

# 高寒牧区三种豆科牧草与 燕麦混播的试验研究

张耀生, 赵新全, 周兴民

(中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001)

**摘要:** 在中国科学院海北高寒草甸生态系统开放实验站进行的燕麦与箭舌豌豆、红豆草、毛苕子3种豆科牧草混播栽培的试验研究, 采用正交设计及极差分析方法对混播组合作择优评判。结果表明: 红豆草在年均温 $-1.7^{\circ}\text{C}$ , 5月积温 $1000^{\circ}\text{C}$ , 海拔 $3200\text{m}$ 的高寒地区可与燕麦建立一年生混播割草地。其产量水平高于毛苕子与燕麦混播的草地而与箭舌豌豆与燕麦混播的草地相当。对豆科牧草种(A)、混作方式(B)、混播总密度(C)和混播比例(D)4个因素进行择优组合可提高单位面积牧草产量。4种试验因素对混播草地牧草产量的效应大小依次为 $C > A > D > B$ 。本试验最优组合为5号组合(A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>D<sub>1</sub>)。

**关键词:** 混播; 燕麦; 红豆草; 箭舌豌豆; 毛苕子

**中图分类号:** S540.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2001)01-0013-07

\* 青藏高原地势高峻, 平均海拔在 $4000\text{m}$ 以上, 被称为“世界第三级”。该地区自然植被以及人类生产活动对全球气候变化的反应, 为许多科学工作者所关注。在高原广袤的土地上, 分布着 $1.4\text{亿}\text{hm}^2$ 的天然草地, 放牧着大约 $7000$ 万头(只)家畜, 是中国的主要牧区之一。由于该地区气候严酷, 暖季短暂, 冷季漫长, 枯草期长达7个月之久。在冷季, 天然草地的牧草枯萎, 可食牧草大幅度减少, 牧草营养价值降低, 饲草供应难以满足家畜采食需求。同时, 由于冷季气温大幅度下降, 家畜在暖季放牧中获得的体重增加及营养物质积累在冷季大量消耗减少, 老弱病畜难于安全越冬, 形成“夏饱, 秋肥, 冬瘦, 春死亡”的恶性循环。冬季以大雪形式的大气降水过程和持续低温天气往往形成积雪覆盖草地长期难以融化, 使放牧家畜无法在草地上采食, 大批牲畜在饥寒交迫下冻饿而死, 形成对草地畜牧业以致命打击的“雪灾”, 导致严重的经济损失和难以在短期内恢复的对生产力的破坏。并且持续时间长的“雪灾”极大的威胁牧民的生命安全, 成为高寒草地畜牧业发展的严重障碍。

为了解决草畜供需季节不平衡矛盾, 在高寒牧区建设一定面积的人工草地, 为放牧家畜提供冷季补饲用饲草储备, 是近年来该地区牧区建设的一项主要内容<sup>[1-4]</sup>。但是, 由于热量不足等气候条件的限制, 许多在温暖地区生长良好的优良牧草如苜蓿、三叶草、黑麦草等均不适宜在高寒地区生长, 而适宜温凉气候条件的燕麦则成为这一地区的一年生人工草地的主要栽培种, 栽培面积逐年扩大。燕麦在高寒牧区虽可获得较高的牧草产量, 但用其调制的青干草的蛋白质含量较低。为了进一步改善冬贮牧草的营养组成, 寻求更合理的牧草栽培群落结构, 改变单一栽培燕麦的现状, 90年代初在海北定位站地区试验一年生耐寒豆科牧草箭舌豌豆(*Vicia*

\* 收稿日期: 1999-12-03

基金项目: 本研究得到国家基础研究规划项目(19980408000), 中国科学院“九五”重大及特别支持项目(KZ95T-04, KZ95T-06, KZ951-A1-204, KZ951-A1-301)及海北高寒草甸生态系统实验站研究项目资助。  
作者简介: 张耀生(1953-), 男, 陕西凤翔人, 副研究员, 大学本科。

*Sativa*) 和毛苕子 (*V. Villosa*) 与燕麦 (*Avena Sativa*) 混播成功<sup>[5]</sup>, 经连续多年栽培证明, 这一混播方式既可提高牧草产量, 亦可提高青干草品质, 深受该地区牧民欢迎。在此基础上, 从丰富高寒地区豆科牧草适栽品种的目的出发, 1999 年又引种试栽优良豆科牧草红豆草 (*Oxytrichis viciaefolia*)<sup>[6]</sup>, 将其与燕麦混播, 并与箭舌豌豆、毛苕子搭配燕麦的混播组合进行比较研究。试验结果证明, 在年均气温- 2 地区红豆草与燕麦搭配混播组合是可行的。

