

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

张耀生 周兴民 王启基 赵新全

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

摘 要

1993 年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、毛苕子混作优化组合试验, 采用正交设计及极差分析方法对组合作择优评判。结果表明: 不同的燕麦种、豆科牧草种和混作方式 3 个因素中, 以选择优良豆科牧草种对混播产量影响最大。巴燕 4 号燕麦与箭舌豌豆混播种植为最优组合。

关键词: 优化模式; 混作; 燕麦; 箭舌豌豆; 毛苕子

在青藏高寒牧区人工草地建设中, 燕麦 (*Avena sativa*) 是一年生青刈冬贮补饲用牧草的主栽品种, 栽培面积逐年扩大。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, 近年来常根柱 (1984)、周青平等 (1992)、韩志林等 (1992)、孙明德 (1993) 等报道过甘肃、青海等地试种一年生耐寒豆科牧草箭舌豌豆 (*Vicia sativa*) 和毛苕子 (*V. villosa*) 与燕麦混播的成功试验, 但这些试验均在年均气温大于 0℃ 的地区进行。为探索在年平均气温低于 0℃ 的地区该混播方式的可行性, 作者于 1993 年在中国科学院海北高寒草甸生态系统开放实验站进行了混播组合研究并从中优选出最佳组合, 为青藏高寒牧区今后生产应用提供了科学依据。

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 3200m, 年平均气温 -1.7℃, $\geq 5^\circ\text{C}$ 积温 927.6℃。牧草生长期 130~140 天。年降水量 620.3mm, 主要集中在 5~9 月, 占年总降水量的 81%。自然植被为以嵩属 (*Kobresia*) 植物为优势的高寒草甸 (周兴民等, 1982)。有关该站详细自然概况已有报导 (杨福囤, 1982), 不再赘述。

* 本研究为中国科学院“九五”特别支持项目 (KZ95T-04-03, KZ95T-06); 国家与中科院青藏高原研究项目 (KZ951-A1-204); 海北高寒草甸生态系统实验站研究项目资助。

本文 1997 年 11 月 27 日收到。

材料和方法

试验地位于站区山前小溪旁,地势平坦,为连年单作栽培燕麦的人工草地。播前每公顷撒施羊板粪 60m³ 作底肥,随即耕翻耙平,划出试验小区。小区周围全部播种燕麦作为保护区。试验所用牧草种子均由青海省畜牧兽医科学院草原研究所提供。

试验以不同的燕麦类型,豆科牧草及混作方式三个因素各两个水平进行组合搭配。燕麦类型以单枝重量较大的巴燕 4 号和单枝重量较小的黄燕麦为代表,豆科牧草为箭舌豌豆和毛苕子,混作方式采用混播和间播两种方式。间播为燕麦与豆科牧草种邻行条播,混播为燕麦与豆科牧草种子逐行混合匀播。行距 20cm,播深 4cm。按 L₄(2³) 正交表进行试验安排(表 1、表 2)。设置小区 12 个,每个小区面积为 3m×3.5m,三次重复。各组合播种密度均按燕麦保苗 400 株/m²,豆科牧草保苗 200 株/m² 确定。牧草生长期不施追肥,田间无灌溉措施;苗期除草 2 次。播种时间 5 月 25 日,刈割测产日期 9 月 12 日。在计测产量及株高的同时,求得豆禾比和茎叶比。

表 1 试验的因素与水平

Table 1 Both factor and lever of experiment

水平 Lever	A	因素 Factor	B	C
	燕麦品种 Varieties of oat	豆科牧草 Species of pulse forage		混作方式 Mixed planting system
1	黄燕麦 Yellow oat	毛苕子 Hairy vetch		混播 Mixcropping
2	巴燕 4 号 No. 4 of Bayan	箭舌豌豆 Common vetch		间播 Intercropping

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
1	黄燕麦+毛苕子,混播 Yellow oat+Hairy vetch, Mixed cropping	1	1	1
2	黄燕麦+箭舌豌豆,间播 Yellow oat+common vetch, intercropping	1	2	2
3	巴燕 4 号燕麦+毛苕子,间播 No. 4 of Bayan+Hairy Vetch, Intercropping	2	1	2
4	巴燕 4 号燕麦+箭舌豌豆,混播 No. 4 of Bayan+Common Vetch, Mixed cropping	2	2	1

结果与分析

1. 最优组合的选择及试验因素的择优

4 种组合模式的小区鲜草产量及统计分析结果见表 3。由表 3 可知,4 号组合的牧草产量最高,3 个重复小区合计牧草产量为 119.2kg,折合每公顷产量为 37.84t。与产量最低的 3 号组合相比,高出 13%。3 种试验因素与总产量的关系见图 1。由表 3、图 1 还可知,各个试验因素对产量效应的极差分析结果为,A 因素(燕麦类型)中两个水平的极差

