

不同施肥水平对果洛高寒草甸草地的影响

孙金金¹, 汪鹏斌¹, 徐长林¹, 贺有龙², 汪海波², 李亚娟¹, 鱼小军¹

(1. 甘肃农业大学 草业学院, 草业生态系统教育部重点实验室, 中-美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃省草业工程实验室, 甘肃 兰州 730070; 2. 青海省果洛州草原站, 青海 大武 814000)

摘要:以高寒草甸为对象,研究了不同施氮肥和磷肥水平对植物群落高度、盖度和生物量的影响以及不同施肥处理下的经济效益。结果表明:施肥当年和第2年植物群落和各功能群的平均高度、总盖度和生物量都显著高于不施肥,相比不施肥,各施肥处理下的植物群落平均高度、总盖度和生物量分别增加了23.46%,13.10%和50.73%。且随着施肥量的增加,草地植被群落的生物量也增加,但不同处理增加的幅度不一致。施肥第1年施用尿素132.3 kg/hm²、磷酸二铵217.4 kg/hm²时草地生物量最高,为566.3 g/m²;施肥第2年施尿素174.9 kg/hm²、磷酸二铵108.7 kg/hm²时草地生物量最大,为581.3 g/m²。通过对施肥处理下两年的经济效益的计算,发现施尿素174.9 kg/hm²、磷酸二铵108.7 kg/hm²处理产出投入比最高,为1.78%。较符合生产实际,为最佳施肥量。

关键词:高寒草甸;施肥;盖度;生物量,经济效益

中图分类号:S812.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2019)04-0025-06

青海省果洛藏族自治州地处青藏高原腹地的巴颜喀拉山和阿尼玛卿雪山之间,位于黄河源头区,三江源区东南部,生态战略地位特殊。草地是该区的主要植被类型,占土地总面积的71%,草地类型以温性草原、高寒草甸、高寒草原为主,其中高寒草甸草地占全州可利用草地面积的91.2%^[1-2]。高寒草甸草地不仅是青藏高原优良放牧草地,也是重要的绿色生态屏障。然而,由于长期超载过牧等不合理利用,导致该区草地严重退化,植被覆盖度明显下降,不仅破坏了当地藏民族赖以生息的草地畜牧业基础,也对整个青藏高原及其下游地区经济产生不利的影响^[3]。退化草地的修复和治理显得尤为重要。

施肥是改良退化草地、保护草地资源的有效措施之一,且能迅速提高草地生产力和改善草地群落组分,

调节牧草营养物质的含量,从而达到改良退化草地的目的^[4]。施肥对退化草地的改良效果好于灌水和补播,对草地进行合理施肥不仅能改善草地植被的物种组成,还能提高植被高度,从而增加生产力。目前,草地施肥在畜牧业发达的国家非常普遍,有关施肥对产量的影响报道也较多。国内外研究表明^[5-7],施肥对草地植物多样性和生产力有影响,对草地恢复、提高草地生态系统稳定性具有积极作用,并且施肥措施在高寒草甸的改良与恢复中取得了一定效果^[8-10]。在天然草地上,尤其是豆科牧草严重不足的高寒牧区,通过施氮来提高牧草蛋白质含量是解决牲畜蛋白质缺乏的重要措施^[11-13]。高寒草地牧草生产主要受氮素限制,但长期单独施加氮肥会造成土壤酸化和阳离子淋失^[14-15]。有研究表明,位于半干旱半湿润区的高寒草甸生产力受氮、磷的共同限制^[16]。而且,氮施加过量还会加剧磷限制。因此,从养分平衡和草地管理的角度,对青海省果洛州高寒草甸采用不同氮磷配施处理,研究施肥后对高寒草甸植物群落特征和地上植物量的影响,并对经济效益进行分析,了解适用于高寒草地植被增产的施肥量,为牧业经济的持续发展提供理论基础和技术保障,从而使草地能更好地发挥其牧业基地和生态屏障作用。

