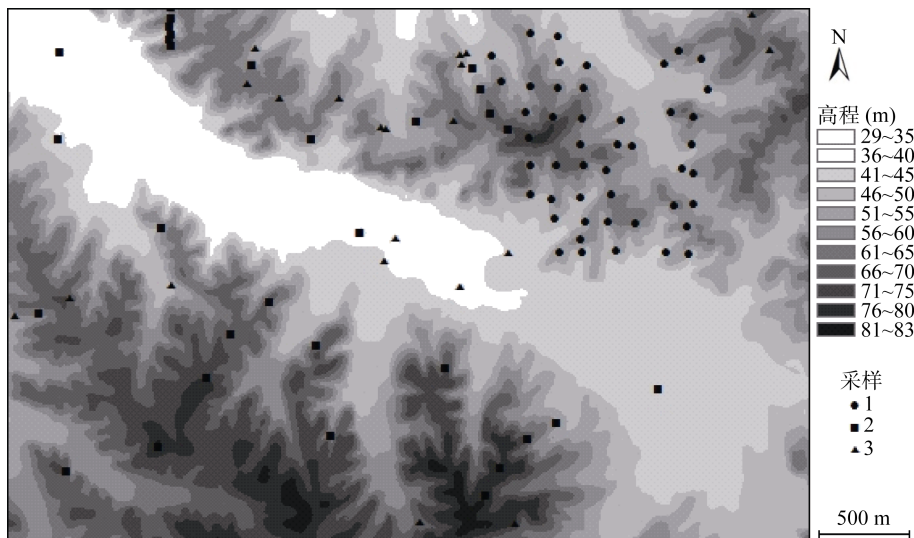


图 1 研究区数字高程模型和采样点分布

Fig. 1 Digital elevation mode of study area and sample distribution

### 1.3 代表性采样设计

首先,对研究区的关键土壤协同环境因子,即高程、坡度、平面曲率、剖面曲率和地形湿度指数数据层进行模糊 c 均值聚类,聚类数设为 6~12,模糊隶属度设为 2。这些环境因子数据层来源于研究区 10 m 栅格数字高程模型,该模型以研究区 1:10 000

地形图为基础<sup>[8]</sup>。模糊聚类土壤协同环境因子后,根据空间点在每个聚类上的模糊隶属度值,判断每个空间点对每个聚类中心的代表性,从而得出每个点的环境因子组合链及代表性等级。本研究设代表性阈值为 0.6,即:如果该点在某个聚类中心上的隶属度值大于 0.6,则认为该点能代表该聚类中心。某点的代表

性等级即该点能代表的聚类中心个数。再后,分析每个空间点的环境因子组合链是否具备对景观模式的指示作用,即分析低等级空间点的环境因子组合链是否为高等级空间点环境因子组合链的一部分,从而得出研究区内可指示采样点设计的所有环境因子组合链。最后,计算出可指示采样设计的环境因子组合链,即代表性链的面积,以及链所处空间点的平均模糊隶属度。链的面积越大,则该链对研究区的代表性越好;链所处空间点的平均隶属度越高,则该点越能代表它所代表的环境因子组合链,因而可以设计为采样点。

#### 1.4 样点组合和土壤制图

在代表性采样设计的基础上,分析出 1.2 中土壤采样点的选择优先顺序,然后分批按照代表性等级

高低,逐渐加入代表性等级低的采样点,进行数字土壤有机质(表层)制图,从而分析出不同等级采样点对制图的影响。数字土壤制图采用了基于土壤-景观关系的线性回归方法<sup>[8]</sup>,该方法依据土壤属性与景观因子之间的线性关系来预测土壤属性分布。图 2 显示了采样点上土壤有机质与关键土壤协同环境因子之间存在着一定的线性关系。本研究使用 R 软件<sup>[10]</sup>包 MASS 中的 stepAIC 进行逐步线性回归模拟。为了验证数字土壤制图结果,本研究从采样点中随机抽取 30 个样点进行制图验证,剩余 70 个样点用于制图。验证指标采用了平均误差(mean error, ME)<sup>[11]</sup>和误差均方根(root mean square error, RMSE)<sup>[12]</sup>。同时,为了避免因随机抽样带来的偏差,本研究将这种随机取样进行制图和验证的过程重复 10 遍。

