

青海湖地区严重退化草地人工群落组 分配置技术初探

杨路存¹, 周国英¹, 徐文华¹, 宋文珠¹, 钟泽兵^{1,2}, 聂学敏³

(1. 中国科学院 西北高原生物研究所, 西宁 810008; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;
3. 青海省生态环境遥感监测中心, 西宁 810000)

中图分类号: S812.3

文献标识码: A

文章编号: 1004-7034(2014)03-0012-05

DOI: 10.13881/j.cnki.hljxmsy.2014.0004

关键词: 青海湖; 严重退化草地; 人工草地; 不同处理

摘要: 为了最大限度提高人工草地的地上生物量, 并延长草地的使用寿命, 试验采用 6 种多年生禾本科牧草的 20 种不同处理进行了人工草地群落优化配置研究。结果表明: 建植第 2 年, 无论是从越冬率、盖度还是地上生物量来看, 两组分混播的垂穗披碱草 + 星星草, 三组分混播的垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾和垂穗披碱草 + 星星草 + 冷地早熟禾, 以及四组分混播的垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾 + 冷地早熟禾都能较好地适应青海湖严重退化的环境。说明不同高、矮禾草的合理配置可有效地优化人工植被的群落结构, 遏制单一建植的快速退化现象, 几种多年生禾本科牧草的合理混播配置可能是严重退化草地进行人工建植恢复的关键技术, 是一项快速稳定恢复严重退化草地植被的重要措施。

A preliminary study on allocate skills of artificial community for the severely degraded grassland in the Qinghai Lake region

YANG Lu - cun¹, ZHOU Guo - ying¹, XU Wen - hua¹, SONG Wen - zhu¹,
ZHONG Ze - bing^{1,2}, NIE Xue - min³

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Qinghai Ecosystem Remote Sensing Monitoring Center, Xining 810000, China)

Key words: Qinghai Lake; severely degraded grassland; artificial grassland; different treatment

Abstract: To increase the maximum limit of aboveground biomass in artificial grassland, and prolong the service life of the grassland. The research for an optimal allocation of artificial grassland community was carried out in severe degraded grassland using 20 different treatments with six kinds of perennial grasses. The results showed that the communities for *Elymus nutans* Griseb + *Eragrostis cilianensis* (ALL.) Link, *Elymus nutans* Griseb + *Eragrostis cilianensis* (ALL.) Link + *Poa crymophila* Keng and *Elymus nutans* Griseb + *Eragrostis cilianensis* (ALL.) Link + *Poa crymophila* Keng + *Poa pratensis* could better adapted to the severe degradation grassland in Qinghai Lake in the second year of planting, whether seeing from the overwintering rates, coverage and aboveground biomass. The results indicate that the rational allocation of different high and short perennial grasses can effectively optimize the community structure of artificial vegetation, and can keep rapid degradation phenomena with limits due to a single planting. The rational allocation for different perennial grasses in mixture sowing may be the key technology in restoration by establishing and planting artificial vegetation for severe degraded grassland in the Qinghai Lake region, and it is an important measure to quickly and stably restore severely degraded grassland vegetation.

在当前高寒地区天然草地大面积退化、草地生产力持续下降的情况下, 人工草地在整个草地生态系统

中的地位与作用日益突出。建植优质、高产、可持续利用的人工草地已成为高寒地区草地畜牧业实现可持续发展的重要措施之一^[1]。多年生人工草地建植和管理中, 无论从产量、质量, 还是从稳定性角度讲, 豆禾混播是最理想的组合^[2-3]。然而, 在青藏高原低温环境下, 多年生豆科栽培牧草的缺乏是此类草地的主要限制因子^[4]。优良多年生禾草单播草地虽然在播种后的第 2、3 年有数倍于天然草地的产量, 但从第 4 年开始便有大量毒杂草入侵, 产量大幅度下降, 使

收稿日期: 2013-04-18; 修回日期: 2013-12-20

基金项目: “973”国家重点基础研究发展计划项目(2012CB026105); 中国科学院战略性先导科技专项(XDA0505030304)

作者简介: 杨路存(1981-), 女, 助理研究员, 博士, ylc810506@163.com.

通信作者: 周国英(1974-), 男, 研究员, 博士, 研究方向为药用植物资源繁育与植物恢复, zhougy@nwipb.cas.cn.

