

## 高寒地区不同建植期人工草地 群落垂直结构和生产力变化的研究

王长庭<sup>1,2</sup>, 龙瑞军<sup>1,3\*</sup>, 施建军<sup>4</sup>, 丁路明<sup>1</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;  
3. 甘肃农业大学草业学院, 甘肃 兰州 730070; 4. 青海畜牧兽医科学院草原研究所, 青海 西宁 810003)

**摘要:**对高寒地区不同建植期人工草地群落垂直结构和生产力的变化研究结果表明:(1)随着人工草地建植时间的延长,人工草地垂穗披碱草高度异质性逐渐减小。(2)不同建植期(1999、1998、1997年建植)人工草地垂穗披碱草和群落平均地上生物量均主要分布在 0~20cm 冠层中,约占平均地上生物量的 61.03%、90.64%、84.55%和 67.47%、92.54%、86.08%。(3)不同建植期(1999、1998、1997年建植)人工草地群落平均地下生物量均主要分布在 0~10cm 土层中,约占地下总生物量的 85.97%、81.73%和 78.47%。(4)建植的人工草地如果其组分单一,即物种的丰富度很低时,均匀度增加,物种对环境资源的竞争力和利用率提高,导致土壤资源库中某些营养成分缺乏,草地群落初级生产力因此而降低。

**关键词:**人工草地;垂直结构;生产力;高寒地区

**中图分类号:** S812 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6311(2005)05-0016-06

**Study on the Change of Vertical Structure and Productivity of Artificial Grassland Community Sowed in Different Year in Alpine Area.** WANG Chang-ting<sup>1</sup>, LONG Rui-jun<sup>1,3\*</sup>, SHI Jian-jun<sup>4</sup>, DING Lu-ming<sup>1</sup> (1. Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China; 3. Grassland Science College of Gansu Agriculture University, Lanzhou 730070, China; 4. Qinghai Academy of Animal and Veterinary Sciences, Xining 810003, China): *Grassland of China*, No. 5, 2005, pp. 16~21.

**Abstract:** The change of vertical structure and productivity of artificial grassland community sowed in different year in alpine area was studied. The research results indicated: (1) the heterogeneity of plant height of *Elymus nutans* in artificial grasslands would gradually de-

\*通讯作者

收稿日期: 2005-05-11; 修回日期: 2005-07-04

基金项目: 国家自然科学基金(30371021); 中国科学院“百人计划”项目支持

作者简介: 王长庭(1969-), 男, 青海湟源人, 博士研究生, 畜牧师, 主要从事恢复生态和反刍动物营养方面的研究。

crease with the time prolonging of artificial grassland. (2) the average above-ground biomass of *Elymus nutans* in artificial grassland and community was distributed in the 0 ~ 20 cm of upper straw stratum in different sowing years(sowed in 1999, 1998, 1997), it accounted for 61.03%, 90.64%, 84.55%, and 67.47%, 92.54%, 86.08% of average above-ground biomass, respectively. (3) the average under-ground biomass of artificial grassland of community were main distributed in the 0 ~ 10cm of soil layers in different sowing years(sowed in 1999, 1998, 1997), it accounted for 85.97%, 81.73%, 78.47% of average below-ground biomass respectively. (4) if there were few species in artificial grassland, that is, species evenness would increase when species richness is lower in the plant community, the competition ability and utilization rate of species on environment resources would be enhanced resulting in lack of some nutrient components in soil resources store. This is the reason that the primary productivity of artificial grassland community were gradually decreased.

**Key words:** Artificial grassland; Vertical structure; Productivity; Alpine area

近年来人工草地种植比例逐年增加,但现有人工草地种类单一,结构不合理,制约了草地效益的最大发挥。同时,在生产实践中发现,这种草地普遍存在建植3~5年后急速退化的现象<sup>[2]</sup>。为此,我们于2002年对不同建植期人工草地的结构特征和生产力的变化进行了调查和研究,以期获得如何防止该类草地退化以及已退化草地恢复的基础数据,对该地区草地的恢复和重建提供依据。

## 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达日县的窝赛乡,东经 99°7'38"、北纬 33°37'21",海拔高度 4100m,年平均气温 -1.3,最高和最低气温分别是 24.6 和 -34.5,年平均降雨量是 569mm,年蒸发量 1119.07mm,无绝对无霜期。

### 1.2 群落调查与取样

试验样地为 1997年、1998年和 1999年建植的多年生垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)单播草地。草地总面积约为 2000m<sup>2</sup>,草地在每年的 9月至翌年的 5月做冬春季放牧草场利