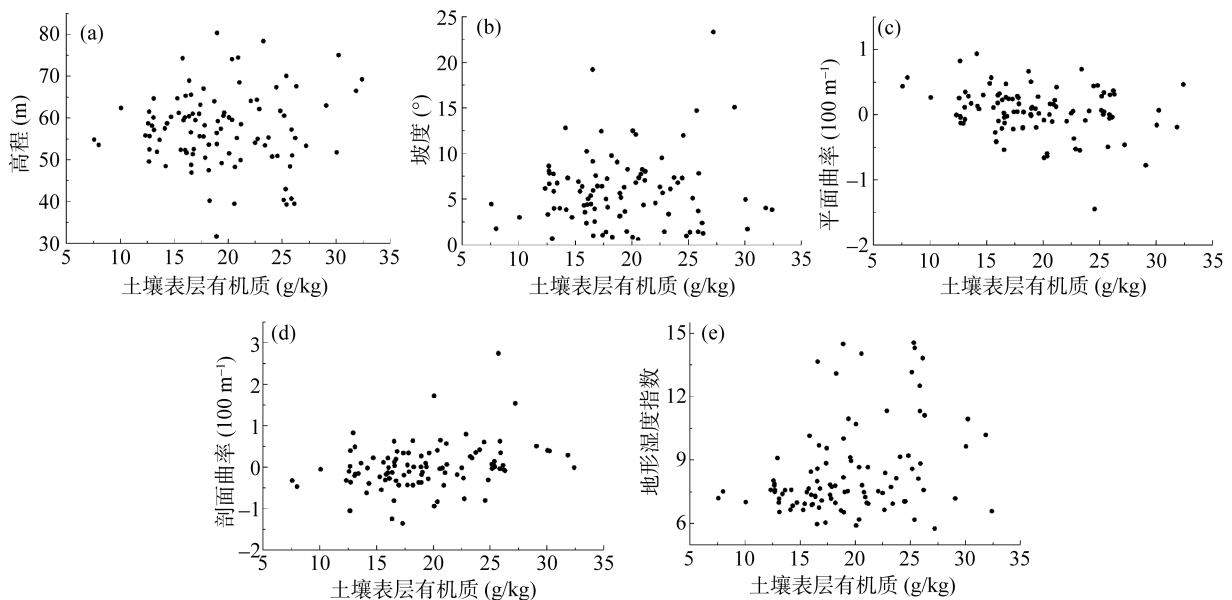


图 2 采样点上的土壤有机质与协同环境因子

Fig. 2 Plots of soil organic matter against soil covariates on sampling sites

## 2 结果与讨论

### 2.1 代表性采样设计

表 1 列出了研究区内的代表性环境因子组合链及其面积(用栅格数表示)。可以看出,研究区共有 38 个代表性链。这些链的最高代表性等级为 7,最低为 3。一般地,等级越高,代表性链的面积越大。等级最高的代表性链占研究区总面积的 15%;等级最低的代表性链仅占 0.15%。这说明代表性等级较高的链广泛存在,而等级较低的则较少。

图 3 显示了这些代表性链的空间位置。等级相同的代表性链所处的空间位置比较一致。等级为 7 的代表性链主要分布在河谷平地和高山山顶,这些地形所

占的面积较大;等级为 6 的代表性链多分布在坡脚或坡中凹坡或凸坡处;等级为 5 的代表性链分布在平坡处;等级为 4 的代表性链很少,地形位置不明显;等级为 3 的代表性链也不多,地形位置与等级为 5 的代表性链相似。由此,代表性链的等级与该链所处的地形位置有很强的联系。这是因为模糊 c 均值聚类在分类过程中,会把性质相似的地形聚为一类。因此,具有明显特点的地形位置,例如本研究中的河谷平地,在不同的聚类数下总会被聚成一类,隶属度值一般较高,因而在这样的地形位置上,链的代表性等级一般较高<sup>[12-13]</sup>。反之,特点不明显的地形位置,例如本研究中的坡地,在不同的聚类数下都会分属不同的类别,隶属度值一般不高,因而代表性等级一般较低。

