

黄土丘陵区退耕植被土壤水分·可溶性碳氮的变化特征

罗欣雨¹, 王得祥^{2*}

(1. 陕西省宁东林业局, 陕西西陕 711603; 2. 西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100)

摘要 [目的]研究黄土丘陵区植被恢复过程中土壤水分、可溶性碳氮的变化特征。[方法]选择刺槐(乔木)、柠条(灌木)、撂荒地(草地)3种退耕植被为研究对象,以坡耕地为对照,研究不同退耕植被下土壤水分、可溶性碳氮的季节和垂直分布。[结果]土壤水分、可溶性碳氮均受季节变化的影响,其中土壤水分表现为先降低后增加的趋势,可溶性碳氮的趋势相反;此外,与耕地相比,3种退耕植被土壤水分、可溶性碳氮均有较大的提高;随着土层的加深,土壤水分在表层(0~30 cm)整体表现为撂荒地较林地低,而30~200 cm土层,表现为撂荒地大于林地,深层土壤水分变化不显著。可溶性碳氮在0~30 cm土层也表现为随着土层的增加而递减趋势,且显著受土层变化的影响($P < 0.05$)。另外,土壤水分、可溶性碳氮存在着显著相关性($P < 0.05$)。[结论]该研究阐明了黄土丘陵区典型退耕植被的土壤水分、可溶性碳氮的动态变化规律,为进一步分析和评价黄土丘陵区土壤养分状况提供科学依据。

关键词 退耕植被;土壤水分;可溶性碳氮;动态特征

中图分类号 S718.5 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)25-156-05

Change Characteristics of Soil Water Content, Dissolved Organic Carbon/Nitrogen Following Afforestation in Hilly Loess Region

LUO Xin-yu¹, WANG De-xiang^{2*}

(1. Ning Dong Forestry Bureau of Shaanxi, Ningshan, Shaanxi 711603; 2. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract [Objective] In order to study the changes of the soil water content (SWC), dissolved organic carbon and nitrogen (DOC/DON) during the vegetation restoration on the Loess Hilly Region of China. [Method] *Robinia pseudoacacia* L., *Caragana korshinskii* Kom., and abandoned land, were selected, with slope farmland as control. The seasonal and vertical distribution of SWC and DOC/DON under different kinds of vegetation were studied. [Result] The results showed that SWC, DOC, and DON were affected by seasonal variations; the SWC showed the increasing after decreasing trend, while both the DOC and DON showed the contrary. Additionally, compared to the farmland, afforestation greatly increased the SWC, DOC and DON. Furthermore, SWC showed the trend of abandoned land < *R. pseudoacacia* (CK) at the depth of 0-30 cm; but in the deep soil (30-200 cm), the SWC in forest (*R. pseudoacacia* and CK) was higher than that in abandoned land. Moreover, significant decrease in DOC and DON were observed from the depth of 0-10 cm to 20-30 cm and significant correlation between SWC and DOC/DON were also showed ($P < 0.05$). [Conclusion] Therefore, this study illustrated the dynamic changes of SWC and dissolved organic carbon/nitrogen in typical vegetation restoration of loess hilly region, which provided a scientific basis for further analyzing and evaluating the soil nutrients status on the Loess Hilly Region of China.

Key words Afforestation; Soil water content; Dissolved organic carbon/nitrogen; Dynamic characteristics

土壤中能被水溶液或盐溶液浸提出来的有机碳或氮通常被定义为可溶性碳和可溶性氮^[1-2]。土壤可溶性碳与可溶性氮是土壤有机碳、全氮中最活跃的组分之一,在土壤生态系统碳氮迁移及转化中发挥着重要作用^[3]。土壤可溶性碳氮直接参与土壤碳氮生物化学转化^[4],是植物所需养分的直接来源^[5]。

我国陕北黄土丘陵区自退耕还林(草)工程实施以来,生态环境得到了极大的改善。大规模的植被恢复对土壤的改善作用引起了众多学者关注,如马玉红等^[6]研究了不同植被类型土壤有机碳氮的差异,李紫燕等^[7]研究了土壤有机氮的矿化过程,李裕元等^[8]研究了草地的恢复与重建对土壤有机碳的影响,这些研究结果显示植被恢复措施能有效促进土壤碳氮的累积,而关于黄土丘陵区不同土地利用方式土壤可溶性碳氮含量及其影响因素的研究较少。对土壤可溶性碳氮动态变化进行研究,将有利于加深对土壤碳、氮截获和肥力维持机制的了解^[9-10]。笔者选取黄土丘陵区4种不同的土地利用方式,研究土壤可溶性碳氮的动态变化及其垂直分布特征,并分析可溶性碳氮对土壤水分含量的响应规律,为深入了解黄土丘陵区土壤可溶性碳氮时空变化提供一定的

