

高寒草甸不同海拔梯度土壤有机质氮磷的分布和生产力变化及其与环境因子的关系

王长庭¹, 龙瑞军^{1,2*}, 王启基¹, 景增春¹, 尚占环², 丁路明¹

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008; 2. 甘肃农业大学草业学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要:以高寒草甸 6 个不同海拔(从低到高依次为 3 840, 3 856, 3 927, 3 988, 4 232, 4 435 m) 梯度内的野外观测和土壤实测数据, 分析了土壤有机质、氮、磷的分布特征及其与土壤含水量和土壤温度之间的关系。结果表明, 土壤有机质、土壤全氮、土壤速效氮、土壤全磷含量均在第一梯度(3 840 m) 和第六梯度(4 435 m) 较高, 中间梯度较低, 但土壤速效磷变化有波动; 土壤含水量对土壤有机质、氮、磷作用强度依次为土壤全氮、土壤有机质、土壤全磷、土壤速效氮、土壤速效磷; 土壤温度对土壤有机质、氮、磷作用强度依次为土壤速效氮、土壤有机质、土壤全氮、土壤全磷、土壤速效磷; 温度对高寒草甸植物群落初级生产力(地上生物量) 的作用最大, 是决定不同海拔梯度植物群落初级生产力的主要环境因子, 其回归方程为: $Y_0 = -92.982 + 13.832 X_3$ ($F = 13.355, P < 0.05$)。

关键词:高寒草甸; 海拔梯度; 生产力; 土壤有机质; 土壤氮; 土壤磷

中图分类号: S153.621 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2005)04-0015-06

* 土壤是植物赖以生存的基础。土壤环境的好坏, 不仅关系到植物的生长, 而且更影响着生产力的高低。土壤作为陆地生态系统的重要组成部分, 是陆地生态系统中物质和能量交换的重要场所。一方面, 土壤作为生态系统中生物与环境相互作用的产物, 贮存着大量的碳、氮、磷等营养物质; 另一方面, 土壤养分对于植物的生长起着关键性的作用, 直接影响着植物群落的组成与生理活力, 决定着生态系统的结构、功能和生产力水平^[1,2]。全球陆地生态系统约含碳为 2 200 Gt, 其中 600 Gt 在植物中, 而 1 600 Gt 在土壤中, 农业生产方式、森林结构、气候、大气化学成分和降水变化都会影响到碳、氮循环^[3,4], 温度升高加速土壤的呼吸, 增加陆地生态系统二氧化碳的释放量, 土壤贮存碳减少^[5]。土壤碳、氮、磷的含量不仅与温度、降水量等环境因子有关, 而且与土壤特性、土地利用方式、植被特征及人类的干扰程度有关^[6,7]。土壤肥力不断增加有利于生物量的提高^[8,9]。降水量对高寒矮嵩草草甸群落的多样性、植物种群数量特征(重要值)、不同植物类群的生物量均有不同程度的提高^[10]。因此, 对高寒草甸土壤有机质、氮和磷的分布规律随环境条件的变化将发生如何改变, 这种变化对植物群落生产力、植物群落结构等产生影响的研究是弄清草地生态系统物质循环的关键所在。同时, 群落结构组成与所在生境诸生态因子之间的关系, 也是生物多样性形成机制研究的主要内容^[11]。

有关高寒草甸生态系统中土壤和植物氮、磷等营养成分动态的研究较多^[12~16]。但对于土壤碳、氮、磷的梯度分布和生产力变化及其与环境因子相互关系研究的报道较少。本研究在高寒草甸不同海拔梯度上, 探讨土壤碳、氮、磷的梯度分布规律, 分析气候变化(降水和温度)对生产力的影响, 为合理利用土地资源及退化草地生态系统的恢复与重建提供基础资料。

1 研究地区概况与研究方法

1.1 自然概况

研究地区位于青海省果洛州玛沁县境内, 地处青藏高原腹地, 北纬 34°17.6' ~ 34°25', 东经 100°26' ~ 100°41'。该地区属高原寒冷气候, 平均海拔 4 000 m 以上, 年平均降水 513.02 mm, 5~9 月份降水 437.10 mm。