收稿日期:2019-02-25; **修回日期:**2019-04-19

基金项目:国家重点研发计划“高寒草地综合利用关键技术及适应性管理研究与示范”(2016YFC0501904)资助

作者简介:孙金金(1995-),女,甘肃漳县人,在读硕士。

E-mail:1291943917@qq.com

鱼小军为通讯作者。

E-mail:yuxj@gsau.edu.cn

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地位于青海省大武镇以西约 2 km 处,地理位置 E 98°48′~100°55′,N 33°43′~35°16′,属高原寒冷气候,主要植被类型有高山草甸、高山灌丛和沼泽化草甸。土壤为高山草甸土、高山灌丛草甸土和沼泽土。地势平坦,海拔 3 760 m。年均温-3.9℃,≥5℃的积温 850.3℃,最冷月 1 月的平均气温为-12.6℃,最热月 7 月的平均气温为 9.7℃。牧草生长季为 156 d,无绝对无霜期。年均降水量 513.2 mm,年蒸发量 2 471.6 mm^[22]。该区域植被类型主要为高寒嵩草草甸,主要优势植物为矮生嵩草(*Kobresia humilis*),主要的伴生种有高山嵩草(*Kobresia pygmaea*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、短穗兔耳草(*Lagotis brachystachya*)等植物。有毒草包括黄帚橐吾(*Ligularia virgaurea*)、铁棒锤(*Aconitum szechenyianum*)、黄花棘豆(*Oxytropis ochrocephala*)、甘肃棘豆(*Oxytropis kansuensis*)和马先蒿(*Pedicularis*)。草地呈轻度退化。

1.2 试验设计

2017 年 6 月 7 日在围封草地上选择植被状况一致的草地进行施肥试验。在围栏内选择面积为 10 m×10 m 的小区,设不施肥为(CK)对照,每个处理重复 3 次,共 10 个处理,小样区间距为 1 m,各个小样区四角用木桩标记。3 个氮磷水平的组合,即 N1 和 P1 均为 50 kg/hm²,N2 和 P2 均为 75 kg/hm²,N3 和 P3 均为 100 kg/hm²;磷肥采用磷酸二铵(N18%,P₂O₅ 46%),氮肥采用尿素(N46%),施肥处理及施肥量见表 1。

施肥在多云的阴天进行,以便保证施肥当天或次日有降水,使得所施肥在短期内能溶于土壤。于 2017 年 8 月 13 日和 2018 年 8 月 1 日在每个小区分别选取 1 m×1 m 的样方,重复 6 次,测定每个样方中植物高度、盖度和生物量(鲜重)。根据肥料和鲜草出售价格计算经济效益,尿素按市场价格 2.4 元/kg,磷酸二铵按市场价格 3.4 元/kg,鲜草出售按市场价格 0.4 元/kg。

1.3 数据处理

采用 Excel 2010 对数据进行初步整理,通过 SPSS 20.0 软件对获取的不同处理数据进行统计分析,并利用单因子方差分析(ANOVA)和最小显著差数法(LSD)对

不同施肥模式下高寒草地植物群落特征各指标进行比较分析和差异显著性检验($P<0.05$)。

表 1 施肥试验方案

Table 1 Fertilization test plan

施肥处理	施肥量(纯养分) /(kg·hm ⁻²)		施肥量(化肥量)/ (kg·hm ⁻²)	
	N	P ₂ O ₅	尿素	磷酸二铵
CK	0	0	0	0
N1P1	50	50	66.2	108.7
N1P2	50	75	44.9	163.0
N1P3	50	100	23.6	217.4
N2P1	75	50	120.5	108.7
N2P2	75	75	99.2	163.0
N2P3	75	100	78.0	217.4
N3P1	100	50	174.9	108.7
N3P2	100	75	153.6	163.0
N3P3	100	100	132.3	217.4

