

文章编号: 1000-0240(2010)04-0810-06

祁连山南坡不同海拔土壤与植被位移后土壤 碳氮的短期变化特征

李英年¹, 张法伟^{1,2}, 薛晓娟^{1,3}, 孙建文^{1,3},
王建雷^{1,3}, 李婧梅^{1,3}, 宋成刚^{1,3}

(1. 中国科学院 西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2. 中国气象局 成都高原气象研究所, 四川 成都, 610071;
3. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘 要: 在祁连山冷龙岭南麓坡地进行不同海拔的土壤-植被的整体双向移地实验, 以探讨气候变化对土壤碳、氮含量及其比例的影响。结果表明: 土壤-植被移植后土壤因原生状态不同而存在差异, 移地后土壤有机质含量总体表现出随海拔升高而升高, 部分移植后在海拔 3 600~3 800 m 处略有下降; 土壤全氮变化比较复杂, 从不同高度移植到各海拔后, 除从海拔 3 400 m 移到各海拔的土壤碳氮比先升高后降低外, 其它 3 个高度移植后土壤碳氮比随海拔升高而升高。受气候影响和原生植被类型差异, 土壤碳、氮及碳氮比波动变化明显。

关键词: 祁连山冷龙岭南坡; 海拔; 移植实验; 土壤碳氮; 碳氮比

中图分类号: S714 **文献标识码:** A

0 引言

气候变化影响着陆地生态系统结构和功能, 尤其在高海拔地区最为敏感^[1-3]。植物群落结构和组成是陆地生态系统的基础, 其对气候变化的响应是研究的热点。为此, 研究者利用不同方法研究模拟气候变化对植物群落等的影响, 如基于“开顶温室”等^[4-6]。但由于“开顶温室”底面积较小, 降水、辐射均有所改变, 难以获取生态系统真实而全部的信息。青藏高原海拔高、生态系统脆弱, 在整个陆地生态系统中起到极为重要的作用, 成为全球变化研究的一个重要的理想平台。高海拔山体梯度分布带群落移植实验, 对生态系统扰动较少, 是研究植物群落变化对气候响应较好的方法^[6]。植物碳、氮在草地生态系统中的分布、储量和循环直接关系到草地生态系统功能的正常发挥, 且与生态系统的维持、发展和稳定性机制等密切相关。由于群落类型的多样性和各地区植物种类的差异, 使得不同类型

植物碳素含量存在不一致性^[7], 加之不同海拔温暖化程度不同, 即使同类型群落在其植物的碳、氮含量也存在一定差异。本研究于 2007 年 4 月底在青藏高原东北沿祁连山南坡的自然海拔梯度, 对当地的 3 种植被类型(嵩草草甸、灌丛草甸、杂草稀疏植被)进行了土壤(0~40(30)cm 土层)和植被的整体双向移植实验(简称土壤-植被移植实验), 以期深入研究高寒植物群落对模拟增温(低海拔移至高海拔)和降温(高海拔移至低海拔)的响应和适应方式。本文介绍了土壤-植被移植实验 2 a 后其土壤碳、氮含量变化状况。

1 研究区自然概况和研究方法

1.1 研究区概况

研究在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站(海北站)进行。海北站地处青藏高原东北祁连山北支冷龙岭东段南麓坡地的大通河河谷, 地理位置为 101°12'~101°23' E, 37°29'~37°45' N。该区

收稿日期: 2009-11-10; 修订日期: 2010-04-14

基金项目: 中国科学院西部行动计划项目(KZCX2-XB2-06-01); 国家重点基础研究发展规划(973 计划)项目(2010CB833501)资助

作者简介: 李英年(1962—), 男, 青海乐都人, 研究员, 1987 年毕业于北京气象学院, 现主要从事全球变化生态学研究。

E-mail: ynli@nwipb.ac.cn

地处大陆腹地, 属典型的高原大陆性气候, 年内无明显四季之分, 仅有冷暖两季之别, 干湿季分明。暖季短暂而凉爽, 冷季寒冷而漫长。年平均气温 $-1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, 年极端最高气温 $27.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, 极端最低气温 $-37.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 年降水量约为 560 mm , 其中的 80% 分布于植物生长季的 5—9 月。年平均日照 $2\,462.7\text{ h}$ ^[8]。