依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 研究区位于陕北黄土高原安塞县境内五里湾流域,地理坐标为109°13'46"~109°16'03" E, 36°46'28"~36°46'42" N,海拔1 100~1 250 m。研究区属暖温带半干旱气候,降雨主要集中在7~9月,年均降雨量为535 mm,年平均气温8.8℃,无霜期约160 d,年总辐射量552.6 kJ/cm²。该区域具有典型黄土丘陵沟壑地貌,主要土壤类型为黄绵土,土壤肥力较低,抗侵蚀能力差。自20世纪90年代末退耕还林工程实施以来,该区域大量耕地被退耕为林地或撂荒地,林地主要种植刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、柠条(*Caragana intermedia*)、撂荒地草本植物主要有长芒草(*Stipa bungeana*)、铁杆蒿(*Artemisia sacrorum*)、大针茅(*Stipa grandis*)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)、草木樨状黄芪(*Astragalus melilotoides*)、芦苇(*Phragmites australis*)、达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica*)等。

1.2 样地选择 通过野外调查并综合考虑,选择40年刺槐(乔木)林地、40年柠条林地以及撂荒地作为研究对象,以坡耕地作为对照,样地面积为25 m×25 m,样地概况见表1。

1.3 土样采集 于2014年4、6、8、10月份,在上述的每个林地中设置3个样方(20 m×20 m),在每个样方内,利用内径5 cm土钻在移除枯落层后分别取0~200 cm深度土样(0~10、10~20、20~30、30~40、40~50、50~60、60~70、70~80、80~90、90~100、100~120、120~140、140~160、160~180、

基金项目 国家林业部公益性行业科研专项(201304312);国家自然科学基金项目(41301601)。

作者简介 罗欣雨(1988-),女,陕西西陵人,从事土壤学研究。*通讯作者,教授,博士,从事森林生态研究。

收稿日期 2016-06-15

180~200 cm)。每个样地按“S”形取 10 钻土样之后,混合作为 1 个土壤样品,用于测定水分,其中,在 0~10、10~20、

~30 cm 3 个土层分别采取土样,剔除动植物残体和小石块,在 4 °C 冰箱中保存,用于可溶性碳和可溶性氮的测定。

表 1 样地概况

Table 1 The basic situation of sample plots

样地 Sample plots	地理位置 Geographical position	海拔 Altitude//m	坡度 Slope//°	坡向 Aspect	郁闭度 Coverage	林下主要物种 Mainly vegetation types of herb
刺槐林地 <i>R. pseudoacacia</i> forest land	109°20'55" E、 36°52'24" N	1 209	20	半阳坡	0.80	铁杆蒿 <i>Artemisia gmelinii</i> 长芒草 <i>Stipa bungeana</i>
柠条林地 <i>C. korshinskii</i> forest land	109°21'01" E、 36°51'16" N	1 249	20	阳坡	0.75	铁杆蒿 <i>Artemisia gmelinii</i> 菊叶委陵菜 <i>Potentilla tanacetifolia</i>
撂荒地 Abandoned land	109°18'99" E、 36°51'38" N	1 240	20	阳坡	—	芦苇 <i>Phragmites australis</i> 铁杆蒿 <i>Artemisia gmelinii</i>
坡耕地 Slope farmland	109°18'42" E、 36°87'20" N	1 240	20	阳坡	—	—