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理下的植被高度的变化

施肥后的第 2 年(2018 年)植物群落的平均高度高于施肥第 1 年(2017 年),平均增幅为 4.76%。不同处理间增加的幅度不一致,在 N3P1 处理下施肥第 2 年较施肥第 1 年增加了 16.10%。且随着施肥量的增加,植物平均高度呈增加趋势,不施肥处理下草地两年的平均高度为 7.28 cm,而施用尿素 153.6 kg/hm²、磷酸二铵 163.0 kg/hm²时草地平均高度达到最大值,为 12.58 cm。相比不施肥,磷酸二铵和尿素配比在 N3P2 时植物群落平均高度增加了 42.13%(图 1)。

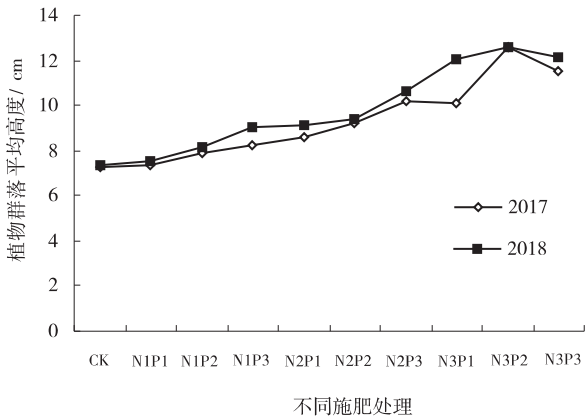


图 不同施肥年限和施肥处理下植物群落的高度

Fig. 1 Changes of plant community average height under different fertilization treatments of different years

2.2 不同施肥处理下的植被盖度的变化

在各施肥处理下,施肥后第 2 年的植物群落盖度均高于施肥第 1 年。除了 CK、N1P1、N1P2 和 N1P3 施肥处理下第 2 年(2018 年)的群落盖度明显高于第 1 年(2017 年)(图 2),其他处理下 2 年的群落盖度增幅不明显。随着施肥量的增加,两年植物群落的盖度呈增加趋势。相比不施肥,各施肥处理下草地群落平均盖度增加 13.10%。施用尿素 132.3 kg/hm²、磷酸二铵 217.4 kg/hm²时增幅最大,为 16.23%。

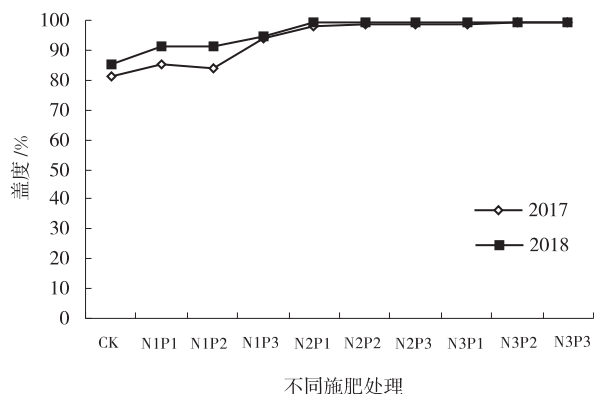


图 2 不同施肥年限和施肥处理下植物群落的盖度

Fig. 2 Changes of plant community coverage under different fertilization treatments of different years

2.3 不同施肥处理下的植被生物量的变化

施肥后的第 2 年(2018 年)植物群落的生物量较施肥第 1 年(2017 年)有所提高,且随着施肥量的增加,植物群落的生物量呈增加趋势,不同处理间增加的幅度不一致,2017 年,磷酸二铵和尿素配比在 N3P3 时,地上生物量鲜重最高,为 566.3 g/m²。而在 2018 年,磷酸二铵和尿素配比在 N3P1 时,地上生物量鲜重最高,为 581.33 g/m²(图 3)。相比不施肥,各施肥处理下两年的植物群落生物量平均增加 50.73%。