* 收稿日期: 2004-02-13

基金项目: 中国科学院“百人计划”项目; 国家自然科学基金项目(30371021); 国家“十五”科技攻关计划项目(2001BA606A-02-03)资助。

作者简介: 王长庭(1969-), 男, 青海湟源人, 博士研究生, 畜牧师。E-mail: wct@nwipb.ac.cn

* 通讯作者。E-mail: longruijun@sina.com

年平均气温 -2.6℃, 0℃积温为 914.3℃, 日照时数 2576.0 h, 无绝对无霜期, 牧草生长期约为 110~130 d。植被类型丰富多样, 其中高寒嵩草草甸类型占优势。主要优势种有小嵩草 (*Kobresia pygmaea*)、矮嵩草 (*K. humilis*)、线叶嵩草 (*K. capillifolia*)、藏嵩草 (*K. tibetica*) 等, 主要伴生种有异针茅 (*Stipa aliena*)、羊茅 (*Festuca ovina*)、早熟禾 (*Poa annua*)、垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)、双叉细柄茅 (*Ptilagrostis dichotoma*) 等。土壤类型以高山草甸土、高山灌丛草甸土、草甸沼泽土为主。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置 本试验于 2002 年 5~9 月在青海省果洛州玛沁县国家“十五”科技攻关示范区进行。高寒草甸区从最低处(河岸)到山顶的垂直剖面上, 每 1 km 左右选择植被均匀分布的地段设置一个样地作为一个梯度, 共 6 个梯度(第一梯度海拔为 3840 m、第二梯度海拔为 3856 m、第三梯度海拔为 3927 m、第四梯度海拔为 3988 m、第五梯度海拔为 4232 m、第六梯度海拔为 4435 m)。每一梯度在约为 50 m × 50 m 的样地上设置 5 个 50 cm × 50 cm 的样方, 在植物生长期(5~9 月), 每月 20 日左右用收获法测定地上生物量, 并按禾草类、莎草类、杂草类和枯枝落叶分类, 称取鲜重后在 105℃ 的恒温箱烘干至恒重。

在测定地上生物量的同时, 采用 15 cm × 15 cm 的样方, 分层(0~10、10~20、20~30 cm)测定地下生物量, 3 次重复。用细筛(1 mm)筛去土, 再用细纱布包好不同层的根系, 清水洗净, 并捡去石块和其它杂物, 在 105℃ 的烘箱内烘干至恒重并称重。同时采集 0~10、10~20、20~30 cm 的土壤样品, 3 次重复, 混合后风干待测。测试项目为土壤样品的全磷(钼锑抗比色法)、速效磷(碳酸氢钠法)、全氮和速效氮(凯氏定氮法和康维皿法)及有机质含量(重铬酸钾硫酸溶液氧化法)(中国科学院兰州分院分析测试中心生物化学分析测试部)。

土壤温度用点温计测定地表 10、20、30 cm 的地温。近地表层(0~10、10~20、20~30 cm)的含水量用土钻法取土并称鲜重, 然后在 105℃ 的烘箱内烘干至恒重并称重, 计算出土壤含水量, 土壤含水量是指土壤水重量与干土重量的百分数。

1.2.2 数据分析 运用相关系数评价不同海拔植物群落在土壤营养、土壤含水量和地上生物量上的差异性; 运用相关分析和逐步回归方法分析土壤各项环境因素与不同海拔梯度群落地上生物量间的关系; 同时对不同海拔梯度植物群落间土壤营养、土壤水分、地上生物量等进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 高寒草甸土壤有机质的梯度分布及其与气候因子的关系

从表 1 可以看出, 不同的海拔梯度内土壤有机质的含量在海拔最高和最低的第六、第一梯度最高, 中间梯度较低, 第一梯度、第六梯度分别为 10.32%、14.08%。第一梯度是沼泽化的藏嵩草草甸, 土壤湿度过大, 水分充塞了绝大部分土壤孔隙, 使通气受阻, 有机质的矿化率低, 故有利于有机质的积累和保存^[7,8]。而第六梯度虽然水分适宜但温度较低, 土壤微生物的活动受到抑制, 有利于有机质的积累。

表 1 不同海拔梯度高寒草甸土壤养分含量和主要环境因子

Table 1 The contents of soil nutrients of different elevation and main environmental factors in alpine meadow

