

放牧强度对高寒混播草地土壤养分含量的影响

董全民¹, 赵新全², 马玉寿¹

(1. 青海省畜牧兽医科学院, 青海 西宁 810016; 2. 中国科学院 西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001)

摘要: 垂穗披碱草/星星草混播草地三个放牧季的牦牛放牧试验结果表明: 放牧强度和土壤层深度对有机质含量的影响均达到极显著的水平 ($P < 0.01$), 且土壤有机质含量随放牧强度的增加呈下降趋势; 放牧强度对土壤速效氮和速效磷的影响不显著 ($P > 0.05$), 对速效钾的影响显著 ($P < 0.05$); 不同土壤层速效氮和速效钾含量之间的差异显著 ($P < 0.05$), 速效磷含量之间的差异不显著 ($P > 0.05$)。

关键词: 放牧强度; 高寒混播草地; 有机质; 速效 N; 速效 P; 速效 K

中图分类号: S158; S812.8 文献标识码: A 文章编号: 0564-3945(2008)03-0553-05

放牧率)强度的变化会引起植被和土壤的变化, 土壤变化也会引起植被的变化, 而植被的演替也会引起土壤性状的改变。因此研究放牧率)强度对土壤营养因子的影响, 是研究土壤—植物—家畜之间物质循环和养分平衡的基础和重要内容^[1-6]。为此, 国内外许多学者对放牧率)强度对天然草地土壤营养含量的影响等方面做了大量研究^[7-10], 但高寒人工草地—牦牛放牧系统中土壤营养含量变化的报道不多^[11]。本实验旨在为多年生混播人工草地的合理放牧提供基础数据, 以达到多年生混播人工草地合理放牧利用的目的。

1 材料与方 法

1.1 试验地自然概况

试验地位于果洛州玛沁县大武乡格多牧委会, 位于北纬 34°17' ~ 34°25'、东经 100°26' ~ 100°43', 为一

山间小盆地, 平均海拔 3980m 左右, 年均气温 -4 左右, 无绝对无霜期, 年均降水 513mm; 黄河的支流格曲发源并流经这里。由于长期超载过牧和滥采药材以及鼠虫害危害, 约有 80% 的草地已严重退化为“黑土滩”。因此, 课题组 2002 年在该地区退化草地上建植了 2000hm² 人工、半人工草地进行植被恢复试验, 放牧试验设在垂穗披碱草 (*Elymus natans*)/ 星星草 (*Puccinellia tenuiflora*) 混播人工草地上。试验前该地区的原生植被为小嵩草高寒草甸, 土壤类型为高寒草甸土。

1.2 试验设计

在牧户牛群内, 选取健康、生长发育良好的 2.5 岁阉割过的公牦牛 16 头、体重是 100 ± 5kg, 随机分为 4 组 (每组 4 头) (表 1)。试验从 2003 开始, 2005 年结束, 试验期为每年 6 月 20 日 ~ 9 月 20 日。

1.3 草场管理

表 1 牦牛放牧试验设计

Table 1 Grazing trial design of yak

处理 Treatments	放牧牦牛 (头) Grazing yaks (heads)	围栏面积 (公顷) Closure plot area (hm ²)	牧草利用率 (%) Utilizing ratio of forage (%)	放牧强度 (头/公顷) Grazing intensity (head/hm ²)
极轻放牧	4	1.52	20	2.63
轻度放牧	4	0.76	40	5.26
中度放牧	4	0.5	60	8.00
重度放牧	4	0.38	80	10.52
对照(不放牧)	0	1.0	0	0

在试验期内, 每年 4 月中旬和 12 月下旬用 D- 型生物毒素 (青海省畜牧兽医科学院兽医所生产) 对各处理区进行灭鼠 (高原鼠兔和高原鼢鼠), 6 月下旬 (牧草拔节期) 对草地进行追肥 (尿素 150kg hm⁻²)。

1.4 取样和测定方法

经过连续 3 个放牧季的放牧后, 2005 年 9 月中旬放牧结束时在每个放牧小区内按对角线选定 5 个代表性的固定样点, 在每个样点上各取 3 个重复土样 (25cm × 25cm), 采样深度为 0 ~ 10cm, 10 ~ 20cm, 20 ~ 30cm, 土样经风干, 过 1mm 筛后, 供分析用。土壤有机质