施肥第 1 年,草样中杂类草所占比重最高,禾本科和莎草科植物次之,豆科植物最少,有毒植物主要为黄帚橐吾、铁棒锤和甘肃棘豆。

各施肥处理下,草地生物量有不同的增长。各处理间杂类草生物量差异不显著($P>0.05$),但均显著高于 CK($P<0.05$)(表 3);N3P3、N3P2、N3P1、N2P3、N2P2、N2P1 处理禾本科植物生物量显著高于不施肥处理;除 N1P2 和 N1P1 处理莎草科植物生物量与 CK

无显著差异外($P>0.05$),其他各施肥处理的莎草科植物显著大于 CK($P<0.05$)。豆科植物在每个处理的生物量分布都较少,施肥增加草地地上生物量的同时,毒杂草含量也随之增加。

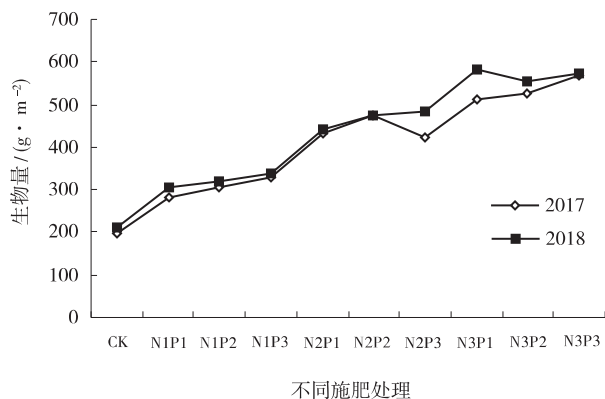


图 3 不同施肥年限和施肥处理下植物群落生物量

Fig. 3 Changes of plant community biomass under different fertilization treatments of different years

施肥后第 2 年,草样中杂类草所占比重最高,禾本科和莎草科植物次之,豆科植物最少,有毒植物主要为黄帚橐吾、铁棒锤和棘豆。

各施肥处理下,草地生物量有不同的增长。N3P3、N3P2、N3P1、N1P2 处理杂类草生物量间差异不显著($P>0.05$),各处理的杂类草显著高于 CK($P<0.05$);N3P3、N3P2、N3P1、N2P3、N2P2、N2P1 处理禾本科植物生物量显著高于不施肥处理;除 N1P1 处理莎草科植物生物量显著小于 CK 外($P>0.05$),其他各施肥处理的莎草科植物显著大于 CK($P<0.05$)。豆科植物在每个处理的生物量分布都较少,但随着施肥量的增加,豆科牧草生物量呈增加趋势。相比第 1 年,第 2 年禾本科和豆科牧草生物量有明显提高(表 2)。

2.4 不同施肥处理对牧草产草量 and 经济效益的影响

随着施肥量的增加,各施肥处理下的总产草量明显增高,N3P3 处理下最大,为 5 695 kg/hm²。与不施肥相比,各施肥处理下草地总增产量和增产率呈增加趋势,且随着施肥量的增加,增幅呈上升趋势,在磷酸二铵和尿素配比为 N3P3 时达到最大,增产量和增产率分别为 3 698 kg/hm² 和 188.2%。

不同施肥处理下两年的平均产出投入比变化不一致,在 N1P2、N1P3 和 N2P3 处理下投入大于产出,产

出投入比分别为 0.88%,0.69%和 0.96%。其他处理下产出投入比最大,产出投入比可达到 1.78%,该试验中 N3P1 为较理想的施肥水平(表 3)。

表 2 同施肥处理下植物群落生物量变化[鲜重/(g·m⁻²)]