1.4 研究方法 将新鲜土壤样品过 2 mm 筛子,准确称取 10 g 土壤样品,置于 100 mL 离心管中,每个样地土壤样品重复操作 3 次,另外称取 3 份土壤样品用于测定土壤含水量,将土壤样品装入离心管中,加入 50 mL 去离子水,按土水比 1:5 比例混合。在 250 r/min 转速振荡 30 min,然后在 4 000 r/min 的离心机上离心 10 min,将离心后的上清液缓缓倒入装有 0.45 μm 滤膜的过滤器中并用循环水真空泵减压过滤(压力为 -0.09 MPa),所得滤液为可溶性有机质溶液,若不能及时测定,将滤液保存于 4 °C 冰箱中。用 TOC 测定仪(Elementar Analysensysteme GmbH, Germany)测定可溶性碳浓度;采用紫外分光光度法测定可溶性全氮;用流动分析仪测定滤液中的铵态氮和硝态氮,可溶性有机氮 = 可溶性全氮 - 硝态氮 - 铵态氮。

1.5 数据分析 采用单因素方差分析法(One-way ANOVA)对不同植被类型土壤含水量、可溶性碳、可溶性氮含量

进行分析。采用 SPSS 线性拟合分析可溶性碳氮与土壤水分的响应关系。

2 结果与分析

2.1 黄土丘陵区退耕植被土壤水分的动态特征 由图 1 可知,土壤水分在不同月份呈现出先降低后增加的趋势,林地变化幅度大于耕地,其中 4 月份土壤含水量最大,并且在 0~30 cm 土层变化显著($P < 0.05$)。4 个季度中,林(撂荒)地土壤含水量显著高于坡耕地($P < 0.05$),除 4 月份,在 0~40 cm 土层,林地(刺槐、柠条)土壤含水量大于撂荒地,而 50 cm 以下土层,撂荒地土壤含水量显著高于林地($P < 0.01$)。在 0~200 cm 的土层里,林地(刺槐和柠条)土壤含水量随着土层的增加呈现出递减趋势,而除 4 月份,其他 3 个月份,撂荒地和坡耕地的土壤含水量随着土层的增加呈现出先降低后增加的趋势,且撂荒地层次变化幅度较大。

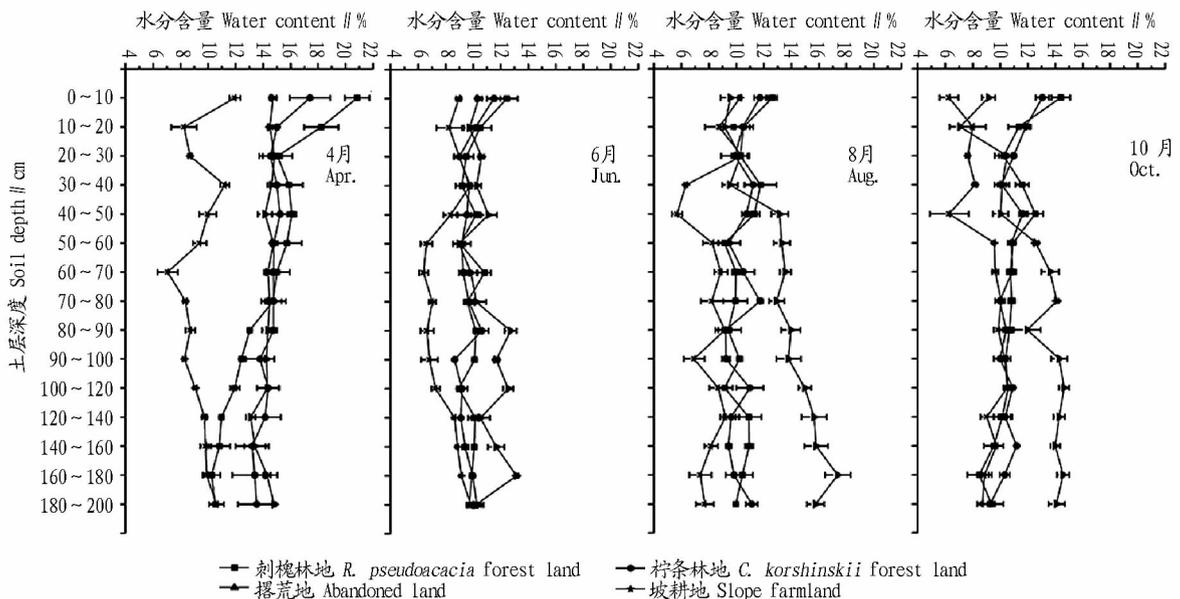


图 1 土壤水分的垂直分布

Fig. 1 The vertical distribution of soil water content

2.2 黄土丘陵区退耕植被可溶性碳、氮的动态特征 土壤可溶性碳的整体变化范围为 78.38~426.00 mg/kg(图 2),表现出先增加后降低的季节变化趋势,其中 4 月份可溶性碳含

