

我国西北干旱区现代地表沉积物颜色指标与降水关系

苗运法¹, 杨胜利², 卓世新³, 孙爱军⁴

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 沙漠与沙漠化重点实验室, 兰州 730000;
 2. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210000;
 3. 中国气象局哈密地区气象局, 哈密 839001;
 4. 兰州大学西部环境教育部重点实验室·西部环境与气候变化研究院, 兰州 730000)

摘要:现代沉积物颜色(亮度 L^* 、红度 a^* 和黄度 b^*)与气候参数(年均温和年降水量)关系是理解地层沉积物颜色指标及其气候意义的关键。但绝大多数研究主要集中在现代土壤及其古土壤序列, 基本未涉及到现代河湖相沉积物。首次通过对我国西北干旱区大空间尺度上 57 个地表沉积物样品的采集分析, 用以探讨颜色指标与气候参数之间的关系。结果表明, L^* 、 a^* 、 b^* 三组颜色参数变化范围分别为: 67.0~80.0, 1.2~9.4 和 7.2~22.1, 其中 L^* 和 a^* 之间相关性较低 (0.29), 而 a^* 和 b^* 之间相关性良好 (0.83)。同时, 考虑到采样点远多于气象站(点)数量, 二者之间不能进行直接相关, 基于海拔与温度之间存在线性关系, 技术上将 L^* 、 a^* 与对应样点的海拔高度进行相关分析, 结果发现它们的相关性很低 (分别为 0.19 和 0.23), 说明颜色指标与温度之间没有必然联系。同样, 基于经纬度变化基本可以和降水量的多寡联系起来, 技术上将 L^* 、 a^* 与经纬度进行相关, 结果发现相关性较好 (前者为 0.28 和 0.34, 后者为 0.55 和 0.53), 表明 a^* 优于 L^* 与降水量之间的联系。通过进一步将气象站点附近的颜色指标进行加权平均, 发现 L^* 、 a^* 指标与降水量之间存在着较好相关性 (分别为 0.44 和 0.55)。另外, 研究发现 L^* 与 CaCO_3 含量之间相关性极低, 而 a^* 与赤铁矿关系不大。未来我们将进行有机质含量和岩石磁学的测试, 以更好地确定颜色指标各自的致色矿物。

关键词:地表沉积物; 颜色指标; 干旱区; 气候参数; 相关性

中图分类号:P575.9

文献标识码:A

文章编号:0256-1492(2013)04-0077-09

土壤颜色作为土壤最直观的基本特征之一, 是指土壤在可见光波段的反射光谱特性, 与土壤质地, 有机质、氧化铁、黏粒含量, 以及水分等理化性状密切相关。我国东部地区从南到北气候由湿热转变成相对干冷, 土壤类型依次为砖红壤-赤红壤-红壤-黄棕壤-棕壤-黑钙土-黑土-暗棕壤, 颜色基本上由亮变暗; 我国中纬度地区由东向西随着降水量的减少, 土壤类型依次为棕壤-褐土-灰褐土-棕钙土-灰棕漠土-棕漠土, 颜色基本上由深变浅。这些土壤类型直观上反映出土壤颜色有规律的变化, 可能与气候要素(温度、降水)存在一定的联系。杨胜利等^[1]对我国东部地区现代土壤颜色与降水量之间的半定量关系进行了有力探讨(图 1a), 表明土壤颜色与成土过程和现代气候因子之间具有良好的函数关系。现代土壤(或表层土壤)可以理解为古土

壤的自然延续, 许多学者尝试将颜色指标运用到地层中, 用以探讨其与古气候变化之间的关系。比如: 在黄土高原地区, 全新世土壤层为一套明显偏红的土壤发育层, 而下伏地层则为一套颜色发黄的类土壤(黄土)沉积物^[2-3]; 关中地区全新世 3 个阶段千年尺度的气候变化^[4], 兰州黄河阶地^[5]及临夏北塬末次冰期旋回^[1]以及黄土高原南部倒数第二次冰期的气候变化^[6]均能够利用颜色指标分辨出来; Yang 和 Ding^[7]甚至对黄土高原地区 12 个剖面最后两个冰期旋回进行了红度研究, 认为其与风化强度关系密切。在更早的粉尘沉积地层中(约 8 Ma 以来), 古土壤-黄土旋回同样能够用颜色指标直观的表达出来, 指示了颜色指标在古气候变化研究中的重要作用^[1, 8-10]。在更长的时间尺度上, 潘美慧^[11]对天水-秦安地区中新世沉积物的土壤颜色指标进行分析; 徐丽等^[12]甚至对西宁盆地中始新世-渐新世沉积物颜色做了讨论。然而, 仔细考量这些研究, 除黄土高原地区含有一定数量的古土壤层可以和现代土壤进行对比以外, 在西北地区沉积地层多为河湖相沉积, 古土壤层很少发育(如临夏盆地^[13]; 西宁盆地^[12]和柴达木盆地^[14])。也就是说,

基金项目:国家自然科学基金项目(41172153; 41290252); 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所青年人才成长基金(51Y184991); 江苏高校优势学科建设工程项目(PAPD)