1.2 研究材料与方法

试验区设在自海北站(海拔 $3\,200\text{ m}$) 开始向东 9 km 处祁连山冷龙岭南麓坡顶(海拔 $4\,400\text{ m}$)。海拔 $3\,200\text{ m}$ 处为矮嵩草草甸, 优势种有矮嵩草(*Kobresia humilis*)、异针茅(*Stipa aliena*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、早熟禾(*Poa pratensis*)等, 植物 19 科 40 属 54 种; 海拔 $3\,400\text{ m}$ 处为金露梅(*Potentilla fruticosa*) 灌丛草甸, 优势种除金露梅外, 还有垂穗披碱草、异针茅、青藏苔草(*Carex moorcroftii*)等, 植物有 15 科 37 属 47 种; 海拔 $3\,600\text{ m}$ 和 $3\,800\text{ m}$ 为杂草类高寒稀疏植被, 群落主要优势种为青藏苔草、矮嵩草、早熟禾、异针茅、矮火绒草(*Leontopodium nanum*)等, 植物有 12 科 24 属 31 种。土壤以草毡寒冻锥形土(海拔 $3\,200\text{ m}$) 和暗沃寒冻锥形土(海拔 $3\,400\sim 3\,800\text{ m}$) 为主。海拔 $3\,900\text{ m}$ 以上为流石坡。文中除对海拔 $3\,200\text{ m}$ 到山顶海拔 $4\,380\text{ m}$ 的气温进行了分析外, 关于土壤-植被移植实验在海拔 $3\,200\sim 3\,800\text{ m}$ 的有植被区进行。须说明的是移地实验距离相近, 仅在 9 km 范围, 又因山体坡向一致, 可视降水、光照强度基本相同, 可认为进行土壤-植被移植后土壤碳氮变化主要受约于温度的影响。

试验在海拔 $3\,200\sim 3\,800\text{ m}$ 每升高 200 m 为一

梯度, 建立 4 个 $8\text{ m}\times 20\text{ m}$ 样地。2007 年 4 月进行土壤-植被移植实验, 即将不同高度处土壤-植被按 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 大小, 厚度 $30\sim 40\text{ cm}$, 移至另外的不同高度梯度, 并将另外不同高度的土壤-植被反向移回, 每个移植为 3 个重复。为消除移地挖掘对植被生长的影响, 每个高度处按相同方法进行了挖掘移植处理。2008 年 8 月下旬用直径为 1.5 cm 土钻收集地下 $0\sim 10\text{ cm}$, $10\sim 20\text{ cm}$ 和 $20\sim 30\text{ cm}$ 层土壤样品, 每个移植实验样方 3 个重复, 样品带回实验室自然风干, 研磨处理后委托中国科学院西北高原生物研究所生物化学测试中心分析测定土壤碳、氮含量。土壤有机质测定采用重铬酸钾氧化法, 土壤全氮测定采用凯氏定氮法。对土壤-植被移植实验前的土壤碳和氮分布状况已作了分析^[9], 这里不再叙述。

2 结果与分析

2.1 温度要素沿海拔分布的基本特征

在祁连山冷龙岭南坡不同海拔气温年变化具有相同的变化规律(表 1), 但因高度不同, 地表面受热不同, 月平均气温差异显著, 总体上气温随海拔升高而降低。从海拔 $3\,200\text{ m}$ 到 $4\,380\text{ m}$ 年平均气温下降 $5.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, 其年平均气温递减率为 $0.51\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$ 。季节不同, 受逆温层强度不同的影响, 气温直减率并不相同。在冬季气温直减率最低; 3—6 月 4 个月气温的直减率最高; 7—11 月气温直减率介于上述之间。