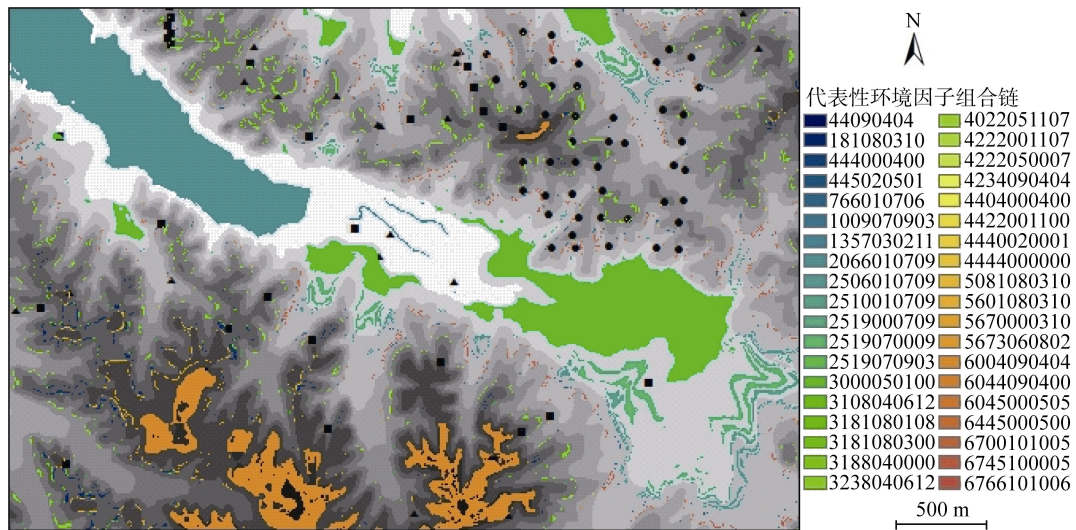
以上结果和分析说明,模糊 c 均值聚类判断出的代表性链的等级说明了这些链表征土壤形成环境条件的典型性高低。例如,将一个山坡进行模糊 c 均值聚类时,山顶和山脚这两个典型地形位置在多个聚类数下都会被分别聚成一类,处于这些地形位置上的空间点分属这些类别的隶属度值则一直较高,因而这些空间点的代表性等级较高<sup>[14]</sup>。进一步地,可以认为,等级较高的代表性链涵盖了土壤形成环境的最大变幅,即杨琳等<sup>[4]</sup>所称的“全局变化”,例如前面举例中的山顶和山脚以及本研究中代表性等级为 7 的代表性链。反之,等级较低的代表性链表征土壤形成环境的典型性相对较弱,涵盖的土壤形成环境的变幅

较小,即杨琳等<sup>[4]</sup>所称的“局域变化”。

在图 3 中,将代表性链的空间位置与本研究中的采样位置相比较之后发现,仅有 8 个采样点落在了代表性链上,占总采样数的 8%。这 8 个采样点仅包含了表 1 中的 4 个代表性链。其中,6 个链的代表性等级为 7,剩下 2 个的代表性等级为 6。即使考虑空间坐标误差,例如全球定位系统接收器误差<sup>[15]</sup>、地形图误差<sup>[16]</sup>等,也只有 42 个采样点周围 20 m 的范围内分布有代表性链,占总采样数的 42%,且这些代表性链仅有 15 个。这些结果表明,代表性采样设计的土壤采样点与规则化网格采样、目的性采样有很大不同。

