

衡阳紫色土丘陵坡地5种土地利用方式土壤肥力综合评价

杨满元, 杨宁

(湖南环境生物职业技术学院 园林学院, 湖南 衡阳 421005)

摘要:【目的】为了研究衡阳紫色土丘陵坡地5种土地利用方式[自然恢复地(NR)、草地(GT)、灌草地(FG)、灌丛地(FX)和乔灌地(AF)]的土壤肥力质量差异。【方法】以不同土地利用方式的0~20与20~40 cm土层土壤为研究对象,通过主成分分析和相关分析方法选取具有代表性指标计算土壤肥力指数,对并土壤肥力进行综合评价。【结果】除全磷(TP)、全钾(TK)与速效钾(AK)外,不同土地利用方式的土壤肥力指标有明显差异性;土壤质量指数(SQI)计算结果表明,灌草地(1.62)与草地(1.59)土壤肥力最好,乔灌地(1.32)与灌丛地(1.03)次之,自然恢复地(0.59)最差。【结论】研究表明,在衡阳紫色丘陵坡地,灌草地(紫穗槐+白花草木樨)与草地(白花草木樨-猪屎豆)最有利于土壤肥力的提高。

关键词:土壤肥力;土地利用方式;综合评价;紫色土

中图分类号: X825

文献标识码: A

文章编号: 2095-7300(2021)02-0010-07

Comprehensive Evaluation on Soil Fertility of Different Land Use Types on Sloping-land with Purple Soils in Hengyang

YANG Manyuan, YANG Ning

(College of Landscape Architecture, Hunan Polytechnic of Environment and Biology, Hengyang 421005, China)

Abstract: 【Objective】 Research the differences of soil fertility quality among five land use types, including natural re-vegetation (NR), grassplot (GT), frutex and grassland (FG), frutex (FX) and arbor and frutex (AF) on sloping-land with purple soils in Hengyang of Hunan province. 【Method】 Taking the soils of 0~20 and 20~40 cm soil layers in five land use types as the research object, the typical norm was selected to calculate soil fertility index by the methods of principal component and correlation analysis, and the soil fertility was comprehensively evaluated. 【Result】 The results showed that apart from total phosphorus (TP), total potassium (TK) and available potassium (AK), there was obviously difference of soil fertility among five land use types; The soil quality index

收稿日期: 2020-09-17

基金项目: 湖南省科技厅项目(S2006N332); 湖南省教育厅科学研究项目(16C0559); 湖南环境生物职业技术学院南岳学者基金项目(N2019-02)

作者简介: 杨满元, 讲师, 研究方向: 植物生态学与恢复生态学研究, E-mail: yangmyhyp@sina.com

引文格式: 杨满元, 杨宁. 衡阳紫色土丘陵坡地5种土地利用方式土壤肥力综合评价[J]. 湖南生态科学学报, 2021, 8(2): 10-16. YANG M Y, YANG N. Comprehensive evaluation on soil fertility of different land use types on sloping-land with purple soils in Hengyang[J]. Journal of Hunan Ecological Science, 2021, 8(2): 10-16.

(SQI) showed that the soil fertility quality of FG (1.62) and GT (1.59) was the best, followed by AF (1.32) and FX (1.03), and that of NR (0.59) was the worst. 【Conclusion】 All the study indicated that FG (*Amorpha fruticosa* + *Melilotus albus*) and GT (*Melilotus albus*—*Crotalaria pallid*) were most beneficial to the improvement of the soil fertility on sloping-land with purple soils in Hengyang of Hunan Province.

Keywords: soil fertility; land use types; comprehensive evaluation; purple soils.

