

前植物
生产层

模拟增温与施肥对高寒草甸 土壤酶活性的影响

刘琳^{1,2}, 朱霞², 孙庚², 罗鹏², 王蓓²

(1. 四川农业大学动物科技学院, 四川 雅安 625014; 2. 中国科学院成都生物研究所, 四川 成都 610041)

摘要:采用开顶式生长室模拟增温的方法,研究了气温升高和施肥对高寒草甸土壤酶活性的影响。研究表明,单独增温导致高寒草甸土壤纤维素酶和磷酸酶活性分别提高了12.4%、29.1%,而脲酶活性降低了18.0%,过氧化物酶和多酚氧化酶活性无明显变化,说明增温促进高寒草甸土壤中碳循环。在不增温条件下,施肥抑制了土壤纤维素酶、多酚氧化酶和过氧化物酶活性,而施NPK则提高了脲酶和磷酸酶活性。增温条件下,施肥不会引起土壤纤维素酶、多酚氧化酶和过氧化物酶活性的显著变化,而施可溶性碳肥使脲酶活性显著升高($P < 0.05$),施NPK使磷酸酶活性显著降低。增温和施肥的交互作用对土壤纤维素酶、过氧化物酶、磷酸酶和脲酶活性有显著影响,而对多酚氧化酶无明显影响。因此,预测在未来气候变暖背景下,高寒草甸土壤中的多种酶活性对施肥的响应可能不显著。

关键词:增温;施肥;高寒草甸;土壤酶活性

中图分类号:S154;S812.2

文献标识码:A

文章编号:1001-0629(2011)08-1405-06

^{*} 土壤酶是土壤生态系统代谢的一类重要动力,主要来源于动植物的分泌及其残体和微生物的分泌^[1]。土壤酶参与土壤环境中生物化学过程,与有机物质分解、营养物质循环、能量转移、环境质量等密切相关^[2-4],并且对环境条件的变化十分敏感,可作为土壤质量的生物指标^[5]。研究土壤酶活性的变化特征,有助于了解生态系统物质循环速率、方向及土壤质量的现状和演化。气温升高影响植物生长,改变光合作用产物的运输与分配及进入土壤的物质成分,同时还影响土壤环境条件,引起土壤物理、化学过程发生改变^[6-8],从而影响到土壤酶活性。施肥影响草地生物多样性和土壤生产力^[9],改变物质循环速率及方向。施肥在一定程度上能增加草地土壤全氮和速效养分含量,提高牧草产量^[10]和品质^[11],但是在增温背景下,施肥对草地生态系统土壤酶活性的影响还难以预测。

青藏高原东缘的高寒草甸生态系统极其脆弱,对气候变化和人为干扰非常敏感^[9]。近年来,气候变化和人类活动不仅直接改变高寒生态系统的植物生长过程及土壤环境^[10,12-14],还深刻影响着该生态系统物质循环,其中土壤酶活性在生态系统变化中有着极其重要的作用。国内外对增温和人为干扰的研究比较多,但主要集中于低海拔草地、森林生态系统植物多样性及土壤理化性状的研究^[15-17],而对增

温背景下施肥对青藏高原高寒草甸土壤酶活性影响的研究鲜见报道。本研究通过人工模拟增温,对不同施肥处理下土壤纤维素酶、过氧化物酶、多酚氧化酶、脲酶和磷酸酶活性变化进行测定,以期深入研究高寒草甸生态系统的物质循环、土壤生态系统变化的内在机理提供依据,为未来气候变暖背景下高寒草甸的科学管理提供理论依据。

1 研究区概况与方法

1.1 研究区概况 研究区位于四川省阿坝州红原县,102°22' E,32°27' N,海拔3 561 m。土壤主要为高寒草甸土,植被类型属于典型的高寒草甸。年均温为1.1℃,年均降水量为752.4 mm,80%以上降水主要集中在5-9月。该地区有着悠久的游牧历史,20世纪90年代实行草场承包以来,草地使用无机肥比较普遍。研究样地于2007年8月建成围栏,围栏面积2 hm²,开始禁牧。