作者简介:苗运法(1978—), 副研究员, 主要从事自然地理学和古气候变化研究。E-mail: miaoyunfa@lzb.ac.cn

收稿日期:2012-06-05; 改回日期:2013-07-26。 张光威编辑

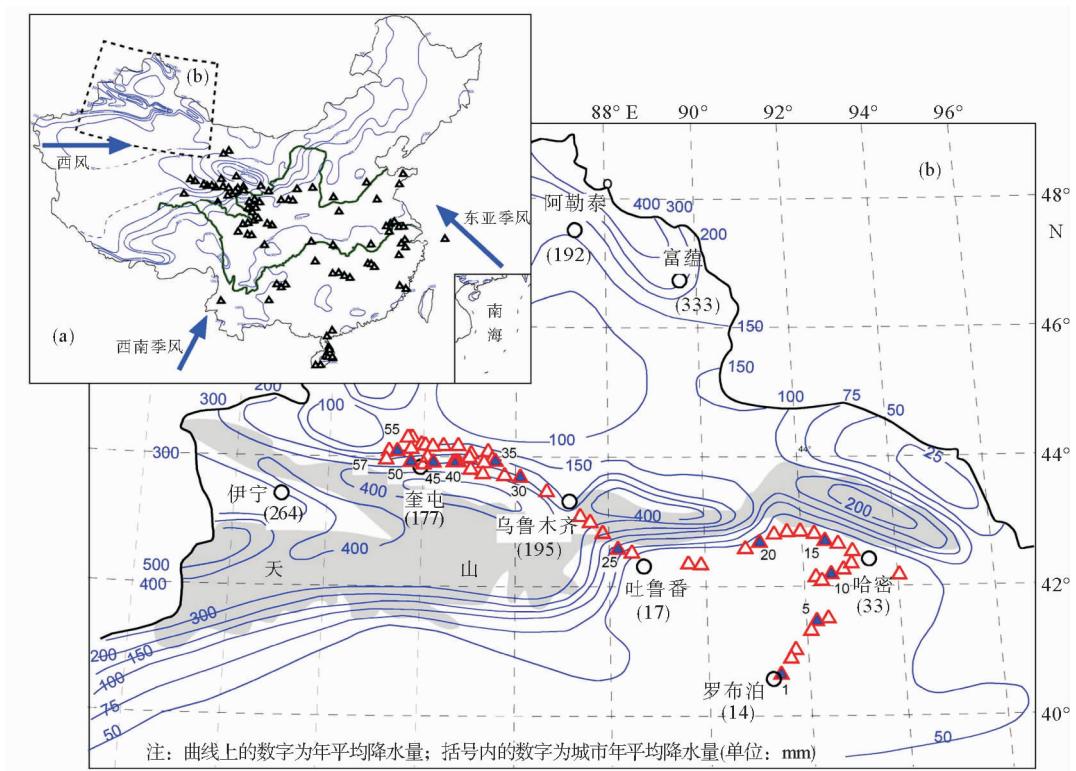


图1 我国东部表土样品分布点

(a)(黑三角, 改自文献[1]与(b)新疆天山地区样品采集点(红三角为本次研究点))

Fig. 1 Distribution of surface sediments samples in East China

直接将表土颜色与气候变化关系应用于河湖相沉积地层与气候变化解释中是有待商榷的^[15]。

基于上述思路,选取现代河湖相沉积物进行颜色分析,通过分析得出其与气候的关系是十分必要的。我国西北天山及其毗邻地区,处于亚洲内陆干旱区,物理风化作用显著,山地基岩破碎成为主要剥蚀区,戈壁因西风和地形影响难以形成厚层细粒沉积物,贯穿这些地貌单元的多为季节性河流,其携带大量的泥沙到低洼处沉积下来,同时,因为干旱低洼处多发育盐碱滩,同样难以形成土壤。我们选取在这一地区大空间尺度上的不同位置上进行表层沉积物样品的采集与分析,尝试性地对颜色指标与气候参数的关系进行讨论,以期为第四纪甚至更早的河湖相沉积地层的颜色指标及其气候意义提供参考依据。

1 研究区自然地理特征

新疆位于亚欧大陆中部,远离海洋,四周山脉阻隔,地形相对封闭,水汽难以进入^[16],形成我国西北地区典型的温带大陆性气候。具体表现为:在温度方面,巨大的盆山高差(可达5 000 m)导致温

度存在显著差异,在低平盆地内年均温多在7~12℃,天山中部地区则多为2~10℃;在降水方面,因受地形的影响,降水量变化很大,位于天山北部(迎风坡)的乌鲁木齐-奎屯地区降水明显偏多,可达200~400 mm,更靠西的伊犁河谷迎风坡降水量甚至达到600~800 mm;而南坡(背风坡)的吐哈盆地降水量则不足40 mm^[17]。总之,大致以天山为界,以北地区降水相对充沛,以南地区降水量偏小。另外,该地区的降水具有明显的季节分配不均和瞬时性的特点。以哈密地区为例,哈密市的年降水量不足40 mm,多集中在6~8月;关于瞬时性特点,即在这些降水集中的月份,往往一次降水的降水量竟是全月、全季,甚至全年的降水量,比如哈密地区的七角井,1990年7月19日的降水量达42.2 mm,这种高强度的瞬时性降水很可能导致山洪爆发,冲走地表大量细粒物质,沉积到下游地区。

