

文章编号:2095-7300(2014)04-016-06

衡阳紫色土丘陵坡地微地形对土壤水分及生物量的影响

杨昌华¹, 杨宁^{2*}

(1. 湖南省绥宁县林业局, 湖南 绥宁 422600; 2. 湖南环境生物职业技术学院 园林学院, 湖南 衡阳 421005)

摘要:采用样方调查和随机采样相结合的方法,对衡阳紫色土丘陵坡地6种微地形(包括:原状坡(CK)、浅沟(I)、切沟(II)、塌陷(III)、缓台(IV)和陡坎(V))的土壤水分及地上生物量进行调查和研究。结果表明:(1)6种微地形两两配对的Wilcoxon秩检验,CK~I(0.110)、II~III(0.109)、II~IV(0.973)和IV~V(0.339)的相关性不显著外($P>0.05$),其余两两配对的相关性达到显著或极显著正相关($P<0.05$ 或 $P<0.01$);(2)6种微地形中,从土层(0~20 cm)→土层(20~40 cm)→土层(40~60 cm),土壤含水量显著减小($P<0.05$)。0~60 cm土层,各微地形土壤含水量的大小顺序为:III(13.32%)>IV(12.28%)>I(10.30%)>II(12.03%)>CK(9.53%)>V(8.22%)($P<0.05$);(3)6种微地形中,从土层(0~20 cm)→土层(20~40 cm)→土层(40~60 cm),土壤水分的变异系数显著减小($P<0.05$)。0~60 cm土层,各微地形土壤水分变异系数的大小顺序为:V(26.0%)>IV(25.9%)>CK(24.9%)>II(20.7%)>III(18.0%)>I(15.1%)($P<0.05$);(4)不同微地形的生物量的大小顺序为:III(263.82 g/m²)>II(254.29 g/m²)>I(238.67 g/m²)>CK(193.61 g/m²)>IV(154.86 g/m²)>V(122.35 g/m²)($P<0.05$),微地形生物量与0~60 cm土壤水分的变异系数呈负相关($y = -0.006x + 35.30$, $R^2 = 0.690$)。研究表明:在衡阳紫色土丘陵坡地进行植被恢复时,在按传统立地类型划分原则的基础上,还应按微地形的水分特征有区别地配置植被恢复模式。图1,表4,参24。

关键词:微地形;土壤水分;生物量;紫色土;衡阳

中图分类号:S152.7 文献标识码:A

在衡阳紫色土丘陵坡地,虽然降水较多(多年来年均降水超过1 300 mm),但夏季地面温度很高(据记载最高达72.8℃),年蒸发量大(超过1 400 mm),且该区域降水分配极端不均,春、夏季两降水占该年度降水的70%左右,因此季节性干旱严重,加之紫色土的独特性质,其水土流失严重,水分是制约该区域植被恢复的一个关键因素^[1-3]。目前,国内对土壤水分时空分布规律的研究多限于黄土高坡,且大多集中于区域尺度^[4-5]、流域尺度^[6-7]和坡面尺度^[8-9]三个层面,对于这三个层面考虑的生态因子主要是坡向、坡度、坡位、海拔等^[10-12],这虽然对于衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复有一定的指导

意义,但是地形因子的差异对于“因地制宜、适地适树”的目的还是远远不够的,因此,有必要对微地形的土壤水分差异以及生物量进行较为系统的研究^[13-14],以更好地指导当地的生态恢复建设。

1 研究区概况

研究区位于湖南省衡南县谭子山镇宋桥村,地理坐标为:25°54′~25°56′ E,112°59′~113°23′ N,地貌为典型的丘陵区,多年来的平均降水1 350.8 mm,降水量年际变化大,季节分配不均,4~6两个月的降水占全年降水的50%左右,其它季节特别是

收稿日期:2014-09-10

基金项目:国家科技支撑计划项目(编号:2012BAD14B17)

作者简介:杨昌华(1980-),男,湖南绥宁人,助理工程师,研究方向:森林培育与森林生态。

* 通讯作者,E-mail:yangning8787@sina.com

7~10 降水量极少,且多为无效降水;年均温 17.6~18.3 °C,属典型的亚热带季风气候,多年蒸发量 1 483.5 mm,土壤为石灰性紫色土,水土流失严重,土理化性质差(>0.01 mm 粒级占 75%左右;0.01~0.001 mm 粒级:10.5%左右;<0.001 mm:8.5%左右. pH 值:8.0~8.4;土壤有机质(Soil organic matter, SOM):9.3~13.7 g/kg;P₂O₅:36.9~45.8 mg/kg;K₂O:18.4~37.5 mg/kg). 植被主要有狗尾草(*Setaria viridis*)、牡荆(*Vitex negundo var. cannabifolia*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)与苦楝(*Melia azedarach*)等,在下坡零星有乔木和灌木,地形支离破碎,为该实验的进行提供了条件.