土壤是生态系统重要组成部分,是植被生存和健康生长基础^[1]。土壤肥力作为土壤动态变化敏感指标,直接影响着区域环境以及植被的健康状态,是土壤性质相互作用的综合体现,它不仅反映土壤管理水平,同时揭示土壤恢复能力^[2-3]。不同土地利用方式以及管理措施影响着土壤肥力变化程度与方向,合理土地利用方式可以改善土壤质量,增强土壤肥力,而不合理土地利用方式则会破坏土壤的团聚结构,加速土壤侵蚀,降低土地生产力^[4-5]。因此,从土壤性质和管理角度建立土壤肥力综合评价体系,监测和评价土壤肥力质量的特征变化,为区域生态恢复以及可持续发展提供科学依据。

湖南省衡阳市紫色土丘陵坡地面积 $1.625 \times 10^5 \text{ hm}^2$,是湖南省生态环境较为恶劣的地区之一,也是中国南方极具代表性的生态灾害易发区,该区域水土流失严重,植被稀疏,基岩裸露,区域中有的地方几乎没有土壤发育层,生态环境十分恶劣,植被恢复十分困难,该区域植被恢复是一项长期、艰巨的工程。为改善区域环境,长期以来,实施植被恢复取得了良好生态效果,但以往研究多集中于区域植被、土壤种子库以及恢复模式等方面^[6-8],针对该区域不同土地利用方式土壤肥力差异及综合评价鲜见报道,本文以恢复年限基本相同的不同土地利用方式土壤为研究对象,对其进行综合分析,为该区域植被恢复土壤培肥机理及调控肥力提供理论依据,更好地指导该区域植被恢复和生态重建。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

衡阳市紫色土丘陵坡地(东经 $110^{\circ}32'16''$ — $113^{\circ}16'32''$,北纬 $26^{\circ}07'05''$ — $27^{\circ}28'24''$)位于湖南省中南部,湘江中游,地貌以丘岗为主,紫色土呈网状分布于海拔60~200 m地带;属亚热带湿润季风气候,年均温 18°C ;极端最高温 40.5°C ,极端最低

温 -7.9°C ,年均降雨量1325 mm,蒸发量1426.5 mm,相对湿度80%,全年无霜期286 d左右。在研究区选取土地利用年限相同(20 a),坡向(SW25~35°)、坡度(15°~35°)、海拔(115 m~140 m)及裸岩率(约10%)等生态因子基本相似的自然恢复地(Natural re-vegetation, NR)(常年稀疏杂草覆盖)(盖度约10%),以及人为设置的草地(Grassplot, GT)[白花草木樨(*Melilotus albus*)—猪屎豆(*Crotalaria pallid*)](盖度约85%)、灌草地(Frutex and grassland, FG)[紫穗槐(*Amorpha fruticosa*) + 白花草木樨](盖度约90%)、灌丛地(Frutex, FX)[沙地柏(*Sabina vulgaris*)—马桑(*Coriaria nepalensis*)](盖度约85%)和乔灌地(Arbor and frutex, AF)[枫香(*Liquidambar formosana*) + 紫穗槐](盖度约85%)5种土地利用方式的样地,各土地利用方式面积均大于 1 hm^2 ,20 a前各土地利用方式的主要草本植物以狗尾草(*Setaria viridis*)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)和马鞭草(*Verbena officinalis*)为主,灌木以牡荆(*Vitex negundo* var. *cannabifolia*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、紫薇(*Lagerstroemia indica*)和苦楝(*Melia azedarach*)居多,林木主要为天然次生林枫香、人工林杉木(*Cunninghamia lanceolata*)为主,研究区的森林覆盖率19.6%;土壤有机碳、全氮、全磷、全钾分别为0.13 g/kg、0.56‰、0.07%、2.10%左右,碱解氮、速效磷、速效钾分别约为36.18 mg/kg、11.76 mg/kg、249.43 mg/kg,土壤pH值约8.54,20年间均无农业施肥等人为干扰。

1.2 研究方法

1.2.1 样品采集

在每种土地利用方式中各设4块小样地,每块小样地在相似坡位处设置3个 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 的样方,在同样方内分别采取0~20 cm和20~40 cm土层土壤样品,每个样品由“S”采样法取5个样点混合而成,按四分法取混合样1 kg,装入密闭塑料袋,带回实验室,自然风干,去掉土壤中可见植物根系和残体等

杂物,过2 mm孔径的土壤分析筛,一部分常温保存用于测定土壤理化指标,一部分于4℃保存用于测定土壤的生物学性状。

1.2.2 指标和测定方法

为了能够全面评价5种土地利用方式的土壤肥力质量,本研究根据土壤的物理、化学以及生物学性质选择易度量、重现性好的指标来评价土壤肥力质量。各指标的测定方法见表1^[9-10]。