用。在 3龄草地(1999年建植)、4龄草地(1998年建植)和 5龄草地(1997年建植),9月中旬植物生长末期以 0.5 m × 0.5 m的样方 5个随机取样,地上生物量测定采用收获法齐地面分层(0 ~ 10 cm、10 ~ 20 cm、20 ~ 30 cm、30 ~ 40 cm、40 ~ 50 cm、50 ~ 60 cm、60 ~ 70 cm)剪割称鲜重,且分成茎、叶、穗、枯草、杂类草和其它禾草后在 65 烘箱内烘干称干重。同步测定垂穗披碱草高度,即随机选择 10个样点,各样点中随机取 20株测自然高度,取平均值。

采用 0.25 m × 0.25 m样方,分层(0 ~ 10 cm、10 ~ 20 cm、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 80 的烘箱内烘干至恒重并称重。

### 1.3 多样性指数的计算<sup>[3]</sup>

植物高度的多样性用 Shannon - Weiner 指数计算:

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

其中, H 为植物的多样性指数; P<sub>i</sub> 为植物的相对高度。

### 1.4 统计分析

采用 SPSS软件包的相关分析、逐步回归分析模块对实验数据进行了统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同建植期人工草地群落垂穗披碱草高度的变化

草地植被的特征能够通过植被结构和功能两个方面体现。在草地的实际利用与管理过程中,最简单而常用的参数是植被或植物的高度与密度,特别是高度可以作为草地草群的表面特征参数<sup>[4]</sup>。随着人工草地建植时间的延长,人工草地群落垂穗披碱草高度多样性逐渐减小,3龄、4龄、5龄草地的高度多样性分别为 4.1273、3.1245、2.7998。垂穗披碱草高度多样性越小,在人工草地群落中所占的比例就越小。

### 2.2 不同建植期人工草地群落垂直结构特征的变化

不同的建植期,人工草地群落所表现出的垂直结构也不尽相同(表1)。3龄草地层次分化明显,垂穗披碱草顶层最高可达70cm,而少数杂类草多不均匀分布在0~10cm层中,因而构成了明显的层次。4龄和5龄草地层次分化相对不明显,垂穗披碱草顶层最高达40cm,杂类草种类较多,分布在20~30cm层中,不能构成明显的层次。3龄草地分布在0~10cm、10~20cm层中的杂类草明显少于4龄和5龄草地( $p < 0.05$ ),3龄草地分布在0~30cm层中的垂穗披碱草茎、叶、穗和其它禾草均明显高于4龄和5龄草地( $p < 0.05$ )。这种结构可以从地上生物量的垂直分布规律中(图1)得到进一步证实。

### 2.3 不同建植期人工草地群落地上生物量的变化

不同建植期(1999、1998、1997年建植)人工草地垂穗披碱草和群落平均地上生物量(图1)均主要分布在0~20cm冠层中,约占

平均地上生物量的61.03%、90.64%、84.55%和67.47%、92.54%、86.08%。20cm以上冠层中垂穗披碱草生物量和群落平均地上生物量约占平均地上生物量的38.97%、9.36%、15.45%和32.53%、7.46%、13.92%。

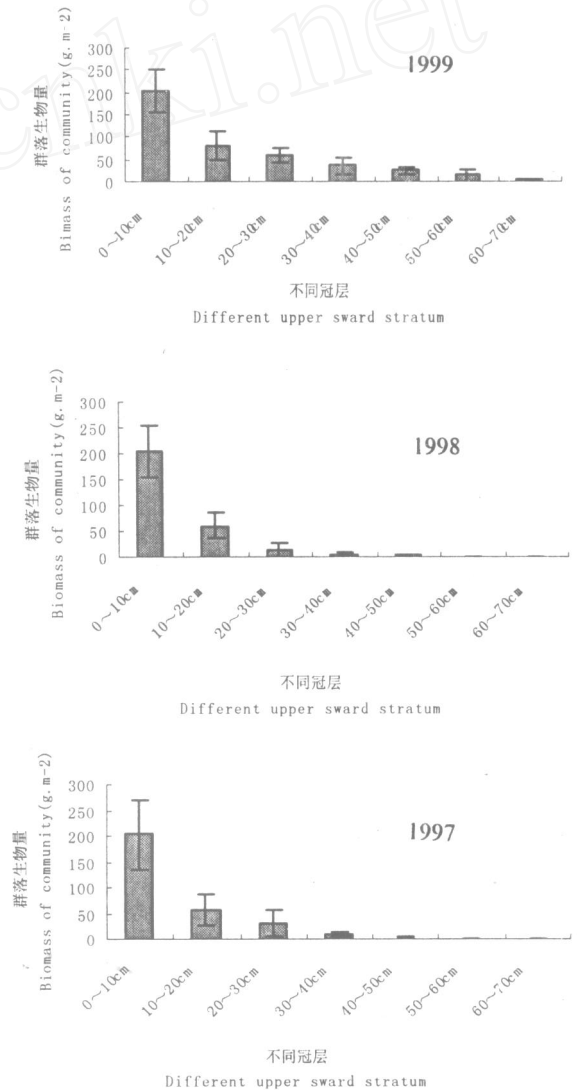


图1 不同建植期人工草地群落平均地上生物量的垂直分布  
Fig 1 The vertical distribution on average above-ground biomass of community of artificial grassland sowed in different years