草地质量变劣,不利于生态环境建设^[5]。相对而言,建植适宜于青藏高原高寒气候条件、生产力高、草地质量与豆禾混播相近的优质多年生禾草混播人工草地是该区人工草地建设的最佳选择^[6]。目前,对这方面的研究主要集中于三江源区的“黑土型”退化草地上^[7-10],对青海湖地区严重退化草地人工建植方面的报道甚少^[11]。本研究在充分考虑不同牧草生物学特性的基础上,通过不同物种的合理配置试验,达到建植相对稳定的人工植被群落目标,以期快速、稳定地恢复青海湖严重退化草地提供技术支撑。现将第2年试验初报如下。

1 材料与方

1.1 试验地的自然概况

试验区位于青海省三角城种羊场,地处青海湖北岸约10 km,地理坐标为东经100°14',北纬37°20',海拔3 217 m;年平均气温-0.6℃,最冷月(1月份)平均气温-14℃,最热月平均气温10.7℃,0℃以上积温为1 299.8℃,年极端最高温25.0℃,年极端最低温-31.0℃,≥0℃年积温1 223.6℃,无霜期约36 d;年均降水量381.4 mm,其中90%集中在5—9月份,年蒸发量1 446.6 mm;年总辐射量634.7 kJ/cm²,日照时数3 029.7 h;生长期从5月上旬到10月中旬约160 d。试验地土壤为淡栗钙土,试验区无灌溉条件。以紫花针茅(*Stipa purpurea*)为建群种的高寒草原植被严重退化后,代之以甘肃马先蒿

(*Pedicularis kansuensis*)、异叶青兰(*Dracocephalum heterophyllum*)、黄花棘豆(*Oxytropis ochrocephala*)和狼毒(*Stellera chamaejasme*)等毒杂草,牧用价值已完全丧失。

1.2 试验设计

供试草种有垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、老芒麦(*Elymus sibiricus*)、星星草(*Puccinellia tenuiflora*)、草地早熟禾(*Poa pratensis*)、冷地早熟禾(*Poa crymophila*)、中华羊茅(*Festuca sinensis*)。其中垂穗披碱草、老芒麦、中华羊茅为上繁草,星星草、草地早熟禾、冷地早熟禾为下繁草。播种材料由青海大学畜牧兽医科学院草原所提供,为一级种子(见表1),共配置了20个人工群落处理组合(见表2),并以原生草原紫花针茅(G)为对照。

表1 供试材料
Table 1 Materials for the experiment

牧草品种	单播量/ (g·m ⁻²)	牧草 类型	供种单位
垂穗披碱草(<i>E. nutans</i>)	5.0	高禾草	青海省畜牧兽医科学院
老芒麦(<i>E. sibiricus</i>)	5.0	高禾草	青海省畜牧兽医科学院
星星草(<i>E. cilianensis</i>)	2.5	矮禾草	青海省畜牧兽医科学院
冷地早熟禾(<i>P. crymophila</i>)	2.5	矮禾草	青海省畜牧兽医科学院
草地早熟禾(<i>P. pratensis</i>)	2.5	矮禾草	青海省畜牧兽医科学院
中华羊茅(<i>F. sinensis</i>)	5.0	高禾草	青海省畜牧兽医科学院