海拔 Altitude (m)	土壤有机质 Soil organic matter (%)	土壤全氮 Soil total N (%)	土壤全磷 Soil total P (%)	土壤速效氮 Soil available N (mg/kg)	土壤速效磷 Soil available P (mg/kg)	土壤含水量 Soil moisture content (%)	土壤温度 Soil temperature (℃)
3840	10.32	0.50	0.16	26.00	3.63	89.56	12.32
3856	7.45	0.30	0.12	16.00	4.13	25.44	11.69
3927	7.01	0.18	0.10	10.00	3.47	19.49	11.16
3988	7.89	0.22	0.11	22.00	4.40	27.19	10.50
4232	10.32	0.44	0.17	28.00	3.40	50.04	9.21
4435	14.08	0.74	0.17	42.00	4.91	74.19	7.93

对不同海拔梯度土壤有机质含量与土壤含水量、土壤温度之间的关系分析表明,土壤有机质含量和土壤含水量之间显著正相关($P < 0.05$),相关系数 $r = 0.8523$ (表 2);土壤有机质含量和土壤温度之间显著负相关($P < 0.05$),相关系数 $r = -0.8843$ (表 2)。这说明海拔梯度内土壤有机质含量与水分、温度有关,当然还受其它因子的影响。水分对土壤有机质的影响大于温度的影响,适宜的温度有利于土壤有机质的积累,过高或过低的温度对土壤有机质的积累有负效应。

2.2 高寒草甸土壤全氮、速效氮的梯度分布及其与气候因子的关系

氮是大气圈中含量最丰富的元素,但也是陆地生态系统植物生产力的限制元素之一^[7,9]。在自然生态系统中,土壤氮除化学和有机氮肥(粪肥、厩肥、枯枝落叶等)外,主要来自于生物固氮和随降水进入土壤中的氮,湿度越大,土壤中的氮素也越易积累;温度越高,由于土壤有机质分解的加速,氮素也就越难于积累。呈现出全氮含量在海拔最高和最低的第六、第一梯度较高,中间梯度较低的趋势。第一梯度、第六梯度分别为 0.50%、0.74%(表 1)。

土壤中氮主要以有机态存在,它一般占全氮含量的 95%以上。土壤全氮含量与土壤有机质含量呈极显著正相关($P < 0.01$),相关系数 $r = 0.9786$ 。土壤中速效氮是植物能够吸收利用的氮,主要来自于土壤有机氮的矿化^[7,9]。不同海拔梯度内土壤速效氮的梯度分布与土壤全氮分布基本一致,第一梯度、第六梯度分别为 26、42 mg/kg(表 1)。分析表明,土壤速效氮含量与土壤全氮含量呈极显著正相关($P < 0.01$),相关系数 $r = 0.9313$ 。

土壤全氮含量与土壤含水量之间存在正相关,相关系数 $r = 0.8905$;土壤全氮含量与土壤温度之间存在负相关($P < 0.05$),相关系数 $r = -0.8064$ (表 2),土壤速效氮与土壤含水量之间存在显著正相关($P < 0.05$),相关系数 $r = 0.8029$;土壤速效氮含量与土壤温度之间存在极显著负相关($P < 0.01$),相关系数 $r = -0.9419$ (表 2)。另外,土壤有机氮的矿化过程受很多因素,包括土壤有机质的组成(特别是 C/N)、水分、温度等的影响。研究表明,土壤氮的矿化速率和硝化速率与温度和湿度呈正相关^[7,9]。

表 2 不同海拔梯度高寒草甸土壤养分与土壤温度和土壤含水量相关关系

Table 2 The correlation between contents of soil nutrients and temperature, soil moisture content of six elevation gradients in alpine meadow

项目 Item	有机质 Organic matter	全氮 Total N	全磷 Total P	速效氮 Available N	速效磷 Available P	土壤含水量 Moisture	土壤温度 Temperature
有机质 Organic matter	1						
全氮 Total N	0.978 591	1					
全磷 Total P	0.867 170	0.888 313	1				
速效氮 Available N	0.967 981	0.931 282	0.841 852	1			
速效磷 Available P	0.476 758	0.448 960	0.088 252	0.571 728	1		
土壤含水量 Moisture	0.852 337	0.890 489	0.846 307	0.802 911	0.241 627	1	
土壤温度 Temperature	-0.884 304	-0.806 395	-0.763 680	-0.941 860	-0.535 730	-0.578 170	1