表 1 不同建植期人工草地群落垂直结构的变化

Table 1 The changes of the vertical structure of community on artificial grasslands sowed in different years

高度 Height (cm)	项目 Item	3龄草地 (1999年建植) Third - year grassland (cultivated in 1999)	4龄草地 (1998年建植) Forth - year grassland (cultivated in 1998)	5龄草地 (1997年建植) Firth - year grassland (cultivated in 1997)
0 ~ 10cm				
	茎 (%)	73.08 ±7.38 <sup>a</sup>	42.39 ±6.44 <sup>b</sup>	30.77 ±4.84 <sup>c</sup>
	叶 (%)	68.58 ±4.97 <sup>a</sup>	37.03 ±7.20 <sup>b</sup>	25.58 ±7.97 <sup>c</sup>
	穗 (%)	1.34 ±0.71 <sup>a</sup>	0.97 ±0.14 <sup>b</sup>	0.77 ±0.58 <sup>b</sup>
	杂类草 (%)	7.41 ±2.36 <sup>b</sup>	10.38 ±3.96 <sup>a</sup>	12.02 ±3.26 <sup>a</sup>
	其它禾草 (%)	2.72 ±1.57 <sup>a</sup>	1.05 ±0.94 <sup>b</sup>	0.56 ±0.22 <sup>b</sup>
10 ~ 20 cm				
	茎 (%)	75.09 ±4.02 <sup>a</sup>	53.21 ±6.71 <sup>b</sup>	44.10 ±1.96 <sup>c</sup>
	叶 (%)	46.51 ±5.15 <sup>a</sup>	25.03 ±16.22 <sup>b</sup>	22.37 ±3.57 <sup>b</sup>
	穗 (%)	21.75 ±16.09 <sup>a</sup>	9.39 ±3.26 <sup>b</sup>	7.54 ±2.07 <sup>b</sup>
	杂类草 (%)	0.79 ±0.45 <sup>b</sup>	3.78 ±0.24 <sup>a</sup>	4.31 ±2.66 <sup>a</sup>
	其它禾草 (%)	1.70 ±0.76	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
20 ~ 30 cm				
	茎 (%)	67.97 ±5.32 <sup>a</sup>	29.62 ±14.52 <sup>c</sup>	36.54 ±4.84 <sup>b</sup>
	叶 (%)	12.38 ±5.96 <sup>a</sup>	11.05 ±3.53 <sup>a</sup>	12.95 ±7.90 <sup>a</sup>
	穗 (%)	66.33 ±16.93 <sup>a</sup>	19.65 ±6.90 <sup>b</sup>	20.51 ±6.75 <sup>b</sup>
	杂类草 (%)	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.50 ±0.29
	其它禾草 (%)	1.09 ±0.63	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
30 ~ 40 cm				
	茎 (%)	33.11 ±18.15 <sup>a</sup>	11.02 ±2.70 <sup>b</sup>	8.80 ±5.61 <sup>b</sup>
	叶 (%)	7.45 ±3.08 <sup>a</sup>	4.09 ±2.36 <sup>b</sup>	6.00 ±3.46 <sup>a</sup>
	穗 (%)	89.83 ±10.95 <sup>a</sup>	66.98 ±11.04 <sup>b</sup>	59.44 ±21.06 <sup>c</sup>
	杂类草 (%)	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
	其它禾草 (%)	0.52 ±0.89	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
40 ~ 50 cm				
	茎 (%)	8.75 ±5.58	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
	叶 (%)	1.37 ±0.52	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
	穗 (%)	89.88 ±6.91	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
	杂类草 (%)	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
	其它禾草 (%)	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
50 ~ 60 cm				
	茎 (%)	3.45 ±0.84	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
	叶 (%)	0.51 ±0.12	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
	穗 (%)	96.04 ±3.56	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
	杂类草 (%)	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
	其它禾草 (%)	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
60 ~ 70 cm				
	茎 (%)	3.57 ±0.23	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
	叶 (%)	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
	穗 (%)	96.43 ±0.98	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
	杂类草 (%)	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
	其它禾草 (%)	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00