2.2 不同海拔土壤-植被相互移植后土壤有机质和全氮的变化特征

土壤-植被移植中将海拔 $3\,200\text{ m}$ 矮嵩草草甸移植到不同海拔后, 土壤有机质表现为自海拔 $3\,200\text{ m}$

表 1 祁连山冷龙岭南麓山体垂直带不同海拔气温变化

Table 1 Annual and monthly air temperatures changing with altitude on the southern slopes of the Lenglong Range in Qulin Mountains

海拔/m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年均/ $^{\circ}\text{C}$
3200	-14.6	-9.5	-4.2	0.3	6.6	8.1	10.1	10.9	6.0	0.4	-6.9	-12.3	-0.4
3400	-13.4	-9.5	-4.1	-1.0	5.3	6.6	8.9	10.3	5.6	0.0	-6.0	-10.5	-0.7
3600	-12.7	-7.8	-5.0	-1.8	4.9	6.0	8.6	9.3	4.9	-1.2	-5.2	-9.6	-0.8
3800	-12.8	-8.1	-5.8	-2.8	3.9	5.1	7.6	8.3	3.6	-2.3	-6.8	-9.5	-1.6
4000	-14.4	-9.7	-7.4	-4.4	2.4	3.6	6.2	7.1	2.7	-4.2	-8.2	-10.3	-3.1
4200	-15.8	-11.3	-9.1	-6.1	0.8	2.8	6.1	6.3	1.3	-5.7	-9.5	-11.8	-4.3
4380	-17.5	-13.0	-10.8	-8.0	-1.2	0.8	5.4	4.4	-0.6	-6.7	-11.8	-14.8	-6.2
直减率/ ($^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$)	0.26	0.32	0.60	0.75	0.71	0.67	0.42	0.59	0.60	0.64	0.44	0.15	0.51

((75.07 ± 1.66) g · kg⁻¹) 开始缓慢下降, 海拔 3 400 m 为 (72.96 ± 5.17) g · kg⁻¹, 从海拔 3 400 m 到 3 600 m 又缓慢升高至 (79.56 ± 4.09) g · kg⁻¹, 到海拔 3 800 m 迅速上升, 为 (101.40 ± 2.59) g · kg⁻¹. 海拔 3 800 m 处的土壤有机质含量与其它 3 个海拔之间差异显著外, 其它各海拔之间差异均不显著. 土壤全氮含量在海拔 3 200 m 处最高, 为 (6.74 ± 0.60) g · kg⁻¹, 以后随海拔逐渐降低, 海拔 3 600 m 最小, 为 (5.26 ± 0.10) g · kg⁻¹, 海拔 3 600 m 开始又增加(图 1). 方差分析表明, 土壤全氮含量随海拔变化差异性不显著.

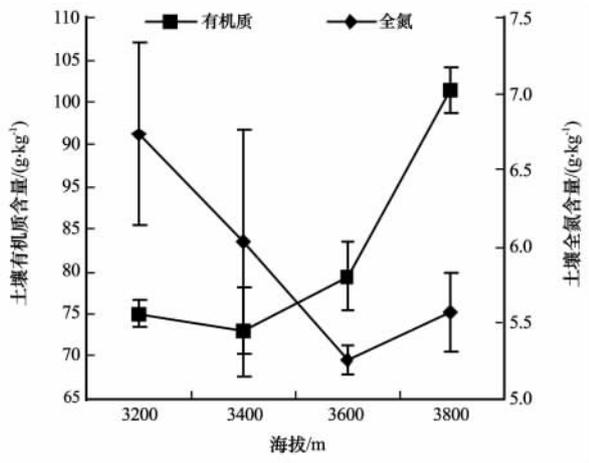


图 1 从海拔 3 200 m 移往各海拔的土壤有机质和全氮沿海拔的变化

Fig. 1 Soil organic matter and total nitrogen in different receptors translocated from 3 200 m