### 1 试验地区自然概况

中国科学院海北高寒草甸生态系统开放实验站位于青海省东北部祁连山东段南坡, 海拔 3 200 m, 年平均气温- 1.7 , 5 积温 927.6 。牧草生长期 130~ 140 d。年均降水量 590 mm, 主要集中在 5~ 9 月, 占年总降水量的 81%。该地区自然植被为以蒿草属 (*Kobresia*) 植物为优势的高寒草甸。试验地位于中国科学院海北定位站站区冷季草场内, 地势平坦。

### 2 试验方法

试验以不同的豆科牧草种、混作方式、混播比例及混播总密度 4 个试验因素各 3 个水平进行混播组合搭配。3 个豆科牧草种为红豆草、箭舌豌豆和毛苕子; 3 种混作方式采用间条播 (燕麦与豆科牧草各自邻行条播)、混条播 (燕麦与豆科牧草种逐行混合匀播) 和混撒播; 3 种混播比例为 3 1, 2 5 1, 2 1 (燕麦 豆科牧草, 株数比); 3 种混播总密度为每 m<sup>2</sup> 保苗 600, 800, 1 000 株。按 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交表进行试验安排 (表 1, 表 2)。播种量按各参试牧草种的千粒重和发芽率计算确定。播深 4 cm, 条播行距 20 cm。每个小区面积为 3 m × 3.5 m, 3 次重复。27 个小区随机排列, 小区周围以燕麦为保护区。播前整地, 未施底肥。孕穗期撒施尿素 10 g/m<sup>2</sup> 做追肥。田间无灌溉措施, 苗期除草 2 次。播种日期 5 月 15 日, 刈割测产日期 9 月 13 日。

### 3 结果与分析

#### 3.1 试验因素对牧草产量的效应分析

牧草产量的极差分析结果见表 3。分析表明, 用不同的豆科牧草与燕麦搭配混播组合, 其牧草产量有明显的差异。以箭舌豌豆和红豆草与燕麦混播, 其牧草产量高于毛苕子与燕麦混播。箭舌豌豆与毛苕子的试验产量极差达 63.8 kg, 与红豆草的差异则较小, 仅 0.3 kg。不同的

表 1 试验的因素与水平

Table 1 Both factor and lever of experiment

水平 Lever	因素 Factor			
	A 豆科牧草 Species of pulse forage	B 混作方式 Mixedplanting system	C 混播总密度(株/m <sup>2</sup> ) Total density (Plants/m <sup>2</sup> )	D 混播比例(燕麦 豆草) Mixture proportion (Oat pulse)
1	红豆草 Sainfoin	间条播 Drilling intercropping	600	3 1
2	箭舌豌豆 Common vetch	混撒播 Broadcast mixedcropping	800	2 5 1
3	毛苕子 Hairy vetch	混条播 Drilling mixedcropping	1 000	2 1

