

保护播种对高寒区放牧型混播草地草产量和品质的影响

汪鹏斌,马晓东,宋美娟,徐长林,鱼小军

(甘肃农业大学草业学院,草业生态系统教育部重点实验室,甘肃省草业工程实验室,中-美草地畜牧业可持续发展研究中心,甘肃 兰州 730070)

摘要:保护播种作为一种退化草地管理措施,对提高多年生人工草地覆盖度,解决建植当年产草量低及冬春季节饲草不足的矛盾具有重要意义。本试验采用4播种比例2草种作为保护播种,无保护播种为对照研究保护播种对放牧型混播草地草产量和品质影响。结果表明,燕麦(*Avena sativa*)和多花黑麦草(*Lolium multiflorum*)单播量的20%,30%,40%和50%对放牧型草地保护播种,前2年总干草产量较对照均有显著增加,播种多花黑麦草总干草产量较对照增加126%、161%、157%和144%,播种燕麦较对照增加223%、222%、254%和274%。保护播种后牧草粗蛋白含量也有所提高,20%、30%和40%多花黑麦草处理粗蛋白含量较对照分别增加11%、1%和7%。燕麦保护播种处理粗蛋白产量高于多花黑麦草,但燕麦对多年生牧草的生长影响大于多花黑麦草。综上,多花黑麦草单播量的30%为放牧型混播草地最佳保护草种及比例。

关键词:高寒区;保护播种;草产量;品质;放牧型草地

中图分类号:S812 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2022)04-0091-09

DOI:10.13817/j.cnki.cycp.2022.04.012



三江源位于青海省南部,是长江、黄河、澜沧江的发源地,素有“江河源”之称,具有重要的水源涵养功能^[1]。在自然条件变化和人为因素干扰下,三江源区高寒草地生态环境严重恶化^[2],形成了大面积的鼠荒地,使青藏高原高寒草地面临着严峻的挑战,严重制约了当地畜牧业的持续发展,对生态安全也带来了一定的威胁^[3]。建植人工草地不仅能增加草地的覆盖度,还能为家畜提供优质高产的饲草料^[5],是解决高寒草地生态环境恶化的有效途径之一,也有利于推动草地畜牧业向现代高效畜牧业的转型^[6]。重建草地用作放牧时,要将家畜营养要求、采食行为和植被生态综

合为一体,从而达到后期有效管理的目的,对人工草地具有较大的影响^[7]。保护播种作为一种栽培管理措施,对提高多年生人工草地覆盖度,解决建植当年产草量低及冬春季节饲草不足的矛盾具有重要意义,在饲草生产方面已有研究^[9]。

目前对高寒区放牧型人工草地建植的研究,主要侧重品种搭配、混播比例及种植方式对草地建植方法的影响^[11],而关于保护播种对放牧型混播草地的影响鲜有报道。本试验通过2草种4比例研究保护播种对多年生放牧型混播草地产草量及品质的影响,筛选高寒区建植放牧型多年生混播草地的最佳保护草种及比例,为三江源区多年生放牧型混播草地的建植提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

试验点设在青海省果洛藏族自治州玛沁县大武镇,阿尼玛卿雪山东南,地理位置N 32°31'~35°37',

收稿日期:2021-05-06; 修回日期:2021-06-07

基金项目:青海省重点研发与转化计划(2019-HZ-815)

作者简介:汪鹏斌(1994-),女,甘肃定西人,硕士研究生。

E-mail:1761984892@qq.com

鱼小军为通信作者。

E-mail:yuxj@gsau.edu.cn

E 96° 54' ~101° 5', 海拔 3 700 m, 年平均气温 -0.6 °C, 属高原大陆性气候, 年均降水量 443 mm, 平均蒸发量 1 462.4 mm。该区域原生植被主要为高寒嵩草草甸, 主要优势植物有矮生嵩草 (*Kobresia humilis*), 伴生种有高山嵩草 (*K. pygmaea*)、垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)、短穗兔耳草 (*Lagotis brachystachya*) 等。选取优势种基本消失的鼠荒地作为试验地。土壤为高山草甸土, 土壤 pH 值 6.4~8.3, 全氮含量 3.7~12.3 g/kg, 全磷含量 0.5~0.8 g/kg, 全钾含量 15.7~22.1 g/kg, 土壤有机质含量为 40~140 g/kg。

1.2 试验设计

2019年6月5日进行试验。保护草种为燕麦 (*Avena sativa*) 和多花黑麦草 (*Lolium perenne*), 保护草种播量分别设单播量的 20%、30%、40% 和 50% 进

行试验, 以无保护播种为对照, 共 8 个处理 (表 1), 各处理重复 3 次, 每个小区面积为 15 m² (3 m × 5 m), 小区间隔 50 cm, 随机区组排列。将鼠荒地翻耕耙平后播种, 条播, 行距为 20 cm。混播草地由垂穗披碱草和草地早熟禾 (*Poa pratensis*) 组成。理论播种量参考青海建植人工草地的地方标准^[12] (垂穗披碱草为 15 kg/hm²、草地早熟禾 8 kg/hm², 燕麦为 225 kg/hm², 多花黑麦草 22.5 kg/hm²)。播种前对所有的供试草种进行发芽处理, 在理论播种量的基础上, 根据试验草种的发芽率确定实际播种量 (表 1)。燕麦和多花黑麦草种子来源于甘肃绿源种子公司, 草地早熟禾来源于青海省海南州同德县省牧草良种繁殖场, 垂穗披碱草来源于果洛州草原工作站。