2 研究方法

2.1 微地形的界定

与原状坡(CK)进行比较,在衡阳紫色土丘陵坡地由于地表径流的作用,造成土壤含水量和地上植被的差异,从而形成以下几种微地形形式.

(1)浅沟(I):侵蚀发生的初期阶段,横断面宽、浅,多为槽形;

(2)切沟(II):是I的长、宽和深的纵深发展,横断面多为“V”形;

(3)塌陷(III):在切沟形成前的“U”形坑;

(4)缓台(IV):在坡面的局部范围内形成一个明显的平缓台地,坡度较小(一般小于15°),明显小于原状坡的坡度;

(5)陡坎(V):与缓台基本相反,坡度较大(一般大于45°),明显大于原坡形的坡度.

2.2 数据测定

经充分调查,实验地设置在衡南县谭子山镇宋桥村,该村经过多年的封育,植被、坡度、坡向等生态因子基本一致. 取样时间选择在7月初,因为在该时间地上生物量最大,降水较少,土壤水分较稳定.

在实验地的中下部设置20 m×20 m的样方,且在其四角的中心分别设置5个1 m×1 m的小样方,0~20、20~40和40~60 cm土层土壤水分用烘干法测定,植物地上生物用称量法测定,所有数据均

为3次重复的平均值.

2.3 数据处理

2.3.1 微地形土壤水分的变异系数

采用公式: $Cv = \alpha/\bar{\alpha}$ 来计算土壤水分的变异系数,其中: Cv :土壤水分的变异系数; α :各层土壤水分的标准差; $\bar{\alpha}$:各层土壤水分的均值. Cv 越大,表明土壤水分的变异系数越大,土壤水分越不稳定,反之,土壤水分的变异系数越小,土壤水分越稳定.

2.3.2 土壤水分的差异显著性检验

采用SPSS13.0进行数据处理与作图,各微地形的土壤水分进行两两配对的Wilcoxon秩检验,其中: $P < 0.05$ 表明两两配对的两组数据间存在显著差异, $P < 0.01$ 表明两两配对的两组数据间存在极显著差异.

3 结果与分析

3.1 微地形的水分特征分析

3.1.1 不同微地形的土壤水分差异性

利用SPSS13.0对各微地形的土壤水分进行两两配对的Wilcoxon秩检验,检验结果见表1.

由(表1)可知,原状坡(CK)的土壤含水量与切沟(II)、塌陷(III)、缓台(IV)与陡坎(V)含水量的差异性分别为0.027*、0.005**、0.018*和0.044*(* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$),而与浅沟(I)的土壤含水量的差异性为0.110($P > 0.05$),因此在进行植被恢复时,原状坡(CK)与浅沟(I)可采用基本相似的植被恢复模式;另外,对浅沟(I)、切沟(II)、塌陷(III)、缓台(IV)与陡坎(V)这5种微地形的土壤含水量进行比较,除切沟(II)~塌陷(III)(0.109),切沟(II)~缓台(IV)(0.973)和缓台(IV)~陡坎(V)(0.339)的土壤含水量的差异没达到显著水平外($P > 0.05$),说明切沟(II)~塌陷(III)、切沟(II)~缓台(IV)和缓台(IV)~陡坎(V)之间可配置相同或相似的植被恢复模式,其余两两之间的土壤含水量的差异达显著或极显著水平($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),因此,它们两两之间应配置不同的植被恢复模式^[15,16].

