

# 开垦种草对高寒草甸土壤理化性质的影响

张 涛, 刘 阳, 袁 航, 张 岩, 侯扶江

(兰州大学草地与农业科技学院, 甘肃 兰州 730020)

**摘要:**对玛曲高寒草甸天然草地及开垦种草 8 年和 20 年草地土壤理化性质进行了比较研究。结果表明,土壤含水量天然草地显著高于开垦种草 8 年草地;土壤容重 0~10 cm 土层天然草地显著高于开垦种草 20 年草地;0~60 cm 土层土壤有机碳含量天然草地显著高于开垦种草草地,比开垦种草草地高 38.66%。土壤全氮、速效氮、全磷和速效磷含量天然草地显著高于开垦种草草地。土壤全氮、速效氮和全磷含量随开垦种草年限增加逐渐下降。各样地土壤全氮、速效氮与土壤有机碳呈显著正相关关系。

**关键词:**利用方式;有机碳;氮;磷

**中图分类号:**S812.2

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-0629(2012)11-1655-05

\* 1

国家在草原牧区和半农半牧区实施了退牧还草等重大生态工程,正在建立草原生态补偿机制,草原生产方式正在发生最深刻的历史变革,由放牧向舍饲或放牧与舍饲相结合转变,将出现越来越多的栽培草地,形成家畜、饲草作物和天然草地互作的草地农业生态系统<sup>[1]</sup>。草地开垦导致土壤性质的变化<sup>[2]</sup>,特别是土壤碳库的改变,对全球气候变化产生深远影响。Mensah 等<sup>[3]</sup>指出,退耕还草使土壤表层有机碳含量增加,而草地开垦则降低土壤有机碳含量。国内学者对典型温带草原的研究<sup>[4]</sup>也表明,温带草原土地利用方式的改变对草原土壤全氮和有机碳含量变化影响明显,其中贝加尔针茅(*Stipa baicalensis*)草原经 28 年农垦,其 0~100 cm 土壤全氮和有机碳含量比未开垦草原分别减少 8.8% 和 14.8%,而轮牧则增加了土壤碳和氮含量。乔有明等<sup>[5]</sup>研究指出,青海湖北岸封育和放牧草地土壤有机碳和全氮均高于耕地。在农牧交错带以种植小麦(*Triticum aestivum*)地为对照,退耕还草后,土壤 0~20 cm 速效磷、钾含量均提高<sup>[6]</sup>;北方草地开垦 6~8 年,有机质含量减少 50%<sup>[7]</sup>。

青藏高原是全球最独特的生态区域之一,土壤对农业措施响应敏感。为此,研究高寒草甸开垦种植燕麦(*Avena sativa*)对土壤理化性质的影响,可为以牧区为反应灶通过农牧耦合发展草地农业提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 研究区概况** 试验在兰州大学玛曲草地农业试验站进行,该站位于甘肃省玛曲县阿孜畜牧高科技园区,35°58' N, 101°53' E, 海拔 3 500 m 左右。年均气温 1.2 °C, 1 月平均气温 -10 °C, 7 月平均气温 11.7 °C, 年日照时数约 2 580 h, 年平均霜日大于 270 d, 无绝对无霜期, 只有冷暖季之分。年均降水量约为 620 mm, 主要集中在 5-9 月; 土壤类型为亚高山草甸土<sup>[8-9]</sup>。植被以嵩草属(*Kobresia*)、苔草属(*Carex*)、针茅属(*Stipa*)、羊茅属(*Festuca*)、披碱草属(*Elymus*)和早熟禾属(*Poa*)等为主。牧草一般在 4 月中、下旬开始返青, 8 月中、下旬开始枯黄。

## 1.2 研究方法

**1.2.1 样地选择** 以放牧的天然草地作为对照, 处理分别为开垦后连续种植 8 年和 20 年的草地, 主要种植燕麦(*Avena sativa*)。2010 年 6 月播种, 10 月初收获、调制干草。播种前施当地家畜粪便等有机肥, 施肥量 20 t · hm<sup>-2</sup>, 无灌溉。