Table 2 Changes of plant communities biomass under different fertilization treatments [fresh weight /(g·m ⁻²)]										
施肥处理	2017					2018				
	杂类草	禾本科	莎草科	豆科	毒草	杂类草	禾本科	莎草科	豆科	毒草
CK	68.7±2.6 ^{bA}	27.0±11.0 ^{deB}	46.5±6.5 ^{bAB}	2.3±0.5 ^{abcdC}	51.8±4.1 ^{bcAB}	76.33±2.33 ^{dA}	31±1.73 ^{dD}	42.33±1.45 ^{IC}	7±1.15 ^{eE}	56.67±2.6 ^{fB}
	139.5±34.3 ^{abA}	5.0±0.6 ^{eB}	30.7±13.3 ^{bB}	2.5±0.5 ^{abcdB}	101.7±4.7 ^{abcA}	150±2.31 ^{bA}	19.67±1.2 ^{fD}	35.33±1.2 ^{gC}	1.67±0.33 ^{dE}	100.33±5.24 ^{dB}
N1P1	168.8±2.5 ^{aA}	10.0±3.0 ^{cC}	53.0±2.5 ^{bB}	1.3±0.3 ^{bcdC}	70.0±13.0 ^{bcB}	171±2.65 ^{aA}	15±1.15 ^{fD}	60.33±0.88 ^{eC}	2.33±0.33 ^{dE}	71±1.73 ^{eB}
	143.3±12.0 ^{abA}	16.3±2.7 ^{cC}	97.0±5.0 ^{aB}	0.8±0.4 ^{dC}	73.0±14.9 ^{bcB}	148.33±1.76 ^{bcA}	11±1.15 ^{fC}	89.33±1.45 ^{dB}	1.67±0.67 ^{dD}	89±1.53 ^{deB}
N1P2	207.7±59.9 ^{aA}	64.3±7.7 ^{cdBC}	114.7±12.7 ^{aAB}	1.0±0.6 ^{cdC}	45.7±27.0 ^{cBC}	141±3.46 ^{cA}	101.67±1.76 ^{dC}	119.67±1.45 ^{BB}	10±1.15 ^{bcE}	70.33±3.84 ^{eD}
	149.3±19.2 ^{abA}	120.3±13.8 ^{abAB}	95.3±11.1 ^{aBC}	3.0±0.6 ^{abC}	106.7±12.0 ^{abBC}	141±3.21 ^{cA}	112.33±2.6 ^{cB}	108.33±3.53 ^{cB}	18.67±0.88 ^{aD}	92±6.03 ^{deC}
N2P1	157.0±23.0 ^{aA}	97.7±16.3 ^{bcB}	95.0±9.3 ^{aB}	2.0±0.6 ^{abcdC}	72.0±9.5 ^{bcB}	151.33±2.03 ^{bA}	120.33±2.33 ^{cB}	117.33±2.03 ^{BB}	7.33±1.45 ^{cD}	86.67±2.85 ^{dC}
	160.3±28.3 ^{aA}	140.3±31.4 ^{aA}	106.0±10.8 ^{aA}	2.7±0.3 ^{abcB}	103.3±4.4 ^{abcA}	170.33±2.4 ^{aA}	148.33±5.36 ^{aB}	108.33±1.76 ^{cC}	9.67±1.45 ^{bcD}	144.67±6.36 ^{aB}
N3P1	159.0±29.7 ^{aA}	163.7±12.2 ^{aA}	115.0±33.5 ^{aA}	3.3±0.9 ^{aB}	86.7±24.8 ^{bcA}	168.5±2.02 ^{aA}	137.67±1.76 ^{BB}	120.67±2.33 ^{BC}	12.67±1.45 ^{BE}	114±2.65 ^{dD}
	161.7±27.2 ^{aA}	159.0±5.9 ^{aA}	126.3±1.7 ^{aA}	3.0±0.0 ^{abB}	116.3±42.7 ^{aA}	166.67±2.03 ^{aA}	132.33±4.98 ^{BB}	131.67±2.19 ^{aB}	13.33±2.03 ^{BC}	128.67±2.85 ^{BB}
N3P2										
N3P3										