海拔 3 200 m 处的植被群落为矮高草草甸, 盖度大, 地表残留物丰富, 土壤有机质含量明显. 移地后随温度的降低(海拔上升), 土壤微生物活性降低, 土壤有机质分解速率减慢, 土壤有机质含量逐渐升高, 全氮含量下降, 结果与胡启武等^[10]关于祁连山北坡垂直带的研究基本一致. 说明移地后的 2 a 内, 土壤有机质及碳、氮的输出过程主要受温度影响, 微生物活动是有机质分解和周转的主要驱动力. 气候变化导致土壤温度和水分(同时影响土壤通气状况)等条件的变化, 进而影响微生物分解和转化有机质的速率. 土壤氮的输出主要是土壤中的有机质的分解, 分解后的物质大部分被植物吸收利用, 一部分经硝化、反硝化作用, 以气体形式释放到大气中, 从而造成土壤氮随温度降低(海拔升高)而下降的现象.

将海拔 3 400 m 灌丛草甸移植到不同海拔后土壤有机质含量随海拔变化显著(图 2), 表现为移植

到海拔 3 200 m 处的土壤有机质含量最低, 为 (73.16 ± 5.36) g · kg⁻¹, 以后随海拔的升高而升高, 在海拔 3 600 m 达最大 ((91.49 ± 5.84) g · kg⁻¹) 后略有下降. 海拔 3 200 m 与 3 600 m 之间土壤有机质差异显著, 其它海拔间差异不显著. 3 400 m 土壤-植被移植到不同海拔后, 土壤全氮含量表现出自海拔 3 200 m 到 3 400 m 略有上升, 海拔 3 400 ~ 3 600 m 急剧下降, 而后稍有升高, 海拔 3 400 m 处最高为 (6.77 ± 0.67) g · kg⁻¹, 海拔 3 600 m 处最小为 (5.27 ± 0.26) g · kg⁻¹. 移地后土壤全氮含量海拔 3 400 m 与 3 600 m 之间差异显著外, 其它海拔间差异不显著.

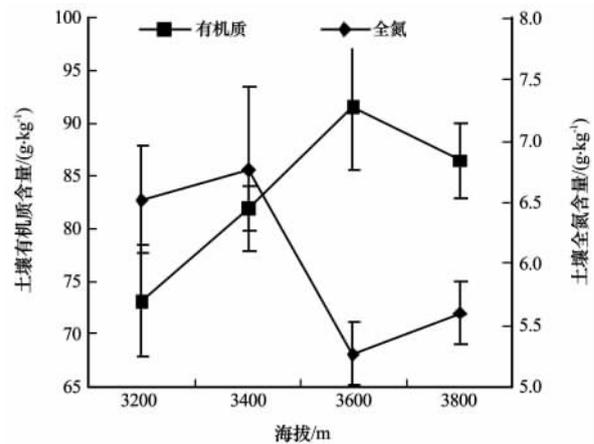


图 2 从海拔 3 400 m 移往各海拔的土壤有机质和全氮沿海拔的变化

Fig. 2 Soil organic matter and total nitrogen in different receptors Translocated from 3 400 m

海拔 3 400 m 处为是金露梅灌丛草甸, 土壤有机质含量较高. 移地后随海拔的变化, 土壤有机质及氮变化与海拔 3 200 m 高度处的土壤-植被移植后变化趋势相似, 只是海拔 3 400 m 高度的土壤-植被移植到较低的海拔 3 200 m 后土壤有机质含量下降. 这是因为较高海拔植被移到较低海拔处后, 温度升高, 微生物活动加大, 土壤碳排放加剧, 致使土壤有机质含量下降. 移到海拔 3 800 m 处土壤有机质含量下降的原因是由于高海拔气温低、环境恶劣, 群落地上生物量的少, 土壤有机质输入降低. 研究表明^[11], 灌丛的全氮含量高于草甸, 但移地后土壤有机质含量变化趋势与其它类型群落具有相同的规律. 同样是因为不同海拔处温度条件不同, 对氮素硝化、反硝化的利用方式不同所致.