表 2 试验设计

Table 2 The design for experiment

试验号 No.	试验内容 The content of experiment	列 号 File			
		A	B	C	D
1	燕麦+ 红豆草以 3 : 1 比例, 600 株/m <sup>2</sup> 总密度间条播 Oat+ sainfoin, drilling intercropping with proportion 3 : 1, density 600 plants/m <sup>2</sup>	1	1	1	1
2	燕麦+ 红豆草以 2 : 5 : 1 比例, 800 株/m <sup>2</sup> 总密度混撒播 Oat+ sainfoin, broadcast mixedcropping with proportion 2 : 5 : 1, density 800 plants/m <sup>2</sup>	1	2	2	2
3	燕麦+ 红豆草以 2 : 1 比例, 1 000 株/m <sup>2</sup> 总密度混条播 Oat+ sainfoin, drilling mixedcropping with proportion 2 : 1, density 1 000 plants/m <sup>2</sup>	1	3	3	3
4	燕麦+ 箭舌豌豆以 2 : 1 比例, 800 株/m <sup>2</sup> 总密度间条播 Oat+ common vetch, drilling intercropping with proportion 2 : 1, density 800 plants/m <sup>2</sup>	2	1	2	3
5	燕麦+ 箭舌豌豆以 3 : 1 比例, 1 000 株/m <sup>2</sup> 总密度混撒播 Oat+ common vetch, broadcast mixedcropping with proportion 3 : 1, density 1 000 plants/m <sup>2</sup>	2	2	3	1
6	燕麦+ 箭舌豌豆以 2 : 5 : 1 比例, 600 株/m <sup>2</sup> 总密度混条播 Oat+ common vetch, drilling mixedcropping with proportion 2 : 5 : 1, density 600 plants/m <sup>2</sup>	2	3	1	2
7	燕麦+ 毛苕子以 2 : 5 : 1 比例, 1 000 株/m <sup>2</sup> 总密度间条播 Oat+ hairy vetch, drilling intercropping with proportion 2 : 5 : 1, density 1 000 plants/m <sup>2</sup>	3	1	3	2
8	燕麦+ 毛苕子以 2 : 1 比例, 600 株/m <sup>2</sup> 总密度混撒播 Oat+ hairy vetch, broadcast mixedcropping with proportion 2 : 1, density 600 plants/m <sup>2</sup>	3	2	1	3
9	燕麦+ 毛苕子以 3 : 1 比例, 800 株/m <sup>2</sup> 总密度混条播 Oat+ hairy vetch, drilling mixedcropping with proportion 3 : 1, density 800 plants/m <sup>2</sup>	3	3	2	1

混作方式之间牧草产量亦有差异,但其差值较小,极差仅为 18.2 kg,混条播效果稍优于其它两种混作方式。不同的混播总密度之间则存在较大的产量差异,极差达 94.6 kg。1 000 株/m<sup>2</sup>总密度对混播产量的效应大于每 800 株/m<sup>2</sup>总密度,而 800 株/m<sup>2</sup>总密度的效应又大于 600 株/m<sup>2</sup>总密度。不同混播比例之间的产量差异亦可从分析结果看出,极差仅为 42.9 kg,3 : 1 比例稍优于其它两种混播比例。4 种试验因素对混播组合总产量的效应按其数值的大小依次为:混播总密度>豆科牧草种>混播比例>混作方式。从表 3 还可看出,按 A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>D<sub>1</sub> 进行搭配可获最优组合。

表3 牧草产量统计分析  
Table 3 The statistical analysis of yield

试验号 No.	列号 File				小区产量(鲜重) Yield of plots/FW			
	A	B	C	D	1	2	3	合计 Total
1	1	1	1	1	59.2	57.5	58.9	175.6
2	1	2	2	2	59.4	61.6	60.1	181.1
3	1	3	3	3	67.2	65.9	65.8	198.9
4	2	1	2	3	57.7	58.2	56.4	172.3
5	2	2	3	1	69.4	69.1	70.8	209.3
6	2	3	1	2	57.4	59.1	58.3	174.8
7	3	1	3	2	60.2	59.3	59.5	179.0
8	3	2	1	3	47.8	48.0	46.4	142.2
9	3	3	2	1	58.1	56.2	57.1	171.4
1 水平之和 sum. of 1 level	555.6	526.9	492.6	556.3				
2 水平之和 sum. of 2 level	556.4	532.6	524.8	534.9				
3 水平之和 sum. of 3 level	492.6	545.1	587.2	513.4				
1 水平平均值 A verages of 1 level	185.2	175.6	164.2	185.4				
2 水平平均值 A verages of 2 level	185.5	177.5	174.9	178.3				
3 水平平均值 A verages of 3 level	164.2	181.7	195.7	171.1				
极差 R Range R	63.8	18.2	94.6	42.9				
效应 T Effect T	21.3	6.1	31.5	14.3				