注:表中数据为平均值 ±标准误,同一行中具有相同字母的处理没有达到显著性差异 (p > 0.05)。

## 2.4 不同建植期人工草地群落地下生物量的变化

不同建植期(1999、1998、1997年建植)人工草地群落平均地下生物量(图2)均主要分布在0~10cm土层中,约占地下总生物量的85.97%、81.73%和78.47%,高海拔地区植物群落拥有比较大的地下生物量也是一种对高寒环境适应的结果。

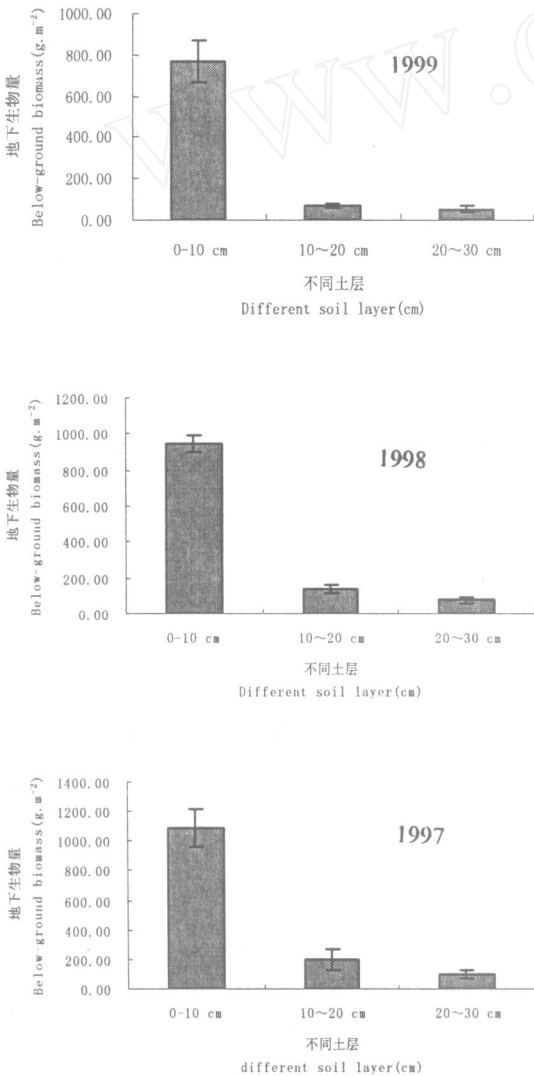


图2 不同建植期人工草地群落平均地下生物量的垂直分布  
Fig 2 The vertical distribution on average below-ground biomass of community of artificial grassland sowed in different years

## 3 结论与讨论

从草地植被的总体来看,放牧使草地植物高度的异质性提高<sup>[4]</sup>。优良多年生禾草单播草地虽然在播种后的第二、第三年有数倍于天然草地的产量,但从第四年开始便有大量毒杂草入侵,产量大幅度下降,使草地质量变劣,不利于生态环境建设<sup>[5]</sup>。随着人工草地建植时间的延长,人工草地垂穗披碱草群落高度异质性逐渐减小。虽然家畜的啃食能够降低草地植物的高度,但在自然群落中组成植物群落的物种多样性较高,加之家畜对植物的喜食程度有差异,所以家畜采食后草地植物群落中植物高度的降低程度并不一致,从而引起草地植物高度的异质性变化。然而,在人工草地群落中垂穗披碱草的盖度在80%以上,放牧家畜对植物的选择性降低,重复利用的机率增加,加之对人工草地缺乏管理,长期以往,人工草地土壤中资源的输出大于输入,垂穗披碱草由于资源的不足而逐渐失去其在生态位上的优势,进而被其它入侵的物种所取代。董全民等<sup>[6]</sup>认为,随着放牧率的增加,2龄混播禾草草地(垂穗披碱草+星星草)其总的地上净初级生产量和垂穗披碱草地上净初级生产量对放牧率的变化很敏感,且随着放牧率的增加,地上现存量 and 总地上初级生产量的峰值下降,达到峰值的时间提前。

从垂穗披碱草和群落地上生物量与地下生物量的垂直分布中可以看出,垂穗披碱草和群落的生物量、高度随着种植年限的增加而降低,说明垂穗披碱草高度多样性越小,在人工草地群落中的垂穗披碱草所占的比例就越小,而毒杂草的比例增加。人工草地植物群落结构变化,即群落盖度、植株高度、高度多样性降低以及可食牧草比例减小,其初级生产力降低。