1.2 研究方法

1.2.1 试验设计 本研究采用开顶式气室法(open-

* 收稿日期:2011-05-27 接受日期:2011-06-25
基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(31000233、31000238);中国科学院“西部之光”人才培养计划西部博士资助项目
作者简介:刘琳(1978-),女,四川成都人,讲师,博士,主要从事草地生态学和高山生态学研究。
E-mail:liulinsky@126.com
通信作者:罗鹏 E-mail:luopeng@cib.ac.cn

top chambers, OTCs)模拟升温与施肥双因子交互设计,即 OTCs 升温(2个水平:不增温、增温)×施肥(3个水平:不施肥 CK、施肥 NPK、施可溶性碳 Glu),共6个处理,每个处理设4个重复,共24个样方。样方面积均为 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$,相邻样方间距为4 m,样地总面积为 640 m^2 。OTCs 升温是采用国际冻原计划(international tundra experiment, ITEX)所使用的被动式增温法。OTCs 由厚8 mm的有机玻璃纤维制成的正方体形开顶式增温室,底面积为 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$,高为2 m。2008年11月完成 OTCs 的安装和设置,开始对土壤进行增温,同时设置相同面积的对照,OTCs 和对照间隔6 m以上。设置 OTCs 后至采样为止,箱内的平均气温较对照增加 $1.2\text{ }^\circ\text{C}$,日均土壤温度增加 $0.25\text{ }^\circ\text{C}$,日均地表温度增加 $0.41\text{ }^\circ\text{C}$,土壤相对含水量降低 5.07% 。施肥处理中 NPK 施用量为:N 6.00 g/m^2 、 P_2O_5 2.49 g/m^2 、 K_2O 1.57 g/m^2 ;可溶性碳施用量为 14.7 g/m^2 ,施肥在每年5月初的同1天施肥1次,从2008—2009年共施肥2次。

1.2.2 样品采集与测定方法 于2009年8月15日取样地中土壤样品,采样深度均为 $0\sim 20\text{ cm}$ 土层,每处理小区随机取4个点,混合制样。取得土壤样品后用装有冰的泡沫箱带回实验室,立即分析土壤酶活性。

土壤纤维素酶活性采用3,5-二硝基水杨酸比色法测定;土壤脲酶采用奈氏比色法测定($37\text{ }^\circ\text{C}$ 培养24 h);磷酸酶采用苯磷酸二钠法测定($37\text{ }^\circ\text{C}$ 培养12 h);多酚氧化酶和过氧化物酶采用比色法测定^[18]。

1.3 统计分析 ANOVA 采用 SAS (9.0)软件, Duncan (SSR)方法分析各处理间平均数在 $P=0.05$ 水平的差异显著性,作图工具为 Sigmaplot (10.0)。在施肥或温度处理下,进行单因素方差分析比较几种酶活性各自对不同施肥和温度处理的反应。采用双因素方差分析及差异显著性检验,分析增温和施肥二者的交互作用对几种酶活性的影响。

2 结果与分析

2.1 增温与施肥对土壤酶活性的影响

2.1.1 土壤纤维素酶活性变化 纤维素酶是表征土壤碳素循环速率的重要指标,在降解有机碳复合物

(植物残茬、人畜粪便等)的过程中发挥重要作用,其水解产物(糖类)是土壤微生物的主要能量来源^[19]。在不施肥处理下,增温显著增加了土壤纤维素酶活性($P<0.05$),增加幅度为 12.4% ;而在施 NPK 和施可溶性碳处理下,增温对土壤纤维素酶活性无显著影响($P>0.05$) (图1)。在不增温条件下,施 NPK 和施可溶性碳均显著降低了土壤纤维素酶活性($P<0.05$),与不施肥处理相比分别降低了 21.4% 、 22.4% ;在增温条件下,施肥没有引起土壤纤维素酶活性的显著变化($P>0.05$)。