表2 人工群落处理组合

Table2 The combinations of artificial community treatment

序号	处理组合	混播比例
A	垂穗披碱草(<i>E. nutans</i>)	100%
B	老芒麦(<i>E. sibiricus</i>)	100%
C	星星草(<i>E. cilianensis</i>)	100%
D	冷地早熟禾(<i>P. crymophila</i>)	100%
E	草地早熟禾(<i>P. pratensis</i>)	100%
F	中华羊茅(<i>F. sinensis</i>)	100%
H	垂穗披碱草+星星草(<i>E. nutans</i> + <i>E. cilianensis</i>)	1:1:1
I	垂穗披碱草+冷地早熟禾(<i>E. nutans</i> + <i>P. crymophila</i>)	1:1:1
J	垂穗披碱草+草地早熟禾(<i>E. nutans</i> + <i>P. pratensis</i>)	1:1:1
K	垂穗披碱草+中华羊茅(<i>E. nutans</i> + <i>F. sinensis</i>)	1:1:1
L	垂穗披碱草+星星草+冷地早熟禾(<i>E. nutans</i> + <i>E. cilianensis</i> + <i>P. crymophila</i>)	1:1:1
M	垂穗披碱草+星星草+草地早熟禾(<i>E. nutans</i> + <i>E. cilianensis</i> + <i>P. pratensis</i>)	1:1:1
N	垂穗披碱草+星星草+中华羊茅(<i>E. nutans</i> + <i>E. ragrostis cilianensis</i> + <i>F. sinensis</i>)	1:1:1
O	垂穗披碱草+冷地早熟禾+草地早熟禾(<i>E. nutans</i> + <i>P. pratensis</i> + <i>P. crymophila</i>)	1:1:1
P	垂穗披碱草+草地早熟禾+中华羊茅(<i>E. nutans</i> + <i>P. pratensis</i> + <i>F. sinensis</i>)	1:1:1
Q	垂穗披碱草+冷地早熟禾+中华羊茅(<i>E. nutans</i> + <i>P. crymophila</i> + <i>F. sinensis</i>)	1:1:1
R	垂穗披碱草+星星草+草地早熟禾+冷地早熟禾(<i>E. nutans</i> + <i>E. cilianensis</i> + <i>P. pratensis</i> + <i>P. crymophila</i>)	1:1:1
S	垂穗披碱草+星星草+草地早熟禾+中华羊茅(<i>E. nutans</i> + <i>E. cilianensis</i> + <i>P. pratensis</i> + <i>F. sinensis</i>)	1:1:1
T	垂穗披碱草+星星草+冷地早熟禾+中华羊茅(<i>E. nutans</i> + <i>E. cilianensis</i> + <i>P. crymophila</i> + <i>F. sinensis</i>)	1:1:1
U	垂穗披碱草+草地早熟禾+冷地早熟禾+中华羊茅(<i>E. nutans</i> + <i>P. pratensis</i> + <i>P. crymophila</i> + <i>F. sinensis</i>)	1:1:1

试验小区面积为 2 m×5 m,完全随机区组排列,3 次重复。播前土壤深翻 25 cm,条播,行距 20 cm;2011 年 7 月 18 日播种,播前施磷酸二胺 15 g/m²,尿素 7.5 g/m² 作底肥,每小区按行播施。

1.3 田间观测

1.3.1 越冬率 春季待牧草返青后,在小区内选 1 m 的样条,用铁钎或小铲取掉植株周围的土,露出根部,使各植株间彼此分离,然后计录存活植株数,求得存活株数占总观测株数的百分率,即为越冬率。

1.3.2 盖度 以方格法测定各小区不同植物的盖度。

1.3.3 生物量 在小区内随机设一个 1 m×1 m 的样方(为防止边际效应,边行不取样),每小区设一个样方,各处理(单播和混播)3 个重复。样方内牧草齐地面刈割并称鲜重,取 500 g 放入 65℃ 烘箱中 24 h,称重即为风干重。同时测定原生草原(G)的盖度和生物量作为对照。

1.4 数据处理

采用 SPSS 17.0 和 Excel 2003 对数据进行组合和分析。

2 结果与分析

2.1 不同组合牧草越冬率的比较

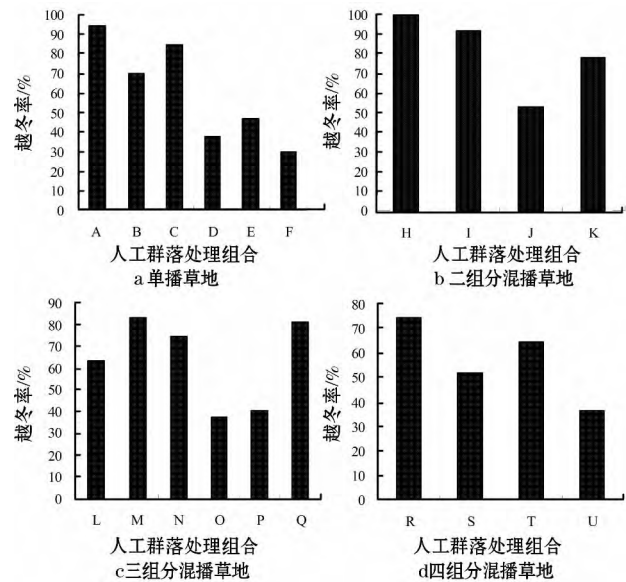
安全越冬是衡量牧草抗寒性的主要指标。试验对单播、混播草地进行了越冬率的测定,结果见图 1a~d。