收稿日期: 2007-01-28; 修订日期: 2007-04-12

基金项目: 国家“十五”科技攻关计划重大项目(2001BA606A-02)、2005 年度青海三江源自然保护区生态保护和建设总体规划科研课题及应用推广招标项目(2005-SN-1) 和国家“十一五”科技支撑计划重大项目(2006BAC01A-02)

作者简介: 董全民 (1972-), 男, 甘肃天水人, 副研究员, 博士。主要从事草地放牧生态及青藏高原“黑土型”退化草地的恢复与重建工作。E-mail: dqm850@sina.com 或 qmDong@qhmk.com

用重铬酸钾法测定,土壤速效氮用蒸馏法测定,土壤速效磷用 NaHCO_3 法测定,钾用 Sp900 火焰光度计测定。

2 结果与分析

2.1 土壤有机质含量的变化

从表 2 可以看出,不同放牧区(除了对照)土壤有机质含量随放牧强度的增加而呈下降趋势,同一放牧区土壤有机质含量随土壤深度的增加也呈下降趋势。方差分析表明:放牧强度和土壤层深度对有机质含量的影响均达到极显著的水平 ($P<0.01$)(表 3)。进一步作新复极差检验,在 0~10 和 10~20cm 土壤层深度上,极轻放牧区的土壤有机质含量极显著的高于其它

放牧区和对照区 ($P<0.01$)(表 2)。这可能是由于随放牧强度的增加,牧草的利用率增加,地上现存量减小,第二年牧草返青后,由于牧草的自我调节,牧草快速生长,补偿和超补偿能力增强,并进行营养繁殖或有性繁殖,土壤营养物质被逐渐消耗;另一方面,放牧强度越大,草地的地上现存量减小,也即返还于放牧生态系统中的物质和能量就减少,同时,土壤容重、硬度、孔隙度、毛管持水量等与土壤压实作用有关的物理指标均下降,进而影响土壤植物有机体对营养物质的吸收效率以及土壤腐殖质和动植物残体的分解,土壤有机质含量下降。

2.2 土壤速效 N、速效 P 和速效 K 含量的变化

表 2 不同放牧强度下土壤有机质的变化 (g kg^{-1})

Table 2 Changes of soil organic matter contents and C/N under different grazing intensities (g kg^{-1})

放牧梯度 Grazing gradients	土壤层深度 (cm) Soil depths (cm)		
	0~10cm	10~20cm	20~30cm
对照	67.7 ± 1.08Aa	50.6 ± 1.98Aa	41.8 ± 1.00Bc
极轻放牧	98.8 ± 2.12B	72.5 ± 2.21B	58.8 ± 1.13Cc
轻度放牧	58.0 ± 1.04Ab	54.4 ± 1.32Aa	51.1 ± 1.24Cc
中度放牧	64.3 ± 1.21Aa	54.0 ± 1.23Aa	38.8 ± 1.20Bb
重度放牧	52.2 ± 1.31Ab	44.0 ± 1.06Ab	28.8 ± 0.66Bb

* 表中各土壤营养因子同一行或同一列大写字母不同为差异极显著 ($P<0.01$),小写字母不同为差异显著 ($P<0.05$),小写字母相同为差异不显著 ($P>0.05$)。

表 3 放牧强度和土壤深度对土壤有机质含量的影响 *

Table 3 Effects of grazing intensities and soil depth on organic matter contents and C/N ratio

影响因子 Influencing factors	平方和 SS	自由度 df	F 值 F-value	F- 临界值 F- crit	P- 值 P-value	显著性检验 Significant test
放牧强度	19.6618	4	12.0674	3.8379	0.0018	**
土壤层深度	14.8397	2	18.2156	4.4590	0.0011	**

不同放牧强度下各土壤速效养分含量的变化不尽相同,同一放牧区土壤速效养分的含量随土壤层深度的增加而降低(图 1, 2, 3)。在 0~10cm 土壤层上,土壤速效氮的含量随着放牧强度的提高而减小,速效磷的含量呈“高一低一高”的变化趋势,而速效钾的含量在对照区最大,极轻放牧区最小;在 10~