植物种间竞争归根到底是植物群落各组

分对环境资源的竞争。不同植物的竞争力大小就是它们对相同环境资源的利用能力大小<sup>[8]</sup>。物种间对环境资源的竞争力大小取决于它们的生态位重叠程度<sup>[9]</sup>。如果建植的人工草地其组分单一,即物种的丰富度很低,均匀度增加,垂穗披碱草的生态位变宽,其对环境资源的竞争力和利用率提高,导致土壤资源库中某些营养成分缺乏,草地群落初级生产力因此而降低。而此时适应于这种环境条件下生长的物种大量侵入,物种丰富度增大,垂穗披碱草的生态位变窄,不同的物种都参与到环境资源的竞争中,群落物种的均匀度减小,草地群落初级生产力进一步降低。这可能是单一人工草地从第四年开始逐渐退化的真正原因。

#### 参考文献:

- [1] 纪亚君,刘迎春.浅谈青海省高寒牧区人工草地的利用[J].青海草业,2002,11(3):17-19.
- [2] 张耀生,赵新全.高寒牧区中华羊茅人工草地退化交替的数量特征研究[J].应用生态学报,2002,13(3):285-289.
- [3] 马克平,刘玉明.生物群落多样性的测度方法 I a 多样性的测度方法(上)[J].生物多样性,1994,2:231-239.
- [4] 王得利,滕星,王涌鑫,程志茹.放牧条件下人工草地植物高度的变化[J].东北师大学报自然科学版,2003,35(1):102-109.
- [5] 王刚,蒋文兰.人工草地种群生态学研究[M].兰州:甘肃科学技术出版社,1998.
- [6] 董全民,赵新全,马玉寿,代勇,李有福.牦牛放牧率对江河源区混播禾草地上初级生产量及种间竞争力的影响[J].中国草地,2005,27(2):1-8.
- [7] 董世魁,胡自治.高寒地区多年生禾草混播草地群落稳定性及其调控机制研究[J].草原与草坪,2001,(3):3-8.
- [8] Bazzaz F A. Plant-plant interaction in successional environment[C]. Grance J B, Tileman D. Perspective on plant competition[C]. USA: San Diego, California, Academic Press, 1990.
- [9] Morris E C, Myerscough P J. Self-thinning and competition intensity over a gradient of nutrient availability [J]. Journal of Ecology, 1991, 79: 903-923.
- [10] Abrans R. Some comments on measuring niche overlap [J]. Ecology, 1980, 61: 44-49.

## 牧草遗传资源收集、保存、评价及利用研讨会召开

中国草学会牧草遗传资源专业委员会第二届理事会,2005年8月22~27日在内蒙古召开“牧草遗传资源收集、保存、评价及利用研讨会”,共有来自全国13个省(市、自治区)25个科研、教学等单位从事牧草遗传资源研究及其相关研究的专家、学者和中国农业科学院草原研究所的领导及有关研究室、中心的负责人近70人参加了开幕大会。会议在中国农业科学院草原研究所举行,中国草学会牧草遗传资源专业委员会第二届理事会理事长徐柱研究员主持开幕大会,中国农业科学院草原研究所党委书记苏和研究员致开幕词,热烈祝贺会议圆满召开,向前来参加会议的代表致以良好祝愿;中国草学会理事长云锦凤教授在开幕会上也讲了话,并自始至终参加会议。本次会议是中国草学会牧草遗传资源专业委员会第二届理事会第二次会议,主题是“牧草遗传资源保护与持续利用”,内容包括两天的学术报告大会和专题交流大会,三天的野外科学考察。在学术报告大会上,内蒙古大学刘钟龄教授作了“草原生态多样性和文化多样性的讨论”、“草原退化演替与恢复演替实验监测和机制的讨论”的报告;内蒙古大学雍世鹏教授报告了“论阴山山脉生物多样性的特征及其保护途径”;中国农业科学院畜牧研究所苏加楷研究员就“国外牧草种质资源的引种”作了报告;中国农业科学院草原研究所蒋尤泉研究员则以“苜蓿属植物遗传资源收集、研究和利用的问题与建议”为题进行了报告。徐柱、卢小良、戎郁萍、颜红波等就各自的研究工作在专题交流会上作了汇报。会议期间,还组织与会人员参观了中国农业科学院草原研究所呼和浩特试验场牧草种子育苗基地和牧草种质资源圃,给代表们留下了深刻的印象。8月25~27日,代表们还对锡林郭勒草原及锡林郭勒盟太仆寺旗中国农业科学院草原所牧草种质资源评价基地进行了考察。

(中国农业科学院草原研究所科技信息中心 刘天明)