2.3 高寒草甸土壤全磷、速效磷的梯度分布及其与气候因子的关系

土壤中的磷素主要分为有机态和无机态 2 大类,自然土壤一般含全磷在 0.01%~0.12%,但也有超过 0.12%的,其中大多数来自母岩矿物。不同海拔梯度内土壤全磷含量呈现出与土壤有机质和土壤全氮有所不同的变化,即在第五、六梯度和第一梯度较高,第二、三、四梯度较低的趋势。第一、五、六梯度分别为 0.16%、0.17%、0.17%;第二、三、四梯度分别为 0.12%、0.10%、0.11%(表 1)。

土壤速效磷是指植物能够吸收利用的磷,来自土壤有机磷的矿化和无机磷的释放。土壤全磷与土壤速效磷之间没有显著的相关性,相关系数 $r = 0.0883$ (表 2),土壤速效磷的分布与土壤全磷相比呈现出差异。第五梯度

最低,为 3.40 mg/kg;第六梯度最高,为 4.91 mg/kg。土壤全磷含量与土壤含水量之间呈显著正相关,相关系数 $r=0.8463$;土壤全磷含量与土壤温度之间存在不显著负相关,相关系数 $r=-0.7634$;土壤速效磷含量与土壤含水量、土壤温度之间不存在显著相关关系(表 2)。

2.4 高寒草甸不同海拔梯度生产力与土壤因素的相关分析

为了研究土壤各项环境因素对不同海拔梯度群落地上、地下生物量的影响,进行了地上生物量与土壤水肥等指标的相关分析和逐步回归。从表 3,4 可以看出,不同海拔梯度群落地上生物量的高低与地表温度和土壤温度关系密切,相关系数分别为 0.8772 和 0.8493 ($P<0.01$)。

不同海拔梯度地上生物量(Y_a)与土壤含水量(X_1)、土壤温度(X_2)、地表温度(X_3)、地表湿度(X_4)、地表辐射(X_5)、地表反射(X_6)、土壤有机质含量(X_7)、土壤全氮含量(X_8)、土壤速效氮含量(X_9)、土壤全磷含量(X_{10})、土壤速效磷含量(X_{11})进行逐步回归分析,结果表明地上生物量(Y_a)与地表温度(X_3)之间差异显著,其回归方程为:

$$Y_a = -92.982 + 13.832 X_3 \quad (F=13.355, P<0.05)$$

说明温度对植物群落初级生产力(地上生物量)的作用最大,是决定不同海拔梯度植物群落初级生产力的主要环境因子。当然,土壤碳、氮、磷的含量不仅与温度、降水量等环境因子有关,而且与土壤特性、土地利用方式、植被特征及人类的干扰程度有关^[9,11]。

表 3 不同海拔梯度高寒草甸群落生物量和环境因子的比较

Table 3 Comparison of community biomass and environmental factors at different elevation gradients in alpine meadow

海拔 Altitude (m)	地表温度 Surface temperature ()	地表湿度 Surface moisture (%)	地面辐射 Surface radiation ($\times 10^2$ lx)	地面反射 Surface reflection ($\times 10^2$ lx)	地上生物量 A-G biomass (g/m ²)	地下生物量 B-G biomass (g/m ²)
3 840	31.93	59.47	863.33	38.33	371.60	12 236.00
3 856	28.60	39.60	867.00	42.00	335.08	3 098.67
3 927	24.80	44.43	903.00	43.30	288.12	2 674.66
3 988	28.73	40.00	951.00	35.00	220.60	3 354.66
4 232	20.00	54.77	1073.67	41.00	173.16	2 364.89
4 435	16.20	56.03	902.00	33.17	132.00	4 260.00

A-G:above-ground, B-G:below-ground.

表 4 不同海拔梯度高寒草甸群落地上生物量与土壤各项指标的相关系数

Table 4 Correlation coefficient of above-ground biomass with soil indexes at elevation gradient in alpine meadow

相关项目 Item	相关系数 Coefficient	相关项目 Item	相关系数 Coefficient	相关项目 Item	相关系数 Coefficient
土壤含水量 Soil moisture	-0.1161	土壤有机质 Soil organic matter	-0.5817	土壤全磷 Soil total P	-0.3421
土壤温度 Soil temperature	0.8493	土壤全氮 Soil total N	-0.4342	地下生物量 Below-ground biomass	0.5511
地表温度 Surface temperature	0.8772	土壤速效磷 Soil available P	-0.4501		
地表湿度 Surface moisture	-0.1729	土壤速效氮 Soil available N	-0.6457		