表 1 多年生人工草地的组合及播种量

Table 1 Combination and seeding rate of perennial artificial grassland

草种组合	保护草种占比	保护草种实际播种量/ (kg·hm ⁻²)
垂穗披碱草+草地早熟禾+燕麦	20% 燕麦	62.50
	30% 燕麦	93.75
	40% 燕麦	120.01
	50% 燕麦	156.26
垂穗披碱草+草地早熟禾+多花黑麦草	20% 多花黑麦草	4.95
	30% 多花黑麦草	7.42
	40% 多花黑麦草	9.89
	50% 多花黑麦草	12.36
垂穗披碱草+草地早熟禾	—	23.07 + 13.33

1.3 测定内容与方法

在保护草种抽穗期将其刈割, 并于 2019 年 8 月下旬及 2020 年 8 月下旬共取样两次。

相对密度: 在小区内随机设 2 条 0.5 m 的样段, 记录样方内每种牧草的相对密度。

高度: 用钢卷尺从地面测量多年生牧草和杂草的自然高度。

产量: 牧草生长旺盛期, 在小区内沿对角线随机设 2 条 0.5 m 的样段, 留茬高度 3~5 cm 刈割取样, 立即称鲜重。

样品采集及处理: 将测产的草样带回实验室, 在 105 °C 杀青 30 min, 65 °C 烘干至恒重, 留样粉碎过 1 mm 和 0.45 mm 筛, 室温下保存待测。

牧草营养成分测定: 粗蛋白 (crude protein, CP) 含量测定采用凯氏微量定氮法 (GB6432-94), 中性洗涤

纤维 (neutral detergent fibre, NDF) 和酸性洗涤纤维 (acid detergent fibre, ADF) 含量的测定采用 Van soest 纤维分析法, 可溶性糖 (soluble sugar, SS) 含量采用蒽酮法^[13]测定。相对饲喂价值 (RFV) 根据 NDF 和 ADF 的含量采用以下公式计算^[14]。

$$\text{RFV} (\%) = (88.9 - 0.779 \times \text{ADF}) \times (120 / \text{NDF}) / 1.29$$

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2013 绘制柱形图, 采用主成分分析 (在 R3.6.1 中的 FactoMineR 程序包中进行) 筛选出主要指标, 为后期综合评价做准备。Topsis 法^[15] 计算得出综合评价值。SPSS 19.0 统计软件对原始数据进行单因素方差分析 Duncan 法比较各处理间的差异显著性。试验数据用平均值 ± 标准误表示。

2 结果与分析

2.1 保护播种对放牧型混播草地多年生牧草产量和品质的影响

2.1.1 株高和相对密度 建植当年,多花黑麦草单播量的 50% 处理垂穗披碱草株高最高,同时保护播种处理垂穗披碱草的株高高于对照,且差异显著($P < 0.05$),保护播种有效提高了一龄垂穗披碱草的株高;播种多花黑麦草处理多年生牧草株高高于播种燕麦处理,相较于对照,播种多花黑麦草单播量的 30% 处理草地早熟禾的株高最高,且差异显著($P < 0.05$)。建植第 2 年,两种多年生牧草的株高对照显著高于保

护播种处理($P < 0.05$)。播种多花黑麦草处理二龄垂穗披碱草的株高均高于播种燕麦处理(表 2)。

建植当年,垂穗披碱草和草地早熟禾的相对密度表现为对照均高于保护播种,垂穗披碱草相对密度除多花黑麦草单播量的 30% 处理外,对照显著高于其他保护播种处理($P < 0.05$),草地早熟禾相对密度对照与保护播种处理间差异不显著($P > 0.05$);建植第二年时,垂穗披碱草的相对密度对照显著高于多花黑麦草单播量的 40% 和 50% 及播种燕麦处理($P < 0.05$),草地早熟禾的相对密度表现为对照显著高于保护播种处理($P < 0.05$)(表 2)。

表 2 保护播种下多年生牧草株高和相对密度

Table 2 Effect of protected seeding on plant height and relative density of perennial forage

处理	株高/cm				相对密度/%			
	一龄牧草		二龄牧草		一龄牧草		二龄牧草	
	EN	PP	EN	PP	EN	PP	EN	PP
CK	10.3±0.7 ^c	4.3±0.9 ^{bc}	96.3±1.5 ^a	64.0±2.1 ^a	81.0±1.5 ^a	44.3±1.8 ^a	93.0±1.2 ^a	54.0±2.5 ^a
20%LM	14.7±1.2 ^b	4.3±0.3 ^{bc}	73.0±2.1 ^c	49.0±2.1 ^b	72.0±2.3 ^b	41.3±0.9 ^{ab}	86.7±0.3 ^{ab}	38.7±0.7 ^c
30%LM	19.7±1.3 ^a	8.7±0.9 ^a	89.3±2.0 ^b	41.0±1.7 ^{cd}	76.7±1.2 ^{ab}	43.7±2.2 ^a	89.3±2.0 ^{ab}	47.7±2.3 ^b
40%LM	19.3±2.0 ^a	6.7±1.2 ^{ab}	64.3±3.2 ^d	31.7±2.0 ^f	64.3±2.2 ^c	37.3±1.2 ^{abc}	84.0±1.0 ^{bc}	36.7±1.8 ^{cd}
50%LM	22.0±0.6 ^a	8.0±0.6 ^a	34.3±2.3 ^e	33.0±1.5 ^{ef}	61.7±2.3 ^{cd}	34.0±1.5 ^{bc}	79.0±1.2 ^{cd}	34.7±1.8 ^{cd}
20%AS	14.3±0.7 ^b	4.0±0.6 ^c	33.0±2.9 ^e	37.3±1.2 ^{def}	62.7±2.0 ^{cd}	38.3±3.2 ^{abc}	74.7±2.4 ^{de}	32.0±1.2 ^{de}
30%AS	13.3±1.8 ^{bc}	4.3±0.9 ^{bc}	28.3±0.9 ^e	44.7±2.3 ^{bc}	58.0±1.7 ^{de}	36.0±3.8 ^{bc}	70.0±5.1 ^e	32.7±1.5 ^{de}
40%AS	15.3±0.9 ^b	3.7±0.9 ^c	29.7±1.2 ^e	38.3±1.2 ^{de}	53.0±1.5 ^{ef}	34.7±2.9 ^{bc}	74.7±1.9 ^{de}	33.3±1.3 ^{cd}
50%AS	12.0±0.6 ^{bc}	5.0±0.6 ^{bc}	28.7±0.7 ^e	34.7±1.8 ^{ef}	52.0±1.5 ^f	32.3±0.9 ^c	72.0±1.0 ^{de}	30.7±1.7 ^e