表1 土壤肥力的测定指标
Table1 Determination index of soil fertility

| 类别 | 指标 | 测定方法 |
|-------|--|---|
| 物理性质 | 土壤含水量(Soil water content, SWC) | 烘干法(105℃, 12 h) |
| | 土壤容重(Soil bulk density, SBD) | 环刀法 |
| 化学性质 | 土壤有机碳(Soil organic carbon, SOC) | K ₂ Cr ₂ O ₇ -H ₂ SO ₄ (浓)外加热法 |
| | 全氮(Total nitrogen, TN) | 半微量凯氏法 |
| | 全磷(Total phosphorus, TP) | NaOH熔融-钼锑抗显色-紫外分光光度法 |
| | 全钾(Total potassium, TK) | NaOH熔融-原子吸收法 |
| | 碱解氮(Alkali-hydrolyzable nitrogen, AN) | 扩散吸收法 |
| | 速效磷(Available phosphorus, AP) | NaHCO ₃ 提取-钼锑抗显色-紫外分光光度法 |
| | 速效钾(Available potassium, AK) | NH ₄ Ac浸提-原子吸收法 |
| 生物学性质 | pH值(pH value) | 电极电位法 |
| | 微生物量碳(Microbial biomass carbon, MBC) | 氯仿熏蒸-K ₂ SO ₄ 浸提法(转换系数K为0.45) |
| | 微生物量氮(Microbial biomass nitrogen, MBN) | 氯仿熏蒸-K ₂ SO ₄ 提取-氮自动分析法(转换系数K为0.45) |

1.2.3 数据分析

采用SPSS13.0软件进行数据统计分析,采用单因素方差分析(One-way ANOVA)和最小显著差异(LSD)比较不同数据间差异($\alpha=0.05$),用Pearson相关系数评价不同因子间相互关系,表中的所有数据均为3次重复的平均值。

本研究选取土壤质量指数(Soil quality index, SQI)来评价5种土地种用方式的土壤肥力^[11]。该方法的主要步骤如下:(1)应用主成分分析(Principal component analysis, PCA)与相关分析(Correlation analysis, CA)法,选取对土壤肥力贡献率较大的土壤指标^[12];(2)参照公式1标准化处理贡献率较大的土壤指标^[13];(3)利用公式2计算SQI^[13]。

$$y = a / [1 + (x/x_0)^b] \quad (1)$$

y 为标准化后的土壤指标值, $a=1$ 时, x 为通过主成分分析选取的指标值, x_0 为选取指标值的平均值,当 x 在主成分中的系数大于0时, b 取-2.5,反之,

b 取2.5。

$$SQI = \sum_{i=1}^n W_i Y_i \quad (2)$$

SQI 为土壤质量指数, Y_i 为标准化后的指标值, W_i 为权重,确定方法为 Y_i 所在主成分能够解释方差变异量的百分比。

2 结果与分析

2.1 不同土地利用方式土壤肥力因子

在0~20 cm与20~40 cm土层,土壤含水量(SWC)、土壤有机碳(SOC)、全氮(TN)、碱解氮(AN)、速效磷(AP)、微生物量碳(MBC)与微生物量氮(MBN)的大小顺序为草地(≈灌草地) > 灌丛地(≈乔灌地) > 自然恢复地($P < 0.05$),反之,土壤容重(SBD)的大小顺序为自然恢复地 > 灌丛地(≈乔灌地) > 草地(≈灌草地)($P < 0.05$);5种土地

利用方式0~20 cm土层的SWC、SOC、TN、AN、AP、MBC与MBN显著大于20~40 cm土层 ($P < 0.05$), 自然恢复地、灌丛地与乔灌地20~40 cm土层的SBD显著高于0~20 cm土层 ($P < 0.05$), 而草地与灌草地0~20 cm与20~40 cm土层无显著差异 ($P > 0.05$); 5种土地种用方式间以及0~20 cm与