3 讨论

土壤中,其营养成分在空间和时间上是异质性分布的^[17]。作为对土壤营养异质性分布的反应,植物在养分丰富的局部环境中能选择性的改变其根系的生长,从而增加养分的吸收^[18,19]。土壤中养分含量的高低直接影响着群落的生产力,土壤养分越丰富,群落生产力越高,但多样性的变化与土壤养分含量的高低不一致。另外,在一个群落中,个别物种相对于其它物种可能有对丰富的土壤资源较强的反应和竞争能力,从而导致群落内物种丰富

度的降低,例如最高和最低海拔梯度植物群落中。种间或功能群间的相互协同产生对资源的“补偿”,物种间由于生态位的互补效应,物种数多的群落中生物所占据的空间位置较广,因此丰富度较高的系统能有效地利用各种资源,表现出较高的生产力。但在中间海拔梯度植物群落中,土壤养分含量相对较低,这在一定程度上抑制了某些植物的充分生长,表现在生产力上下降,然而这种生产力的降低因物种间或功能群间的相互协同而得到补偿,即某一植物种或植物功能群生物量的减少部分由另外一些植物种或植物功能群生物量的增加部分所补偿,进而生产力能够维持在一定水平上。同时,高寒地区嵩草属植物克隆生长特性对植物资源异质生境中的群落或植被生产力产生了很大影响,是导致环境梯度上(海拔、土壤水分、温度等)高寒草甸生产力分布规律性不大的一个重要原因^[20],但这方面需要进一步研究。

4 结论

不同海拔梯度内,根据土壤有机质、氮、磷的分布特征及其与土壤含水量和土壤温度之间的关系,可以看出,梯度内土壤有机质、土壤全氮、土壤速效氮、土壤全磷含量均表现为第一梯度和第六梯度较高,中间梯度较低;土壤速效磷变化有波动;土壤有机质、氮、磷含量不仅与水分和温度有关,而且与土壤特征、植被特征及人类的干扰程度有关。

土壤含水量对土壤有机质、氮、磷作用强度依次为:土壤全氮含量 > 土壤有机质含量 > 土壤全磷含量 > 土壤速效氮含量 > 土壤速效磷含量;土壤温度对土壤有机质、氮、磷作用强度依次为:土壤速效氮含量 > 土壤有机质含量 > 土壤全氮含量 > 土壤全磷含量 > 土壤速效磷含量。

在不同海拔梯度内,温度对植物群落初级生产力(地上生物量)的作用最大,是决定不同海拔梯度植物群落初级生产力的主要环境因子。地上生物量与各个环境因子进行逐步回归分析,表明地上生物量(Y_a)与地表温度(X_3)之间差异显著,其回归方程为:

$$Y_a = -92.982 + 13.832 X_3 \quad (F = 13.355, P < 0.05)$$

另外,土壤有机质、氮、磷的含量不仅与温度、降水量等环境因子有关,而且与土壤特性、土地利用方式、植被特征及人类的干扰程度有关。

参考文献:

- [1] Robertson G P, Vitousek P M. Nitrification potentials in primary and secondary succession [J]. *Ecology*, 1981, 62: 376-386.
- [2] Vitousek P M, Matson P A, Cleve K V. Nitrogen availability and nitrification during succession, primary, secondary and old field series [J]. *Plant and Soil*, 1989, 115: 229-239.
- [3] Blings W D. Arctic tundra: a source or sink for atmospheric carbon dioxide in a changing environment [J]. *Oecologia*, 1982, 53: 7-11.
- [4] Houghton J T. *Climate Change 1995: The Science of climate change* [M]. Cambridge, Great Britain: Cambridge University Press, 1996.
- [5] Lontee I, Sven J. Soil and plant CO₂ emission in response to variations in soil moisture and temperature and to amendment with nitrogen phosphorus and carbon in Northern Scandinavia [J]. *Arctic, Antarctic and Alpine*, 1999, 31(3): 264-271.
- [6] Huston M A. Hidden treatments in ecological experiments: re-evaluating the ecosystem function of biodiversity [J]. *Oecologia*, 1997, 110: 449-460.
- [7] 王淑平, 周广胜, 吕育财, 等. 中国东北样带 (NECT) 土壤碳、氮、磷的梯度分布及其与气候因子的关系 [J]. *植物生态学报*, 2002, 26(5): 513-517.
- [8] 杨武德, 王兆骞, 睦国平, 等. 土壤侵蚀对土壤肥力及土地生物生产力的影响 [J]. *应用生态学报*, 1999, 10(2): 175-178.
- [9] 陈灵芝, 陈伟烈. *中国退化生态系统研究* [M]. 北京: 科学技术出版社, 1995. 1-15.
- [10] 王长庭, 王启基, 沈振西, 等. 模拟降水对高寒矮嵩草草甸群落影响的初步研究 [J]. *草业学报*, 2003, 12(4): 25-29.
- [11] Tilman D, Reich P B, Knops J, *et al.* Diversity and productivity in a long-term grassland experiment [J]. *Science*, 2001, 294: 843-845.
- [12] 王刚, 蒋文兰. 人工草地群落组成与土壤中速效氮磷的关系 [J]. *草地学报*, 1995, 3(1): 42-48.