2 样品采集

地表沉积物样品主要沿罗布泊-哈密-乌鲁木齐-奎屯一线采集(图1b)。从地貌特征来看,这一区域

多为戈壁和冲积扇以及少量的干盐湖。由于该地区降水稀少,风化剥蚀强烈,土壤粒级的细颗粒碎屑物质难以稳定沉积,加之植被稀少,土壤很难发育,因此,在该区域采集自然状态下的地表细粒沉积物是困难的。然而,随着国家经济发展和西部大开发战略的深入实施,近年来在该区域的基础设施建设中,使用大型机械开挖或填方,形成一系列深浅不一的集水坑,在降水较为集中的时段,这些相对随机分布的集水坑,犹如天然实验平台,截留了漫流搬运的大量细粒物质,这些细粒物质沉积下来,干涸后形成厚度大小不一的龟裂(图2)。这些沉积物(龟裂)虽然沉积在人类活动产生的积水坑

中,但来源仍然为自然条件下山麓表面产生的细颗粒风化碎屑物质,并经过漫流搬运和沉积作用,具有河湖相沉积特征,同时,由于沉积物为地表瞬时事件性雨水搬运物质,基本上比较新鲜,可以理解为现代的地表沉积物质。我们的样品采集点东西跨越约 $84^{\circ}\sim 94^{\circ}\text{E}$,南北 $40^{\circ}\sim 46^{\circ}\text{N}$,共采集57个表层沉积物样品,所有样品均采自龟裂顶部的新鲜细粒物质。采集的原则是:第一,尽量采取龟裂面上部2 cm左右新鲜的样品。第二,选取基建上游方向的集水坑进行采样,尽量避免基建残留物的干扰。第三,尽量选择面积较大和沉积物较厚的集水坑。



图2 新疆天山地区部分表层样品与环境及植被特征
(红色箭头代表样品采集位置)

Fig. 2 Some surface sediments samples showing environmental and vegetation characteristics from Tianshan, Xinjiang

3 方法与结果

室内将每个样品取10 g放入40 °C的烘箱中烘干,用玛瑙研钵研磨均匀至45 μm左右,放于白底参照色板上,压实、压平后,随机取3个区域采用日本美达公司的SPAD-503土色仪进行测量,求得3个颜色参数(L^* 、 a^* 和 b^*)的平均值。通过对57个样品的测量,获得颜色指标变化序列(图3)。从图3中我们可以发现,在天山以南沿罗布泊-哈密-吐鲁番一线采集的23个样品中, L^* 、 a^* 、 b^* 变化趋势不大,变化区间分别为69~80、5~8、17~22,并且它们之间为正相关的关系,但 a^* 和 b^* 之间的相

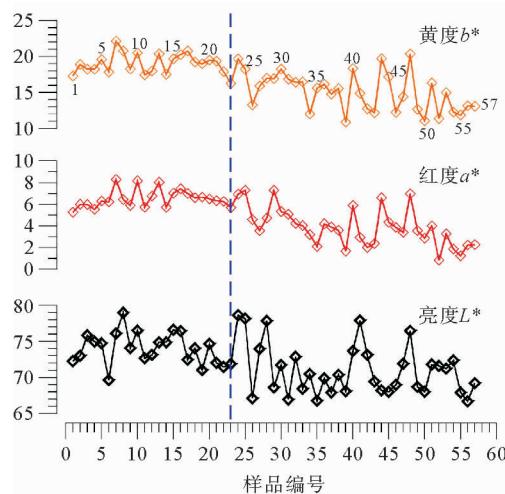


图3 新疆天山地区表层沉积物中样品

颜色指标变化序列图

(图中标号对应于图1中样品位置标号)

Fig. 3 Changes in color index sequence, Tianshan, Xinjiang

关性更加明显;而在天山以北沿乌鲁木齐-奎屯一线采集的34个样品中 L^* 、 a^* 、 b^* 变化区间增大,分别可达65~80、1~8、11~22,也呈正相关的趋势。

4 表层沉积物与气候的关系

4.1 L^* 与 a^* 及 b^*

与常用的门氏系统不同, L^* 、 a^* 、 b^* 是CIE-1976表色系统中用来描述均匀连续颜色空间的参数,分别代表亮度、红度和黄度^[18],可以定量表示颜色的变化。

通过系统测试,可以发现 L^* 与 a^* 之间相关性很低,相关系数只有0.29; a^* 和 b^* 具有很好的相关性,相关系数可以达到0.83(图4);这就说明 a^* 和 b^* 可能受控于相似的气候因子,具有较为一致的致色物质,因此,在后面阐述中只对 L^* 和 a^* 进行讨论,用以分析它们与现代气候之间的关系。

4.2 L^* 与 a^* 及温度

通过前面分析可以知道,在通常情况下,土壤颜色和气候关系密切^[1, 15, 19]。如果能够直接对样点和气候因子(年均温和降水量)进行相关分析最为理想,然而我们的样品采集点远多于实际气象观测站(点),而且许多样品采集点离气象观测站具有一定距离,二者并不能直接进行相关性分析。技术上,考虑到海拔梯度对温度的线性控制作用(海拔每上升1 000 m,温度下降6 °C),我们所采集的样点海拔相差接近1 500 m,年均温相差大约为9 °C,这也得到气象站点实测温度变化的支持。