由图 1 可见:单播品种中 A(垂穗披碱草)和 C(星星草)的越冬率较高,分别为 94% 和 84%;其次为 B(老芒麦),越冬率为 70%;其余品种的越冬率都较低,D(冷地早熟禾)越冬率为 37%、E(草地早熟禾)越冬率为 40%、F(中华羊茅)越冬率为 30%。在两品种的混播组合中,以 H 的越冬率(垂穗披碱草+星星草)为最高(100%);其次是 I(垂穗披碱草+冷地早熟禾),越冬率为 92%;而其余两组的越冬率均不高。在三品种混播的组合中,越冬率较高的是 M(垂穗披碱草+星星草+草地早熟禾)和 Q(垂穗披碱草+冷地早熟禾+中华羊茅),越冬率均超过 80%,其次是 N(垂穗披碱草+星星草+中华羊茅),越冬率超过 70%,其余几个组合的越冬率均较低。在四品种的混播组合中,R(垂穗披碱草+星星草+草地早熟禾+冷地早熟禾)和 T(垂穗披碱草+星星草+冷地早熟禾+中华羊茅)的越冬率较高,分别为 75% 和 65%,其余两个组合的越冬率均较低。

2.2 不同组合牧草盖度的比较

植被盖度是草地群落结构的重要参数。人工种植改变了退化草地群落的外貌特征。试验对建植第 2 年的 20 种不同类型多年生禾草人工草地的植被盖度进行了实地监测,结果见图 2a~d。

由图 2 可见:单播品种中 A(垂穗披碱草)、C(星



A. 垂穗披碱草; B. 老芒麦; C. 星星草; D. 冷地早熟禾; E. 草地早熟禾; F. 中华羊茅; H. 垂穗披碱草+星星草; I. 垂穗披碱草+冷地早熟禾; J. 垂穗披碱草+草地早熟禾; K. 垂穗披碱草+中华羊茅; L. 垂穗披碱草+星星草+冷地早熟禾; M. 垂穗披碱草+星星草+草地早熟禾; N. 垂穗披碱草+星星草+中华羊茅; O. 垂穗披碱草+冷地早熟禾+草地早熟禾; P. 垂穗披碱草+草地早熟禾+中华羊茅; Q. 垂穗披碱草+冷地早熟禾+中华羊茅; R. 垂穗披碱草+星星草+草地早熟禾+冷地早熟禾; S. 垂穗披碱草+星星草+草地早熟禾+中华羊茅; T. 垂穗披碱草+星星草+冷地早熟禾+中华羊茅; U. 垂穗披碱草+草地早熟禾+冷地早熟禾+中华羊茅。

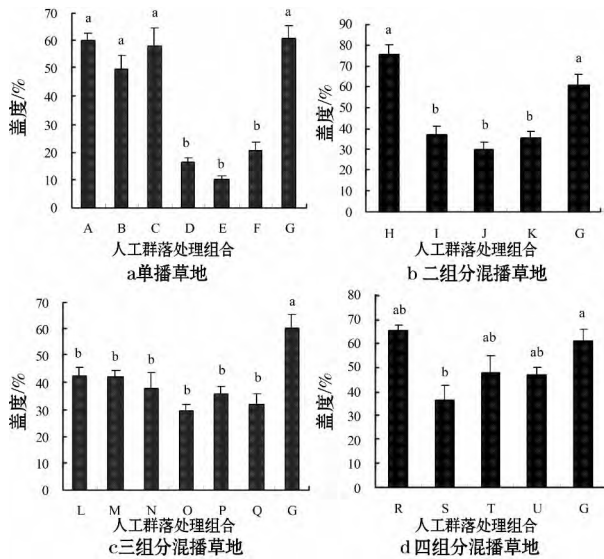
图 1 20 种不同类型多年生禾草人工草地的越冬率

Fig 1 The overwintering rates of 20 different types of perennial grasses in the artificial grassland