注:EN指垂穗披碱草,PP指草地早熟禾,AS指燕麦,LM指多花黑麦草。同列不同小写字母表示不同保护草种处理间显著水平($P=0.05$)。下同

2.1.2 分蘖数 随着保护播种比例的增加,牧草分蘖数均呈逐渐下降趋势,对照垂穗披碱草和草地早熟禾分蘖均最高,除多花黑麦草单播量的 20% 外,与其他保护播种比例差异显著($P < 0.05$)。相较于播种燕麦,播种多花黑麦草有利于多年生牧草的分蘖(图 1)。

2.1.3 干草产量 播种不同比例的燕麦和多花黑麦草对多年生放牧型混播草地干草产量的影响不相同(图 2)。建植两年的多年生混播草地多年生牧草,随着播种比例的增加,两年干草产量基本呈逐渐下降趋势。建植两年混播草地多年生牧草的干草产量均表现为对照最高,多花黑麦草单播量的 30% 处理仅次于

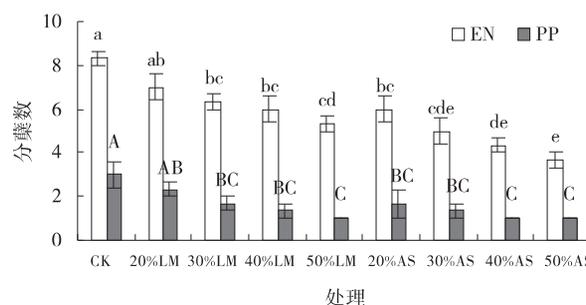


图 1 保护播种处理下多年生放牧型混播草地牧草分蘖数
Fig. 1 The effect of conservation seeding on the number of tillers in the mixed-sown perennial grazing grassland

注:EN指垂穗披碱草,PP指草地早熟禾,AS指燕麦,LM指多花黑麦草。不同小写字母表示垂穗披碱草不同播种比例间显著水平,不同大写字母表示草地早熟禾不同播种比例间显著水平($P=0.05$)

对照,且与多花黑麦草单播量的20%、40%和50%及播种燕麦处理差异显著($P<0.05$)。相较于播种燕麦,播种多花黑麦草有利于提高多年生混播草地干草产量。

2.1.4 粗蛋白含量及产量 建植两年的混播草地,粗蛋白含量变化基本一致,两年的粗蛋白含量均表现

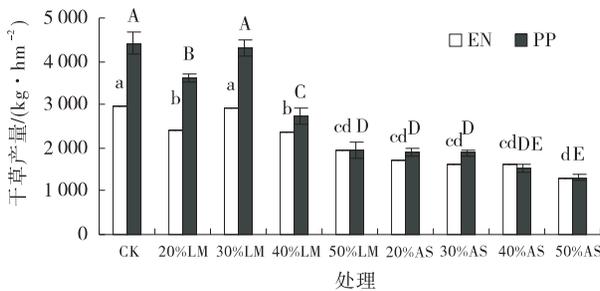


图2 保护播种处理下多年生放牧型混播草地干草产量

Fig. 2 The effect of protected seeding on the hay yield of perennial grazing mixed grassland

注:AS指燕麦,LM指多花黑麦草,不同小写字母表示建植当年不同播种比例间显著水平,不同大写字母表示建植第二年不同播种比例间显著水平($P=0.05$)

为对照低于保护播种,且差异显著($P<0.05$),燕麦单播量的20%处理粗蛋白含量最高(图3)。

保护播种对多年生混播草地多年生牧草粗蛋白产量的影响也不尽相同。两年的粗蛋白产量变化基本一致,多花黑麦草单播量的30%处理粗蛋白产量最高,两年均显著高于对照及其他保护播种处理($P<0.05$)。随着保护播种比例的增加,多年生牧草粗蛋白产量基本呈逐渐下降趋势。播种多花黑麦草处理多年生牧草粗蛋白产量高于播种燕麦处理。

2.1.5 可溶性糖含量 一龄多年生牧草可溶性糖含量高于二龄牧草。建植当年,多花黑麦草单播量的40%处理明显提高了多年生牧草可溶性糖含量,显著高于对照及其他保护播种比例($P<0.05$)。建植第2年,保护播种对多年生牧草可溶性糖含量影响不大,多花黑麦草单播量的40%和50%处理牧草的可溶性糖含量略高于对照及其他保护播种处理,但差异不显著($P>0.05$)(表3)。