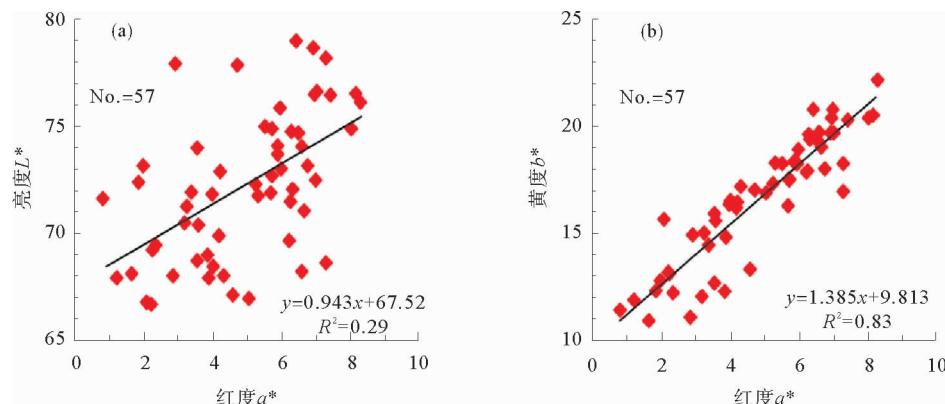


图4 新疆天山地区表层沉积物中(a) a^* 与 L^* , (b) a^* 与 b^* 相关系数

Fig. 4 Correlation coefficient of a^* and L^* (a), and a^* and b^* (b) of surface sediment, Tianshan, Xinjiang

我们对 L^* 、 a^* 与海拔高度进行了相关分析,结果表明 L^* 、 a^* 与海拔高度之间的相关性很低,分别只有 0.19 和 0.23 (图 5)。这就基本表明 L^* 、 a^* 与温度之间在该地区可能没有明显关系。

4.3 L^* 与 a^* 及降水

另一方面,沿罗布泊-哈密-吐鲁番-乌鲁木齐-奎屯一线,似乎暗含另一种气候变化的强烈信号,即随着经纬度的变化,降水出现明显变化,比如东南位置上的罗布泊不足 14 mm,而西北奎屯达到 176 mm (同时参考样品周边植被类型和盖度变化(图 2))。

为此,我们先将这些数据与经纬度进行相关分析。从图 6 中不难看出, L^* 与经纬度的相关系数分别为 0.28 和 0.34,而 a^* 与经纬度的相关系数分

别达到 0.55 和 0.53。这可能说明 a^* 与经纬度之间具有较大的相关性,也就是说 a^* 与降水量之间的相关性比较好,而 L^* 与降水量之间的相关性相对较差。

为了进一步分析 L^* 、 a^* 与降水量之间的关系,我们取离采样点最近气象点的数据对采样点的颜色指标与气候的关系进行了探讨,共得到 16 组数据,进一步对 L^* 和 a^* 与降水量进行相关性分析。

从表 1 中可以看出,罗布泊-哈密-乌鲁木齐-奎屯一线,降水量从不足 50 mm 增加到约 400 mm,通过对 L^* 、 a^* 与降水之间的相关性分析,结果发现 L^* 、 a^* 与降水之间均具有很好的相关性,分别达到 0.44 和 0.55 (图 7),可能指示 L^* 和 a^* 与降水量之间具有比较好的相关性。

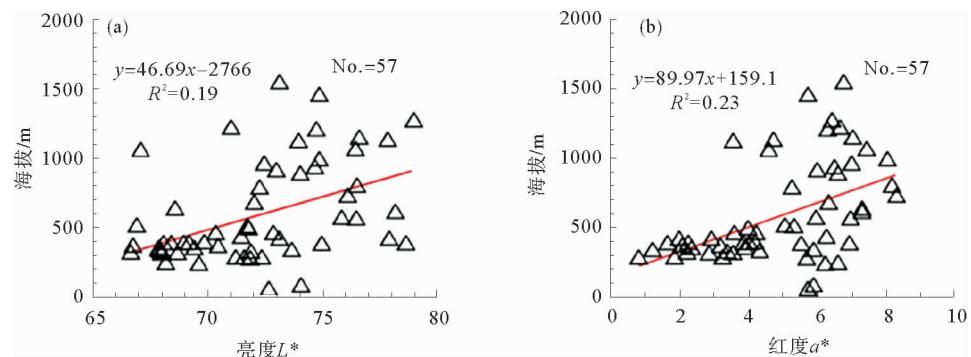


图 5 新疆天山地区表层沉积物中 L^* 、 a^* 与海拔相关系数

Fig. 5 Correlation coefficient between L^* 、 a^* and elevation, Tianshan, Xinjiang