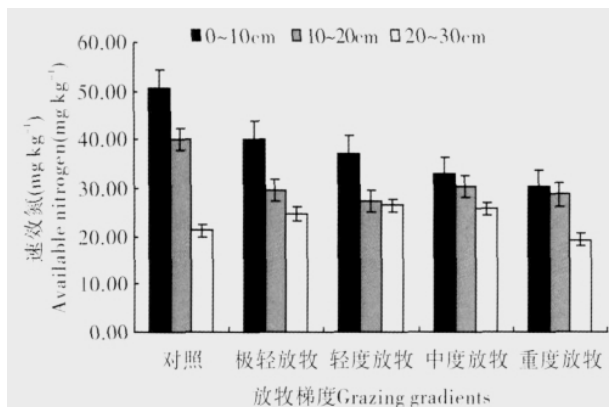


图 1 不同放牧梯度上土壤速效氮的变化

Fig.1 Changes of available nitrogen in soil along different gradients

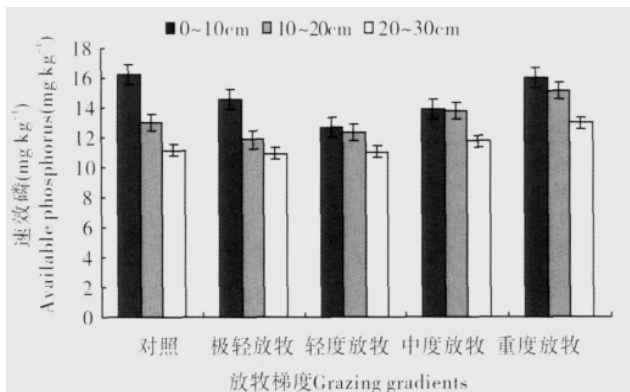


图 2 不同放牧梯度上土壤速效磷的变化

Fig.2 Changes of available phosphorus in soil along different gradients

20cm 土壤层上,土壤速效氮的含量在对照区最高,轻度放牧区最低,速效磷的含量重度放牧区最大,轻度放牧区最小,而速效钾则在对照区最大,重度放牧区最小;在 10~20cm 土壤层上,土壤速效氮的含量在轻度放牧区最高,重度放牧区最小,速效磷在重度放牧区最高,极轻放牧区最低,而速效钾在对照区最

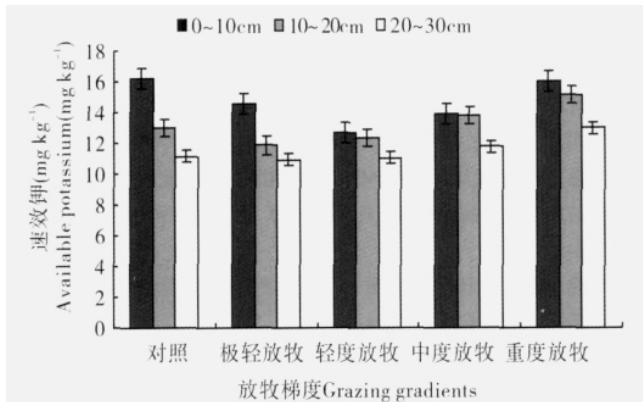


图3 不同放牧梯度上土壤速效钾的变化

Fig.3 Changes of available potassium in soil along different gradients

高, 轻度放牧区最低。

方差分析表明, 放牧强度对同一土壤层速效氮和速效磷的影响不显著 ($P>0.05$), 对速效钾的影响显著 ($P<0.05$), 但土壤层深度对相同放牧强度区速效氮和速效钾的影响显著 ($P<0.05$), 对速效磷的影响不显著 ($P>0.05$) (表4)。进一步作新复极差检验, 不同放牧强度下 0~10 和 10~20cm 土壤层速效氮的含量显著高于 20~30cm ($P<0.05$); 在 0~10cm 土壤层上, 对照区速效钾的含量显著高于极轻、轻度、中度和重度放牧区 ($P<0.05$), 极轻和重度放牧区速效钾的含量之间、轻