表3 保护播种处理下多年生放牧型混播草地牧草粗蛋白及可溶性糖含量

Table 3 The effect of protected seeding on the crude protein and soluble sugar of perennial grazing mixed grassland

处理	粗蛋白含量/%		粗蛋白产量/(kg · hm ⁻²)		可溶性糖含量/%	
	一龄牧草	二龄牧草	一龄牧草	二龄牧草	一龄牧草	二龄牧草
CK	6.9 ± 0.2 ^c	5.8 ± 0.3 ^d	204.1 ± 8.6 ^b	254.3 ± 17.5 ^b	20.0 ± 0.9 ^{bc}	9.9 ± 0.4 ^a
20%LM	9.4 ± 0.2 ^c	7.4 ± 0.2 ^c	228.3 ± 27.5 ^b	268.7 ± 12.3 ^b	18.2 ± 0.4 ^c	9.8 ± 0.6 ^a
30%LM	10.3 ± 0.3 ^b	8.5 ± 0.3 ^b	302.6 ± 4.8 ^a	367.2 ± 20 ^a	18.7 ± 0.2 ^{bc}	10.7 ± 0.2 ^a
40%LM	9.7 ± 0.2 ^c	7.6 ± 0.3 ^c	230.8 ± 19.4 ^b	205.7 ± 18.1 ^c	26.3 ± 0.3 ^a	11.9 ± 0.3 ^a
50%LM	9.0 ± 0.2 ^{cd}	7.2 ± 0.3 ^c	176.4 ± 8.7 ^{bc}	140.1 ± 8.2 ^d	17.9 ± 0.3 ^c	11.8 ± 0.3 ^a
20%AS	12.1 ± 0.3 ^a	11.1 ± 0.4 ^a	208.1 ± 28.1 ^{ab}	210.9 ± 18.6 ^c	18.6 ± 0.5 ^{bc}	11.6 ± 0.4 ^a
30%AS	8.6 ± 0.2 ^d	7.8 ± 0.4 ^{bc}	137.0 ± 8.0 ^c	146.5 ± 11.8 ^d	20.8 ± 0.5 ^b	6.6 ± 0.2 ^b
40%AS	8.4 ± 0.2 ^d	11.1 ± 0.4 ^a	134.5 ± 12.8 ^{bc}	169.1 ± 7.5 ^{cd}	12.2 ± 0.1 ^e	9.7 ± 0.2 ^a
50%AS	8.5 ± 0.2 ^d	10.3 ± 0.4 ^a	109.6 ± 7.1 ^c	134.4 ± 1.1 ^d	14.7 ± 0.5 ^d	10.9 ± 0.5 ^a

2.1.6 纤维含量及相对饲喂价值 多年生草地建植当年,播种燕麦处理中性洗涤纤维含量显著高于播种多花黑麦草处理($P<0.05$),燕麦单播量的30%和40%处理中性洗涤纤维含量略高于对照,但差异不显著($P>0.05$)。建植第2年多年生牧草中性洗涤纤维含量以对照最高,且与播种多花黑麦草和燕麦处理差异显著($P<0.05$)。同时随着保护播种比例的增加,中性洗涤纤维含量有逐渐下降趋势(表4)。

保护播种对多年生牧草酸性洗涤纤维含量的影响也不尽相同。混播草地建植当年燕麦单播量的

40%处理酸性洗涤纤维含量最高,显著高于对照及其他保护播种处理($P<0.05$),多花黑麦草单播量的50%处理酸性洗涤纤维含量最低。建植第2年时对照酸性洗涤纤维显著高于多花黑麦草单播量的20%、30%和40%及燕麦单播量的50%处理($P<0.05$)。

建植两年的混播草地两多年生牧草相对饲喂价值均表现为保护播种处理高于对照,同时一龄牧草的相对饲喂价值略高于二龄牧草。建植当年,多花黑麦草单播量的30%处理相对饲喂价值高于对照、多花黑麦草单播量的40%及燕麦处理,且差异显著($P<$

0.05);略高于多花黑麦草单播量的 20% 和 50% 处理,但差异不显著($P>0.05$)。建植第 2 年的多年生混播草地牧草相对饲喂价值表现为燕麦单播量的 50%

处理最高,与对照、多花黑麦草单播量的 30% 和 50% 及燕麦单播量的 20% 和 30% 处理差异显著($P<0.05$),与其他保护播种处理差异不显著($P>0.05$)。

表 4 保护播种下放牧型混播草地纤维含量和相对饲喂价值

Table 4 The effect of conservation seeding on the fiber and relative feeding value of perennial grazing mixed grassland