为 5.6kg, 以巴燕 4 号燕麦与豆草搭配比以黄燕麦进行搭配的产量效应大。B 因素(豆科牧草种)两个水平的极差为 21.8kg, 箭舌豌豆比毛苕子进行组合搭配的效应大。C 因素(不同混作方式)两个水平的极差为 14.8kg, 混播对产量的效应大于间播。

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, 公斤) Yield of plots (fresh weight, kg)			合计 Total
	A	B	C	1	2	3	
1	1	1	1	34.8	35.4	35.3	105.5
2	1	2	2	36.0	36.2	36.8	109.0
3	2	1	2	33.7	32.8	34.4	100.9
4	2	2	1	39.6	39.3	40.3	119.2
1 水平之和 Sum of 1 level	214.5	206.4	224.7				
2 水平之和 Sum of 2 level	220.1	228.2	209.9				
1 水平平均值 Averages of 1 lever	107.3	103.2	112.4				
2 水平平均值 Averages of 2 lever	110.1	114.1	105.0				
极差 R Gange R	5.6	21.8	14.8				
效应 T Effect T	2.8	10.9	7.4				

注: 试验因素 A, B, C 与表 1、表 2 相同。Note: the factor A, B, C as same as table 1 and table 2

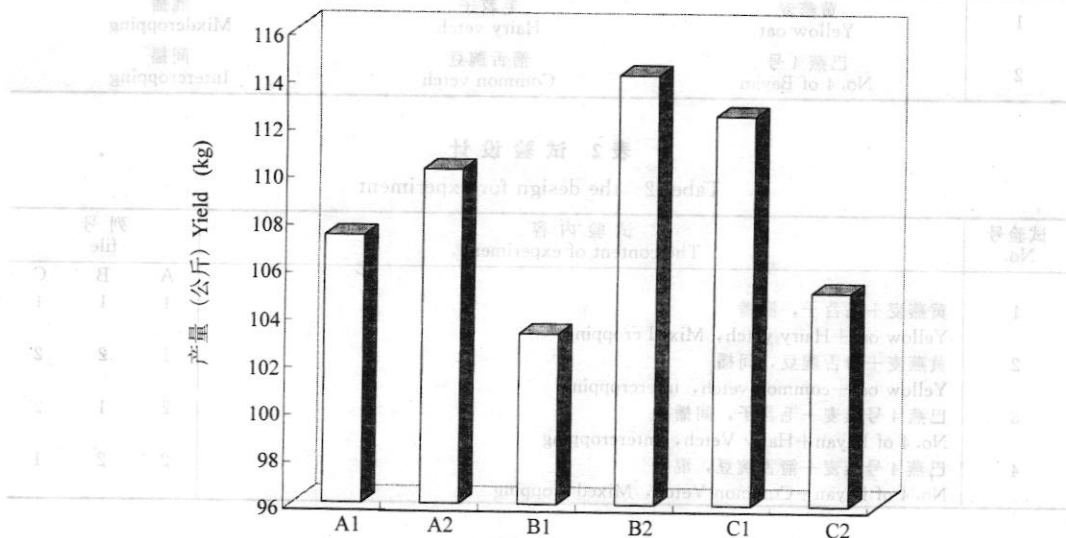


图 1 三种因素与总产量的关系

Fig. 1 The relations among the three factors with the total yield

注: 试验因素 A, B, C 与表 1、表 2 相同。Note: the factor A, B, C as same as table 1 and table 2

以极差来对比试验 3 因素各自对总产量效应的大小, 可以看出 B 因素的效应最大, C 因素次之, A 因素最小。这说明选配组合时应首先对豆科牧草择优, 其次考虑混作方式,