星草)和 B(老芒麦)的盖度较高,已接近 G(原生草原)的盖度(60.63%),且它们的盖度显著高于单播 D(冷地早熟禾)、E(草地早熟禾)和 F(中华羊茅)($P < 0.05$)。在两品种混播组合中,以 H(垂穗披碱草+星星草)的盖度为最高(75.40%),虽然它没有显著超过 G(原生草原)的盖度(60.63%),但与其他几个组合的盖度间差异显著($P < 0.05$)。在三品种混播的组合中,这几个组合的盖度均显著低于 G(原生草原)的盖度($P < 0.05$)。在四品种混播的组合中,R(垂穗披碱草+星星草+草地早熟禾+冷地早熟禾)的盖度(65.00%)略高于 G(原生草原)的盖度(60.63%),但是差异不显著($P > 0.05$)。T(垂穗披碱草+星星草+冷地早熟禾+中华羊茅)和 U(垂穗披碱草+草地早熟禾+冷地早熟禾+中华羊茅)的盖度较低,虽然与 R(垂穗披碱草+星星草+草地早熟禾+冷地早熟禾)和 G(原生草原)的盖度间无明显的差异,但与 S(垂穗披碱草+星星草+草地早熟禾+中华羊茅)的盖度间差异显著($P < 0.05$)。

2.3 不同组合牧草产草量的比较

牧草产草量的高低可反映植物群落光合产物积累的大小,是第一性生产力的度量,也是植物群落功



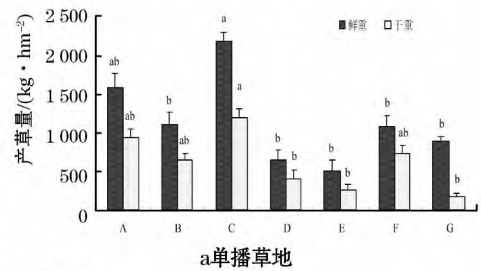
A. 垂穗披碱草; B. 老芒麦; C. 星星草; D. 冷地早熟禾; E. 草地早熟禾; F. 中华羊茅; G. 原生草原(对照); H. 垂穗披碱草 + 星星草; I. 垂穗披碱草 + 冷地早熟禾; J. 垂穗披碱草 + 草地早熟禾; K. 垂穗披碱草 + 中华羊茅; L. 垂穗披碱草 + 星星草 + 冷地早熟禾; M. 垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾; N. 垂穗披碱草 + 星星草 + 中华羊茅; O. 垂穗披碱草 + 冷地早熟禾 + 草地早熟禾; P. 垂穗披碱草 + 草地早熟禾 + 中华羊茅; Q. 垂穗披碱草 + 冷地早熟禾 + 中华羊茅; R. 垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾 + 冷地早熟禾; S. 垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾 + 中华羊茅; T. 垂穗披碱草 + 星星草 + 冷地早熟禾 + 中华羊茅; U. 垂穗披碱草 + 草地早熟禾 + 冷地早熟禾 + 中华羊茅。图中 a、b 表示在 0.05 水平上差异的显著性; 字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$), 含有相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)。

图 2 20 种不同类型多年生禾草人工草地的盖度

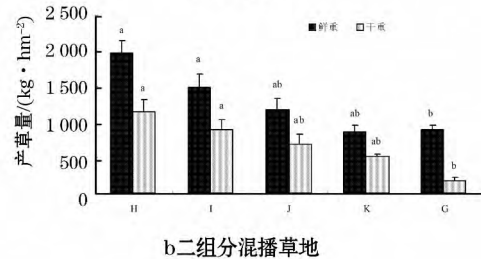
Fig 2 The coverages of 20 different types of perennial gramineous forages in the artificial grassland

能的体现; 因此 植物群落学的研究离不开植物量的研究。退化草地植被的人工恢复, 一是为了恢复其草地的生态功能 二是恢复草地的生产功能。试验对青海湖严重退化草地上建立的不同处理组合的两年的人工草地产草量进行了观测 结果见图 3。