**1.2.2 样品分析** 于 2010 年 10 月, 在每个试验样地用土钻钻取 0~60 cm 每 10 cm 的土壤样品, 10 个点混合为一个土壤样品, 3 次重复。

风干土样过 0.25 mm 筛待测, 土壤容重采用环刀法测定, 土壤含水量采用烘干法测定; 土壤有机碳含量(SOC)采用重铬酸钾氧化-外加加热法测定; 全

收稿日期: 2011-08-26 接受日期: 2012-03-01  
基金项目: 国家科技支撑课题(2009BAC53B04); 甘肃省重大科技专项(092NKDA018)  
作者简介: 张涛(1987-), 男, 重庆长寿人, 在读硕士生, 研究方向为放牧管理。E-mail: tao\_z@yahoo.cn  
通信作者: 侯扶江 E-mail: cyhoufj@lzu.edu.cn

氮含量采用凯氏法测定;速效氮含量采用碱解—扩散法测定,全磷含量采用 FIAstar 5000 全自动流动注射仪(瑞典 FOSS 公司)测定,速效磷含量采用  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$  浸提—钼锑抗比色法测定。

**1.2.3 数据处理** 用 SPSS 13.0 进行相关性分析和 LSD 差异显著性分析,用 Excel 2003 作图。

## 2 结果与分析

**2.1 土壤含水量和容重** 0~60 cm 土层含水量天然草地和开垦种草 20 年草地分别显著高于开垦种草 8 年草地 21.2% 和 21.0% ( $P < 0.05$ ) (图 1),天然草地和开垦种草 20 年草地差异不显著 ( $P > 0.05$ )。天然草地、开垦种草 8 年和 20 年草地 0~20 cm 土层分别蓄积了 38.4%、37.7% 和 38.4% 的

土壤水分。0~60 cm 土层土壤容重各利用方式间差异不显著 ( $P > 0.05$ ) (图 1)。

**2.2 土壤有机碳** 天然草地、开垦种草 8 年和 20 年草地 0~60 cm 土层有机碳含量分别为 21.6、15.6 和 15.6  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ,天然草地有机碳含量显著高于开垦种草草地 ( $P < 0.05$ ) (图 2),说明草地开垦降低土壤有机碳,开垦种草 8 年和 20 年土壤有机碳含量差异不显著 ( $P > 0.05$ )。天然草地、开垦种草 8 年和 20 年草地 0~20 cm 土层土壤有机碳含量分别占 0~60 cm 土层的 51.8%、50.2% 和 46.3%,随开垦种草年限增加呈现降低的趋势,年均减少 0.28%,显示出开垦种草对表层土壤有机碳影响较大。

**2.3 土壤全氮及速效氮** 0~60 cm 土壤全氮含

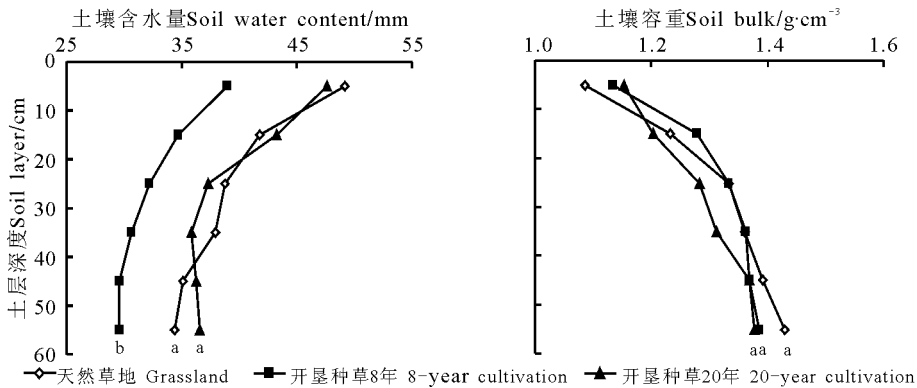


图 1 不同利用方式土壤物理性质

Fig. 1 Soil physical properties under different land use conditions

注:不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

Note: Different lowercase letters mean significance difference at 0.05 level among treatments. The same below.