20~40 cm土层间的全磷(TP)、全钾(TK)与速效钾(AK)均差异不明显 ($P > 0.05$); 在0~20 cm与20~40 cm土层, 自然恢复地的土壤pH值最高, 显著高于草地等4种土地利用方式 ($P < 0.05$), 但5种土地利用方式0~20 cm与20~40 cm土层无显著差异 ($P > 0.05$) (见表2)。

表2 不同土地利用方式土壤肥力因子
Table2 Soil fertility factors of different land use types

| 指标 | 土层/cm | NR | GT | FG | FX | AF |
|--------------------------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| SWC/(g/kg) | 0~20 | 154.68 ^{Ca} | 320.56 ^{Aa} | 323.09 ^{Aa} | 280.21 ^{Ba} | 278.17 ^{Ba} |
| | 20~40 | 132.56 ^{Cb} | 230.32 ^{Ab} | 228.84 ^{Ab} | 200.12 ^{Bb} | 205.13 ^{Bb} |
| SBD/(g/cm ³) | 0~20 | 1.32 ^{Ab} | 0.98 ^{Ca} | 0.99 ^{Ca} | 1.15 ^{Bb} | 1.12 ^{Bb} |
| | 20~40 | 1.42 ^{Aa} | 1.00 ^{Ca} | 1.01 ^{Ca} | 1.23 ^{Ba} | 1.27 ^{Ba} |
| SOC/(g/kg) | 0~20 | 0.15 ^{Ca} | 0.34 ^{Aa} | 0.35 ^{Aa} | 0.28 ^{Ba} | 0.28 ^{Ba} |
| | 20~40 | 0.12 ^{Cb} | 0.27 ^{Ab} | 0.27 ^{Ab} | 0.20 ^{Bb} | 0.19 ^{Bb} |
| TN/‰ | 0~20 | 0.68 ^{Ca} | 1.31 ^{Aa} | 1.32 ^{Aa} | 1.00 ^{Ba} | 1.01 ^{Ba} |
| | 20~40 | 0.54 ^{Cb} | 1.08 ^{Ab} | 1.09 ^{Ab} | 0.89 ^{Bb} | 0.87 ^{Bb} |
| TP/% | 0~20 | 0.07 ^{Aa} | 0.09 ^{Aa} | 0.09 ^{Aa} | 0.08 ^{Aa} | 0.08 ^{Aa} |
| | 20~40 | 0.07 ^{Aa} | 0.08 ^{Aa} | 0.09 ^{Aa} | 0.08 ^{Aa} | 0.08 ^{Aa} |
| TK/% | 0~20 | 2.12 ^{Aa} | 2.12 ^{Aa} | 2.13 ^{Aa} | 2.09 ^{Aa} | 2.11 ^{Aa} |
| | 20~40 | 2.09 ^{Aa} | 2.08 ^{Aa} | 2.08 ^{Aa} | 2.12 ^{Aa} | 2.07 ^{Aa} |
| AN/(mg/kg) | 0~20 | 40.43 ^{Ca} | 93.35 ^{Aa} | 98.12 ^{Aa} | 70.12 ^{Ba} | 69.09 ^{Ba} |
| | 20~40 | 30.58 ^{Cb} | 76.43 ^{Ab} | 75.15 ^{Ab} | 56.32 ^{Bb} | 58.05 ^{Bb} |
| AP/(mg/kg) | 0~20 | 8.65 ^{Ca} | 18.05 ^{Aa} | 18.36 ^{Aa} | 12.68 ^{Ba} | 12.76 ^{Ba} |
| | 20~40 | 7.35 ^{Cb} | 13.54 ^{Ab} | 13.32 ^{Ab} | 10.00 ^{Bb} | 9.98 ^{Bb} |
| AK/(mg/kg) | 0~20 | 259.09 ^{Aa} | 265.12 ^{Aa} | 264.98 ^{Aa} | 259.98 ^{Aa} | 260.00 ^{Aa} |
| | 20~40 | 260.43 ^{Aa} | 263.00 ^{Aa} | 264.31 ^{Aa} | 261.54 ^{Aa} | 263.07 ^{Aa} |
| pH值 | 0~20 | 8.12 ^{Aa} | 7.00 ^{Ba} | 7.02 ^{Ba} | 7.43 ^{Ba} | 7.44 ^{Ba} |
| | 20~40 | 8.43 ^{Aa} | 7.01 ^{Ba} | 7.02 ^{Ba} | 7.56 ^{Ba} | 7.45 ^{Ba} |
| MBC/(mg/kg) | 0~20 | 189.65 ^{Ca} | 555.32 ^{Aa} | 564.12 ^{Aa} | 345.87 ^{Ba} | 346.96 ^{Ba} |
| | 20~40 | 176.54 ^{Cb} | 444.90 ^{Ab} | 456.32 ^{Ab} | 276.89 ^{Bb} | 275.32 ^{Bb} |
| MBN/(mg/kg) | 0~20 | 12.56 ^{Ca} | 29.87 ^{Aa} | 30.00 ^{Aa} | 22.89 ^{Ba} | 23.00 ^{Ba} |
| | 20~40 | 10.43 ^{Cb} | 21.09 ^{Ab} | 19.98 ^{Ab} | 15.56 ^{Bb} | 15.89 ^{Bb} |