表1 土壤水分的差异性检验

Tab.1 Difference test of soil water content

地形	原状坡 (CK)	浅沟 (I)	切沟 (II)	塌陷 (III)	缓台 (IV)
浅沟(I)	0.110				
切沟(II)	0.027*	0.037*			
塌陷(III)	0.005**	0.007**	0.109		
缓台(IV)	0.018*	0.035*	0.973	0.007**	
陡坎(V)	0.044*	0.010*	0.001**	0.006**	0.339

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

3.1.2 不同微地形土壤的含水量

研究表明(见表2),在微地形相同的情况下,原

状坡(CK)的土壤含水量随着土层深度的增加而显著减小($P < 0.05$),20~40 cm和40~60 cm土层含水量只有0~20 cm土层含水量的89.10%和79.56%;浅沟(I)与切沟(II)的0~20 cm土层含水量显著高于20~40 cm和40~60 cm土层含水量($P < 0.05$);塌陷(III)的土层含水量的大小顺序为:含水量(III, 20~40 cm) > 含水量(III, 40~60 cm) > 含水量(III, 0~20 cm) ($P < 0.05$);缓台(IV)的0~20 cm土层含水量最低,达显著水平($P < 0.05$);陡坎(V)20~40 cm的土层含水量显著低于0~20 cm和40~60 cm土层含水量($P < 0.05$).

表2 不同类型微地形土壤水分(%)

Tab.2 Soil water content in different microrelief(%)

土层/cm	原状坡(CK)	浅沟(I)	切沟(II)	塌陷(III)	缓台(IV)	陡坎(V)
0~20	11.01 Aa	11.51 Ab	12.78 Ac	11.81 Aab	11.08 Aa	8.63 Ad
20~40	9.81 ABa	9.71 Ba	11.58 Bb	14.41 Bc	12.81 Bbc	7.72 Bd
40~60	8.76 Ba	9.68 Bb	11.74 Bc	13.74 ABd	12.94 Bcd	8.31 Aab
0~60	9.53 a	10.30 b	12.03 c	13.32 d	12.28 cd	8.22 e

注:同行不同大写字母表示相同微地形不同土层的显著差异,同列不同字母表示相同土层不同微地形差异显著($P < 0.05$).

在土层相同的情况下,0~20 cm土层,各微地形土壤含水量的大小顺序为:切沟(II)(12.78%) > 塌陷(III)(11.81%) > 浅沟(I)(11.51%) > 缓台(IV)(11.08%) > 原状坡(CK)(11.01%) > 陡坎(V)(8.63%) ($P < 0.05$);20~40 cm土层,塌陷(III)(14.41%) > 缓台(IV)(12.81%) > 切沟(II)(11.58%) > 原状坡(CK)(9.81%) > 浅沟(I)(9.71%) > 陡坎(V)(7.72%) ($P < 0.05$);40~60 cm土层,塌陷(III)(13.74%) > 缓台(IV)(12.94%) > 切沟(II)(11.74%) > 浅沟(I)(9.69%) > 原状坡(CK)(8.76%) > 陡坎(V)(8.31%) ($P < 0.05$);0~60 cm土层,塌陷(III)

(13.32%) > 缓台(IV)(12.28%) > 浅沟(I)(10.30%) > 切沟(II)(12.03%) > 原状坡(CK)(9.53%) > 陡坎(V)(8.22%) ($P < 0.05$)^[17-18].

3.1.3 不同微地形的土壤水分的变异系数

研究表明(见表3),在微地形相同的情况下,随着土层深度的增加,各微地形土壤水分的变异系数显著减小($P < 0.05$),原状坡(CK)的20~40 cm和40~60 cm土层含水量的变异系数分别只有0~20 cm土层含水量变异系数的97.32%和37.05%;浅沟(I):93.14%和73.53%;切沟(II):77.47%和49.15%;塌陷(III):96.95%和73.10%;缓台(IV):66.12%和57.44%;陡坎(V):71.21%和59.44%.

表3 不同微地形土壤含水量的变异系数(%)

Tab.3 Variation coefficient of soil water content in different microrelief(%)

土层/cm	原状坡(CK)	浅沟(I)	切沟(II)	塌陷(III)	缓台(IV)	陡坎(V)
0~20	22.4 Aa	20.4 Ab	29.3 Ac	19.7 Ad	24.2 Ae	32.3 Af
20~40	21.8 Ba	19.0 Bb	22.7 Bc	19.1 Bb	16.0 ABd	23.0 ABe
40~60	8.3 Ca	15.0 Cb	14.4 Cbc	14.4 Cbc	13.9 Be	19.2 Bd
0~60	24.9 a	15.1 b	20.7 c	18.0 d	25.9 e	26.0 f

注:同行不同大写字母表示相同微地形不同土层的显著差异,同列不同字母表示相同土层不同微地形差异显著($P < 0.05$).