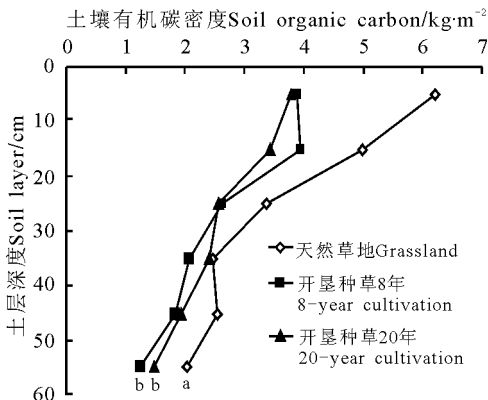


图 2 不同利用方式土壤有机碳变化

Fig. 2 Soil organic carbon dynamics under different land use conditions

量天然草地 > 开垦种草 8 年草地 > 开垦种草 20 年草地 (图 3),天然草地分别比开垦种草 8 年和 20 年草地高 26.3% 和 40.1% ( $P < 0.05$ ),草地开垦显著降低土壤全氮含量,而且随着开垦种草年限的增加,土壤全氮含量显著下降 ( $P < 0.05$ )。天然草地、开垦种草 8 年和 20 年草地 0~20 cm 土层土壤全氮含量分别占 0~60 cm 土层的 49.1%、49.5% 和 49.4%。

0~60 cm 土壤速效氮含量天然草地 > 开垦种草 8 年草地 > 开垦种草 20 年草地 (图 3),天然草地分别比开垦种草 8 年和 20 年草地高 12.7% 和 35.6% ( $P < 0.05$ ),与土壤全氮的变化趋势相似。天然草地、开垦种草 8 年和 20 年草地 0~20 cm 土层土壤速效氮含量分别占 0~60 cm 土层的 53.1%、

55.6%和55.0%，比例均略高于土壤全氮( $P < 0.05$ )。植物根量主要集中在上层土壤,对土壤营养元素的利用较强,说明高寒牧区上层土壤中氮的矿化作用强于下层土壤。

**2.4 土壤全磷及速效磷** 0~60 cm 土壤全磷含量天然草地>开垦种草8年草地>开垦种草20年草地(图3),天然草地分别比开垦种草8年和20年草地高22.9%和43.4%( $P < 0.05$ ),可见草地开垦后,随种草年限的增加土壤全磷含量逐渐下降。天然草地、开垦种草8年和20年草地0~20 cm 土层全磷分别占0~60 cm 土层的37.3%、35.9%和

35.8%，表明高寒牧区土壤剖面上全磷的分布较为均匀。

0~60 cm 土壤速效磷含量天然草地>开垦种草20年草地>开垦种草8年草地(图3),天然草地分别是开垦种草8年和20年草地的3.3和2.9倍( $P < 0.05$ ),结果表明草地开垦后速效磷含量显著降低,但不同开垦种草年限之间差异不显著( $P > 0.05$ ),耕地速效磷降低幅度远大于全磷,说明开垦种草显著改变了磷的矿化和利用模式。天然草地、开垦种草8年和20年草地0~20 cm 土层速效磷分别占0~60 cm 土层的31.1%、36.0%和39.3%。