量显著低于其他 3 个月份($P < 0.05$)。刺槐、柠条与撂荒地可溶性碳含量在 8、10 月显著高于坡耕地($P < 0.05$)。在 4 个月份,0~10 cm 土层可溶性碳含量大于 10~20 cm,20~

30 cm土层可溶性碳含量最小,林地变化显著。

土壤可溶性氮变化趋势和可溶性碳相似(图3),其整体变化范围为7.38~35.49 mg/kg,在8月份达到最大值。在4个月份里,土壤可溶性氮也表现为林地显著高于坡耕地($P < 0.01$)。在0~30 cm土层,土层变化显著影响可溶性氮含量($P < 0.05$),可溶性氮含量随着土层的增加整体呈现出递减趋势。

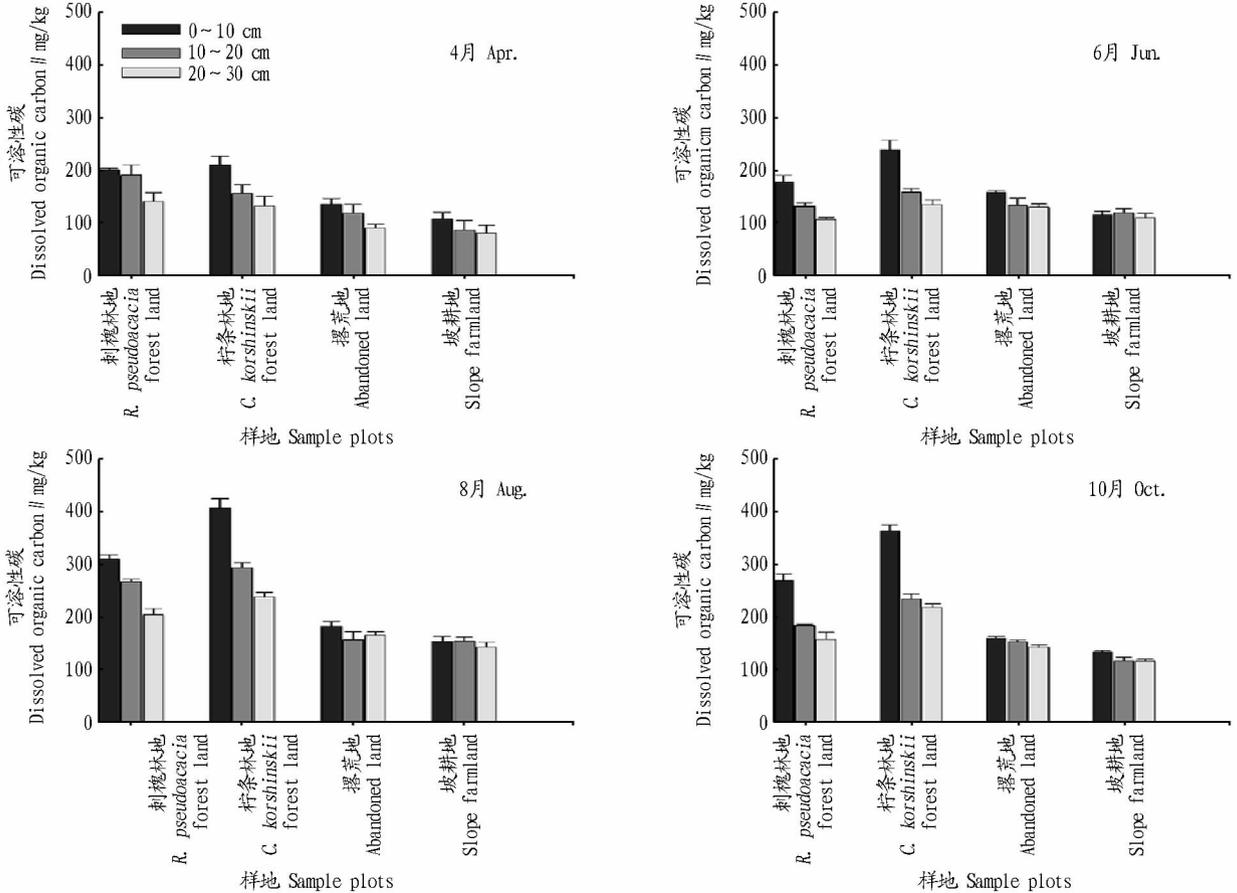


图2 土壤可溶性碳含量变化特征

Fig.2 The variation features of dissolved organic carbon content in soil

2.3 黄土丘陵区退耕植被土壤水分、可溶性碳氮的响应关系 通过对土壤水分、可溶性碳氮进行拟合分析得出,可溶性碳和可溶性氮与土壤水分呈线性递增趋势($P < 0.05$),尤其是可溶性碳($P = 0.00375$)与土壤水分呈线性关系,达到极显著水平,但是可溶性碳:可溶性氮的比值与土壤水分变化的响应关系不显著($P = 0.28$)。

3 结论与讨论