在土层相同的情况下,0~20 cm 土层,不同微地形的土壤含水量变异系数的大小顺序为:陡坎(V)(32.3%)>切沟(II)(29.3%)>缓台(IV)(24.2%)>原状坡(CK)(22.4%)>浅沟(I)(20.4%)>塌陷(III)(19.7%)($P < 0.05$);20~40 cm 土层,陡坎(V)(23.0%)>切沟(II)(22.7%)>原状坡(CK)(21.8%)>塌陷(III)(19.1%)>浅沟(I)(19.0%)>缓台(IV)(16.0%)($P < 0.05$);40~60 cm 土层,陡坎(V)(19.2%)>浅沟(I)(15.0%)>切沟(II)(14.4%) \approx 塌陷(III)(14.4%)>缓台(IV)(13.9%)>原状坡(CK)(8.3%)($P < 0.05$);0~60 cm 土层,陡坎(V)(26.0%)>缓台(IV)(25.9%)>原状坡(CK)(24.9%)>切沟(II)(20.7%)>塌陷(III)(18.0%)>浅沟(I)(15.1%)($P < 0.05$).

3.2 微地形的生物量特征分析

研究表明(见表4),不同微地形的生物量的大小顺序为:塌陷(III)(263.82 g/m²)>切沟(II)(254.29 g/m²)>浅沟(I)(238.67 g/m²)>原状坡(CK)(193.61 g/m²)>缓台(IV)(154.86 g/m²)>陡坎(V)(122.35 g/m²)($P < 0.05$),塌陷(III)、

切沟(II)、浅沟(I)、原状坡(CK)和缓台(IV)生物量分别为陡坎(V)生物量的2.16倍、2.08倍、1.95倍、1.58倍和1.27倍。

表4 不同微地形的生物量特征/(g/m²)

Tab.4 The biomass in different microrelief

微地形	生物量/(g/m ²)
原状坡(CK)	193.61 a
浅沟(I)	238.67 b
切沟(II)	254.29 bc
塌陷(III)	263.82 c
缓台(IV)	154.87 ad
陡坎(V)	122.35 d

同列不同字母表示不同微地形间生物量差异显著($P < 0.05$).

图1表明,微地形生物量与0~60 cm 土壤水分的变异系数呈负相关,拟合方程为 $y = -0.006x + 35.30$ ($** R^2 = 0.690 = 0.690$),笔者认为,原因有二,一方面,由于随着植被的恢复,盖度的增加,从而可减小土壤水分的蒸发;另一方面,随着土层深度的增加,表层土壤直接暴露于表面,蒸发快,受周边环境因子的影响大,土壤水分的变异系数较大,深层土壤含水量高,周边环境因子对其影响小,土壤含水量高且相对稳定,变异系数小^[19-24].

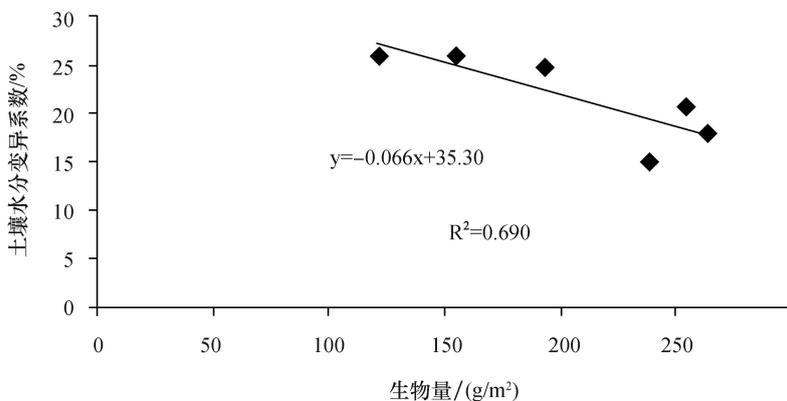


图1 微地形生物量与土壤水分变异系数的相关性

Fig.1 Correlation between biomass between Variation coefficient of soil water content in different microrelief