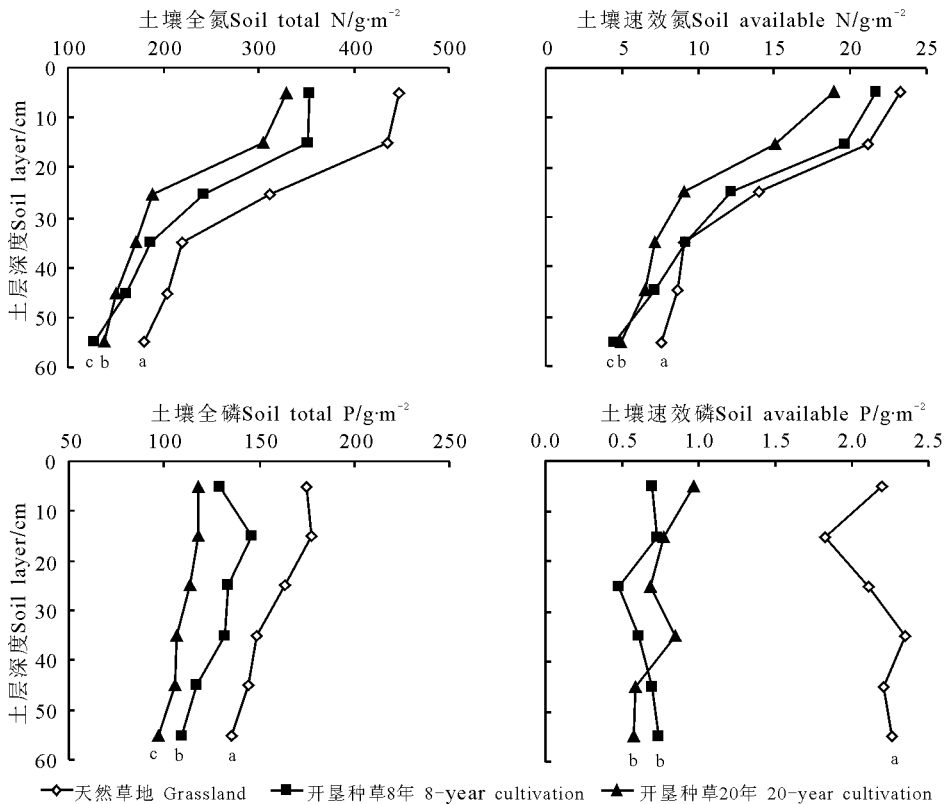


图3 不同利用方式土壤化学性质变化

Fig. 3 Soil chemical properties under different land use conditions

**2.5 土壤有机碳与氮、磷关系** 土壤全氮、速效氮与有机碳均呈线性相关(图4)( $P < 0.05$ )。各处理间土壤有机碳/全氮差异不显著,为9.8~14.2。各处理有机碳/全磷均为表层土最高,其中天然草地显著高于开垦种草8年草地18.5%( $P < 0.05$ )。

### 3 讨论

土壤有机碳是土壤的主要养分指标,也是形成土壤结构的重要因素,直接影响土壤肥力、持水力和

抗侵蚀能力等<sup>[10]</sup>,而土壤氮素对作物产量具有重要影响<sup>[11]</sup>。草地利用格局的变化(开垦)和人类生产活动(放牧)都会改变土壤元素循环。本研究开垦种草后,0~60 cm 土层土壤有机碳、全氮和全磷含量20年降低了27.88%、28.62%和30.25%;与孙志高等<sup>[12]</sup>和颜淑云等<sup>[13]</sup>的研究结果类似。原因可能是土壤中碳输入的主要途径是植物凋落物及根系分解<sup>[14]</sup>,燕麦大都齐地面刈割,地上植物基本