表 1 研究区内可指示采样点设计的所有环境因子组合链及其面积  
Table 1 Environmental combination chains and corresponding areas

| 代表性等级 | 聚类数(环境因子组合类) |   |   |   |    |    |    | 面积<br>(栅格数) |   |
|-------|--------------|---|---|---|----|----|----|-------------|---|
|       | 6            | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |             |   |
| 7     | 1            | 3 | 5 | 7 | 3  | 2  | 11 | 30 877      |   |
|       | 2            | 5 | 1 | 9 | 7  | 9  | 3  | 28 211      |   |
|       | 5            | 6 | 7 | 3 | 6  | 8  | 2  | 17 070      |   |
|       | 3            | 2 | 3 | 8 | 4  | 6  | 12 | 2 869       |   |
|       | 6            | 7 | 6 | 6 | 10 | 10 | 6  | 640         |   |
|       | 3            | 1 | 8 | 1 | 8  | 1  | 8  | 31          |   |
|       | 4            | 2 | 3 | 4 | 9  | 4  | 4  | 23          |   |
|       | 4            | 2 | 3 | 4 | 9  | 4  | 4  | 23          |   |
| 6     | 2            | 5 | 1 | 9 | -  | 7  | 9  | 2 589       |   |
|       | 2            | 5 | 1 | 9 | 7  | -  | 9  | 2 246       |   |
|       | 4            | - | 2 | 2 | 5  | 11 | 7  | 1 775       |   |
|       | 2            | 5 | 1 | - | 1  | 7  | 9  | 1 773       |   |
|       | -            | 1 | 8 | 1 | 8  | 3  | 10 | 1 753       |   |
|       | 2            | 5 | - | 6 | 1  | 7  | 9  | 1 496       |   |
|       | 5            | - | 8 | 1 | 8  | 3  | 10 | 897         |   |
|       | 2            | - | 6 | 6 | 1  | 7  | 9  | 647         |   |
|       | -            | 4 | 4 | 5 | 2  | 5  | 1  | 535         |   |
|       | 3            | 1 | 8 | 1 | 8  | 3  | -  | 340         |   |
|       | -            | 7 | 6 | 6 | 1  | 7  | 6  | 204         |   |
|       | 5            | 6 | - | 1 | 8  | 3  | 10 | 78          |   |
|       | 6            | 7 | 4 | 5 | 10 | -  | 5  | 70          |   |
|       | 3            | 1 | - | 8 | 4  | 6  | 12 | 49          |   |
|       | 4            | 2 | 2 | 2 | -  | 11 | 7  | 12          |   |
|       | 4            | 2 | 2 | 2 | 5  | -  | 7  | 6           |   |
| 5     | 6            | - | 4 | 5 | -  | 5  | 5  | 883         |   |
|       | 6            | 7 | - | - | 10 | 10 | 5  | 591         |   |
|       | 1            | - | - | 9 | 7  | 9  | 3  | 349         |   |
|       | 5            | 6 | 7 | - | -  | 3  | 10 | 238         |   |
|       | 6            | 4 | 4 | 5 | -  | 5  | -  | 185         |   |
|       | 4            | 4 | 2 | 2 | -  | 11 | -  | 108         |   |
|       | 4            | 4 | 4 | - | 2  | -  | 1  | 93          |   |
|       | 6            | - | - | 4 | 9  | 4  | 4  | 38          |   |
|       | 3            | 1 | 8 | 8 | 4  | -  | -  | 14          |   |
|       | -            | - | 4 | 4 | 9  | 4  | 4  | 3           |   |
|       | 6            | - | 4 | 4 | 9  | 4  | -  | 1           |   |
|       | 4            | - | 4 | 4 | 4  | -  | 4  | -           | 5 |
|       |              | 4 | 4 | - | 4  | -  | 4  | -           | 2 |
|       |              | 4 | 4 | 4 | 4  | -  | -  | -           | 1 |
| 3     | 3            | - | - | - | 5  | 1  | -  | 122         |   |