4 结 论

(1) 通过对原状坡(CK)、浅沟(I)、切沟(II)、塌陷(III)、缓台(IV)和陡坎(V)两两配对的Wilcoxon秩检验,除原状坡(CK)~浅沟(I)(0.110)、切沟(II)~塌陷(III)(0.109)、切沟(II)~缓台(IV)(0.973)和缓台(IV)~陡坎(V)(0.339)的相关性不显著外,其余两两配对的相关性达到显著或极显著正相关($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$);

(2) 6种微地形中,从土层(0~20 cm)→土层(20~40 cm)→土层(40~60 cm),土壤含水量显著减小($P < 0.05$).0~60 cm土层,各微地形土壤含水量大小顺序为:塌陷(III)(13.32%) > 缓台(IV)(12.28%) > 浅沟(I)(10.30%) > 切沟(II)(12.03%) > 原状坡(CK)(9.53%) > 陡坎(V)(8.22%)($P < 0.05$);

(3) 6种微地形中,从土层(0~20 cm)→土层(20~40 cm)→土层(40~60 cm),土壤水分的变异系数显著减小($P < 0.05$).0~60 cm土层,各微地形土壤水分变异系数的大小顺序为:陡坎(V)(26.0%) > 缓台(IV)(25.9%) > 原状坡(CK)(24.9%) > 切沟(II)(20.7%) > 塌陷(III)(18.0%) > 浅沟(I)(15.1%)($P < 0.05$);

(4) 不同微地形的生物量的大小顺序为:塌陷(III)(263.82 g/m²) > 切沟(II)(254.29 g/m²) > 浅沟(I)(238.67 g/m²) > 原状坡(CK)(193.61 g/m²) > 缓台(IV)(154.86 g/m²) > 陡坎(V)(122.35 g/m²)($P < 0.05$),微地形生物量与0~60 cm土壤水分的变异系数呈负相关($y = -0.006x + 35.30$, ** $R^2 = 0.690 = 0.690$).

参考文献:

[1] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复阶段土壤特性的演变[J].生态学报,2014,34(10):2693-2701.

[2] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.衡阳紫色土丘陵坡地不同恢复阶段植被特征与土壤性质的关系[J].应用生态学报,2013,24(1):90-96.

[3] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.衡阳紫色土丘陵坡地不同植被恢复阶段土壤酶活性特征研究[J].植物营养与肥料学报,2013,19(6):1516-1524.

[4] 杨文治,邵明安,彭新德,等.黄土高原环境的旱化与黄

土中水分关系[J].中国科学(D辑),1998,28(4):6-9.

[5] Hawley M E, Jackson T J, Mccuen R H. Surface soil moisture variation on small agricultural watersheds[J]. Journal of Hydrology, 1983, 62: 179-200.

[6] 何福红,黄明辉,党廷辉.黄土高原沟壑小流域土壤水分空间分布特征[J].水土保持通报,2002,22(4):6-9.

[7] 黄奕龙,陈利项,傅伯杰,等.黄土丘陵小流域土壤水分空间格局及其影响因素[J].自然资源学报,2005,20(4):483-491.

[8] Nagamatsu D, Mirura O. Soil disturbance regime in relation to micro-scale landforms and its effects on vegetation structure in a hilly area in Japan[J]. Plant Ecology, 1997, 133: 191-200.

[9] Western A W, Bloschl G. On the spatial scaling of soil moisture[J]. Journal of Hydrology, 1999, 217: 203-224.

[10] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.衡阳紫色土丘陵坡地植被不同恢复阶段土壤微生物量碳的变化及其与土壤理化因子的关系[J].生态环境学报,2013,22(1):25-30.

[11] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.衡阳紫色土丘陵坡地植被不同恢复阶段土壤理化特征分析[J].农业现代化研究,2012,33(6):757-761.

[12] 杨宁,杨满元,雷玉兰,等.衡阳紫色土丘陵坡地土壤酶活性对植被恢复的响应[J].生态环境学报,2014,23(4):575-580.

[13] 杨宁,邹冬生,李建国.衡阳盆地紫色土丘陵坡地土壤水分变化动态研究[J].水土保持研究,2009,16(6):16-21.

[14] 杨宁,邹冬生,李建国.衡阳盆地紫色土丘陵坡地主要植物群落生物量特征[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(5):466-469.