处理	中性洗涤纤维含量/%		酸性洗涤纤维含量/%		相对饲喂价值/%	
	一龄牧草	二龄牧草	一龄牧草	二龄牧草	一龄牧草	二龄牧草
CK	66.4±0.9 ^{ab}	71.8±0.9 ^a	33.3±0.7 ^b	43.9±0.3 ^a	88.2±2.0 ^c	70.9±1.0 ^c
20%LM	58.6±0.5 ^d	68.3±1.2 ^{bc}	32.5±0.1 ^b	34.3±2.5 ^d	101.0±2.0 ^a	84.8±3.5 ^{ab}
30%LM	58.8±0.9 ^d	68.8±0.5 ^b	29.2±0.9 ^d	37.4±1.8 ^{cd}	104.7±2.6 ^a	80.8±2.5 ^b
40%LM	64.9±1.28 ^b	67.3±0.7 ^{bc}	29.7±0.6 ^{cd}	38.6±0.8 ^{bcd}	94.3±1.3 ^b	81.4±1.6 ^{ab}
50%LM	61.2±0.2 ^c	65.7±1.2 ^c	28.7±0.6 ^d	42.7±1.2 ^{ab}	101.1±0.5 ^a	78.9±2.8 ^b
20%AS	65.4±0.3 ^{ab}	66.5±0.6 ^{bc}	32.3±0.8 ^b	42.5±0.9 ^{ab}	90.6±1.0 ^{bc}	78.1±1.6 ^b
30%AS	67.3±0.9 ^a	68.7±0.7 ^b	31.6±0.8 ^{bc}	40.5±1.1 ^{abc}	88.8±1.7 ^c	77.7±0.6 ^b
40%AS	67.6±0.6 ^a	62.8±0.8 ^d	36.6±0.4 ^a	41.5±1.6 ^{abc}	83.1±1.1 ^d	83.8±2.6 ^{ab}
50%AS	64.2±0.3 ^b	62.2±0.5 ^d	33.9±0.6 ^b	38.4±1.0 ^{bcd}	90.6±0.4 ^{bc}	88.1±1.4 ^a

2.2 播种比例对保护草种的影响

2.2.1 相对密度和株高 多花黑麦草单播量的 50% 处理相对密度最高,显著高于燕麦单播量的 20% 和 30% 处理($P<0.05$)。保护草种株高的变化表现为燕麦高于多花黑麦草,且差异显著($P<0.05$);燕麦单播量的 40% 处理株高最高(表 5)。

2.2.2 干草产量 随着播种比例的增加,保护草种的干草产量逐渐增高,燕麦各比例处理均高于多花黑麦草,燕麦单播量的 50% 处理最高,显著高于多花黑麦草($P<0.05$),与各燕麦处理间无显著性差异($P>0.05$)(表 5)。

2.2.3 养分含量 多花黑麦草单播量的 30% 处理保

护草种的粗蛋白含量显著高于多花黑麦草单播量的 20% 和 40% 及燕麦单播量的 20% 和 40% 处理($P<0.05$);而粗蛋白产量和可溶性糖含量均表现为燕麦单播量的 50% 处理最高,且与其他播种比例差异显著($P<0.05$)(表 6)。

多花黑麦草单播量的 30% 处理保护草种中性洗涤纤维含量显著低于多花黑麦草单播量的 20%、40% 和 50% 及燕麦单播量 30% 处理($P<0.05$),酸性洗涤纤维含量显著低于多花黑麦草单播量的 40% 和 50% 及燕麦单播量的 30% 和 50% ($P<0.05$),而相对饲喂价值最高,且与多花黑麦草单播量的 20%、40% 和 50% 及燕麦单播量的 30% 处理($P<0.05$)(表 6)。

表 5 不同播种比例下两种保护草种农艺性状

Table 5 Changes in agronomic characteristics of the two protected grass species under different sowing ratios

处理	干草产量/(kg·hm ⁻²)	相对密度/%	株高/cm
20%LM	10721.2±198.6 ^d	91.7±3.5 ^{abc}	87.7±2.9 ^d
30%LM	12078.6±252.7 ^{cd}	91.3±1.2 ^{abc}	84.0±1.0 ^d
40%LM	13922±542.5 ^c	93.3±0.7 ^{ab}	86.0±2.3 ^d
50%LM	14195±490.6 ^c	96.0±0.2 ^a	90.3±2.2 ^d
20%AS	20267.9±660.2 ^b	87.3±2.3 ^c	113.3±3.8 ^{bc}
30%AS	20317.4±630.2 ^b	89.3±0.9 ^{bc}	115.7±4.7 ^b
40%AS	23027.4±1050.7 ^{ab}	93.7±1.2 ^{ab}	140.3±2.4 ^a
50%AS	25041±1977.3 ^{ab}	93.7±1.5 ^{ab}	106.0±1.5 ^c

注:AS指燕麦,LM指多花黑麦草。同列不同小写字母表示不同比例保护草种处理间显著水平($P=0.05$)。下同

表6 不同播种比例下保护草种养分含量

Table 6 Changes in nutrient content of protective grasses under different sowing ratios

处理	粗蛋白含量 /%	粗蛋白产量/ (kg·hm ⁻²)	可溶性糖/%	中性洗涤 纤维/%	酸性洗涤 纤维/%	相对饲喂 价值/%
20%LM	4.6±0.7 ^c	486.8±67.4 ^c	31.8±0.3 ^b	58.4±2.3 ^{bc}	29.0±1.1 ^{abc}	106.1±5.2 ^{de}
30%LM	6.1±0.3 ^a	741.6±44.2 ^{cd}	28.1±0.3 ^c	53.8±0.7 ^d	26.5±0.5 ^c	118.0±1.3 ^a
40%LM	4.5±0.2 ^c	618.1±17.0 ^{de}	28±0.5 ^c	58.5±0.8 ^{bc}	29.9±0.5 ^{ab}	104.4±1.9 ^{cde}
50%LM	6.0±0.4 ^{ab}	844.1±50.9 ^{bc}	27.7±0.3 ^c	62.3±0.8 ^a	30.3±1.8 ^{ab}	97.4±0.9 ^c
20%AS	4.7±0.3 ^{bc}	957.8±69.4 ^b	23±0.7 ^d	54.8±0.7 ^{cd}	27.5±0.4 ^{bc}	114.7±1.7 ^{ab}
30%AS	5.1±0.4 ^{abc}	1032.7±100.1 ^b	31.8±0.5 ^b	60.0±0.7 ^{ab}	29.9±1.5 ^{ab}	101.8±2.8 ^{de}
40%AS	4.2±0.2 ^c	963.2±83.9 ^b	29.2±0.4 ^{bc}	56.3±1.7 ^{bcd}	27.8±0.4 ^{bc}	111.3±3.8 ^{abc}
50%AS	5.0±0.3 ^{abc}	1229.4±53.1 ^a	35.2±0.2 ^a	54.1±0.8 ^d	31.4±0.3 ^a	110.8±2.0 ^{abc}