注:同行不同小写字母表示同一同科植物在不同处理间差异显著($P<0.05$);同列不同大写字母表示同一处理下不同科植物间差异显著($P<0.05$)

表 3 不同施肥处理对牧草产草量 and 经济效益的影响(鲜重)

Table 3 Effect of different fertilization treatments on grass yield and economic benefits (fresh weight)

施肥处理	产草量 /(kg·hm ⁻²)	增产量 /(kg·hm ⁻²)	增产率/%	总产值 /(元·hm ⁻²)	肥料成本 /(元·hm ⁻²)	净产值 /(元·hm ⁻²)	产出/投入
CK	2 049			819.7			
N1P1	2 933	831	42.3	1 173.2	528.5	644.7	1.22
N1P2	3 116	1 070	54.5	1 246.3	661.9	584.4	0.88
N1P3	3 349	1 340	68.2	1 339.7	795.8	543.9	0.69
N2P1	4 380	2 369	120.6	1 752.1	658.8	1093.4	1.66
N2P2	4 735	2 782	141.6	1 894.1	792.3	1101.8	1.39
N2P3	4 533	2 270	115.5	1 813.0	926.4	886.6	0.96
N3P1	5 469	3 159	160.8	2 187.5	789.3	1 398.1	1.78
N3P2	5 405	3 310	168.4	2 162.0	922.8	1 239.2	1.35
N3P3	5 695	3 698	188.2	2 277.9	1 056.7	1 221.3	1.16

3 讨论

施肥是最广泛的土地利用管理方式,施肥对植物生长和群落结构产生了深远的影响^[17]。草地施肥后其群落高度和盖度往往显著提高,邱波等^[18]研究发现草地施肥 3 年后其群落植被高度显著提高。沈景林

等^[19]研究发现草地施肥 7 年后植被盖度分别较对照增加 18.7%~71.2%。研究表明,在施肥当年,施肥处理就使得群落盖度和高度显著大于对照,尤其是 N3P2 处理,随着施肥量的增加,植物群落的盖度和高度都呈增加趋势。施肥后各处理间群落植被高度和盖度在第 1 年和第 2 年间差异不显著,这是因为施肥作

为一种改变植物群落的干扰手段,其主要是通过改变土壤的理化性状来间接影响群落中植物种空间分布与组成特征的,所以施肥后植物群落结构显著变化很可能需要一个较长的过程。

生物量是评价生态系统结构和功能的基本数据。研究发现,与对照相比,无论是不同经济类群还是植物群落的生物量均有不同程度地增加,这与王娟等^[17]研究结果一致。在高寒草地上施肥可以改善土壤的肥力状况进而影响草地地上生物量^[20]。郭红玉等^[21]研究也发现在三江源区高寒草甸草地施肥可大幅度提高牧草产量。试验结果分析,氮磷的添加在当年对植物的高度及生物量的作用效果更为明显,这可能与肥效的快慢有关,无机态氮磷很快成为土壤环境获得性资源,并且很快被植物吸收利用,从而在一定程度上提高了草地的初级生产力。施肥处理后草地莎草科和禾本科植物的生物量明显提高,杂类草在整个群落中占比最大。此结果一定程度上反映了高寒草甸草地植物群落结构上的正向演替模式。杜国祯等^[22]的研究结果表明氮与磷均是高寒草甸植物群落的限制因子。这也说明了施用氮肥和磷肥对于高寒草甸植物群落的恢复具有较好的作用。