[15] 杨宁,邹冬生,李建国.衡阳盆地紫色土丘陵坡地植被恢复模式建设[J].草业科学,2010,27(10):10-16.

[16] 陈璟,杨宁.衡阳紫色土丘陵坡地不同恢复阶段土壤基础呼吸及代谢熵的变化[J].热带亚热带植物学报,2013,21(6):514-520.

[17] 杨宁,陈璟,杨满元,等.贵州雷公山秃杉林不同林冠环境下箭竹分株种群结构特征[J].西北植物学报,2013,33(11):2326-2331.

[18] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.贵州雷公山秃杉的种群结构和空间分布格局[J].西北植物学报,2011,31(10):2100-2105.

[19] 杨满元,杨宁,郭锐,等.衡阳紫色土丘陵坡地恢复过程中土壤微生物数量特征[J].生态环境学报,2013,22(2):229-232.

[20] 陈璟,杨宁.亚热带红壤丘陵区5种人工林对土

- 壤性质的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(12):167-173,178.
- [21]杨宁,邹冬生,杨满元,等.紫色土丘陵坡地植被恢复过程中土壤微生物生物量碳、微生物熵的变化[J].水土保持通报,2014,34(5):39-43.
- [22]杨宁,付美云,杨满元,等.衡阳紫色土丘陵坡地不同土地利用模式下土壤种子库特征[J].西北植物学报,2014,34(11):2324-2330.
- [23]谢琼中.湖南省绥宁县黄桑坪自然保护区植物群落多样性分析[J].湖南生态科学学报,2014,1(2):7-10.
- [24]李红,杨宁.湖南省绥宁县黄桑坪自然保护区珍稀濒危植物长苞铁杉自然种群年龄结构及生态对策[J].湖南生态科学学报,2014,1(3):12-16.

Effect of Microrelief on the Soil Moisture and Biomass in Hilly Slopeland with Purple Soils in Hengyang

YANG Chang-hua¹, YANG Ning²

(1. Suining County Forestry Bureau of Hunan Province, Suining 422600, China; 2. Department of landscape Hunan Polytechnic of Environment and Biology, Hengyang 421005, China)

Abstract: By taking the methods of sampling, investigation and randomized sampling, the author studied the soil moisture and biomass of six types of microrelief in hilly slopeland with purple soils in Hengyang (including original slope(CK), shallow gully(I), gully(II), collaps(III), platform(IV) and scarp(V)). The results showed that: (1) Except for CK ~ I (0.110), II ~ III (0.109), II ~ IV (0.973) and IV ~ V (0.339) ($P > 0.05$), there existed significant relevance or even more between the other two couple rank sum test ($P < 0.05$ or $P < 0.01$); (2) In the 6 types of microrelief, from soil layer (0 ~ 20 cm), soil layer (20 ~ 40 cm) to soil layer (40 ~ 60 cm), the soil moisture decreased greatly ($P < 0.05$). In the soil layer (0 ~ 60 cm), the water moisture were followed the order as III (13.32%) > IV (12.28%) > I (10.30%) > II (12.03%) > CK (9.53%) > V (8.22%) ($P < 0.05$); (3) From soil layer (0 ~ 20 cm), soil layer (20 ~ 40 cm) to soil layer (40 ~ 60 cm), the soil moisture variation coefficient significantly decreased ($P < 0.05$). In the soil layer (0 ~ 60 cm), the soil moisture variation coefficient were followed the order as V (26.0%) > IV (25.9%) > CK (24.9%) > II (20.7%) > III (18.0%) > I (15.1%) ($P < 0.05$); (4) The biomass in the 6 types of microrelief were followed the order as III (263.82 g/m²) > II (254.29 g/m²) > I (238.67 g/m²) > CK (193.61 g/m²) > IV (154.86 g/m²) > V (122.35 g/m²) ($P < 0.05$). There existed negative relevance between biomass and soil moisture of 0 ~ 60 cm soil layer ($y = -0.006x + 35.30$, $R^2 = 0.690$). Therefore, in the re-vegetation of slopeland with purple soils in Hengyang, we should configure re-vegetation models discriminately based on re-vegetation units determined by traditional principles as well as the characteristics of the soil moisture. 1fig., 4 tabs., 24refs.

Keywords: microrelief; soil moisture; biomass; purple soils; Hengyang