以及燕麦种的搭配。本试验的4号组合即是以3个因素中的较优水平为基础进行搭配的,因而成为最佳组合。

2. 不同组合模式的产量差异分析

为了进一步探讨不同组合的牧草产量差异之原因,需对不同模式的各种牧草的生产性状以及各试验因素对这些性状的效应、各生产性状间的相关关系作深入了解。

(1) 不同组合中各种牧草的生产性状
不同混播组合模式的7项主要生产性状指标列于表4。由表4可以看出不论是燕麦、豆草的株高,还是豆禾比、茎叶比以及两类牧草的单位面积产量和混播总产量,均以4号组合为最优。其原因是参加该组合的各成员均具有较好的生产性状,得以在混作栽培时形成较高的组合优势。从同年燕麦、豆科牧草单种栽培的试验结果来看,巴燕4号燕麦的平均秆径为4.50 mm,比黄燕麦平均秆径3.75 mm高20%;平均单穗重为2.56 g,比黄燕麦高出72%;平均株高和主枝高比黄燕麦分别高5.6 cm,13.2 cm。与两种豆科牧草相比,燕麦株高较高,因而在混播群落中燕麦的高生长对地上生物量的形成起主导作用,豆科牧草则依附燕麦茎秆攀援伸展。在与混播同期播种的单作栽培草地中,箭舌豌豆和毛苕子平均株高仅分别为35.5 cm,28.3 cm,远低于它们在混播组合中的株高。两种豆科牧草相比,箭舌豌豆比毛苕子具有明显的高生长优势,单作栽培时株高差7.2 cm,混播时株高差达20cm。根据以上对比,说明巴燕4号比黄燕麦、箭舌豌豆比毛苕子产量高,以前者搭配的组合具有较高的优势。至于两种混作方式,混播优于间播(表3)。可能是混播时牧草的空间分布比间播更趋于均匀,有利于对光照及营养物质的利用;此外,由于箭舌豌豆幼苗期耐寒性较差,混播可受到燕麦的保护,使其苗期生长较好,因而形成较大的组合优势。

表4 不同组合模式的生产性能

Table 4 The performas of several composite patterns

试验号 No.	株高(厘米) Plant height (cm)		豆禾比 Weight rate between pulse and oat	茎叶比 Weight rate between stems and leaves	1平方米产量(公斤) 1m ² yield (kg)		总产量(公斤/ 31.5平方米) Total yield (kg/31.5m ²)
	燕麦 Oat	豆草 Pulse			燕麦 Oat	豆草 Pulse	
1	92.4	60.9	0.566	2.066	2.141	1.211	105.5
2	94.3	81.2	0.630	1.953	2.125	1.339	109.0
3	95.4	62.8	0.561	2.125	2.053	1.150	100.9
4	96.2	82.3	0.660	1.768	2.278	1.503	119.2

(2) 试验因素对混播牧草生产性状的效应
各试验因素对混播组合牧草主要生产性状效应的极差分析结果列于表5。从表5可以看出,3因素对燕麦株高的效应大小顺序为A>B>C,对豆草株高的效应大小顺序为A>B>C,说明株高主要由牧草种的遗传本质所决定,因此选配组合时,在一定范围内宜采用高株牧草种。3因素对豆禾比例的效应大小顺序为B>C=A,对茎叶比的效应大小顺序为B>C>A,说明如欲提高混播牧草的豆禾比,降低茎叶比从而提高牧草质量,则应首先考虑对豆草种的择优。3因素对单位面积豆草、燕麦产量及总产量的效应大小顺序均为B>C>A,说明不同豆科牧草种对混播产量的影响大于不同燕麦种和不同混作方式。

通过以上分析,不难看出,豆科牧草种的择优之所以对混播组合总产量的效应最大

(10.9kg), 是因为其对混播成员的株高, 单位面积产量及牧草总产量的影响最大。所以, 以豆科牧草择优做为搭配组合的首选考虑因素是理所当然的。

(3) 混播牧草生产性状的相关分析 对 4 种组合混播牧草的植株高度、豆禾比、茎叶比、单位面积燕麦产量及豆草产量, 混播总产量等 7 个生产性状的相关分析结果列表 6。从表 6 可知, 除茎叶比与株高、单产、总产、豆禾比均呈负相关以及燕麦株高与豆禾比呈负相关外, 其它各性状间均呈正相关。其中燕麦株高与燕麦单产 ($r=0.7621$); 豆草株高与豆草单产 ($r=0.9145$) 和混播总产量 ($r=0.7858$), 豆禾比与豆草单产 ($r=0.9145$) 和混播总产量 ($r=0.7421$), 豆禾比与茎叶比 ($r=-0.7617$), 茎叶比与豆草单产 ($r=-0.8637$) 和总产量 ($r=-0.8466$), 燕麦单产和混播总产量 ($r=0.8866$), 豆草单产与混播总产量 ($r=0.9487$) 的相关系数均达极显著水平。豆草株高与豆禾比 ($r=0.6860$) 和豆草单产 ($r=0.6329$), 茎叶比与燕麦单产 ($r=-0.6613$), 燕麦单产与豆

表 5 试验因素对不同组合模式牧草生产性状的效应
Table 5 The effect of experiment factors on productivity property of several composite patters