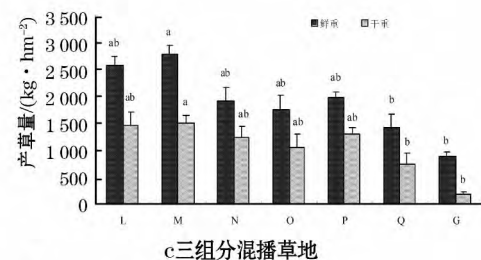
由图 3 可见: 在单播的人工草地中, C(星星草)鲜干草产量最高(这可能是因为星星草是下繁草, 分蘖产生的大量营养枝条和叶片), 分别达到 2195.7 kg/hm^2 和 1196.3 kg/hm^2 , 其次是 A(垂穗披碱草), 其鲜干草产量分别为 1588.1 kg/hm^2 和 934.2 kg/hm^2 , 这两个种的鲜干草产量显著高于其他单播种以及 G(原生草原)的鲜干草产量 (892.8 kg/hm^2 和 180.3 kg/hm^2) ($P < 0.05$)。在两品种混播组合中, 以 H(垂穗披碱草 + 星星草)和 I(垂穗披碱草 + 冷地早熟禾)的鲜干草产量较高, 分别为 1976.4 kg/hm^2 、 1492.8 kg/hm^2 和 1141.7 kg/hm^2 、 898.7 kg/hm^2 。虽然这两个组合的鲜干草产量并没有显著高于 J(垂穗披碱草 + 草地早熟禾)和 K(垂穗



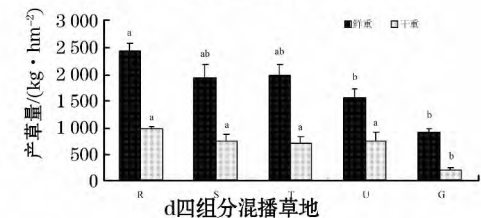
a 单播草地



b 二组分混播草地



c 三组分混播草地



d 四组分混播草地

A. 垂穗披碱草; B. 老芒麦; C. 星星草; D. 冷地早熟禾; E. 草地早熟禾; F. 中华羊茅; G. 原生草原; H. 垂穗披碱草 + 星星草; I. 垂穗披碱草 + 冷地早熟禾; J. 垂穗披碱草 + 草地早熟禾; K. 垂穗披碱草 + 中华羊茅; L. 垂穗披碱草 + 星星草 + 冷地早熟禾; M. 垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾; N. 垂穗披碱草 + 星星草 + 中华羊茅; O. 垂穗披碱草 + 冷地早熟禾 + 草地早熟禾; P. 垂穗披碱草 + 草地早熟禾 + 中华羊茅; Q. 垂穗披碱草 + 冷地早熟禾 + 中华羊茅; R. 垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾 + 冷地早熟禾; S. 垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾 + 中华羊茅; T. 垂穗披碱草 + 星星草 + 冷地早熟禾 + 中华羊茅; U. 垂穗披碱草 + 草地早熟禾 + 冷地早熟禾 + 中华羊茅。图中 a、b 表示在 0.05 水平上差异的显著性; 字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$), 含有相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)。

图 3 20 种不同类型多年生禾草人工草地的产草量

Fig 3 The forage yields of 20 different types of perennial gramineous forages in the artificial grassland

披碱草 + 中华羊茅), 但却显著高于 G(原生草原, $P < 0.05$)。在三品种混播的组合中, 以 M(垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾)的鲜干草产量为最高, 分别为 2776.0 kg/hm^2 和 1501.3 kg/hm^2 , 其次是 L(垂穗披碱草 + 星星草 + 冷地早熟禾), 鲜干草产量

分别为 2 568.9 kg/hm² 和 1 474.0 kg/hm²。虽然 L (垂穗披碱草 + 星星草 + 冷地早熟禾)、M (垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾) 与 N (垂穗披碱草 + 星星草 + 中华羊茅)、O (垂穗披碱草 + 冷地早熟禾 + 草地早熟禾)、P (垂穗披碱草 + 草地早熟禾 + 中华羊茅) 之间的差异不显著 ($P > 0.05$) ,但却显著高于 Q (垂穗披碱草 + 冷地早熟禾 + 中华羊茅) 和 G (原生草原) ($P < 0.05$) 。在四品种混播的组合中 R (垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾 + 冷地早熟禾) 的鲜干草产量最高 ,分别为 2 426.7 kg/hm² 和 967.8 kg/hm² ,其次是 S (垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾 + 中华羊茅) 和 T (垂穗披碱草 + 星星草 + 冷地早熟禾 + 中华羊茅) ,且它们的鲜干草产量显著高于 U (垂穗披碱草 + 草地早熟禾 + 冷地早熟禾 + 中华羊茅) 和 G (原生草原) ($P < 0.05$) 。