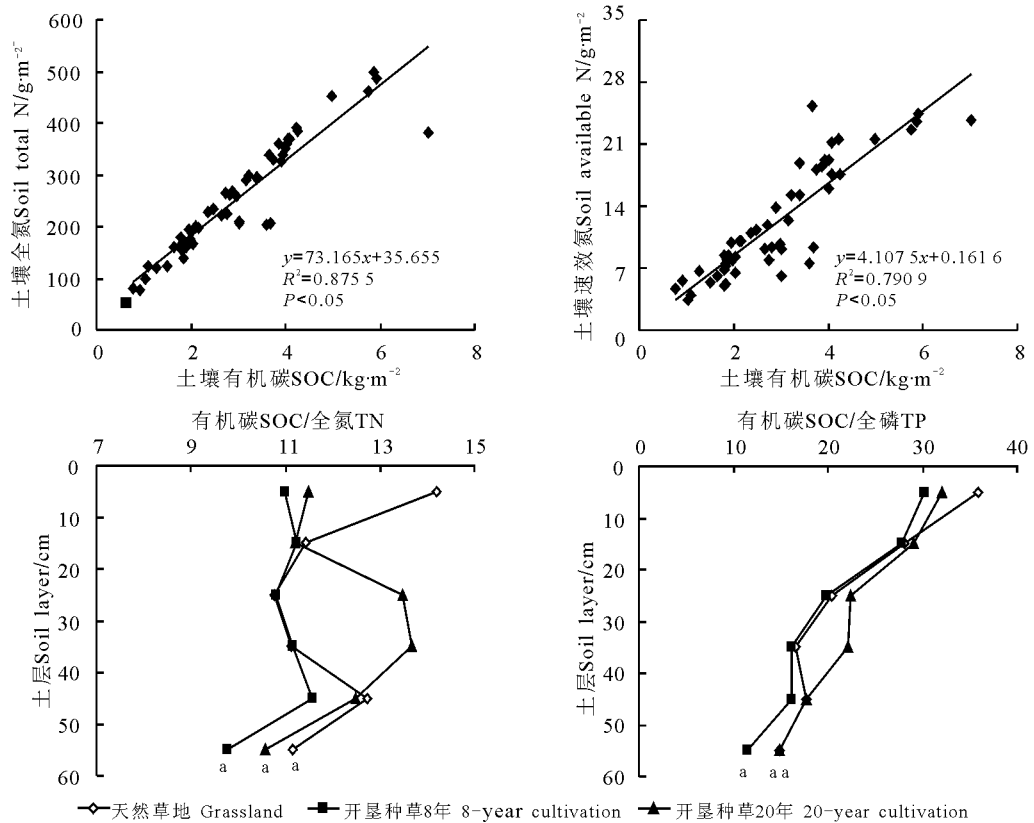


图 4 不同利用方式土壤氮磷含量与有机碳关系

Fig. 4 Correlation of soil organic carbon with contents of soil nitrogen and phosphorus under different land use conditions

没有营养元素归还;另外燕麦收割后,耕地从 10 月至次年 5 月播种前一直处于裸露状态,表层土壤有机质充分暴露在空气中,促进了土壤呼吸,加快了土壤有机质的分解,使土壤中有有机碳大量释放<sup>[15-16]</sup>。另一方面,耕作使土壤物理结构发生变化,降低了土壤物理保护作用,使土壤有机质加速矿化分解<sup>[17]</sup>。青藏高原恶劣的气候也加速了耕地的水土流失<sup>[18]</sup>。

土壤全磷含量天然草地>开垦种草 8 年草地>开垦种草 20 年草地,草地开垦种草 20 年后,土壤全磷含量显著降低。土壤-植物系统磷素循环主要方式是植物对磷的吸收和归还<sup>[12]</sup>,收割减少土壤磷素归还,随着耕作时间的增加,其含量逐渐降低。天然草地速效磷含量显著高于耕地,可能原因是青藏高原草地土壤 pH 值低于耕地<sup>[19]</sup>,利于 Ca-P 的转化和溶解,而草地凋落物的归还和根系分泌物对磷的活化<sup>[20]</sup>,也增加了草地速效磷含量。燕麦收割带走大量速效养分;收获后,地表裸露,可溶性磷因降雨、流水等淋溶损失较大。土壤速效磷含量还受土壤全

磷和土壤微生物影响<sup>[21-22]</sup>,而土壤微生物又受到植物群落、草地管理措施等影响。

#### 参考文献

- [1] 高小叶,侯扶江. 浅析青藏高原向黄土高原过度的农业系统结构和经济特征——以夏河—渭源—通渭样带为例[J]. 草业科学,2011,28(8):1156-1160.
- [2] Zhao H L,Zhou R L,Zhang T H,*et al.* Soil properties, crop productivity and irrigation effects on five croplands of Inner Mongolia[J]. Soil and Tillage Research, 2007,93,346-355.
- [3] Mensah F,Schoenau J J,Malhi S S. Soil carbon changes in cultivated and excavated land converted to grasses in east-central Saskatchewan[J]. Biogeochemistry, 2003, 63:85-92.
- [4] 李明峰,董云社,齐玉春,等. 温带草原土地利用变化对土壤碳氮含量的影响[J]. 中国草地,2005,27(1):1-6.
- [5] 乔有明,王振群,段中华. 青海湖北岸土地利用方式对土壤碳氮含量的影响[J]. 草业学报,2009,18(6): 105-112.