以不同的施肥水平探讨高寒草甸最佳施肥量是许多学者的研究热点之一,张杰琦等^[23]和沈振西等^[24]的研究得出尿素施用量分别达到 500,320 kg/hm² 时高寒草甸地上植物量达到最大。景美玲等^[25]研究发现施用尿素在 600 kg/hm² 时,高寒草甸地上植物量达到最大值,试验发现施肥第 1 年尿素在 132.3 kg/hm²、磷酸二铵在 217.4 kg/hm² 时,高寒草甸地上生物量达到最大值,而在第 2 年时,施用尿素 174.9 kg/hm²、磷酸二铵 108.7 kg/hm² 时,高寒草甸地上生物量达到最大值。不同研究之间有所差别的原因可能与所选试验地区的土壤肥力、草地退化程度及施肥量不同有关。景美玲等^[25]研究发现施用尿素在 150 kg/hm² 时就能显著提高地上植物量,且他的投入产出比最高,施用尿素 174.9 kg/hm²、磷酸二铵 108.7 kg/hm² 时投入产出比最高,从经济益考虑,N3P1 是最适施肥量的选择。根据此次试验的研究结果,不同的施肥量对植物生长的影响不同,所产生的经济效益也有差异。因此,制定高寒草地科学的施肥措施时,在考虑施肥量、施肥时期的同时,还应该考虑施肥的经济效益,找出适合当地的最佳施肥配比和最佳经济效益对因地制宜指导草

地生产将有重要的理论和实践意义。

4 结论

施肥促进了果洛轻度退化高寒草甸植物群落高度、盖度和生物量,增产量和增产率随着施肥量的增加而递增。在果洛轻度退化高寒草甸草地施尿素 174.9 kg/hm²、磷酸二铵 108.7 kg/hm² 时两年的净产值和产出投入比均最大,分别为 1398.1 元/hm² 和 1.78%。N3P1 组合的投入产出比最高,为最佳的建议施肥量。

参考文献:

- [1] 樊江文,邵全琴,王军邦,等.三江源草地载畜压力时空动态分析[J].中国草地学报,2011,33(3):64—72.
- [2] Wang G X, Cheng G D. Eco-environmental changes and causative analysis in the source regions of the Yangtze and Yellow Rivers, China [J]. The Environmentalist, 2000, 20: 221—232.
- [3] 李文华,周兴民,等.青藏高原生态系统及优化利用模式[M].广州:广东科技出版社,1998.
- [4] 宗宁,石培礼,牛犇,等.氮磷施肥对藏北退化高寒草甸群落结构和生产力的影响[J].应用生态学报,2014,25(12): 3458—3468.
- [5] 郑华平,陈子萱,王生荣,等.施肥对玛曲高寒沙化草地植物多样性和生产力的影响[J].草业学报,2007,16(5):34—39.
- [6] 孙斌.三种改良措施对高寒退化草地植被的影响[J].甘肃农业大学学报,2005,40(6):797—801.
- [7] 程积民,贾恒义,彭详林.施肥草地植被群落结构和演替的研究[J].水土保持研究,1996,3(4):124—128.
- [8] 张莉,党军,刘伟,等.高寒草甸连续围封与施肥对土壤微生物群落结构的影响[J].应用生态学报,2012,23(11): 3072—3078.
- [9] 陈子萱,田福平,郑阳.施肥对玛曲高寒沙化草地主要植物种生态位的影响[J].草地学报,2011,19(5):884—888.
- [10] Coleman R. The importance of sulfur as a plant nutrient in world crop production[J]. Soil Science, 1966, 101: 230—239.
- [11] 车敦仁.禾草施氮[J].中国草原,1982(4):1—10.
- [12] 张松林.施肥对矮嵩草草甸草场地上生物量的影响[J].高原生物学集刊,1986,(5):7—11.
- [13] 杨晓霞,任飞,周华坤,等.青藏高原高寒草甸植物群落生物量对氮、磷添加的响应[J].植物生态学报,2014,38(2):159—166.
- [14] Bowman W D, Theresa A T, Schardt J C, et al. Con-