将海拔 3 600 m 处杂草稀疏草甸土壤-植被移植到不同海拔后, 土壤有机质含量随海拔升高而升

高(图 3),表现出自海拔3 200 m(86.17 ± 18.34) $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)逐渐增加,海拔3 800 m最大,为(139.35 ± 3.18) $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。发现海拔3 600 m群落移地到不同海拔后,土壤有机质含量海拔3 200 m处与海拔3 600 m、3 800 m有机质含量之间差异显著,其它各海拔之间差异不显著。土壤全氮含量的变化趋势也是随海拔升高而降低,与土壤有机质的变化规律相似,海拔3 200 m处最低(6.14 ± 0.72) $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$),海拔3 800 m最高(8.06 ± 0.21) $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$),移地后各海拔间土壤全氮含量差异均不显著。

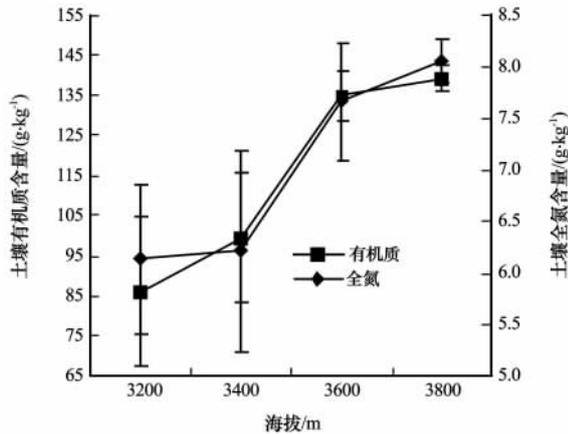


图 3 从 3 600 m 海拔移往各海拔的土壤有机质和全氮沿海拔的变化

Fig. 3 Soil organic matter and total nitrogen in different receptors Translocated from 3 600 m

移地前,海拔3 600 m处植被是以杂草类为主的稀疏植被,地上地下生物量明显低于移地前海拔3 200 m处的矮蒿草草甸群落和海拔3 400 m处的金露梅灌丛草甸群落。海拔3 600 m及其以上的气候环境非常恶劣,年均气温比海拔3 200 m处的矮蒿草草甸和海拔3 400 m处的金露梅灌丛草甸的气温分别低0.4 °C和1.2 °C,植物生长期气温均要低2 °C以上。恶劣的气候环境和极低的温度条件使得海拔3 600 m处土壤-植被长期处于低呼吸状态。移植到相对较低区域后,温度相对较高,土壤有机质分解加速,土壤氮经硝化、反硝化作用后挥发到大气中的速率加大,使得土壤氮排放加剧,导致土壤氮含量下降。与海拔3 200 m和3 400 m处土壤-植被移植后不同,海拔3 200 m和3 400 m处移地后土壤有机质含量和土壤氮含量与海拔有一定的负相关关系,而海拔3 600 m移地后土壤有机质含量和土壤氮含量与海拔存在一定的正相关关系,具体原因将有待做深入的研究。

将海拔3 800 m杂草稀疏土壤-植被移植到不同海拔后土壤有机质含量随海拔自低到高的变化趋势(图 4)。土壤有机质在海拔3 200 m(91.78 ± 3.25) $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)和3 400 m(90.31 ± 4.21) $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)处较低,海拔3 400 m到3 600 m急剧上升后又下降,在海拔3 600 m处最大(114.29 ± 11.44) $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)。分析表明,自海拔3 800 m移到其它不同海拔后,土壤有机质在海拔3 800 m与3 200 m、3 400 m之间差异显著,其它海拔之间差异不显著。海拔3 800 m土壤-植被移植到不同海拔后,土壤全氮含量总的趋势是随海拔升高而降低,但不同海拔间差异性不显著,海拔3 200 m处土壤全氮含量最高,为(7.12 ± 0.94) $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$),海拔3 800 m处最低,为(5.57 ± 0.16) $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