黄土丘陵沟壑区属于干旱半干旱地区,水分匮乏是制约当地植被生长与生态环境恢复建设的主要原因之一^[11]。该研究中4种土地利用类型土壤水分含量季节变化显著,呈先降低后增高的趋势,与杨永东等^[12]的研究相似。李洪建等^[13]研究指出土壤水分变化趋势与当地气候变化,尤其是降雨的季节性变化规律基本一致。该研究各土地利用方式土壤水分含量在6月与8月降低,可能是由于6月与8月当地气温较高,水分蒸发速率加快的原因。4个月份中,林地土

由图4可知,林地可溶性碳:可溶性氮比值为先降低(6月份)后增加的趋势,而坡耕地一直处于降低趋势。在不同的月份,可溶性碳:可溶性氮比值在不同的土地利用方式下存在差异,不同土层之间(0~30 cm)可溶性碳:可溶性氮比值存在差异,除10月份,撂荒地和坡耕地可溶性碳:可溶性氮比值是增加趋势;刺槐和柠条林地除10月份,可溶性碳:可溶性氮比值呈现递减趋势。

壤水分含量均显著高于耕地,说明林地植物对土壤水分具有一定的涵养能力。植被恢复改变了土壤表面的覆盖情况,同时影响了植被对土壤水分的吸收和利用,因此对土壤水分含量产生一定的影响。该研究刺槐与柠条林地土壤含水量在垂直方向上随土层深度增加而减小,姚雪玲等^[14]对植被在不同坡面土壤水分含量的研究得出相似的结果。在土壤垂直方向上,上层土壤水分含量受外界环境影响较大,而随着土层深度的增加,土壤水分含量受环境影响减小。植被蒸腾消耗的水分通过吸收深层土壤水分补给,而表层土壤由于植被覆盖水分蒸发减小,因此土壤水分含量随土壤深度增加而减小。

不同土地利用方式中土壤可溶性碳氮作为具有生物活性的碳氮形态,其在土壤中含量的大小受土地利用类型^[15]及土壤总有机碳氮含量^[16-17]等因素共同影响。该研究刺槐与柠条林地土壤可溶性碳氮含量均显著高于耕地,可能是由