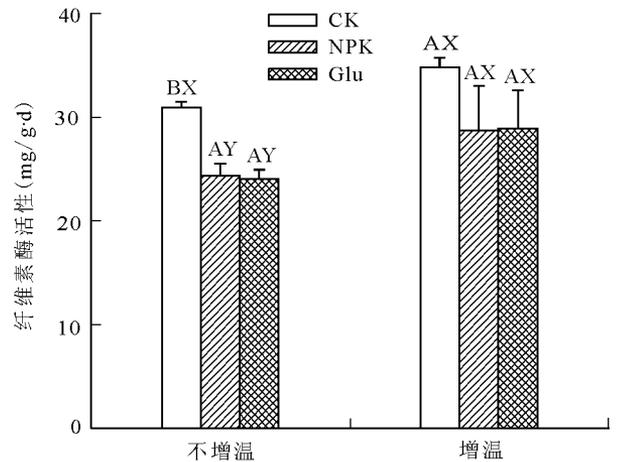


图1 增温与施肥对纤维素酶活性的影响

注:相同施肥处理下,增温与不增温处理间的差异显著性用大写字母 A、B 表示($P<0.05$);相同温度条件下,施肥处理之间的差异显著性用大写字母 X、Y、Z 表示($P<0.05$)。下同。

2.1.2 土壤多酚氧化酶活性变化 土壤多酚氧化酶是自然界分布极广的一种氧化还原酶,能将土壤中多元酚氧化为醌,主要参与土壤腐殖化过程,其活性强度与土壤腐殖化程度呈负相关^[20]。不同施肥种类下,增温对土壤多酚氧化酶活性均无显著影响($P>0.05$) (图2)。在不增温条件下,土壤多酚氧化酶活性因施肥种类不同差异显著,与不施肥处理相比,施 NPK 和施可溶性碳处理均显著降低了土壤多酚氧化酶活性($P<0.05$),降低幅度分别为 33.5% 、 58.6% ;在增温条件下,与不施肥处理相比,施 NPK 和施可溶性碳对土壤多酚氧化酶活性无显著影响($P>0.05$)。

2.1.3 土壤过氧化物酶活性变化 过氧化物酶能氧化木质素大分子得到简单的酚类^[21],其活性高低表征土壤腐殖化强度和有机质积累程度。在不施肥处理下,增温后土壤过氧化物酶活性比对照高 9.39% ,

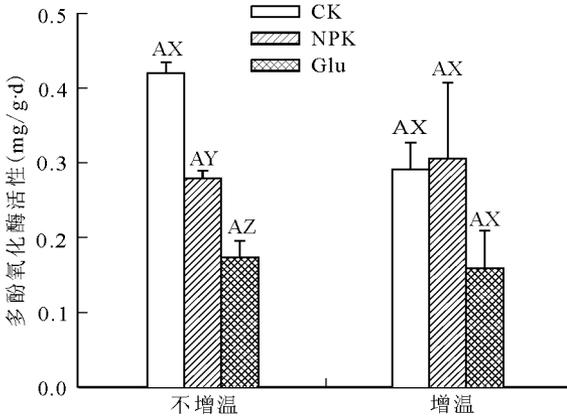


图2 增温与施肥对多酚氧化酶活性的影响

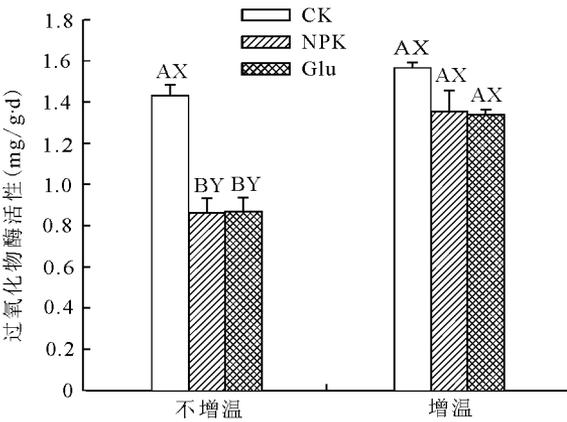


图3 增温与施肥对过氧化物酶活性的影响

但是未达显著水平($P>0.05$);在施 NPK 和施可溶性碳处理下,增温后土壤过氧化物酶活性分别增加了 54.3%、56.9%,达显著水平($P<0.05$)(图 3)。在不增温条件下,施 NPK 与施可溶性碳处理土壤过氧化物酶活性比不施肥处理分别降低了 39.8%、39.4%,达显著水平($P<0.05$);在增温条件下,与不施肥处理相比,施 NPK 与施可溶性碳处理土壤过氧化物酶分别降低了 13.6%、14.5%,但未达显著水平($P>0.05$)。