(链编号的个位和十位数表示聚类数为 12 时的代表性类别；千位和百位表示聚类数为 11 时的代表性类别；依次类推)

图 3 代表性环境因子组合链的空间位置

Fig. 3 Locations of representative environment combination chain

### 2.2 样点代表性等级对制图准确度的影响

由于线性回归方法一般要求足够的数据进行制图<sup>[17]</sup>，而本研究中代表性等级为 7 的采样点并不多，所以，本研究在逐渐添加低等级的采样点时，不考虑添加等级为 6 的情形，而是直接将等级为 7 和 6 的样点进行组合，然后按顺序逐步添加低等级的样点。表 2 显示了不同等级样点的 10 次随机抽样组合下，抽样结果及土壤表层有机质制图准确度的统计值；图 4 详细地显示了这一结果。制图所用的样点数平均为 39.4，最小为 8，最大为 70。在不同的随机抽样之间，各个等级的样点数差别比较均一，平均值分别

为 9、18、30、40、52、58 和 70，如图 4。孙孝林等<sup>[8]</sup>采用同样的方法，基于不同的土壤采样数据得到的制图误差和误差均方根分别为  $-0.20 \text{ g/kg}$  和  $2.18 \text{ g/kg}$ 。这些值小于本研究得到的平均准确度(表 2)。然而，这并不能说明本研究的制图效果较差，因为这两项研究中的验证点并不完全相同，且本研究的平均误差绝对值最小值仅为  $0.01 \text{ g/kg}$ ，远小于孙孝林等<sup>[8]</sup>中的对应值。平均误差和误差均方根的变异系数，即 88.8% 和 56.4%(表 2)，表明制图准确度在不同的抽样和样点数下变化较大，如图 4 所示。这说明土壤采样的样点数和样点分布对土壤制图的影响较大。

表 2 随机抽样及制图准确度统计(10 次重复，每次重复 7 个样本组合，共计 70 次制图)

Table 2 Summaries about random sampling and mapping accuracies

| 项目            | 平均值  | 标准差  | 最小值  | 最大值  | 变异系数 (%) |
|---------------|------|------|------|------|----------|
| 样点数           | 39.6 | 20.5 | 8    | 70   | 51.9     |
| 平均误差绝对值(g/kg) | 1.6  | 1.5  | 0.01 | 8.8  | 88.8     |
| 误差均方根(g/kg)   | 6.1  | 3.4  | 4.0  | 30.9 | 56.4     |

总体上看，制图准确度在样点的等级为 6 和 7 时相对较差(平均误差绝对值和误差均方根较高)；当加入等级为 5 的样点时，准确度下降，降幅较大；随着低等级样点的逐渐加入，制图准确度增加但增幅不大(图 4)。这一结果与杨琳等<sup>[4]</sup>使用 Solim 方法制图土壤类型的结果大致相似(除加入等级为 5 的样点外)，即随着低等级样点的逐渐加入，制图准确度增加，但增幅随着样点等级的降低而降低。据此，杨琳等<sup>[4]</sup>认为样点的等级对制图的影响要比样点数的影响更大。本研究进一步地验证了这一观点。正如前文所述，高等级样点代表土壤形成环境的全局变化，

因而能够反映土壤属性变异的大部分；低等级样点代表的是土壤形成环境的局域变化，因而仅能反映土壤属性变异的小部分。

值得注意的是，当逐渐加入低等级样点时，中高等级样点的加入可能会降低制图准确度。例如，在本研究中，当加入等级为 5 的样点时，准确度有明显的下降。这主要是因为中高等级样点也能反映土壤属性变异的较大部分。如果这部分变异与高等级样点所反映的一致，则制图准确度会有所提高；反之，则会降低。因此，在采用这种设计方法来选择样点时，样点的代表性需达到一定级别后才能避免制图准确度