度和中度放牧区速效钾的含量之间的差异不显著 ($P>0.05$), 但轻度和中度放牧区速效钾的含量显著高于极轻和重度放牧区 ($P<0.05$); 在 10~20cm 土壤层上, 轻度、中度和重度放牧区速效钾的含量之间、对照和极轻放牧区速效钾的含量之间的差异不显著 ($P>0.05$), 但对照和极轻放牧区速效钾的含量显著高于轻度、中度和重度放牧区 ($P<0.05$); 在 20~30cm 土壤层上, 对照、中度和重度放牧区速效钾的含量之间、极轻和轻度放牧区速效钾的含量之间的差异不显著 ($P>0.05$), 但对照、中度和重度放牧区速效钾的含量显著高于极轻和轻度放牧区 ($P<0.05$)。放牧强度和土壤层深度对速效磷的影响均不显著 ($P>0.05$), 这可能是由于土壤速效性养分主要来源于有机质的矿质化, 其含量受有机质本身 C/N、温度、湿度等诸多因素的影响, 易变性强; 另一方面也可能是随着放牧强度的逐渐增强, 植物有机体、土壤动物、土壤微生物等分别通过光和作用、豆科牧草的固氮作用、分解动植物残体和牲畜粪便以及分解和转化有机质和矿物质的重要作用, 通过自我调节对逆境的“胁迫反应” (也即牦牛的过度采食)^[9,12-14], 或是其它原因, 有待于做进一步研究。

表4 放牧强度和土壤深度对土壤全氮、全磷和全钾及其速效养分的影响

Table 4 Effects of depths and grazing intensities on total N, total P and total K and their available contents

土壤营养因子 Soil nutrient factors	影响因子 Impact factors	平方和 SS	变异系数 df	F 值 F-value	F- 临界值 F- crit	P- 值 P-value	显著性检验 Significance
速效氮	放牧强度	222.8093	4	1.7290	3.8379	0.2362	ns
	土壤层深度	475.8813	2	7.3885	4.4590	0.0152	*
速效磷	放牧强度	10.6996	4	1.0674	3.8379	0.4232	ns
	土壤层深度	19.6364	2	3.9179	4.4590	0.06513	ns
速效钾	放牧强度	956.6642	4	5.4106	3.8379	0.0208	*
	土壤层深度	508.0961	2	5.7473	4.4590	0.0284	*

3 讨论与结论

3.1 放牧对土壤有机质的影响

在放牧生态系统中, 从已有的文献中很难得出放牧与碳滞留量之间明确的关系。一些研究认为, 放牧对土壤有机质没有影响, 认为草原生态系统对放牧有相当的弹性^[15-17]; 另有报道表明: 放牧增加了土壤有机质^[17-18], 主要是由于放牧管理技术的应用增加了牧草的产量, 也潜在增加了土壤有机质和碳沉积量^[19]; 也有较少的研究认为放牧降低了土壤有机质^[20]。本试验中, 极轻放牧区不同土壤层有机质含量显著高于其它放牧区 (包括对照), 这与许多学者在内蒙古典型草原上的试验结果不一致^[7-9], 但与高寒小高草草甸上的结果一致^[10,11,20]。土壤有机质含量随放牧强度增加

而发生明显变化的层次为 0~10cm, 其次为, 10~20cm, 最后为 20~30cm, 这与许多学者的结论相似^[7-11,20]。这些不一致的结果表明放牧和土壤有机质之间存在复杂的相互关系, 土壤有机质对放牧的响应受多种因素的影响。

3.2 放牧对土壤速效养分的影响

在高寒草地“土壤—牧草—家畜”放牧系统中, 氮素循环过程包括植物从土壤中吸收氮素、家畜采食植物中的氮素、动植物残体中的氮素归还土壤以及在土壤微生物的作用下动植物残体的分解释放氮素和土壤氮素再次被植物吸收^[3], 而土壤氮的消耗主要在 5~9 月, 而 9 月至翌年 4 月为土壤氮积累期, 无论是土壤全氮还是水解氮, 均表现出同一规律^[1]。本试验中放牧强度对土壤速效氮的影响不显著, 这与一些学者的结

论不一致^[7-9]。这是因为土壤氮素和有机质始终处在不断积累与分解的动态过程中,它们的含量因土壤类型、土壤质地、地形、气候、草地类型、植被组成、施肥、放牧及其它措施等条件的不同而差异很大^[8,13,21]。