2.1.4 土壤脲酶活性变化 土壤脲酶能分解有机物质,并通过水解生成氨和二氧化碳,是土壤中氮素转化的关键酶,它的活性可以用来表示土壤氮素状况^[22]。在不同施肥处理下,增温对土壤脲酶活性的影响各异(图 4)。在不施肥和施 NPK 处理下,增温显著降低了土壤脲酶活性($P<0.05$),降低幅度分别为 18.0%、56.6%,而在施可溶性碳处理下,增温对土壤脲酶活性无显著影响($P>0.05$)。在不增温与增温

条件下,各施肥处理土壤脲酶活性也有所不同(图 4)。在不增温条件下,施 NPK 处理土壤脲酶活性比不施肥处理高 78.6%,呈显著性增加,但施可溶性碳处理土壤脲酶活性比不施肥处理仅高 16.2%,未达显著水平;在增温条件下,各施肥处理对土壤脲酶活性均无显著性影响($P>0.05$)。

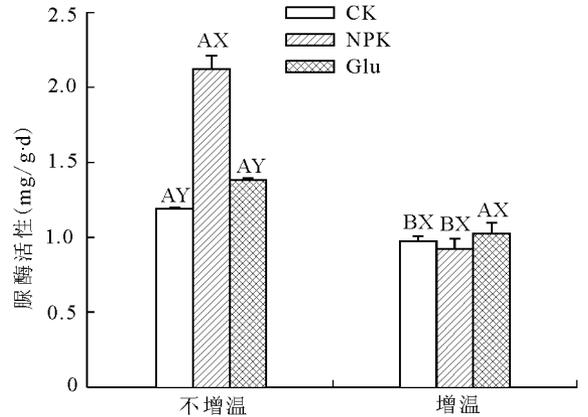


图4 增温与施肥对脲酶活性的影响

2.1.5 土壤磷酸酶活性变化 磷酸酶能促进土壤中有机磷化合物水解,生成能被植物吸收利用的无机态磷。一般情况下,土壤磷酸酶活性高低决定土壤有效磷水平。因此,磷酸酶的活性可以影响土壤中有机磷的转化并且反映土壤受磷元素限制的程度^[23]。在不施肥与施 NPK 处理下,增温对土壤磷酸酶活性均有显著影响($P<0.05$),而在施可溶性碳处理下,增温对土壤磷酸酶活性无显著影响($P>0.05$)(图 5)。在不施肥处理下,增温显著增加了土壤磷酸酶活性,增加幅度为 29.1%;在施 NPK 处理下,增温后土壤磷酸酶活性显著降低,降低幅度为 39.2%。在不增温与增温

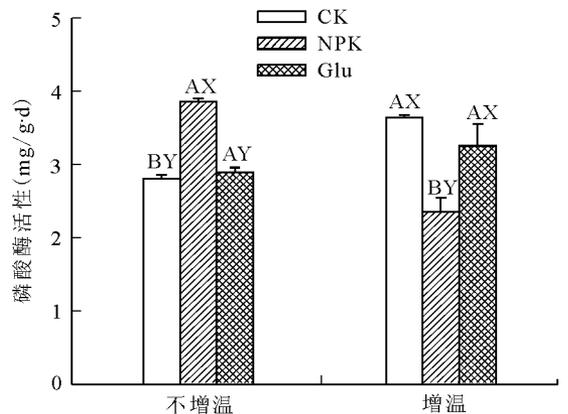


图5 增温与施肥对磷酸酶活性的影响

温条件下,不同施肥处理对土壤酶活性的影响也不同(图5)。在不增温条件下,施 NPK 使土壤磷酸酶活性比不施肥土壤高 36.7% ($P < 0.05$),而施可溶性碳对土壤磷酸酶活性无显著影响 ($P > 0.05$);在增温条件下,与不施肥土壤相比,施 NPK 土壤磷酸酶活性低 35.6% ($P < 0.05$),而施可溶性碳对土壤磷酸酶活性无显著影响 ($P > 0.05$)。