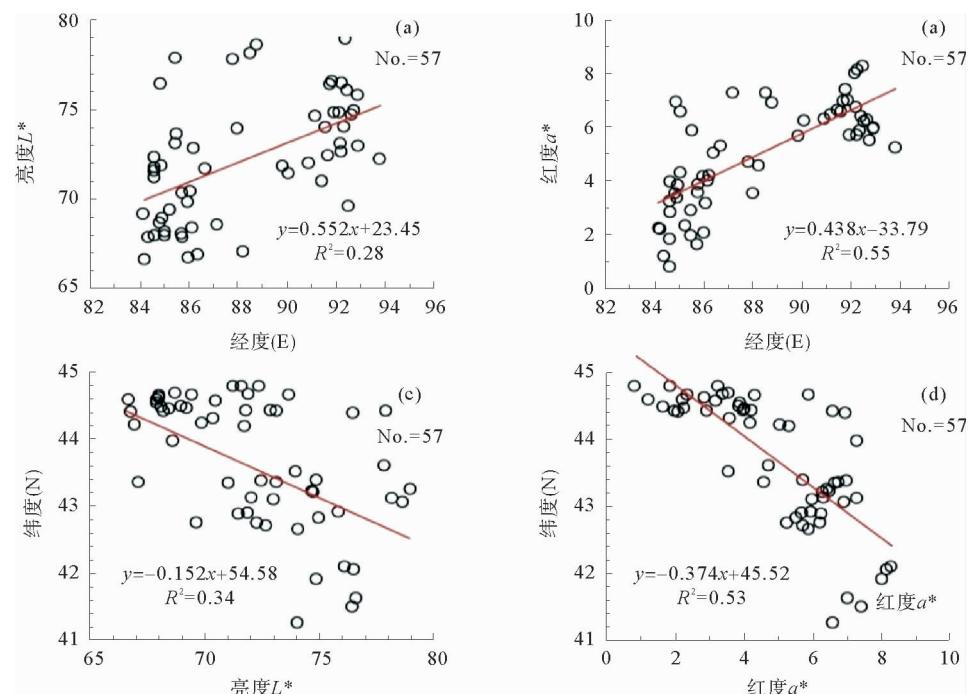


图 6 新疆天山地区表层沉积物中 L^* 、 a^* 与经纬度相关系数

Fig. 6 Correlation coefficient between L^* 、 a^* and Latitude and longitude, Tianshan, Xinjiang

表1 新疆天山地区气象站点降水量与颜色指标
Table 1 Precipitation and color indicators from meteorological stations Tianshan, Xinjiang

地点	纬度	经度	MAT/ (°C)	MAP/mm	平均/ L^*	平均/ a^*	平均/ b^*
乌苏	44.43	84.67	8.1	175	69.9	2.3	13.0
九间楼	44.5	84.80	7.8	162	72.6	5.3	16.5
奎屯	44.40	84.90	7.3	176.7	71.9	3.4	14.4
沙湾	44.30	85.60	6.5	250	70.9	3.7	14.8
石河子	44.32	86.05	7.4	206	70.5	3.2	12.0
玛纳斯	44.30	86.20	7.2	173.3	70.7	4.1	16.5
乐土驿	44.20	86.50	9.6	113	66.9	5.1	16.9
大丰镇	44.18	86.60	9.7	170	71.7	5.3	18.3
呼图壁	44.20	86.90	8.7	200	70.2	6.3	17.6
达板城	43.35	88.32	6.6	70.5	72.6	6.0	15.8
吐鲁番	42.93	89.20	14.4	15.6	71.9	5.7	16.3
鄯善	42.88	90.21	11.3	25	71.8	6.3	18.6
罗布泊	40.44	90.86	13.85	13.3	72.0	6.33	19.4
七角井	43.51	91.48	9.4	40.4	72.5	6.6	19.1
大南湖	42.61	93.45	12.9	7.2	75.2	7.2	20.1
哈密	42.82	93.52	10	39.1	73.6	6.2	18.4

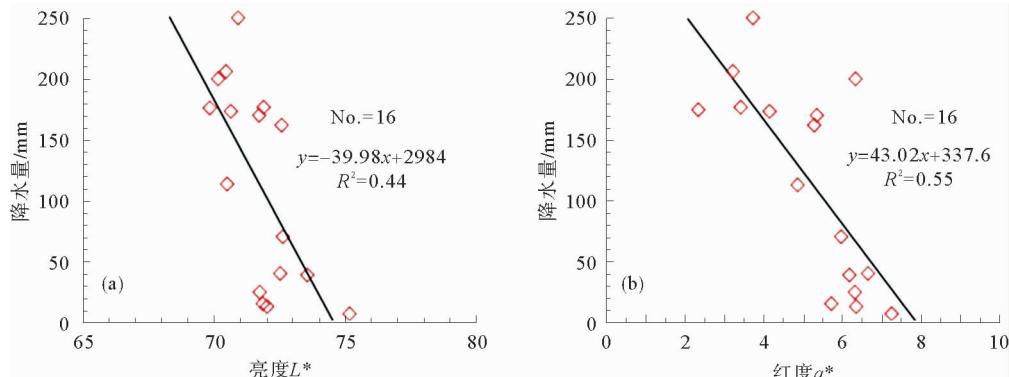


图7 新疆天山地区表层沉积物中 L^* 、 a^* 与降水量相关系数
Fig. 7 Correlation coefficient between L^* , a^* and precipitation, Tianshan, Xinjiang