注: 不同大写字母表示不同土地利用方式间差异显著, 不同小写字母表示不同土层间差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

2.2 土壤肥力因子间的耦合关系

SOC与TN、TP、AN、AP、MBC、MBN; TN

与TP、AN、AP、MBC、MBN; TP与AN、AP、MBC、MBN; AN与AP、MBC、MBN; AP与

表3 土壤肥力因子间的相关性分析

Table3 Correlation analysis among soil fertility factors

| | SWC | SBD | SOC | TN | TP | TK | AN | AP | AK | pH | MBC |
|-----|---------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|
| SBD | -0.90** | 1.00 | | | | | | | | | |
| SOC | 0.30 | 0.26 | 1.00 | | | | | | | | |
| TN | 0.40 | 0.27 | 0.90** | 1.00 | | | | | | | |
| TP | 0.38 | 0.34 | 0.88** | 0.87** | 1.00 | | | | | | |
| TK | 0.34 | 0.29 | 0.18 | 0.31 | 0.22 | 1.00 | | | | | |
| AN | 0.27 | 0.21 | 0.89** | 0.95** | 0.78* | 0.23 | 1.00 | | | | |
| AP | 0.30 | 0.27 | 0.88** | 0.82* | 0.89** | 0.22 | 0.79* | 1.00 | | | |
| AK | 0.30 | 0.38 | 0.21 | 0.15 | 0.24 | 0.88** | 0.30 | 0.43 | 1.00 | | |
| pH | 0.26 | 0.33 | -0.73* | -0.68* | -0.57* | 0.12 | -0.79* | -0.56* | 0.19 | 1.00 | |
| MBC | 0.26 | 0.25 | 0.91** | 0.90** | 0.82* | 0.13 | 0.90** | 0.77* | 0.20 | -0.70* | 1.00 |
| MBN | 0.31 | 0.33 | 0.92** | 0.93** | 0.84* | 0.28 | 0.97** | 0.78* | 0.17 | -0.79* | 0.88** |

注：*表示 $P < 0.01$ ，*表示 $P < 0.05$ 。

MBC、MBN的相关系数为0.77*~0.97**。TK与AK的相关系数为0.97**。SWC与SBD的相关系数为-0.90**。土壤pH值与SOC、TN、TP、AN、AP、MBC、MBN的相关系数为-0.79*~-0.56* (* $P < 0.05$ 或** $P < 0.01$) (表3)。

2.3 土壤肥力的综合评价

对5种土地利用方式12个土壤理化指标以及生物学指标所表征的肥力因子的原始实验数据进行无量纲处理，得出各自隶属值(表4)，同时对这些评价指标隶属值进行主成分分析(表5)，结果表明，前3个主成分特征根均大于1，累计方差贡献率大于85%，可反映系统的变异信息^[14]。从方差贡献率和特征量来看，各主成分评价土壤肥力影响力的大小顺序为PC1(65.20%, 6.72) > PC2(21.38%, 2.41) > PC3(14.92%, 1.62)，从各土壤肥力指标权重来看，其大小顺序为：土壤微生物量碳(MBC)(0.15) > 土壤微生物量氮(MBN)(0.14) > 土壤有机碳(SOC)(0.12) > 全氮(TN)(0.11) [= 碱解氮(AN)(0.11)] > 土壤含水量(SWC)(0.10) > 全磷(TP)(0.07) > 速效磷(AP)(0.06) > pH值(pH value)(0.05) > 土壤容重(SBD)(0.04) > 全钾(TK)(0.03) > 速效钾(AK)(0.02)，因此，MBC、MBN、SOC、TN、AN等是土壤肥力主要驱动因子。