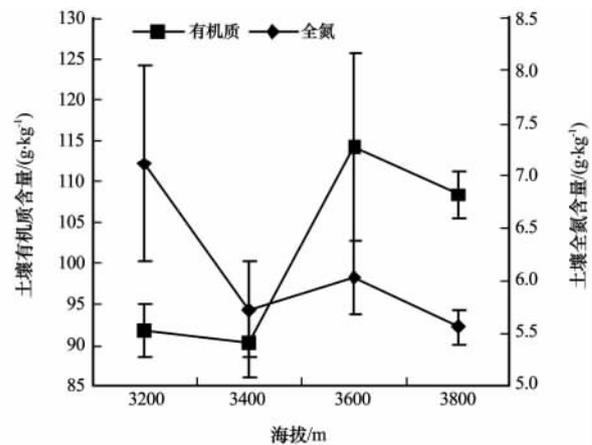


图 4 从海拔 3 800 m 移往各海拔的土壤有机质和全氮沿海拔的变化

Fig. 4 Soil organic matter and total nitrogen in different receptors Translocated from 3 800 m

移地前,海拔3 800 m处植被和海拔3 600 m处一样,以杂草类为主的稀疏植被。海拔3 800 m处植被处于当地生长上限,海拔3 900 m左右是雪线,为流石坡或稀疏的垫状植物。海拔3 800 m以上温度极低,年平均气温比海拔3 200 m处的矮蒿草草甸和海拔3 400 m处的金露梅灌丛草甸低1 °C以上,植物生长期气温低达3 °C。该地点气候寒冷,土层浅薄,20 cm 以下为土壤母质,植物地上地下生物量比海拔3 600 m处更低。低温环境下土壤微生物活动更趋微弱,当发生土壤-植被移植到低海拔区后,由于土壤有机质分解加速,土壤有机质含量下降明显。而移地到海拔3 200 m后土壤氮含量反而高,这与海拔3 600 m处土壤-植被移植到海拔3 200 m的表现明显不同,其原因有待进一步研究

观察和分析。

2.3 祁连山冷龙岭南麓坡地垂直带移地后土壤碳氮比沿海拔的变化特征

图 5 给出了祁连山冷龙岭南麓坡地垂直带不同海拔土壤-植被移植到其它高度后土壤碳氮比的变化特征。其中,土壤碳含量是按有机质的 0.58 换算^[12]。可以看到,将海拔 3 200 m、3 400 m、3 600 m 和海拔 3 800 m 处土壤-植被移植到各海拔后,土壤 0~30 cm 整层碳氮比总趋势均随海拔升高而增加,其中海拔 3 400 m 移到各海拔后随海拔的升高在海拔 3 600 m 处达到最大,而后降低。低海拔处,因温度高,环境条件有利于微生物活动,不利于有机质的积累,凋落物和土壤的碳分解迅速,碳含量明显降低,氮的矿化作用强烈,碳氮比降低明显;相反,高海拔处,温度低,湿度大,微生物活动受到抑制,土壤有机质和氮素累积速率大于分解速率,且碳的累计速率明显大于氮素,致使高海拔地带碳氮比值明显大于低海拔地带。

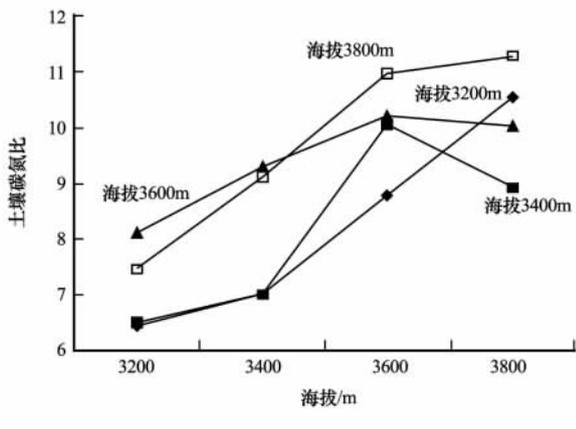


图 5 土壤-植被移植后土壤碳氮比沿海拔的变化

Fig. 5 The response of soil C/N ratio to reciprocal translocation experiment on the southern slopes of the Lenglong Range in Qilian Mountains