- straints of nutrient availability on primary production in two alpine tundra communities[J]. *Ecology*, 1993, 74: 2085—2097.
- [15] Bowman W D. Accumulation and use of nitrogen and phosphorus following fertilization in two alpine tundra communities[J]. *Oikos*, 1994, 70: 261—270.
- [16] 韩艳莉, 陈克龙, 汪诗平. 黄河源区高寒草地植被碳储量研究—以果洛藏族自治州为例[J]. *国土与自然资源研究*, 2010, (5): 93—94.
- [17] 王娟, 焦婷, 聂中南, 等. 不同施肥处理对高寒草地上生物量及植物群落特征的影响[J]. *草原与草坪*, 2017, 37(3): 91—95.
- [18] 邱波, 罗燕江, 杜国祯. 施肥梯度对甘南高寒草甸植被特征的影响[J]. *草业学报*, 2004, 13(6): 65—68.
- [19] 沈景林, 谭刚, 乔海龙, 等. 草地改良对高寒退化草地植被影响的研究[J]. *中国草地*, 2000, 22(5): 49—54.
- [20] 张中华, 周华坤, 赵新全, 等. 青藏高原高寒草地生物多样性与生态系统功能的关系[J]. *生物多样性*, 2018, 26(2): 111—129.
- [21] 郭红玉, 德科加, 芦光新, 等. 不同肥料和施肥量对三江源区高寒草甸天然草地的影响[J]. *青海畜牧兽医杂志*, 2014, 44(6): 8—10.
- [22] 杜国祯, 王刚. 甘南亚高山草甸人工草地的演替与质量变化[J]. *植物学报*, 1995, 37(4): 306—313.
- [23] 张杰琦, 李奇, 任正炜, 等. 氮素添加对青藏高原高寒草地按植物群落物种丰富度及其与地上生产力关系的影响[J]. *植物生态学报*, 2010, 34(10): 1125—1131.
- [24] 沈振西, 周兴民, 陈佐忠, 等. 高寒矮蒿草甸植物类群对模拟降水和施氮的影响[J]. *植物生态学报*, 2002, 26(3): 288—294.
- [25] 景美玲, 马玉寿, 李世雄, 等. 氮肥对大通河上游退化草地的影响[J]. *草地学报*, 2016, 24(3): 518—523.

Effects of fertilization levels on natural grassland of Guoluo Alpine Meadow

SUN Jin-jin¹, WANG Peng-bin¹, XU Chang-lin¹, HE You-long², WANG Hai-bo²,
LI Ya-juan¹, YU Xiao-jun¹

(1. *Pratacultural College, Gansu Agricultural University, Key Laboratory of Grassland Ecosystem Ministry of Education, Sion-U. S. Centers for Grazing land Ecosystem Sustainability, Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province, Lanzhou, Gansu Province 730070, China;*
2. *Grassland Station of Guoluo Prefecture, Dawu 814000, China*)

Abstract: The effects of fertilization on plant community height, coverage and biomass and economic benefits under different fertilization treatments were studied in alpine meadows in Dawu Town, Guoluo Tibetan Autonomous Prefecture, Qinghai Province. The results showed that the average height, total coverage and biomass of plant communities and functional groups in the second year after fertilization and fertilization were significantly higher than those without fertilization. Compared with no fertilization, the average height, total coverage and biomass of plant communities under each fertilization treatment increased by 23.46%, 13.10% and 50.73%, respectively, and the biomass of the community increased with the increase of fertilization amount. However, the increase of the different treatments is inconsistent. In the first year of fertilization, vegetation has the highest biomass at 132.3 kg/hm² of urea, 217.4 kg/hm² of diammonium phosphate, was 566.3 g/m². The second year of fertilization, vegetation has the highest biomass at 174.9 kg/hm² of urea, 108.7 kg/hm² of diammonium phosphate, which was 581.3 g/m². Through the calculation of the economic benefits of fertilization for the next two years, it was found that 174.9 kg/hm² of urea, and 108.7 kg/hm² of diammonium phosphate. The ratio of output to input is the highest, which was 1.78%. The present results are more in line with the actual production, and is the best recommended fertilizer amount.

Key words: alpine meadow; fertilization; coverage; biomass; economic benefit