在第一主成分(PC1)中，MBC的系数值最高(表5)，且与SOC、MBN、TN、AN等均有较好的相关性(表3)，因此，在PC1中选择系数较高的MBC

等作为肥力指数的指标；同理在PC2中选择TP、AP作为肥力指数的指标，在PC3中选择SWC作为肥力指数的指标。按照公式(1)和公式(2)计算5种土地利用方式的土壤质量指数，即灌草地(1.62) > 草地(1.59) > 乔灌地(1.32) > 灌丛地(1.03) > 自然恢复地(0.59)(图1)。说明在5种土地利用方式中，灌草地、草地有较高的土壤肥力，其次为乔灌地和灌丛地，自然恢复地的土壤肥力较差。

表4 不同土地利用方式土壤肥力指标的隶属值

Table4 Membership value of soil fertility in different land use types

| | NR | GT | FG | FX | AF |
|-----|------|------|------|------|------|
| SWC | 0.32 | 0.52 | 0.53 | 0.48 | 0.46 |
| SBD | 0.44 | 0.32 | 0.30 | 0.38 | 0.37 |
| SOC | 0.33 | 0.59 | 0.60 | 0.48 | 0.46 |
| TN | 0.29 | 0.58 | 0.59 | 0.43 | 0.42 |
| TP | 0.23 | 0.31 | 0.32 | 0.28 | 0.27 |
| TK | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.42 | 0.42 |
| AN | 0.21 | 0.44 | 0.45 | 0.36 | 0.35 |
| AP | 0.10 | 0.29 | 0.29 | 0.18 | 0.18 |
| AK | 0.40 | 0.41 | 0.42 | 0.40 | 0.41 |
| pH值 | 0.34 | 0.29 | 0.28 | 0.27 | 0.28 |
| MBC | 0.32 | 0.60 | 0.61 | 0.55 | 0.54 |
| MBN | 0.30 | 0.58 | 0.59 | 0.48 | 0.49 |

表5 不同土地利用方式土壤肥力指标主成分分析结果
Table5 Principal component analysis of soil fertility index in different land use types

| 土壤因子 | 主成分 | | | 权重 |
|---------|-------|-------|--------|------|
| | PC1 | PC2 | PC3 | |
| SWC | 0.72 | 0.54 | -0.49 | 0.10 |
| SBD | -0.90 | 0.08 | 0.06 | 0.04 |
| SOC | 0.91 | -0.56 | 0.10 | 0.12 |
| TN | 0.89 | -0.53 | 0.21 | 0.11 |
| TP | 0.14 | 0.88 | -0.06 | 0.07 |
| TK | -0.43 | 0.84 | 0.28 | 0.03 |
| AN | 0.80 | -0.52 | 0.19 | 0.11 |
| AP | 0.15 | 0.90 | -0.08 | 0.06 |
| AK | -0.38 | 0.78 | 0.24 | 0.02 |
| pH值 | -0.76 | 0.17 | 0.09 | 0.05 |
| MBC | 0.92 | -0.65 | 0.13 | 0.15 |
| MBN | 0.90 | -0.58 | 0.22 | 0.14 |
| 特征值 | 6.72 | 2.41 | 1.62 | |
| 贡献/% | 65.20 | 21.38 | 14.92 | |
| 累计贡献率/% | 65.20 | 85.42 | 100.00 | |