3 讨论与结语

以纬度梯度群落移植法研究欧洲 65°~40° N 针叶林土壤有机质和植物残体分解趋势的结果表明,温度升高 2 °C 后,地中海区森林表层土壤碳矿化速率降低,底层土壤中碳矿化速率却没有受到影响;温度升高 3 °C 后,冷凉气候区和北方气候区土壤中碳矿化速率明显增加^[13]。祁连山冷龙岭南麓垂直带群落移植后土壤有机质总体上随海拔升高而升高,与相关研究的结果一致,说明此处土壤-植被群落受气候的影响明显。这是因为土壤氮素的输出

主要是由于土壤的有机质分解经被植物吸收利用、硝化、反硝化或挥发以气态释放到大气中造成的,海拔越高,温度越低,土壤氮素输出越多,导致高海拔地带土壤氮含量下降。与其它相关研究区域相比,祁连山地区土壤-植被移植到各海拔土壤氮含量差异更为复杂。

将不同海拔土壤-植被移植后分析得出,海拔较高地带的土壤-植被当移地到低海拔地带时,其土壤有机质、土壤氮含量变化比海拔较低土壤-植被移植到高海拔后的变化明显。证实高海拔区域的土壤-植被群落不仅对全球变化特别是气候温暖化反映敏感,而且其土壤养分含量对气候变化反应亦敏感。本研究结果表明,不同土壤-植被群落类型移植到其它植被群落区后,土壤养分表现出较大波动,土壤碳和氮含量在不同植被类型群落之间差异明显,说明气候和群落类型的综合影响是制约山地土壤有机质和全氮分布的重要因素。也表明,土壤碳氮的随着海拔梯度变化规律是植被和群落长期适应环境和异质性生境的结果。移植后,群落的土壤碳氮随海拔变化较敏感,土壤有机质沿海拔升高逐渐升高,这与许多研究结果一致。这是由于土壤有机质随温度的升高,分解速度加快原因所致。移植群落在更长时期的变化和更深层的结论还需要移植群落的生长做进一步研究和分析。

参考文献 (References):

- [1] Alsos I G, Eidesen PB, Ehrich D, *et al.* Frequent long-distance plant colonization in the changing Arctic [J]. *Science*, 2007, **15**, 1606–1609.
- [2] Walker M D, Wahren C H, Hollister R D, *et al.* Plant community responses to experimental warming across the tundra biome [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2006, **103**: 1342–1346.
- [3] Walther G R, Post E, Convey P, *et al.* Ecological responses to recent climate change [J]. *Nature*, 2002, **416**: 389–395.
- [4] Klein J A, Harte J, Zhao X Q. Experimental warming causes large and rapid species loss, dampened by simulated grazing, on the Tibetan Plateau [J]. *Ecology Letters*, 2004, **7**: 1170–1179.
- [5] Klein J A, Harte J, Zhao X Q. Experimental warming, not grazing, decreases rangeland quality on the Tibetan Plateau [J]. *Ecological Applications*, 2007, **17**: 541–557.
- [6] Wookey P A, Aerts R, Bardgett R D, *et al.* Ecosystem feedbacks and cascade processes: understanding their role in the responses of Arctic and alpine ecosystems to environmental change [J]. *Global Change Biology*, 2009, **15**: 1153–1172.
- [7] Yu Guirui. *Global Change, Carbon cycle and Storage in Terrestrial Ecosystem* [M]. Beijing: Meteorological Press, 2003: 44–77. [于贵瑞. 全球变化与陆地生态系统碳循环和碳蓄积