2.2 增温与施肥的互作效应 增温对不同土壤酶活性的影响不同,增温对土壤纤维素酶、过氧化物

酶、脲酶和磷酸酶活性的影响达极显著水平 ($P < 0.01$),而对多酚氧化酶活性的影响不显著 ($P > 0.05$);施肥对土壤纤维素酶和多酚氧化酶活性的影响显著 ($P < 0.05$),对过氧化物酶、脲酶和磷酸酶活性的影响达极显著水平(表1)。同时,增温与施肥二者的互作对土壤纤维素酶有显著影响,而对过氧化物酶、脲酶和磷酸酶活性的影响极显著,但对多酚氧化酶活性无显著影响。

表 1 增温与施肥对土壤酶活性影响的方差分析

方差来源	纤维素酶	多酚氧化酶	过氧化物酶	脲酶	磷酸酶
增温	9.248(0.004)	1.571(0.248)	48.220(0.000)	475.771(0.000)	1940.000(0.000)
施肥	6.752(0.023)	7.269(0.019)	28.771(0.000)	74.836(0.000)	10.385(0.007)
增温×施肥	6.231(0.014)	1.969(0.182)	43.445(0.000)	110.019(0.000)	175.290(0.000)

注:括号内的数字为显著性水平。

3 讨论

有研究^[13,24]表明,长期增温导致植物成熟过程缩短,物候期提前,生物量减少,是青藏高原植被退化的主要原因之一。同时,植物与土壤生物区系变化必然会引起在土壤生物化学过程中起主导作用的酶活性改变,而土壤酶活性的改变又会影响土壤生物化学过程,进而影响土壤质量,加速或者延缓植被退化。在本研究中,单独增温后土壤纤维素酶和磷酸酶活性分别提高了 12.4%、29.1%,说明增温加速了土壤有机物质分解,促进了生态系统碳磷循环,这一结论与 Beier 等^[25]对欧洲灌木自然生态系统进行研究得出的结论相似。Sardans 等^[22]研究表明,增温增加了冬季和春季土壤脲酶活性,而对夏季和秋季土壤脲酶活性无影响,他们认为这主要是因为冬季和春季土壤水分充足,增温与水分的互作显著刺激了土壤脲酶活性,而秋季和夏季土壤水分缺乏,导致土壤脲酶活性无显著变化。Beier 等^[25]的研究结果也表明,增温对土壤氮有效性的影响并不显著,而土壤水分是影响土壤氮素矿化的主要因素。本研究表明,增温后土壤脲酶活性显著低于不增温土壤,这主要是因为本研究采样时间为秋天,土壤含水量较低,而水分是限制土壤脲酶活性的主要因子^[26],同时增温后土壤含水量显著低于不增温土壤,从而使得增温条件下土壤脲酶活

性显著低于不增温。

施肥通过改变土壤基质的可利用性或微生物群落结构来影响土壤酶活性。Deforest 等^[27]在北美密歇根地区以 4 种硬木林为对象研究发现,土壤氮含量增加明显抑制了纤维素降解。Keeler 等^[17]认为,长期施肥降低了氮限制生态系统土壤木质素分解酶活性,但增加了土壤磷酸酶活性。Saiya-Cork 等^[28]在温带森林中研究表明,施氮显著刺激了土壤脲酶和磷酸酶活性,却抑制了土壤多酚氧化酶活性,从而降低了土壤有机物质的分解速度,提高了土壤腐殖化程度。在本研究中,单独施 NPK 或可溶性碳后,脲酶和磷酸酶活性却有所上升,说明在高寒草甸土壤中施肥能刺激土壤脲酶和磷酸酶活性,增加土壤中可利用的有效态氮和磷的含量;而与此同时,土壤纤维素酶、多酚氧化酶及过氧化物酶活性均比对照有所下降,降低了植物凋落物和土壤有机物质分解速度。增温下,不同的施肥处理却没有导致土壤纤维素酶、多酚氧化酶和过氧化物酶活性的显著差异,而施可溶性碳使脲酶活性显著升高,施 NPK 使磷酸酶活性显著降低。这说明,在未来气候变暖背景下,在青藏高原的高寒草甸生态系统中,施肥可能对土壤中氮磷的转化影响明显,而对土壤有机质的形成和分解可能不会产生显著作用。