2.3 保护播种对建植两年多年生混播草地的综合评定

2.3.1 主成分分析 由主成分分析可知(表7,8),根据特征根和贡献率选择主成分,特征根大于1主成分有5个,高寒区混播草地前两个成分累计贡献率达到69.95%且特征根均大于1,表明混播草地在两个主成分的载荷值较高。本试验提取载荷较高的前两个主成分为后期分析做准备。混播草地中第1主成分贡献率为48.01%,主要体现了建植第1年垂穗披碱草相对密度、干草产量及建植第2年的干草产量(0.97)的贡献,第2主成分贡献率为21.94%,主要体现了建植第1年垂穗披碱草高度(0.79)的贡献。因此,建植第1年干草产量、垂穗披碱草相对密度、株高及建植第2年干草产量作为Topsis的主要评定指标。表中只列出

表7 多年生混播草地各指标的特征根、主成分贡献率及累计贡献率

Table 7 Characteristic root, principal component contribution rate and cumulative contribution rate of each index of perennial mixed grassland

	特征根	贡献率/%	累计贡献率/%
Dim. 1	12.003 6	48.014 4	48.014 4
Dim. 2	5.484 1	21.936 3	69.950 7
Dim. 3	2.463 7	9.854 8	79.805 5
Dim. 4	1.690 2	6.760 6	86.566 1
Dim. 5	1.472 6	5.890 5	92.456 6

特征根大于1的成分(表8)。

2.3.2 综合评价 经过主成分分析筛选出多年生混播草地主要指标作为Topsis的评定指标有一龄垂穗披碱草相对密度、一龄草地早熟禾相对密度、一龄干草产量、一龄牧草粗蛋白产量、二龄垂穗披碱草株高、二龄垂穗披碱草相对密度、二龄草地早熟禾相对

密度、二龄干草产量及二龄可溶性糖含量,通过计算多年生混播草地的综合评价(图3)可得对照、多花黑麦草单播量的20%,30%,40%,50%和燕麦单播量的20%,30%,40%,50%的综合评价分别为0.878,0.637,0.885,0.498,0.182,0.181,0.107,0.075和0.008,按照综合评价发现多花黑麦草单播量的30%处理综合评价最高。

3 讨论

3.1 保护播种对果洛高寒区多年生放牧型混播草地牧草农艺性状的影响

放牧型草地以放牧家畜利用为目的,选择适口性好、耐牧性强的多年生草种建植人工草地^[16]。在建植当年牧草生长缓慢,一直处于营养生长阶段,干草产量低,无法为冬春季节家畜生长提供所需的饲草料。本研究利用保护播种建植多年生放牧型混播草地。结果表明,建植当年燕麦单播量的50%处理下垂穗披碱草株高最高,草地早熟禾株高在多花黑麦草单播量的30%处理最高,在建植第2年时2种多年生牧草的株高均表现为对照高于保护播种处理,播种多花黑麦草处理多年生牧草的株高高于燕麦处理,而牧草分蘖数随着播种比例的增加呈下降趋势。建植当年保护播种降低了多年生牧草的分蘖,使得其主枝生长增长快,株高增加。对于播种燕麦处理来说,燕麦植株较大,其竞争优势可能通过增加植株高度获取光资源^[17],使多年生牧草的生长受到很大抑制,不利于多年生牧草分蘖。不同播种比例的保护草种对多年生牧草的相对密度也有一定的影响,建植当年和建植第2年,两种牧草的相对密度均表现为对照处理高于保护播种处理。不同播种比例通过调节植物空间占比

表8 多年生混播草地各指标的特征值

Table 8 Characteristic values of various indicators of mixed perennial grassland

指标	Dim. 1	Dim. 2	Dim. 3	Dim. 4	Dim. 5
一龄垂穗披碱草株高	0.16	0.79	-0.25	0.28	-0.28
一龄草地早熟禾株高	0.36	0.71	-0.24	0.21	-0.33
一龄垂穗披碱草相对密度	0.97	-0.13	0.11	0.09	0.07
一龄草地早熟禾相对密度	0.90	-0.22	0.27	0.05	0.23
一龄干草产量	0.97	-0.04	0.10	0.16	-0.07
一龄牧草粗蛋白含量	0.05	0.67	0.14	0.06	0.68
一龄牧草粗蛋白产量	0.84	0.39	0.20	0.14	0.23
一龄牧草可溶性糖	-0.50	-0.66	-0.34	0.21	0.24
一龄牧草中性洗涤纤维	-0.52	-0.66	0.50	0.04	0.00
一龄牧草酸性洗涤纤维	0.58	0.73	0.06	-0.16	-0.18
一龄牧草相对饲喂价值	0.54	0.17	-0.60	-0.18	0.32
二龄垂穗披碱草株高	0.94	-0.12	0.23	0.06	-0.05
二龄草地早熟禾株高	0.57	-0.77	0.12	-0.11	-0.01
二龄垂穗披碱草相对密度	0.92	-0.05	0.20	0.20	-0.15
二龄草地早熟禾相对密度	0.87	-0.33	0.14	0.24	-0.13
二龄干草产量	0.97	-0.13	0.21	0.02	-0.03
二龄牧草粗蛋白含量	0.74	0.18	0.47	0.20	0.35
二龄牧草粗蛋白产量	0.83	0.08	0.48	0.07	0.17
二龄牧草可溶性糖	0.87	-0.32	-0.25	-0.12	0.21
二龄牧草中性洗涤纤维	-0.19	-0.44	-0.48	0.69	0.10
二龄牧草酸性洗涤纤维	-0.51	0.49	0.51	-0.36	-0.23
二龄牧草相对饲喂价值	0.07	0.62	0.10	0.57	0.06