4.4 L^* 与 a^* 及控制因素

在前人关于 L^* 和 a^* 主控因素的研究中, 认为 L^* 主要与 CaCO_3 百分含量及有机质含量相关, 与 CaCO_3 质量分数呈正相关^[1, 20-22], 与有机质含量呈负相关关系^[12, 13, 23-27]。

我们首先对样品 CaCO_3 百分含量进行了测试, 共得到 55 个(注: 删除 2 个异常点)数据, 结果发现, L^* 和亮度之间相关系数只有 0.12, 相关性很差(图 8), 这与前人的观点明显不同。显然, 在极端干旱区亮度与 CaCO_3 的含量之间没有因果联系, 也就是说用 CaCO_3 解释亮度还不能运用到

该地区的地表沉积物中。我们知道, 我们所采集的新疆天山地区地表沉积物均来自新鲜的地表剥蚀搬运的细颗粒沉积物, 未经过长期的气候和成壤作用, CaCO_3 更可能来自原生的碳酸岩物质, 而与气候没有必然关系。由此, 可以推测亮度的致色物质并非来自碳酸岩, 但是否与有机质等暗色物质有关, 有待进一步研究。关于 a^* , 研究者普遍认为, 其主控因素是铁的氧化物, 尤其是赤铁矿^[1, 6, 18, 28-32], 本文认为该地表样品 a^* 可能与赤铁矿关系不大, 因为赤铁矿的形成主要是气候和土壤化过程的产物, 要求具有排水良好的湿热环境(强氧化环境)^[1], 而我们采集的新疆地区地表沉积物

主要为山麓快速剥蚀、搬运和沉积的新鲜物质,也就是说在没有经历明显土壤化和相对湿润气候作用的干旱-半干旱地区,赤铁矿的形成受到强烈抑制。因此, a^* 的受控机理有待进一步研究。

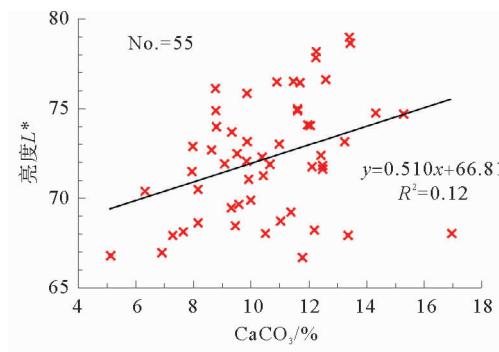


图8 新疆天山地区表层沉积物中 L^* 与 CaCO_3 (%) 之间的相关系数

Fig. 8 Correlation coefficient between L^* and CaCO_3 (%) of surface sediments, Tianshan, Xinjiang

5 结论

(1)通过对我国西北新疆天山地区 57 个现代地表沉积物颜色指标分析,得到了 L^* 、 a^* 和 b^* 3 组颜色参数,其变化范围分别为: 67.0~80.0、1.2~9.4 和 7.2~21.1。其中, L^* 和 a^* 之间相关性较低,为 0.29; 而 a^* 和 b^* 之间相关性很好,高达 0.83,说明 a^* 和 b^* 可能受控于同一类致色矿物。

(2)同时发现, L^* 和 a^* 与海拔(温度)的相关性较差,分别只有 0.19 和 0.23; L^* 与经纬度的相关系数相对较低,分别为 0.28 和 0.34,而 a^* 与经度相关较好,为 0.55 和 0.53,说明 a^* 与温度之间具有较好的相关性。

(3)通过对颜色指标的处理,并与 16 个气象站点的降水量数据进行比较,发现 L^* 、 a^* 与降水之间相关系数均较高,分别达到 0.44 和 0.55,可能说明 L^* 、 a^* 与降水量之间具有较好的相关性。 L^* 与 CaCO_3 的百分含量相关性很差,可能表明在极端干旱条件下, CaCO_3 不是 L^* 的控制因素,而 a^* 与赤铁矿关系不大。未来应该对有机质含量和岩石磁学进行测试,以便确定各自的致色矿物。

致谢:感谢丁国栋在野外,张涛和赵媛媛等在实验中给予的帮助。

参考文献(References)