土壤全磷属土壤较为稳定的一类指标,它的含量主要取决于土壤母质的类型及质地,但它的含量也与土壤有机磷的净矿化作用、土壤磷素的微生物和非生物固定作用有关^[22-24]。另外,微生物是土壤磷的消耗者和供应者,也是磷素转化的主要因素,在自然条件下,这两种变化过程(磷的固定和磷的释放)在土体内同时存在,但在不同的土壤条件下,两种变化过程的相对速率不同,结果出现微生物磷素的净固定或净释放过程,其速率也有相应的变化^[12]。本试验中,放牧强度和土壤层深度对速效磷的影响均不显著,这与董全民等^[11,20,25]、曹广民等^[22-24]、鲍新奎等^[12]对高寒草甸土壤磷素的研究不一致。这可能是因为在放牧的短时间内,放牧对人工草地中度和重度放牧区土壤微生物活动有促进作用,但随着放牧时间延长及环境条件恶化,土壤微生物随放牧强度增加而迅速降低,进而影响土壤的供磷能力和植物的营养状况。

土壤钾循环主要在土壤、牧草、家畜中进行,家畜从牧草摄入钾的 70%~90%通过尿液返回草地,其余 10%~30%通过粪便返回草地^[3]。土壤供 K 能力的高低主要根据土壤速效 K 含量和缓效 K 含量等级,速效 K 代表了植物根系可直接吸收利用的 K 源,而缓效 K 是植物有效 K 的贮备部分,用土壤速效 K 和缓效 K 结合,共同评价土壤 K 素的有效状况,不仅能反映立即有效的土壤 K 数量,而且能反映 K 的补给能力。本试验中放牧强度对速效钾的影响显著 ($P<0.05$)。这主要是因为钾化合物一般都不挥发,但在水中有较高的溶解度,它的代换量比磷大,容易从土壤胶体上代换出来。

3.3 结论

不同放牧区(除了对照)土壤有机质含量随放牧强度的增加呈下降趋势;放牧强度对同一土壤层速效氮和速效磷的影响不显著 ($P>0.05$),对速效钾的影响显著 ($P<0.05$),但土壤层深度对相同放牧强度区速效氮和速效钾的影响显著 ($P<0.05$),对速效磷的影响不显著。这可能是试验时间不够长,它们的含量对放牧强度的响应未能反应其真实变化规律,尚需进一步的研究和探讨。

致谢:王启基研究员在试验设计给予了极大的帮助,施建军副研究员、王彦龙硕士以及杨时海、吴海燕和李瑞江等研究生在野外取样方面给予的帮助,特此感谢!

参考文献:

- [1] 于俊平,兰云峰,乌力吉,等. 草地生态系统氮素在“土—草—畜”间的流程与转化[J].内蒙古草业,2000,(3):53-56.
- [2] 王启基,周兴民,周立,等.调控策略对高寒退化草地的氮、磷、钾含量、积累及转移效应的分析[C]//中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站,高寒草甸生态系统(4).北京:科学出版社,1995:281-292.
- [3] 蒋建生,蒋文兰,任继周.南方人工草地放牧系统元素循环与培肥技术研究[J].四川草原,2002,2:1-10.
- [4] 李玉中,王庆锁,钟秀丽,等.羊草草地植被-土壤系统氮循环研究[J].植物生态学报,2003,27(2):177-182.
- [5] 林慧龙,王军,徐震,等.草地农业生态系统中的碳循环研究动态[J].草业科学,2005,22(2):59-62.
- [6] 钟华平,樊江文,于贵瑞,等.草地生态系统碳循环研究进展[J].草地学报,2005,13(增刊):67-73.
- [7] 李香真,陈佐忠.不同放牧率对草原植物与土壤 C、N、P 含量的影响[J].草地学报,1998,6(2):90-98.
- [8] 李永宏,钟文勤,康乐,等.草原生态系统中不同生物功能类群及土壤因素间的互作和协同变化[C]//中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站.草原生态系统研究(5).北京:科学出版社,1997:1-11.
- [9] 关世英,齐沛钦,康师安,等.不同牧压强度对草原土壤养分含量的影响初析[C]//中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站.草原生态系统研究(5).北京:科学出版社,1997:17-22.
- [10] 董全民,赵新全,李青云,马玉寿,李有福,李发吉.高寒小嵩草草甸的土壤养分因子及水分含量对牦牛放牧率的响应.冬季草场土壤营养因子及水分含量的变化[J].土壤通报,2005g,36(4):493-500.
- [11] 董全民,赵新全,马玉寿,等.放牧强度对高寒人工草地土壤有机质和有机碳的影响[J].青海畜牧兽医杂志,2007,(1):6-8.
- [12] 鲍新奎,曹广民,赵宝莲.高山土壤的磷素非生物固定作用[C]//刘季科,王祖望主编.高寒草甸生态系统(3).北京:科学出版社,1991:247-256.
- [13] 张金霞,曹广民,赵静玫,等.高寒草甸生态系统中矮嵩草草甸的氮、磷、钾动态[C]//中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站.高寒草甸生态系统(4).北京:科学出版社,1995:11-18.
- [14] 张荣,杜国祯.放牧草地群落的冗余与补偿[J].草业学报,1998,7(4):13-19.
- [15] 王艳芬,陈佐忠, LARRY T TIESZEN.人类活动对锡林郭勒地区主要草原土壤有机碳分布的影响[J].植物生态学报,1998,22(6):545-551.
- [16] MILCHUNAS D G, LAURENROTH W K. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments[J]. Ecological Monographs, 1993, 63 (4) : 327-366.
- [17] SCHUMAN G E, REEDER J D, MANLEY J T. Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland[J]. Ecological Applications, 1999, 9 (1) : 65-71.
- [18] WIENHOLD B J, HENDRICKSON J R, KARN J F. Pasture management influences on soil properties in the Northern Great Plains [J]. J. Soil and Water Conserv., 2001, 56 (1), 27-31.
- [19] CONANT R T, PAUSTIAN K, ELLIOTT E T. Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon[J]. Ecological Applications, 2001, 11 (2) : 343-355.

- [20] 董全民, 赵新全, 李青云, 等. 高寒小嵩草草甸土壤营养因子及水分含量对牦牛放牧率的影响 夏季草场土壤营养因子及水分含量的变化[J]. 西北植物学报, 2004b, 24(12): 2228- 2236.
- [21] 王启兰, 杨 涛. 高寒草甸土壤氮素代谢作用强度的研究[C]// 中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站. 高寒草甸生态系统 4. 北京: 科学出版社 1995: 179- 182.
- [22] 曹广民, 鲍新奎, 赵宝莲. 高山土壤的磷素微波物固定作用[C] // 刘季科, 王祖望. 高寒草甸生态系统 (3). 北京: 科学出版社, 1991: 237- 246.
- [23] 曹广民, 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[C] // 中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站, 高寒草甸生态系统 4. 北京: 科学出版社, 1995: 27- 34.
- [24] 曹广民, 张金霞, 鲍新奎, 等. 高寒草甸生态系统的磷素循环[J]. 生态学报, 1999, 19(4): 514- 518.
- [25] 董全民, 赵新全, 马玉寿, 等. 牦牛放牧率和放牧季节对小嵩草 (*Kobresia parva*) 高寒草甸土壤养分的影响[J]. 生态学杂志, 2005c, 24 (7) 729- 735.

Effects of Grazing Intensity on Soil Nutrition in the Alpine Mixed- sown Grassland

DONG Quan- min¹, ZHAO Xin- quan², MA Yu- shou¹

(1. Qinghai Academy of Animal and Veterinary Science, Xining, 810003, China;

2. Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of science, Xining, 810001, China)

Abstract: The result of grazing trial for three grazing seasons in a mixed- sown grassland for *Elymus natans*/*Puccinellia tenuiflora* showed: Effects of grazing intensity and soil depth on soil organic matter contents were extremely significant ($P < 0.01$), and contents of soil organic matter reduced with the increased grazing intensity; As for available nutrition, the influence of grazing intensity on the contents of N and P in the same soil depths was not significant ($P > 0.05$), but it was significant ($P < 0.05$) for available K. This lied in significant difference of available N and K in the different soil depths within the same grazing plot ($P < 0.05$).

Key words: Grazing intensity; Alpine mixed- sown grassland; Organic matter; Available N; Available P; Available K