有研究^[7]表明,增温与放牧双因素的互作对生态

系统物质循环无显著影响,但施肥与采样地点对土壤酶活性存在显著的互作效应^[29]。本研究结果指出,增温与施肥对高寒草甸多种土壤酶的活性存在显著的互作效应,但对多酚氧化酶的活性却无显著影响。这说明,相对于其他4种土壤酶,多酚氧化酶对模拟试验导致的温度增加不敏感,未来较小幅度的升温变暖不会引起土壤中有机质形成的减缓或者加快。

4 结论

在高寒草甸生态系统中,不施肥时,增温促进碳磷循环,但同时会减缓氮循环。

在高寒草甸生态系统中,不增温时,施NPK显著促进氮磷循环;而增温下,施可溶性碳可促进氮循环,而施NPK则导致磷循环减缓。

在高寒草甸生态系统中,增温与施肥对土壤纤维素酶、过氧化物酶、磷酸酶和脲酶活性均存在显著的互作效应。在未来气候变暖的背景下,施肥对土壤生态系统物质循环的影响可能减弱。今后,应进一步研究各种肥料的配比及用量,才能为科学合理地管理青藏高原高寒草甸提供理论指导。

参考文献

- [1] 曹慧,孙辉,杨浩,等.土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展[J].应用与环境生物学报,2003,9(1):105-109.
- [2] Max M C, Wood M, Jarvis S C. A microplate fluorimetric assay for the study of enzyme diversity in soils[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2001, 33: 1633-1640.
- [3] Yao X H, Min H, Lü H Z, *et al.* Influence of acetamiprid on soil enzymatic activities and respiration[J]. *European Journal of Soil Science*, 2006, 42: 120-126.
- [4] 王素娟,高丽,苏和,等.内蒙古库布齐沙地土壤蛋白酶初步研究[J].草业科学,2009,26(9):13-17.
- [5] 颜慧,钟文辉,李忠佩,等.长期施肥对红壤水稻土磷脂脂肪酸特性和酶活性的影响[J].应用生态学报,2008,19(1):71-75.
- [6] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2007: The physical science basis. The Fourth Assessment Report of Working Group [EB/OL]. (2007-05-14) [2008-01-12]. <http://www.ipcc.ch/cited>.
- [7] Luo C Y, Xu G P, Wang Y F, *et al.* Effects of grazing and experimental warming on DOC concentrations in the soil solution on the Qinghai-Tibet plateau[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2009, 41: 2493-2500.
- [8] Deslippe J R, Ehler K N, Henry G H R. Impacts of warming and fertilization on nitrogen-fixing microbial communities in the Canadian High Arctic[J]. *FEMS Microbiology Ecology*, 2005, 53: 41-50.
- [9] 黄军,王高峰,安沙舟,等.施氮对退化草甸植被结构和生物量及土壤肥力的影响[J].草业科学,2009,26(3):75-78.
- [10] 孙庚,吴宁,罗鹏.不同管理措施对川西北草地土壤氮和碳特征的影响[J].植物生态学报,2005,29(2):304-310.
- [11] 宝音陶格涛,刘美玲,包青海,等.氮素添加对典型草原区割草场植物群落结构及草场质量指数的影响[J].草业学报,2011,20(1):7-14.
- [12] 钟祥浩.国内外学术界一直关注的问题:青藏高原研究——兼作开设“青藏高原研究”栏目启事[J].山地学报,2005,23(3):257-259.
- [13] 李英年,赵亮,赵新全,等.5年模拟增温后矮高草草甸群落结构及生产量的变化[J].草地学报,2004,12(3):236-239.
- [14] 王长庭,龙瑞军,王启兰,等.放牧扰动下高寒草甸植物多样性、生产力对土壤养分条件变化的响应[J].生态学报,2008,28(9):4144-4151.
- [15] 杨海君,肖启明,谭周进,等.放牧对张家界索溪峪景区土壤酶活性及微生物作用强度的影响[J].农业环境科学学报,2006,25(4):913-917.
- [16] Su Y Z, Li Y L, Cui J Y, *et al.* Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, Inner Mongolia, northern China[J]. *Catena*, 2005, 59: 267-278.
- [17] Keeler B L, Hobbie S E, Kellogg L E. Effects of long-term nitrogen addition on microbial enzyme activity in eight forested and grassland sites; implications for litter and soil organic matter decomposition[J]. *Ecosystems*, 2009, 12: 1-15.
- [18] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.
- [19] Acosta-Martinez V, Tabatabai M A. Enzyme activities in a limed agricultural soil[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2000, 31: 85-91.
- [20] 汪景宽,汤方栋.不同肥力棕壤及其微团聚体中酶活性比较[J].沈阳农业大学学报,2000,31(2):185-189.
- [21] Tien M, Kirk T K. Lignin-degrading enzyme from the hymenomycete *Phanerochaete chrysosporium* Burbs