[1] 杨胜利,方小敏,李吉均等.表土颜色和气候定性至半定量关

- 系研究[J].中国科学,2001,31:175-180.[YANG Shengli, FANG Xiaomin, LI Jijun, et al. Transformation functions of soil color and climate [J]. Science in China, 2001, 31: 175-180.]
- [2] 刘东生.黄土与环境[M].北京:科学出版社,1985:238-264.[LIU Tongsheng. Loess and Environment [M]. Beijing: Science press, 1985:238-264.]
- [3] 郭正堂,刘东生,安芷生.渭南黄土沉积中十五万年来的古土壤[J].第四纪研究,1994,3:256-269.[GUO Zhengtang, LIU Tongsheng, An Zhisheng. Paleosols of the last 0.15 Ma in the Weinan loess section and their paleoclimatic significance [J]. Quaternary Sciences, 1994, 3: 256-269.]
- [4] 丁敏,庞奖励,黄春长等.全新世黄土-古土壤序列色度特征及气候意义[J].陕西师范大学学报:自然科学版,2010,38(5):92-97.[DING Min, PANG Jiangli, HUANG Chang-chun, et al. Chroma characteristics and its climatic significance in Holocene loess-paleosol sequence [J]. Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition), 2010, 38 (5): 92-97.]
- [5] Fang X M, Ono Y, Fukusawa H et al. Asian summer monsoon instability during the past 60,000 years: magnetic susceptibility and pedogenic evidence from the western Chinese Loess Plateau [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1999, 168: 219-232.
- [6] Sun Y B, Liu H, Liang L J et al. Changing color of Chinese loess: Geochemical constraint and paleoclimatic significance [J]. J Asian Earth Sci, 2011, 40 (6): 1131-1138.
- [7] Yang S L, Ding Z L. Color reflectance of Chinese loess and its implications for climate gradient changes during the last two glacial-interglacial cycles [J]. Geophys. Res., 2003, 30 (20): 2058. Doi: 10.1029/2003GL018346.
- [8] 杨石岭,侯圣山,王旭等.泾川晚第三纪红粘土的磁性地层及其与灵台剖面的对比[J].第四纪研究,2000,20(5):423-434.[YANG Shiling, HOU Shengshan, WANG Xu, et al. Completeness and continuity of the late Tertiary red clay sequence in Northern China: Evidence from the correlation of magnetostratigraphy and pedostratigraphy between Jingchuan and Lingtai [J]. Quaternary Research, 2000, 20 (5): 423-434.]
- [9] Ding Z L, Sun J M, Liu T S et al. Wind-blown origin of the Pliocene red clay formation in the central Loess Plateau, China [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1998, 161 (1-4): 155-143.
- [10] Ding Z L, Yang S L, Hou S S et al. Magnetostratigraphy and sedimentology of the Jingchuan red clay section and correlation of the Tertiary eolian red sediments of the Chinese Loess Plateau [J]. J Geophys Res, 2001, 106(B4): 6399-6407.
- [11] 潘美慧.天水-秦安地区中新世沉积物的土壤学特征及其古环境意义[D].硕士论文,2008,兰州大学.[PAN Meihui. Pedological characteristics of the Tianshui-Qinan Miocene deposit and their paleoenvironmental signification [D]. Master's thesis, 2008, Lan Zhou University.]
- [12] 徐丽,苗运法,方小敏等.青藏高原东北部西宁盆地中始新

- 世-渐新世沉积物颜色与气候变化[J]. 兰州大学学报, 2008, 44(6): 1-8. [XU Li, MIAO Yunfa, FANG Xiaomin, et al. Middle Eocene-oligocene climatic changes recorded by sedimentary colors in the Xing Basin, in northeastern Tibetan Plateau, NW China [J]. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 2008, 44(6): 1-8.]
- [13] 宋春辉, 白晋峰, 赵彦德等. 临夏盆地 13-4.4 Ma 湖相沉积物颜色记录的气候变化探讨[J]. 沉积学报, 2005, 23(3): 507-513. [SONG Chunhui, BAI Jinfeng, ZHAO Yande, et al. The color of lacustrine sediments recorded climatic changes from 13 to 4.5 Myr in Linxia Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2005, 23(3): 507-513.]
- [14] 王杰民, 闫宝华, 吴松等. 柴达木盆地东北部中新世沉积物色度记录的气候变化[J]. 甘肃地质, 2012, 21(1): 6-11. [WANG Jiemin, YAN Baohua, WU Song, et al. Climate changes recorded by colors of the Miocene sediments in northeast Qaidam Basin [J]. Gansu Geology, 2012, 21(1): 6-11.]
- [15] 彭淑贞, 郭正堂. 西峰晚第三纪红土记录的亮度学特征[J]. 第四纪研究, 2003, 23(1): 110. [PENG Shuzhen, GUO Zhengtang. Origin of the Miocene-Pliocene red-earth formation at Xifeng in northern China and implications for paleoenvironments [J]. Quaternary Sciences, 2003, 23(1): 110.]
- [16] 李立. 新疆夏季降水的水汽特征[J]. 新疆气象, 1994, 17(3): 6-10. [LI Li. Water vapor characteristics of summer precipitation in Xinjiang [J]. Xinjiang meteorological, 1994, 17(3): 6-10.]
- [17] 张学文. 新疆的水源问题[J]. 自然杂志, 1988, 10(8): 597-600. [ZHANG Xuewen. Water resource in Xinjiang [J]. Journal of Nature, 1988, 10(8): 597-600.]
- [18] Robertson A R. The CIE 1976 color-difference formulae [J]. Color Research and Application, 1977, 2: 7-11.
- [19] 陈一萌, 陈兴盛, 宫辉力, 等. 土壤颜色一个可靠的气候变化代用指标[J]. 干旱区地理, 2006, 29(3): 309-313. [CHEN Yimeng, CHEN Xingsheng, GONG Huili, et al. Soil color-a new sensitive indicator for climatic change [J]. Arid Land Geography, 2006, 29(3): 309-313.]
- [20] 杨石岭, 丁仲礼, 秦小光, 等. 黄土沉积中红光/反射光亮度值变化及古气候意义[J]. 第四纪研究, 1999, 4: 380. [YANG Shiling, DING Zhongli, QIN Xiaoguang, et al. Loess deposits in red/reflective brightness value change and palaeoclimatic meaning [J]. Quaternary Research, 1999, 4: 380.]
- [21] 夏应菲, 汪永进, 陈峻. 李家岗下层黄土剖面的反射光谱研究[J]. 土壤学报, 2000, 37(4): 443-448. [XIA Yingfei, WANG Yongjin, CHEN Jun. Systematic study on reflectance spectrum of Xiashu loess in Lijiagang, Nanjing [J]. Acta Pedologica Sinica, 2000, 37(4): 443-448.]
- [22] 朱丽东, 周尚哲, 李凤全, 等. 庐山红土剖面的色度气候意义[J]. 热带地理, 2007, 27(3): 193-202. [ZHU Lidong, ZHOU Shangzhe, LI Fengquan, et al. Climatic implication of the chroma JL of red earth section in the Lushan Mountain [J]. Tropical Geography, 2007, 27(3): 193-202.]
- [23] 周伟, 王琦, 赵其渊, 等. 渤海南部沉积物颜色的研究[J]. 海洋科学, 1990, 3: 31-35. [ZHOU Wei, WANG Qi, ZHAO Qiyuan, et al. Color Variation of surface sediment in South Bohai Sea. Marine Science, 1990, 3: 31-35.]
- [24] 曾允孚, 夏文杰. 沉积岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1997, 83-85. [ZENG Yunfu, XIA Wenjie. Sedimentary petrology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997, 83-85.]
- [25] Balsam W L, Deaton B C, Damuth J E. Evaluating optical lightness as a proxy for carbonate content in marine sediment core [J]. Marine Geology, 1999, 161: 141-153.
- [26] Jan P H, Henning A B. Glacial-interglacial relationship between carbonate components and sediment reflectance in the north Atlantic [J]. Geo-Marine Letters, 2001(21): 16-22.
- [27] 黄维, 剑志民, Buhring C. 南海北部ODP1144站颜色反射率揭示的千年尺度气候波动[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2003, 23(3): 6-10. [HUANG Wei, JIAN Zhimin, Buhring C. The millennial-scale climate fluctuations revealed by the records of color reflectance from odp site 1144 in the northern South China Sea [J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2003, 23(3): 6-10.]
- [28] Schwertmann U. Transformation of hematite to goethite in soils [J]. Nature, 1971, 232: 624-625.
- [29] Bigham J M, Golden D C. Iron oxide mineralogy of well-drained Ultisols and Oxisols. 2. Influence on color, surface area and phosphate retention [J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1978, 42: 825-830.
- [30] Resende M. Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the central plateau Brazil [D]. PH D thesis. Purdue University, West Lafayette, Indiana, 1976.
- [31] Torrent J, Schwertmann U. Quantitative relationships between soil color and hematite content [J]. Soil Sci, 1983, 136: 354-358.
- [32] Singh B, Gilkes R J. Properties and distribution of iron oxides and their association with minor elements in the soils of south-western Australia [J]. J Soil Sci, 1992, 43: 77-98.