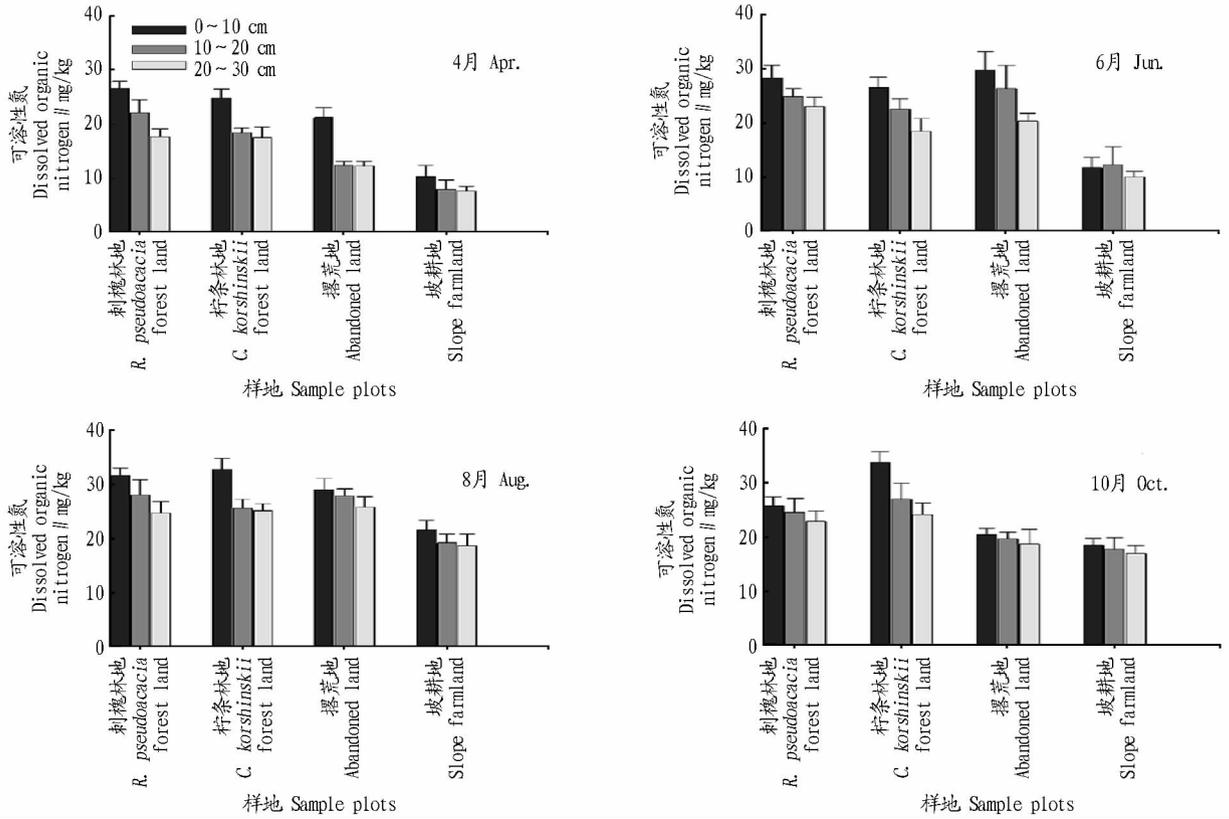


图3 土壤可溶性氮含量变化特征

Fig. 3 The variation features of dissolved organic nitrogen content in soil

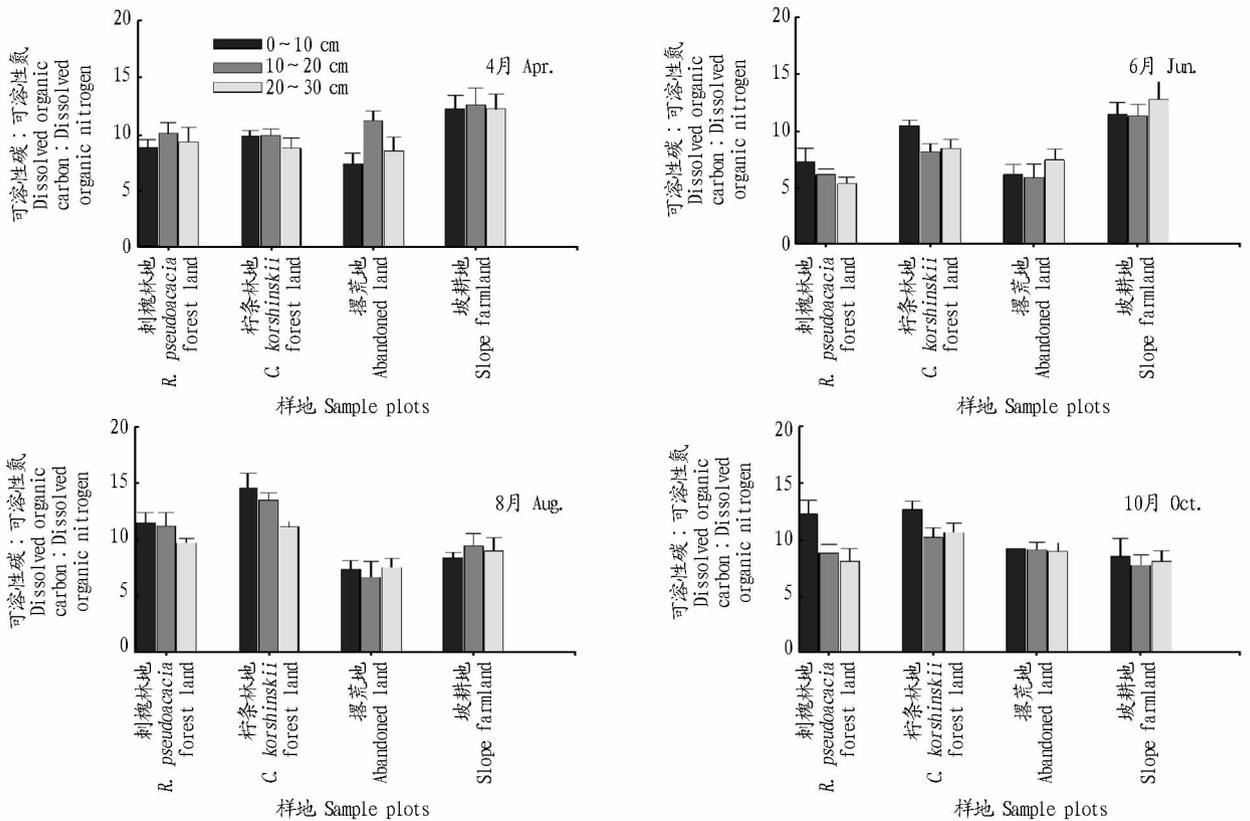
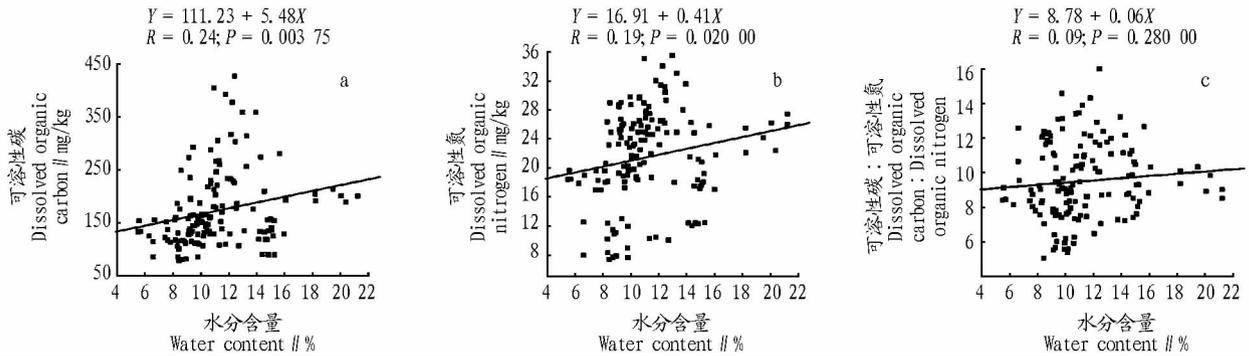


图4 土壤可溶性碳:可溶性氮比值变化特征

Fig. 4 The variation features of soil dissolved carbon and nitrogen ratio



注:水分含量是每个样地0~30 cm的水分含量。

Note: Soil water content in figure is 0-30 cm of each sample plot.

图5 土壤水分与土壤可溶性碳、氮的响应关系

Fig. 5 Response relationship between soil moisture and soil soluble carbon and nitrogen

于不同植被的生长改变了土壤的养分供应能力。根系分泌物、凋落物分解以及微生物活动促进了林地(刺槐与柠条)土壤可溶性碳氮含量的增加。该研究不同土地利用方式土壤可溶性碳氮含量在垂直方向上均随土层深度增加而减少,这可能与土壤养分在垂直方向上的异质性有关。在黄土丘陵区刺槐、柠条林地与撂荒地土壤有机质与氮素含量随土层深度增加而显著减少^[18],导致土壤可溶性碳氮随土层增加而递减。

黄土丘陵区不同土地利用类型可溶性碳氮含量与土壤水分含量变化显著相关,说明土壤水分含量的变化是影响土壤可溶性碳氮含量的重要因素。植被恢复措施的保水功能有利于促进土壤可溶性碳氮含量的积累。

参考文献

- [1] 杨绒,严德翼,周建斌,等.黄土区不同类型土壤可溶性有机氮的含量及特性[J].生态学报,2007(4):1397-1403.
- [2] 杨绒,周建斌,赵满兴.土壤中可溶性有机氮含量及其影响因素研究[J].土壤通报,2007(1):15-18.
- [3] 赵满兴,周建斌,延志莲.不同土层土壤对可溶性有机氮、碳的吸附特性研究[J].土壤通报,2010(6):1328-1332.
- [4] CHEN C R, XU Z H. Analysis and behavior of soluble organic nitrogen in forest soils[J]. J Soil Sediment, 2008, 8(6): 363-378.
- [5] SCAGLIA BARBARA, ADANI F. Biodegradability of soil water soluble organic carbon extracted from seven different soils[J]. J Environ Sci-China, 2009, 21(5): 641-646.