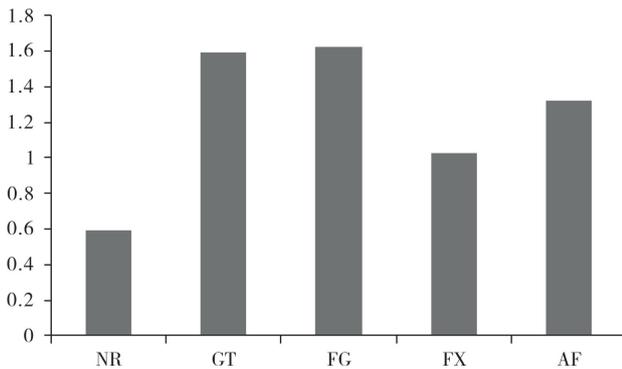


图1 不同土地利用方式土壤质量指数

Fig.1 Soil quality index (SQI) of different land use types

3 讨论

MBC、MBN、SOC、TN与AN等具有基本相似的消长规律,在一定程度上决定着土壤的肥力^[15-16]。分析发现SOC与TN、AN、TP、AP、MBC、MBN存在较好正相关关系,达极显著正水平($P < 0.01$),说明随着土壤SOC等含量的增加,土壤肥力质量明显改善,与相关学者的研究结果基本一致^[17]。本研究发现灌草地与草地土壤肥力质量较好,明显优于其他土地利用方式,主要原因为灌草地与草地的植

被盖度较高(分别为90%与85%),优势植物分别为紫穗槐、白花草木樨、猪屎豆等,其中紫穗槐是灌木类豆科植物,植株较低,枝叶密度高,容易导致由风力引起的枯枝落叶和其他物质在灌层下聚集,白花草木樨与猪屎豆为草本类豆科植物,能固氮,夏季高温后干枯,归还到土壤中的凋落物和根系代谢物较多,增加土壤的C源、N源以及土壤微生物所需代谢能源,对土壤肥力的提高有促进作用^[18-19];自然恢复地常年为稀疏杂草覆盖(盖度10%),水土流失严重,有机质腐殖化过程缓慢,不利于其土壤质量的改善^[20-21]。

本研究发现土壤pH值与SOC、TN、TP、AN与AP等呈显著负相关关系($P < 0.05$),自然恢复地的SOC、TN、AN、AP、MBC与MBN等显著低于草地等4种土地利用方式,可能是由于自然恢复地的土壤pH值呈碱性,显著高于草地等4种土地利用方式,有利于SOC等肥力因子的矿质化而不利腐质化,从而导致其土壤肥力下降^[21-22]。

由于5种土地利用方式TK与AK的差异不明显,分别仅为0.06%与6.03 mg/kg,所以TK、AK与其他土壤肥力因子的相关性不明显^[15]。

除TK、AK外,5种土地利用方式0~20 cm土层土壤肥力质量明显优于20~40 cm土层,呈现出“表聚性”的特点,与其他学者的研究结果基本一致^[3, 23]。一方面,由于植物根系主要集中于0~20 cm土层,所以在土地利用过程中,0~20 cm土层土壤受凋落物及植物的根系影响较大^[24],凋落物以及根系代谢产物对0~20 cm土层土壤的熟化作用使得土壤养分在0~20 cm土层聚集,从而使土壤结构得到改善^[25],肥力得到提高,微生物和酶活性得到加强^[20];另一方面,植物根系对土壤中矿质营养元素的富集作用,使养分能够从0~20 cm以下的土层向0~20 cm土层聚集^[26-27]。

4 结论

本文通过对衡阳紫色土丘陵坡地自然恢复地、草地、灌草地、灌丛地和乔灌地5种土地利用方式0~20 cm与20~40 cm土层土壤有关的物理性质、化学性质以及生物学性质进行对比研究,应用主成分分析和相关分析方法选取具有代表性的指标计算土壤质量指数(SQI)。结果表明,除全磷、全钾与速效钾外,5种土地利用方式的土壤肥力指标有明显差

异性, *SQI*大小顺序为灌草地 (1.62) > 草地 (1.59) > 乔灌地 (1.32) > 灌丛地 (1.03) > 自然恢复地 (0.59)。因此, 在衡阳紫色土丘陵坡地, 草地 (白花草木樨-猪屎豆) 与灌草地 (紫穗槐+白花草木樨) 最有利于土壤肥力的提高。

参考文献:

- [1] 纪浩, 董希斌. 大兴安岭低质林改造后土壤肥力综合评价[J]. 林业科学, 2012, 48(11): 117-123.
- [2] DORAN J W, COLEMAN D C, BEZDICEK D F, et al. Defining soil quality for a sustainable environment [A]. DORAN J W, PARKIN T B. Defining and assessing soil quality [C]. Madison: SSSA Special Publication, American Soil Agronomy, 1994: 3-21.
- [3] 靳正忠, 雷加强, 李生宇, 等. 流动沙漠腹地防护林土壤肥力质量垂直演化与评价[J]. 土壤学报, 2010, 47(6): 1075-1085.
- [4] 陈璟, 杨宁. 衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复过程中土壤质量评价[J]. 草地学报, 2018, 26(1): 160-167.
- [5] 杨宁, 邹冬生, 付美云, 等. 紫色土丘陵坡地恢复中土壤团聚体特征及其与土壤性质的关系[J]. 生态学杂志, 2016, 35(9): 2361-2368.
- [6] 杨宁, 邹冬生, 李建国. 衡阳盆地紫色土丘陵坡地植物群落数量分类及物种多样性研究[J]. 农业现代化研究, 2009, 30(5): 615-619.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版). 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [11] MASTO R E, CHHONKAR P K, SINGH D, et al. Alternative soil quality indices for evaluating the effect of intensive cropping, fertilization and manuring for 31 years in the semiarid soils of India[J]. Environ Monit and Assess, 2008, 136(8): 419-435.
- [12] ANDREWS S S, KARLEN D L, MITCHELL J P. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable systems in Northern California[J]. Agric Ecosyst Environ, 2002, 90(4): 25-45.
- [13] BASTIDA F, MOREDO J L, HEMANDEZ T, et al. Microbiological degradation index of soils in a semiarid climate [J]. Soil Biol Biochem, 2006, 38(10): 3463-3473.
- [14] YANG H S, YUAN Y, ZHANG Q, et al. Changes in soil organic carbon, total nitrogen, and abundance of arbuscular mycorrhizal fungi along a large-scale aridity gradient[J]. Catena, 2011, 87(1): 70-77.
- [15] 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.
- [16] 杨宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 衡阳紫色土丘陵坡地恢复过程中土壤微生物生物量与土壤养分演变[J]. 林业科学, 2014, 50(12): 144-150.
- [17] 刘景双, 杨继松, 于君宝, 等. 三江平原沼澤湿地土壤有机碳的垂直分布特征研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 5-8.
- [18] 杨满元, 杨宁, 欧阳美娟, 等. 衡阳紫色土丘陵坡地5种生态恢复模式的效果比较[J]. 草地学报, 2020, 28(1): 177-183.
- [19] 姜琳, 万丽, 吴磊, 等. 衡阳紫色土丘陵坡地不同植被配置模式的生态恢复[J]. 湖南生态科学学报, 2019, 6(3): 1-8.
- [20] 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.
- [21] 杨宁, 杨满元, 姜琳, 等. 衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复过程中土壤可矿化碳库特征[J]. 草地学报, 2019, 27(2): 320-325.
- [22] 袁大刚, 蒲光兰, 程伟丽, 等. 川西稻田改为茶园后土壤pH和腐殖质组成剖面分布变化特征[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(1): 104-109.
- [23] DONG X W, ZHANG X K, BAO X L, et al. Spatial distribution of soil nutrients after the establishment of sand-fixing shrubs on sand dune[J]. Plant Soil and Environment, 2009, 55(7): 288-294.
- [24] 董锡文, 张晓珂, 姜思维, 等. 科尔沁沙地固定沙丘土壤氮素空间分布特征研究[J]. 土壤, 2010, 42(1): 76-81.
- [25] 王佑民. 中国林地枯落物保持水土作用研究概况[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4): 108-112.
- [26] 任雪, 褚贵新, 宋日权, 等. 准格尔盆地南缘绿洲—荒漠过渡带梭梭“肥岛”效应特征[J]. 土壤通报, 2010, 41(1): 100-104.
- [27] 李清雪, 贾志清. 高寒沙地不同植被恢复类型土壤肥力质量差异及评价[J]. 土壤通报, 2015, 46(5): 1145-1154.

责任编辑: 周安刚

英文校对: 王芬