- [13] 曹广明, 鲍新奎, 张金霞, 等. 高寒草甸生态系统植物库磷素贮量及其循环特征[J]. 高寒草甸生态系统, 1995, (4): 27-34.
- [14] 王启基, 周兴民, 周立, 等. 调控策略对高寒退化草地中的氮、磷、钾含量、积累及转移效应的分析[J]. 高寒草甸生态系统, 1995, (4): 281-292.
- [15] 王启基, 周兴民, 沈振西, 等. 恢复生态系统主要植物种群氮、磷、钾含量及其相关性分析[J]. 高寒草甸生态系统, 1995, (4): 321-332.
- [16] 张金霞, 曹广明, 赵静玫, 等. 高寒草甸生态系统中矮嵩草草甸的氮、磷、钾动态[J]. 高寒草甸生态系统, 1995, (4): 11-18.
- [17] Campbell B D, Grime J P. A comparative study of plant responsiveness to the duration of episodes of mineral nutrient enrichment[J]. *New Phytology*, 1989, 112: 261-267.
- [18] Crick J C, Grime J P. Morphological plasticity and mineral nutrient capture in two herbaceous species of contrasted ecology [J]. *New Phytology*, 1987, 107: 403-414.
- [19] Gross K L, Pregitzer K S, Burton A J. Spatial variation in nitrogen availability in three successional plant communities[J]. *Journal of Ecology*, 1995, 83: 357-367.
- [20] 李希来, 杨元武, 张静, 等. 不同退化程度“黑土滩”高山嵩草克隆生长特征[J]. 草业学报, 2003, 12(3): 51-56.

Distribution of organic matter, nitrogen and phosphorus along an altitude gradient and productivity change and their relationships with environmental factors in the Alpine meadow

WANG Chang-ting¹, LONG Rui-jun^{1,2}, WANG Qi-ji¹, JING Zeng-chun¹, SHANG Zhan-huan², DING Lu-ming¹

(1. Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China;

2. Grassland Science College of Gansu Agriculture University, Lanzhou 730070, China)

Abstract : The distribution gradient of soil organic matter, nitrogen and phosphorus, productivity changes, and their responses to environmental factors were analyzed in this study. The data analyzed in this study was collected from sites at 6 different altitudes (3 840, 3 856, 3 927, 3 988, 4 232, 4 435 m), in the alpine meadow. The results indicated that the amount of soil organic matter, soil total nitrogen, soil available nitrogen and soil total phosphorus were higher at the altitudes of 3 840 m and 4 435 m and lower at the mid-altitude gradients. Soil available phosphorus fluctuated. The effect of precipitation on soil organic matter, nitrogen and phosphorus decreased with soil total nitrogen, soil organic matter, soil total phosphorus, soil available nitrogen and soil available phosphorus. The effect of temperature on soil organic matter, nitrogen and phosphorus decreased with soil available nitrogen, soil organic matter, soil total nitrogen, soil total phosphorus, and soil available phosphorus. Based on the results from the study it was concluded that temperature was the major environmental factor that affected the primary productivity of the plant community in the alpine meadow. The stepwise regression equation with environmental factors was: $Y_a = -92.982 + 13.832 X_3$ ($F = 13.355$, $P < 0.05$).

Key words : alpine meadow; altitude gradient; productivity; soil organic matter; soil nitrogen; soil phosphorus