- [6] 马玉红,郭胜利,杨雨林,等.植被类型对黄土丘陵区流域土壤有机碳氮的影响[J].自然资源学报,2007(1):97-105.
- [7] 李紫燕,李世清,李生秀.黄土高原典型土壤有机氮矿化过程[J].生态学报,2008(10):4940-4950.
- [8] 李裕元,邵阴安,郑纪勇,等.黄土高原北部草地的恢复与重建对土壤有机碳的影响[J].生态学报,2007(6):2279-2287.
- [9] SMITH C K, MUNSON A D, COYEA M R. Nitrogen and phosphorus release from humus and mineral soil under black spruce forests in central Quebec[J]. Soil Biol Biochem, 1998, 30(12): 1491-1500.
- [10] CAMPBELL J L, HORNBECK J W, MCDOWELL W H, et al. Dissolved organic nitrogen budgets for upland, forested ecosystems in New England[J]. Biogeochemistry, 2000, 49(2): 123-142.
- [11] 黄肖勇,李生宝.半干旱黄土丘陵区土壤水分动态变化研究综述[J].农业科学研究,2009(3):69-72.
- [12] 杨永东,张建生,蔡国军,等.黄土高原丘陵沟壑区不同植被类型土壤水分动态变化[J].水土保持研究,2008(4):149-151.
- [13] 李洪建,王孟本,柴宝峰.晋西北人工林土壤水分特点与降水关系研究[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1998(4):61-66.
- [14] 姚雪玲,傅伯杰,吕一河.黄土丘陵沟壑区坡面尺度土壤水分空间变异及影响因子[J].生态学报,2012(16):4961-4968.
- [15] 吕学军,刘庆,陈印平,等.黄河三角洲土地利用方式对土壤可溶性有机碳、氮的影响[J].农业现代化研究,2011(4):505-508.
- [16] 阿拉腾希胡日,曾希柏,白玲玉,等.不同土地利用方式对农田土壤养分含量的影响[J].农业现代化研究,2010(4):492-495.
- [17] 郗敏,孔范龙,吕宪国.三江平原不同土地利用方式下沟渠沉积物可溶性有机碳含量和分布[J].水土保持学报,2008(3):132-135.
- [18] 杨丽霞,陈少锋,安娟娟,等.陕北黄土丘陵区不同植被类型群落多样性与土壤有机质、全氮关系研究[J].草地学报,2014(2):291-298.

(上接第151页)

- [3] 孟繁胜,刘旭,祖雪梅.霜冻的形成及对农作物的影响分析[J].林业勘查设计,2010(3):48-49.
- [4] 王冰晨,陈素华,杨丽桃.内蒙古霜冻发生特点及其对农业的影响[J].内蒙古农业科技,2009(4):52-54.
- [5] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法[M].北京:气象出版社,2007:309-312.
- [6] 杨虎,胡玉萍.霜冻灾害的研究[J].农业灾害研究,2012,2(1):54-61.
- [7] 钱莉,杨晓玲,丁文魁.一次区域性冻害天气的成因分析[J].干旱气象,2005,23(2):39-43.

- [8] 胥正德,钱莉.武威地区霜冻预报系统[J].甘肃气象,1997,15(4):17-18.
- [9] 解明恩,程建刚,鲁亚斌,等.云南严重低温霜冻灾害天气个例分析[J].气象科技,2005,33(3):250-255.
- [10] 褚晓菊,陈英,张锋.陇南市一次重危害霜冻天气过程分析[J].安徽农业科学,2013,41(16):7245-7247.
- [11] 毛玉琴,曹玲.河西走廊中部寒潮、霜冻天气过程对比分析及预报着眼点[J].干旱气象,2006,24(4):51-56.