注: 试验因素A、B、C、D 与表1、表2 相同。

Note: the factor A、B、C、D as same as table 1 and table 2

### 3.2 试验因素对牧草产量效应的统计检验

极差分析法比较直观地确定了不同的混播总密度、豆科牧草种、混播比例和混作方式4个试验因素对产量效应的大小, 得出各因素的较优水平及最优组合。但这种效应差异除了受试验因素的影响外, 还受试验环境系统误差的干扰。这种干扰足够大时, 将影响对试验因素的效应的正确判断。因此, 对产量效应做误差分析和统计检验是十分必要的。对试验因素的效应的方差分析结果列于表4。F 检验结果证明, A、B、C、D 4个试验因素的各水平对牧草产量效应的差异是真实可信的, 均达到99%可信度; 而试验组合各重复间的差异均未达到显著水平, 说明由于试验小区排列位置差异所引起的土壤等环境条件异质性导致的作用不足以影响试验因素对产量效应的结论。方差分析还表明, 4个试验因素中, C 因素(混播总密度)各水平的差异显著性最大, 其次是A 因素(豆科牧草种)、D 因素(混播比例)和B 因素(混作方式)。这一排序与极差分析各因素效应大小的排序是一致的。

表 4 牧草产量方差分析  
Table 4 Variance analysis of yields

变异来源 Source of variances	自由度 DF	离差平方和 SS	平均离差平方和 MS	F 值 F	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
重复间 Between replicates	2	0.54	0.27	0.32	3.63	6.23
因素 A Factor A	2	297.78	148.89	177.25**	3.63	6.23
因素 B Factor B	2	19.26	9.63	11.46**	3.63	6.23
因素 C Factor C	2	514.07	257.04	306.00**	3.63	6.23
因素 D Factor D	2	102.25	51.13	60.87**	3.63	6.23
误差 Error	16	13.44	0.84			
总和 Sum.	26	947.34				

\*\* :  $P < 0.01$

### 3.3 试验因素牧草产量效应的新复极差测验

对试验因素各水平间的差异显著性检验采用新复极差测验,其结果列于表 5。统计检验表明,对 A 试验因素(不同的豆科牧草种)来讲,箭舌豌豆和红豆草的差异在 99% 和 95% 两个可信度尺度上均未达到显著水平,而毛苕子则与箭舌豌豆和红豆草分别在两种尺度上均达到显著水平。这就说明,采用箭舌豌豆和红豆草分别与燕麦混播的产量效应相当,且均高于采用毛苕子与燕麦混播的效应。

对 B 因素(不同混作方式)检验结果表明,混撒播和间条播之间差异不显著,而混条播与混撒播和间条播之间差异分别达到显著水平,混条播明显优于其它两种混作方式。

对 C 因素(混播总密度)的检验证明,3 种密度间的差异均达显著水平,1 000 株/m<sup>2</sup>混播总密度对产量的效应明显大于 800 株/m<sup>2</sup>和 600 株/m<sup>2</sup>混播总密度,而 800 株/m<sup>2</sup>总密度的效应也明显大于 600 株/m<sup>2</sup>总密度。

对 D 因素(混播比例)的检验表明,3 种比例间的差异亦均达显著水平,3:1(燕麦:豆科牧草)比例明显优于其它两种比例。

### 3.4 各处理组合的差异显著性测验

表 5 试验因素各水平的新复极差测验

Table 5 SSR test for levels of four experiment factors

因素和水平 Factors and levels	产量 Mean yield (kg/hm <sup>2</sup> )	差异显著性 Significance test	
		5%	1%
		A <sub>2</sub>	5 887.8
A <sub>1</sub>	5 879.4	a	A
A <sub>3</sub>	5 212.7	b	B
B <sub>3</sub>	5 768.3	a	A
B <sub>2</sub>	5 636.0	b	B
B <sub>1</sub>	5 575.7	bc	BC
C <sub>3</sub>	6 213.8	a	A
C <sub>2</sub>	5 553.4	b	B
C <sub>1</sub>	5 212.7	c	C
D <sub>1</sub>	5 886.8	a	A
D <sub>2</sub>	5 660.3	b	B
D <sub>3</sub>	5 432.8	c	C

注:试验因素 A、B、C、D 与表 1、表 2 相同。

Note: the factor A、B、C、D as same as table 1 and table 2

对 9 个试验处理组合进行差异显著性测验, 以便在测验结论基础上选出最优组合, 并可对处理组合间的差异作出可靠性评判。不同处理组合的新复极差测验结果列于表 6。从表 6 可知, 本试验的最优组合为 5 号组合: A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>D<sub>1</sub>。该组合与其它 8 个组合的差异显著性达 99% 可信度。3 号组合为次优组合, 与其它 8 个组合的差异显著性亦达 99% 可信度。8 号组合为最差组合, 该组合与其它组合的差异显著性亦达 99% 可信度。其余 6 个组合在 99% 可信度水平上无显著差异, 在 95% 可信度水平上可分为两组: 2 号、7 号、1 号 3 个组合之间无明显差异, 为一组; 1 号、4 号、6 号、9 号 4 个组合之间无明显差异, 为另一组。