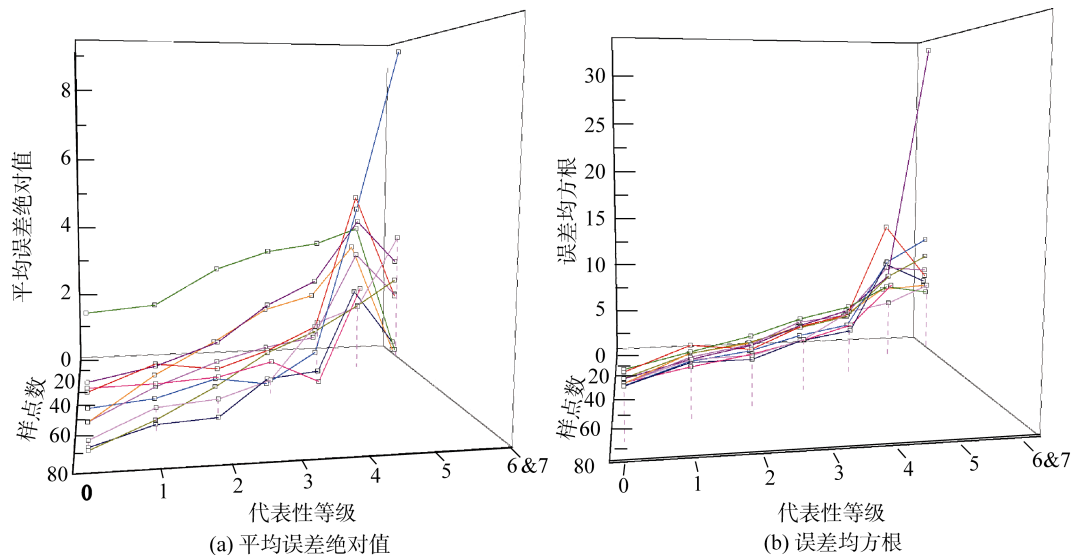


图 4 研究区土壤表层有机质制图准确度与样点代表性等级及样点数

Fig. 4 Plot of mapping accuracies, i.e., absolute ME and RMSE, against representativeness grades and number of samples

因为样点的加入而降低。

### 3 结论

本文以安徽宣城境内的丘陵山区为研究区,应用样点代表性等级采样法分析以往土壤采样点的代表性等级,进而研究样点代表性等级对土壤制图准确度的影响。研究结果表明这种采样法在应用、成本、准确度几个方面都有明显的优点,因而具有较好的应用前景。同时,需要注意的是,在采用样点代表性采样设计土壤采样点时,样点的代表性应达到一定级别,避免制图准确度不会因为样点的加入而降低。

截止目前,仅有本文及其他少数对该方法在山区的应用进行了研究,还没有该方法在其他地形地貌如平原区的应用研究报告。理论上,该方法在其他地形地貌类型的区域上也具有较强的应用性,但在应用过程中,关键土壤协同环境因子的选择还存在着一定难度。这是因为在其他地形地貌上,关键土壤协同环境因子并不明显。因此,实际上,这种方法在其他地形地貌上的应用还受到一定限制。随着土壤协同环境因子开发研究在未来进一步深入,这种方法可望进一步推广。

#### 参考文献:

[1] 孙孝林, 赵玉国, 刘峰, 王德彩, 梁传平. 数字土壤制图及其研究进展[J]. 土壤通报, 2013, 44(3): 752-759

[2] Hengl T, Rossiter DG, Stein A. Soil sampling strategies for spatial prediction by correlation with auxiliary maps[J]. Australian Journal of Soil Research, 2003, 41: 1403-1422

[3] Brungard CW, Boettinger JL. Application of conditioned latin hypercube sampling for DSM of arid rangelands in

Utah, USA[A] // Digital Soil Mapping, Progress in Soil Science 2[C]. Dordrecht: Springer, 2010: 67-75