建植第 2 年无论是单播还是混播草地各组合的鲜干草产量都明显高于天然垂穗披碱草原 ($P < 0.05$) 。而三组分混播的人工草地产量高于四组分人工草地、二组分和单播人工草地 ,这可能是因为种植第 2 年 ,几种多年生禾本科牧草均处于定植阶段 ,物种间竞争和协同并存且竞争大于协同作用 ,种植物种对资源的利用达到最佳状态需要一定的时间过程 ,显然在高寒地区 ,三组分混播组合更容易达到资源最佳利用状态。

3 结论

多种多年生禾草的合理配置是退化草地人工植被建植的关键 ,不同品种的高禾草和矮禾草的合理搭配可有效地优化人工植被的群落结构^[8] 。在建植第 2 年 ,无论是从越冬率、盖度还是地上生物量来看 ,单播的垂穗披碱草 (A)、老芒麦 (B)、星星草 (C) ,二组分混播的垂穗披碱草 + 星星草 (H) ,三组分混播的垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾 (M) 和垂穗披碱草 + 星星草 + 冷地早熟禾 (L) ,以及四组分混播的垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾 + 冷地早熟禾 (R) 都能较好地适应青海湖严重退化的环境 ,但从以往的研究可知 ,单播草地存在恢复快、退化快的特点 ,不利于生态环境

建设^[5] 。因此 ,在青海湖严重退化草地上种植人工草地时 ,初步确定二组分混播的垂穗披碱草 + 星星草 (H) ,三组分混播的垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾 (M) 和垂穗披碱草 + 星星草 + 冷地早熟禾 (L) ,以及四组分混播的垂穗披碱草 + 星星草 + 草地早熟禾 + 冷地早熟禾 (R) 为最佳人工群落组合。但由于人工草地建植的第 2 年 ,高大丛生型禾草垂穗披碱草、老芒麦生长迅速 ,而小型丛生型禾草星星草、冷地早熟禾和根茎型禾草草地早熟禾尚未进入生长高峰期 ,因此虽然各处理组合的盖度和地上生物量已达到了较高的水平 ,但垂穗披碱草仍然是组成盖度和生物量的主体。因此推测在随后的生长中 ,高大丛生禾草的长势将逐年下降 ,而小型丛生禾草和根茎型禾草的比例会逐年上升 ,第 3 年以后生物量及各草种组成比例是否会发生较大的变化 ,还需进一步研究。

参考文献:

- [1] 罗天祥,李文华,罗辑,等. 青藏高原主要植被类型生物生产量的比较研究[J]. 生态学报, 1999, 19(6): 823-831.
- [2] 王旭,曾昭海,胡跃高,等. 豆科与禾本科牧草混播效应研究进展[J]. 中国草地学报, 2007, 29(004): 92-98.
- [3] 潘正武,卓玉璞. 高寒牧区多年生人工草地混播组合试验[J]. 草业科学, 2007, 24(11): 53-55.
- [4] 蒲小朋,董世魁,阎宝生,等. 高寒地区豆科牧草引种试验[J]. 中国草地, 2001, 23(3): 17-21.
- [5] 李发吉,孙保琛,李希来. 治理“黑土滩”草地的试验研究[J]. 青海草业, 1993(2): 32-35.
- [6] 施建军,李青云,董全民,等. 高寒牧区多年生禾草混播试验初报[J]. 青海草业, 1999(2): 5-7.
- [7] 马玉寿,尚占环,施建军,等. 黄河源区“黑土型”退化草地人工群落组分配置技术研究[J]. 西北农业学报, 2007, 16(5): 1-6.
- [8] 王彦龙,马玉寿,孙小弟,等. 大武地区“黑土型”退化草地人工植被群落稳定性研究[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2007, 37(2): 29-31.
- [9] 施建军,马玉寿,董全民,等. “黑土型”退化草地优良牧草筛选试验[J]. 草地学报, 2008, 15(6): 543-549.
- [10] 杨慧茹,马玉寿,施建军. 黑土混播人工草地种间竞争力的研究[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2010, 40(5): 1-3.
- [11] 陈功,贺兰芳. 多年生禾草混播草地初级生产力及群落动态研究[J]. 草业学报, 2004, 13(4): 45-49.