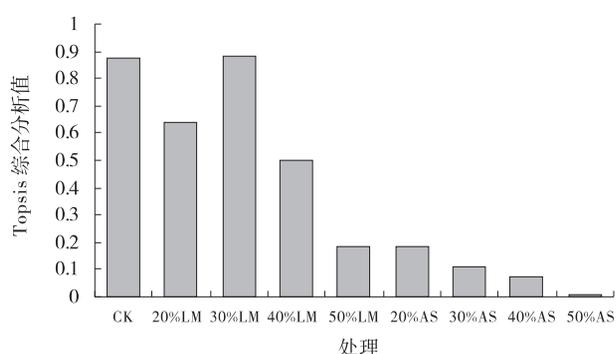


图3 保护播种对多年生放牧型混播草地的综合评价

Fig. 3 Comprehensive evaluation of conservation seeding on perennial grazing mixed grassland

注:AS指燕麦,LM指多花黑麦草

对环境资源利用产生影响并发生相互作用^[18]。保护草种在建植前两年与多年生牧草竞争空间跟养分,抑制了多年生牧草的苗期生长,降低了其相对密度。有研究表明混播影响了牧草生长季内不同土层深度的积温和均温,进而改善了高寒地区多年生禾草的微生物生长环境^[19],而播种比例对混播草地群落结构及混播草

地的稳定发展有着一定的影响^[20],这印证了本研究中多年生牧草相对密度对照高于保护播种的结果。

牧草的播种比例显著影响草地产量,混播草地的产草量越高,群落稳定性越高^[21]。加拿大在建设放牧型人工草地时经常采用混播的方式建植,以实现高产,提高草地的利用效率^[22]。本试验通过保护播种研究不同保护草种比例对多年生混播草地牧草干草产量的影响发现,建植前两年多年生放牧型性混播草地的干草产量变化趋势一致。随着保护草种播种比例的增加,混播草地多年生牧草的干草产量基本呈下降趋势,对照多年生牧草干草产量最高,多花黑麦草单播量的30%处理仅次于对照。相较于播种燕麦,播种多花黑麦草提高了多年生牧草的干草产量。这是由于一年生保护草种植株大,生长速度快,占据了一定的生存空间及养分,对多年生牧草的生长产生一定的影响,随着播种比例的增加,对多年生牧草的影响越大,使多年生牧草枝条数减少、矮化,干草产量降低。

3.2 保护播种对果洛高寒区多年生放牧型混播草地品质的影响

牧草营养品质包括牧草常规营养成分含量和养分消化率,是评价草地资源最为重要的指标之一,直接决定家畜的生长和发育,同时间接影响畜产品的产量和质量^[23]。粗蛋白含量对家畜的生产技能有显著影响,可作为判定饲草品质的关键营养指标^[24]。人工草地的生产目的之一是为草地畜牧业提供优质高产的饲草料。本试验结果表明,建植前两年保护播种处理多年生牧草粗蛋白含量均高于对照,且多花黑麦草单播量的30%处理多年生牧草的粗蛋白产量最高,这是由于保护播种与多年生牧草竞争生存空间和养分,使多年生牧草的生育期延迟,增加了多年生牧草营养生长时间,提高牧草粗蛋白含量。中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的大量积累降低了牧草的适口性,直接影响着牧草的消化率^[25]。本试验结果发现,建植当年播种燕麦处理多年生牧草的中性洗涤纤维含量高于多花黑麦草处理,燕麦高播种量处理其中性洗涤纤维含量高于对照,建植第二年时,对照处理多年生牧草的中性洗涤纤维含量最高,其相对饲喂价值均表现为保护播种处理高于对照,表明保护播种会降低多年生牧草的中性洗涤纤维含量,提高其相对饲喂价值,与此同时保护草种比例过高时会影响建植当年多年生牧草的中性洗涤纤维含量,使多年生牧草品质下降。而有关保护播种对对建植放牧型混播土壤及建植多年混播草地的稳定性影响有待进一步研究。

4 结论

在果洛高寒区以燕麦和多花黑麦草4个播种比例作为保护播种进行试验,结果表明多年生牧草的相对密度、株高、干草产量、粗蛋白产量及可溶性糖含量能够较好反映多年生放牧型混播草地的初级生产能力。通过混播草地多年生牧草各指标分析得出,以多花黑麦草单播量的30%播种比例为最佳。多花黑麦草单播量的30%处理建植当年既不减产,又不影响多年生混播草地的初级生产能力,具有较高的生态效益和经济效益,在草地建植时具有较高的参考价值。

参考文献:

[1] 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.