- [4] 杨琳, 朱阿兴, 秦承志, 李宝林, 裴韬. 一种基于样点代表性等级的土壤采样设计方法[J]. 土壤学报, 2011, 48(5): 46-54
- [5] de Gruijter, JJ, Brus DJ, Bierkens MFP, Knotters M. Sampling for Natural Resource Monitoring[M]. Springer: New York, 2006
- [6] 杨琳, 朱阿兴, 秦承志, 李宝林, 裴韬. 基于典型点的目的性采样设计方法及其在土壤制图中的应用[J]. 地理科学进展, 2010, 29: 279-286
- [7] 张淑杰, 朱阿兴, 刘京, 杨琳. 基于样点的数字土壤属性制图方法及样点设计综述[J]. 土壤, 2012, 44 (6): 917-923
- [8] 孙孝林, 赵玉国, 赵量, 李德成, 张甘霖. 应用土壤-景观定量模型预测土壤属性空间分布及制图[J]. 土壤, 2008, 40(5): 837-842
- [9] 赵量, 赵玉国, 李德成, 孙孝林, 张甘霖. 基于模糊集理论提取土壤-地形定量关系及制图应用[J]. 土壤学报, 2007, 44(6): 961-968
- [10] R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing[OL]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2010. URL <http://www.R-project.org>.
- [11] Brus DJ, Kempen B, Heuvelink GBM. Sampling for validation of digital soil map[J]. European Journal of Soil Science, 2011, 62: 394-407
- [12] Sun XL, Zhao YG, Wang HL, Yang L, Qin CZ, Zhu AX, Zhang GL, Pei T. Sensitivities of soil mapping accuracy based on FCM to fuzzy exponent and number of clusters[J]. Geoderma, 2012, 171/172: 24-34
- [13] McBratney AB, de Gruijter JJ. A continuum approach to soil classification by modified fuzzy-k-means with extragrades[J]. Journal of Soil Science, 1992, 43: 159-175
- [14] Qin CZ, Zhu AX, Shi X, Li BL, Pei T, Zhou CH. Quantification of spatial gradation of slope positions[J]. Geomorphology, 2009, 110: 152-161

- [15] Thompson JA, Bell JC, Butler CA. Digital elevation model resolution: effect on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modeling[J]. *Geoderma*, 2001, 100: 67–89
- [16] Smith MP, Zhu AX, Burt JE, Stiles C. The effects of DEM resolution and neighborhood size on digital soil survey[J]. *Geoderma*, 2006, 137: 58–69
- [17] McBratney AB, Mendonca SML, Minasny B. On digital soil mapping[J]. *Geoderma*, 2003, 117: 3–52

## Application of Sampling Method Based on Representativeness Grades of Sampling Points in Topsoil Organic Matter Mapping Within Hilly Area

SUN Xiao-lin<sup>1,2</sup>, WANG Hui-li<sup>3\*</sup>, NING Yuan<sup>1</sup>

(1 *Department of Agricultural Resource and Environment, College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530004, China;*  
2 *School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;* 3 *Guangxi Forestry Research Institute, Nanning 530002, China*)

**Abstract:** The soil sampling method based on representativeness grades of sampling points has advantages at cost, applicability and mapping accuracy. However, it also needs to be researched, for example, sensitivity. In order to explore this method deeply, this study first used it to analyze representativeness grades of existing samples in a hilly area, and then studied relationships between representativeness grades of the samples and mapping accuracy. Results showed that: 1) representative environment chains with high representativeness grades existed widely, while chains with low grades were fewer, 2) representativeness grades of environment chains indicated variations of soil-forming environments in different degrees, 3) sampling results selected using this sampling method were much different from those using regular gridding and purposive sampling methods, 4) mapping accuracy generally increased as more and more samples of lower representativeness grades were used for mapping, although the increases decreased during this process. These results illustrated that this sampling method is advantageous at application, cost and accuracy, and could be widely used. It is worth mentioning that taking samples of certain representativeness grade levels is necessary to avoid the decrease of mapping accuracy with more samples added for mapping. Besides, due to few good soil covariates in other topographic and geomorphological types, application of this method into such areas is limited to some extent.

**Key words:** Soil mapping, Soil sampling, Representativeness grade