- [M]. 北京：气象出版社，2003：44—77.]
- [8] Li Yingnian, Zhao Xinquan, Cao Guangmin, *et al.* Analyses on climates and vegetation productivity background at Haibei Alpine Meadow Ecosystem Research Station[J]. *Plateau Meteorology*, 2004, **23**(4): 558—567. [李英年, 赵新全, 曹广民, 等. 海北高寒草甸生态系统定位站气候、植被生产力背景的分析[J]. *高原气象*, 2004, **23**(4): 558—567.]
- [9] Xue Xiaojuan, Li Yingnian, Du Mingyuan, *et al.* Soil organic matter and total nitrogen changing with altitudes on the southern foot of eastern Qilian Mountains[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2009, **31**(4): 642—649. [薛晓娟, 李英年, 杜明远, 等. 祁连山东段南麓不同海拔土壤有机质及全氮的分布状况[J]. *冰川冻土*, 2009, **31**(4): 642—649.]
- [10] Hu Qiwu, Ou Yanghua, Liu Xiande. Distribution characteristics of soil organic carbon and total nitrogen along the altitudinal belt in the northern slope of Qilian Mountains [J]. *Journal of Mountain Science*, 2006, **24**(6): 654—661. [胡启武, 欧阳华, 刘贤德. 祁连山北坡垂直带土壤碳氮分布特征 [J]. *山地学报*, 2006, **24**(6): 654—661.]
- [11] Zhang Peng, Zhao Tao, Chen Nianlai. Vertical distribution patterns of soil organic carbon and total nitrogen and related affecting factors along northern slope of Qilian Mountains [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, **20**(3): 518—524. [张鹏, 张涛, 陈年类. 祁连山北麓山体垂直带土壤碳氮分布特征及影响因素[J]. *应用生态学报*, 2009, **20**(3): 518—524.]
- [12] Fang J. Carbon cycle of Chinese terrestrial ecosystem and its global significance [M]//Monitoring of Greenhouse Gas Concentration and Relevant Processes. Beijing: China Environmental Science Press, 1996: 129—139.
- [13] Zhu Xiaofang, Guan Xueqing, Fu Jingying. Research on the factor affecting the contain of total nitrogen in soil [J]. *Journal of Anhui Agri. Sci.*, 2008, **36**(16): 6868—6869. [朱晓芳, 关雪晴, 付晶莹. 庐山土壤全氮含量及其影响因素初探 [J]. *安徽农业科学*, 2008, **36**(16): 6868—6869.]

The Initial Response of Soil Carbon and Nitrogen to Reciprocal Transplantation on the Southern Slopes of Lenglong Range in Qilian Mountains

LI Ying-nian¹, ZHANG Fa-wei^{1,2}, XUE Xiao-juan^{1,3}, SUN Jian-wen^{1,3},
WANG Jian-lei^{1,3}, LI Jing-mei^{1,3}, SONG Cheng-gang^{1,3}

(1. Northwest Institution of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining Qinghai 810001, China; 2. Institute of Plateau Meteorology, China Meteorological Administration, Chengdu Sichuan 610071, China; 3. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: A reciprocal translocation experiment of soil-plant turf (0~40 (30) cm depth) was carried out at different elevations on the southern slopes of Lenglong Range in Qilian Mountains, in order to search the effects of climate change on soil carbon, total nitrogen and C/N ratio. The experiment showed that the soil property varied with original elevation. Soil organic matter content in most plots increased with elevation, but in a few plots the

peak value occurred at 3 600 m. The total soil nitrogen fluctuated complicatedly. The soil C/N ratio in other plots increased with altitude, but those translocated from 3 400 m increased to a maximum at 3 600 m and then decreased. The Initial response showed that soil carbon, total nitrogen and C/N ratio fluctuated significantly and varied with climate change magnitude and plant community.

Key words: Lenglong Range in Qilin Mountains; altitude; translocation experiment; soil organic matter and nitrogen; C/N ratio