- [6] 韩永伟,韩建国,张蕴薇,等. 农牧交错带退耕还草对耕作层土壤磷、钾含量的影响[J]. 草地学报, 2003, 11(3):228-233.
- [7] 何志斌,李志刚. 草原农垦区土地沙质荒漠化过程的生物学机制[J]. 地球科学进展, 2003, 18(4):257-262.
- [8] 张云,武高林,任国华. 封育后补播高寒1号生态草对玛曲退化高寒草甸生产力的影响[J]. 草业科学, 2009, 26(7):99-104.
- [9] 李向前,贾鹏,章志龙,等. 青藏高原东缘高寒草甸植物群落的开花物候[J]. 生态学杂志, 2009, 28(11):2202-2207.
- [10] 鲁如坤. 土壤—植物营养学[M]. 北京:化学工业出版社, 1998:5-11.
- [11] 李晓东,魏龙,张永超,等. 土地利用方式对陇中黄土高原土壤理化性状的影响[J]. 草业学报, 2009, 18(4):103-110.
- [12] 孙志高,刘景双,李新华. 三江平原不同土地利用方式下土壤氮库的变化特征[J]. 农业系统科学与综合研究, 2008, 24(3):270-274.
- [13] 颜淑云,周志宇,秦彧,等. 玛曲高寒草地不同利用方式下土壤氮素含量特征[J]. 草业学报, 2010, 19(2):153-159.
- [14] 杨成德,陈秀蓉,龙瑞军,等. 东祁连山不同高寒草地型牧草返青期土壤碳分布特征[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(6):1111-1116.
- [15] Cole C V, Flach K, Lee J. Agricultural sources and sinks of carbon [J]. Water, Air and Soil Pollution, 1993, 70:111-122.
- [16] Aguilar R, Kelly E F, Heil R D. Effects of cultivation on soils in northern great plains rangeland [J]. Soil Science Society of America Journal, 1988, 52:1081-1085.
- [17] 张金波,宋长春. 土地利用方式对土壤碳库影响的敏感性评价指标[J]. 生态环境, 2003, 12(4):500-504.
- [18] 李月梅,曹广民,王跃思. 开垦对海北高寒草甸土壤有机碳的影响[J]. 生态学杂志, 2006, 25(8):911-915.
- [19] 梁坤伦,周志宇,姜文清,等. 西藏草地开垦后土壤表层氮素及有机碳特征研究[J]. 草业科学, 2010, 27(9):25-30.
- [20] 赵琼,曾德慧. 陆地生态系统磷素循环及其影响因素[J]. 植物生态学报, 2005, 29(1):153-163.
- [21] 杨成德,陈秀蓉,龙瑞军,等. 东祁连山高寒草地返青期不同草地型土壤磷的分布特征[J]. 中国草地学报, 2009, 31(3):47-54.
- [22] 郭彦军,倪郁,韩建国. 开垦草原与种植紫花苜蓿对土壤磷素有效性的影响[J]. 水土保持学报, 2009, 23(1):88-92.

## Effects of cultivation on soil properties in alpine meadow

ZHANG Tao, LIU Yang, YUAN Hang, ZHANG Yan, HOU Fu-jiang

(College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** In this study we analyzed soil physical and chemical properties in the natural grassland and the cultivated oat (*Avena sativa*) grasslands of 8 (I) and 20 (II) years in alpine meadow of Maqu. There were significant differences in soil water content, soil organic carbon (SOC), total nitrogen, total phosphorus, available nitrogen and available phosphorus between the natural and the cultivated grassland. The soil bulk density of the natural grassland was significantly higher than that of II in the 0 to 10 cm soil layer. The SOC of the natural grassland was 38.66% higher than cultivated grassland in the soil layer from 0 to 60 cm. Total nitrogen, available nitrogen, total phosphorus and available phosphorus of the natural grassland were also significantly higher than those of two cultivated grasslands ( $P < 0.05$ ). The total nitrogen, total phosphorus and available nitrogen of cultivated oat grasslands were decreased with the cultivated years increasing. The soil organic carbon had a significant linear relationship with total nitrogen and available nitrogen in the natural and cultivated grasslands.

**Key words:** land utilization mode; soil organic carbon; nitrogen; phosphorus