- [J]. *Science*, 1983, 221: 661-663.
- [22] Sardans J, Peñuelas J, Estiarte M. Changes in soil enzymes related to C and N cycle and in soil C and N content under prolonged warming and drought in a Mediterranean shrubland [J]. *Applied Soil Ecology*, 2008, 39: 223-235.
- [23] Turner B L, Baxter R, Whaton B A. Seasonal phosphatase activity in three characteristic soils of the English uplands polluted by long-term atmospheric nitrogen deposition [J]. *Environmental Pollution*, 2002, 120(2): 313-317.
- [24] 王谋, 李勇, 黄润秋, 等. 增温对青藏高原腹地高寒植被的影响[J]. *生态学报*, 2005, 25(6): 1275-1281.
- [25] Beier C, Emmet B A, Peñuelas J, *et al.* Carbon and nitrogen cycles in European ecosystems respond differently to global warming [J]. *Science of the Total Environment*, 2008, 407: 692-697.
- [26] 潘新丽, 林波, 刘庆. 模拟增温对川西亚高山人工林土壤有机碳含量和土壤呼吸的影响[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(8): 1637-1643.
- [27] Deforest J L, Zak D R, Pregitzer K S, *et al.* Atmospheric nitrate deposition and the microbial degradation of cellobiose and vanillin in a northern hardwood forest [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2004, 36: 965-971.
- [28] Saiya-Cork K R, Sinsabaugh R L, Zak D R. The effects of long term nitrogen deposition on extracellular enzyme activity in an *Acer sachorum* forest soil [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2002, 34: 1309-1315.
- [29] Ruiz R G, Ochoa V, Hinojosa M B, *et al.* Suitability of enzyme activities for the monitoring of soil quality improvement in organic agricultural systems [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2008, 40: 2137-2145.

Effects of simulated warming and fertilization on activities of soil enzymes in alpine meadow

LIU Lin^{1,2}, ZHU Xia², SUN Geng², LUO Peng², WANG Bei²

(1. College of Animal Science and Technology, Sichuan Agricultural University, Sichuan Ya'an 625014, China;

2. Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Sichuan Chengdu 610041, China)

Abstract: To investigate effects of warming and fertilization on soil enzyme activities in alpine meadows, a simulation study was conducted *in situ* with OTCs (open-top chambers) method. Results revealed that with warming, activities of soil cellulase and phosphatase increased by 12.4%, 29.1% respectively; urease activity decreased by 18.0%, which suggested that warming could accelerate the C and P cycles in the ecosystem. Under unchanged temperatures, fertilization reduced the activities of soil cellulase, polyphenol oxidase and peroxidase but NPK fertilizer applied raised the activities of soil urease and phosphatase. Conversely, there was no significant effect of fertilization on the activities of soil cellulase, polyphenol oxidase and peroxidase with warming; soluble carbon (Glu) fertilizer applied increased soil urease activity but NPK declined phosphatase activity. In addition, the interaction between warming and fertilization had a significant effect on many kinds of soil enzyme activities. In conclusion, compared with unchanged temperatures, simulated warming did not induce significant differences in the activities of soil cellulase, polyphenol oxidase, peroxidase and urease with fertilization. Amidst the background of climatic warming in the future the response of many kinds of soil enzyme activities to different fertilizers would become inertia in the alpine ecosystem.

Key words: warming; fertilization; alpine meadow; soil enzyme activity