#### 4 结论

##### 4.1 红豆草在温暖地区一般作为多年生

牧草栽培, 但在高寒地区由于不能越冬, 可与燕麦混播作为一年生牧草栽培, 其混播组合可获得相当于箭舌豌豆与燕麦混播的产量。因此, 红豆草可作为一个新的混播一年生割草地的豆科牧草组分种在高寒牧区推广种植。

4.2 本试验中 4 种试验对混播草地牧草产量的效应, 以混播总密度的效应最大, 其次是豆科牧草种和混播比例, 混作方式的效应最小。

4.3 由于高寒牧区气候条件差, 热量不足, 栽培牧草尤其是豆科牧草的生长发育受到限制, 相对于温暖地区来讲, 一年生割草地的播种量应适度加大, 以群体密度来弥补个体生长发育不足对产量的影响。考虑人工草地在不同的地方所处的地形和小气候的差异, 各地对播种量的确定应贯彻因地制宜的原则。

4.4 5 号试验组合 (A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>D<sub>1</sub>) 为本试验 9 个组合中的最优组合, 单位面积鲜草产量达 66.4 t/hm<sup>2</sup>。

表 6 各处理组合的差异显著性检验

Table 6 SSR test of Nine composes

试验序号 No.	处理组合 Composes	产量 Yields (kg/hm <sup>2</sup> )	差异显著性 Significance test	
			5%	1%
5	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	6 644.4	a	A
3	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>3</sub> D <sub>3</sub>	6 314.3	b	B
2	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	5 749.2	c	C
7	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	5 682.5	c	C
1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	5 574.6	cd	C
6	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	5 549.2	d	C
4	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	5 469.8	d	C
9	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	5 441.3	d	C
8	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	4 514.3	e	D

注: 试验因素 A、B、C、D 与表 1、表 2 相同。

Note: the factor A、B、C、D as same as table 1 and table 2

#### 参考文献

- [1] 韩志林, 车敦仁, 周青平, 等. 青海东部农区不同山地燕麦与箭舌豌豆混播试验初报[J]. 青海畜牧兽医杂志, 1992, (4): 18-19
- [2] 周青平, 王柳英. 箭舌豌豆与燕麦混播的产量与草层结构的初步研究[J]. 青海草业, 1992, (4): 37-43
- [3] 孙明德. 青海高寒牧区燕麦与毛苕子混播试验[J]. 青海畜牧兽医杂志, 1993, (1): 15-17
- [4] 张耀生, 周兴民, 王启基. 高寒牧区燕麦生产性能的初步分析[J]. 草地学报, 1998, 2: 115-123
- [5] 张耀生, 周兴民, 王启基, 等. 高寒牧区燕麦与箭舌豌豆、毛苕子混播优化组合模式的初步研究[C]. 高原生物学集刊, 北京: 科学出版社, 1999, 14, 184-190
- [6] 金臣和. 优良牧草红豆草简介[J]. 甘肃畜牧兽医, 1982, (1): 39

**Mixed cropping of oat with three leguminous pasture species in alpine pastoral area**

ZHANG Yao-sheng, ZHAO Xin-quan, ZHOU Xing-min

(Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

**Abstract:** A mixed cropping experiment of oat with three leguminous pasture species was carried out at the Haibei Research Station under the condition of local alpine meadow ecosystem during the growing season of 1999. An orthogonal design across 4 factors and 3 levels was employed to study the effect on fresh yield of forages by individual species (factor A), sowing ways (factor B), total densities (factor C) and species proportions in the mixture (factor D). It was shown that the mixture of oat with sainfoin established well in the area with an annual mean temperature in the range of  $-2 \sim 0$ , an accumulated temperature ( $5$ ) of 1 000 and an altitude of 3 200 meters. The yield of the above mixture was equivalent to the mixture of oat with common vetch and higher than the mixture of oat with hairy vetch. The effects of the 4 factors on the yield was in an order as  $C > A > D > B$ . The No. 5 mixture ( $A_1 B_2 C_3 D_1$ ) proved to be the best.

**Key words:** mixed cropping; oat; sainfoin; common vetch; hairy vetch