RELATIONSHIP BETWEEN THE COLOR OF SURFACE SEDIMENTS AND PRECIPITATION IN ARID NORTHWEST CHINA

MIAO YunFa¹, YANG ShengLi², ZHUO ShiXin³, SUN AiJun⁴

(1. Key Laboratory of Desert and Desertification, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000;

2. College of Geographical Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing, 210046;

3. Hami Meteorological Bureau of Xinjiang, Hami, 839001;

4. Key Laboratory of Western China's Environmental Systems, Ministry of Education, Lanzhou University, Lanzhou, 730000)

Abstract: The relationship between the modern surface sediment color (e. g. , L^* , a^* and b^*) and climatic parameters, including mean annual temperature (MAT) and mean annual precipitation (MAP) , is the key to understand the past. Many studies on it are mainly focused on the modern soil and the paleosol-loess sediments in or around the Loess Plateau, and little have been devoted to the color of modern fluvial-lacustrine sediments and its relationship with climate. In this paper, we sampled at 57 sites along/around the Tianshan mountain region, very dry place in Xinjiang Area, Northwest China, to measure three parameters of color, the lightness L^* , the redness a^* and the yellowness b^* . The results show that the values of L^* , a^* and b^* are 67. 0-80. 0, 1. 2-9. 4 and 7. 2-22. 1 respectively. The relatively low correlation coefficient between L^* and a^* probably implicate little relationship between them, while the correlation coefficient between a^* and b^* is quite high. At the same time, the low correlation coefficient between altitude and either L^* or a^* probably imply that there is no relationship between the color parameters and MAT. However, the relatively higher correlation coefficient at different latitude means that color parameters are linked with MAP, The values of the coefficient can reach 0. 28 and 0. 37, 0. 55 and 0. 53 for L^* or a^* respectively. Further, we separate all color data into 16 groups in order to compare them with the precipitation records from the meteorological stations along/around the Tianshan region, the correlation index between the L^* , a^* and MAP are 0. 44 and 0. 55 respectively. We argue that such high ratios are results of the relationship between the precipitation and the surface sediments color, especially a^* . Additionally, due to too low correlation coefficient, we find no relationship between L^* and CaCO_3 (%) and the same situation may occur between a^* and hematite. In the future, we will measure the total organic matters and the rock magnetic parameters in order to make clear what are the coloring matters.

Key words: surface sediments; color; arid; climate; correlation coefficient