- [2] 张爱儒. 青海藏区重要生态功能区生态环境承载力研究——以三江源生态功能区为例[J]. *兰州大学学报*, 2015, 43(3):62-71.
- [3] 张婧. 青藏高原草地退化的自然和人为相对贡献评估[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2019.
- [4] 徐新良,王靓,李静,等. 三江源生态工程实施以来草地恢复态势及现状分析[J]. *地球信息科学学报*, 2017, 19(1): 50-58.
- [5] 李洁,潘攀,王长庭,等. 三江源区不同建植年限人工草地根系动态特征[J]. *草业学报*, 2021, 30(3):28-40.
- [6] Wang C T, Wang G X, Liu W, *et al.* Effects of establishing an artificial grassland on vegetation characteristics and soil quality in a degraded meadow [J]. *Israel Journal of Ecology & Evolution*, 2013, 59(3):141-153.
- [7] 王金. 放牧干扰对混播人工草地的影响[J]. *甘肃畜牧兽医*, 2015, 45(7):72,80.
- [8] 王雪佼,靳瑰丽,朱进忠,等. 放牧型退化草地植被重建效果的初步研究[J]. *新疆农业科学*, 2013, 50(10):1893-1901.
- [9] 王志明,虎凌云,杜文华,等. 岷山红三叶与冬小麦保护播种技术研究[J]. *草原与草坪*, 2009(5):56-58,61.
- [10] 李锦华,陈功,向述荣,等. 青海环湖地区多年生牧草与一年生作物混播效果比较研究[J]. *草原与草坪*, 2002(1):30-33,40.
- [11] 王雪佼. 放牧型草地重建与利用研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学, 2013.
- [12] 王彦龙,董全民,马玉寿,等. 刈用型黑土滩人工草地建植及利用技术规范[J]. *青海畜牧兽医杂志*, 2012, 42(1):11-12.
- [13] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2007:195-196.
- [14] 熊乙,许庆方,玉柱,等. 不同苜蓿干草营养成分及饲用价值评价[J]. *草地学报*, 2018, 26(5):1262-1266.
- [15] 赵思腾,师尚礼,李小龙,等. 基于熵权-Topsis模型筛选陇中旱作区适宜玉米轮作的土壤可持续系统[J]. *草地学报*, 2019, 27(4):997-1005.
- [16] 秦金萍,马玉寿,李世雄,等. 春季放牧强度对祁连山区青海草地早熟禾人工草地牧草生长的影响[J]. *青海大学学报*, 2019, 37(4):1-6.
- [17] 秦燕,刘勇,张永超,等. 不同混播比例对燕麦和箭筈豌豆混播草地植物生长特征的影响[J]. *草地学报*, 2020,

- 28(6):1768—1774.
- [18] 毛凯,周寿荣,王四敏,等. 箭筈豌豆混播黑麦草生物量和种间竞争的研究[J]. 草地学报,1997,5(1):8—14.
- [19] 董世魁,胡自治,蒲小朋,等. 高寒地区多年生禾草混播草地的生理—生态特性研究[J]. 草业学报,2002,11(4):39—45.
- [20] 郑伟,加娜尔古丽,唐高溶,等. 不同混播方式下豆禾混播草地群落稳定性的测度与比较[J]. 草业学报,2015,24(3):155—167.
- [21] 张仁平,于磊,鲁为华. 混播比例和刈割期对混播草地产量及品质影响的研究[J]. 草业科学,2009,26(5):139—143.
- [22] 吉木色,安卯柱. 赴加拿大草原畜牧业考察报告[J]. 内蒙古草业,2005,17(4):16—18.
- [23] 姚喜喜,孙海群,李长慧,等. 高寒草原天然牧草营养品质近红外光谱预测模型的建立[J/OL]. 动物营养学报,2021,33(8),1—10.
- [24] 张寅坤. 刈割频率对牧草狗牙根产量和品质的影响[D]. 烟台:鲁东大学,2020.
- [25] 季婧,多田琦,梅错,等. 混播比例对紫花苜蓿/无芒雀麦青贮品质的影响[J]. 中国草地学报,2017,39(2):19—25.
- [26] Jung H G, Allen M S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants [J]. Journal of Animal Science,1995(9):2774—2790.

Effect of protected cropping on yield and quality of grazing mixed grassland in alpine region

WANG Peng-bin, MA Xiao-dong, SONG Mei-juan, XU Chang-lin, YU Xiao-jun
(College of Pratacultural Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory of Grassland Ecosystem, Ministry of Education, Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu province, Sino-U. S. Center for Grassland Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, Chain)

Abstract: The source region of the Three Rivers has an important water conservation function. and its degraded grassland needs to be restored urgently. As a management measure of degraded grassland. protected cropping is of great significance to improve the coverage of perennial grassland and solve the contradiction between low annual grass yield and insufficient forage in winter and spring. In this experiment. two grass species and four sowing ratio were used as protecting species and unprotected sowing as control to study the effect of protected sowing on grass yield and quality in grazing mixed grassland. The results showed that the total hay yield in two years of mixed sowing grassland was significantly increased compared with the control when the sowing ratio was 20%. 30%. 40% and 50% of the unicast amount of *Avena sativa* and *Lolium multiflorum*. Compared with the control. with *L. multiflorum* treatment the total hay yield of the perennial forage increased by 126%. 161%. 157% and 144%. respectively; while. with *A. sativa* treatment the total hay yield increased by 223%. 222%. 254% and 274%. respectively. The crude protein of forage grass also increased after protection sowing. With 20%. 30% and 40% of *L. multiflorum*. the CP increased by 11%. 1% and 7%. respectively compared with the control. The CPY of *A. sativa* protection sowing was higher than that of *L. multiflorum*. but the effect of *A. sativa* on the growth of perennial forage grass was greater than that of *L. multiflorum*. In conclusion. 30% of *L. multiflorum* could be the best protected grass species and the proportion in grazing mixed grassland.

Key words: alpine region; protected seeding; yield; quality; grazing grassland