指标 Index	株高 (厘米) Plant height (cm)			豆禾比 Weight rate between pulse and oat			茎叶比 Weight rate between stems and leaves			1 平方米产量 (公斤) 1m ² yield (kg)						总产量公斤/ 31.5 平方米) Total yield (kg/31.5m ²)					
	燕麦 Oat			豆草 Pulse						燕麦 Oat			豆草 Pulse								
因素 Factor	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
1 水平之和 Sum. of 1 lever	186.7	187.8	188.6	142.1	123.7	143.2	1.196	1.127	1.226	4.018	4.191	3.834	4.266	4.194	4.419	2.550	2.361	2.714	214.5	206.4	224.7
2 水平之和 Sum. of 2 lever	191.6	190.5	189.7	145.1	163.5	144.0	1.221	1.290	1.191	3.893	3.721	4.078	4.331	4.403	4.178	2.653	2.842	2.489	220.1	228.2	209.9
极差 R Gange R	4.90	2.70	1.10	3.00	39.8	0.80	0.023	0.163	0.025	0.125	0.470	0.244	0.065	0.209	0.241	0.103	0.481	0.225	5.60	21.8	14.8
效应 T Effect T	2.45	1.35	0.55	1.50	19.0	0.40	0.013	0.082	0.013	0.063	0.235	0.122	0.033	0.105	0.121	0.052	0.241	0.113	2.80	10.9	7.40

注: 试验因素 A, B, C 与表 1、表 2 相同。Note: The factor A, B, C as same as table 1 and table 2.

表 6 混作栽培牧草生产性状的相关矩阵
Table 6. The correlation matrix among productivity proprieties of forages in mixedcropping

燕麦株高 Oat height	豆草株高 Pulse height	豆禾比 Weight rate between pulse and oat	茎叶比 Weight rate between straws and leaves	燕麦单产 1m ² oat yield	豆草单产 1m ² pulse yield	总产量 Total yield
X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X2	0.6419 *					
X3	0.0441 *	0.6866				
X4	0.3347	-0.0547	-0.7617 **			
X5	0.7621 **	0.6329 *	0.3487	-0.6613 *		
X6	0.2790	0.7944 **	0.9145 **	-0.8637 **	0.6974 *	
X7	0.6027 *	0.7858 **	0.7421 **	-0.8466 **	0.8866 **	0.9497 **

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ 燕麦单产 ($r=0.6974$) 的相关系数均达显著水平。呈正相关的性状与呈负相关的性状在选配组合时应做不同的考虑, 有所兼顾或有所取舍。收获较高的混播总产量是选配组合的一个基本目的。对比混播总产量与其它性状的相关系数, 以豆草单产的相关系数为最大 (0.9477), 这就从性状相关的角度说明对豆科牧草种择优的重要性, 这与前述极差分析

的结果是一致的。从表 6 相关矩阵还可看出,在混播群落中,燕麦与箭舌豌豆,毛苕子的种间关系呈相互促进的互惠关系。

结 论

- (1) 本试验以巴燕 4 号燕麦与箭舌豌豆搭配并采用混播种植方式为最优组合。
- (2) 在选配混播组合时应首先考虑豆科牧草种的择优,本试验以箭舌豌豆搭配组合优于采用毛苕子;燕麦宜选用高株粗杆单蘖重大的品种;混播优于间播。
- (3) 箭舌豌豆和毛苕子与燕麦混作群落中,燕麦与两种豆科牧草的种间关系呈互惠关系。
- (4) 在高寒牧区进行燕麦与箭舌豌豆、毛苕子混播可为解决高寒牧区人工草地建设长期以来缺乏适合的豆科牧草这一问题提供重要途径。

参 考 文 献

- 孙明德, 1993, 青海高寒牧区燕麦与毛苕子混播试验, 青海畜牧兽医杂志 (1): 15~17.
- 陈永秉, 1983, 数理统计浅说, 农业出版社, 223~258.
- 杨福园, 1982, 青海高寒草甸生态系统定位站的自然地理概况. 高寒草甸生态系统, 夏武平主编, 第 1 集, 1~8 页, 甘肃人民出版社.
- 周兴民, 李健华, 1982, 海北高寒草甸生态系统定位站的主要植被类型及地理分布规律. 高寒草甸生态系统, 夏武平主编, 第 1 集, 9~18 页, 甘肃人民出版社.
- 周青平, 王柳英, 1992, 箭舌豌豆与燕麦混播的产量与草层结构的初步研究, 青海草业 (4): 37~43.
- 常根柱, 1991, 燕麦与箭舌豌豆在甘肃卓尼的混播试验, 草业科学 (6): 65~66.
- 韩志林、车敦仁、周青平、王柳英, 1992, 青海东部农区不同山地燕麦与箭舌豌豆混播试验初报, 青海畜牧兽医杂志 (4): 18~19.

A PRELIMINARY STUDY ON OPTIMUM MIXEDCROPPING PATTERN OF THE OAT (*AVENA SATIVA*) AND THE COMMON VETCH (*VICIA SATIVA*) OR THEHAIRY VETCH (*V. VILLOSA*) IN THE ALPINE PASTORAL AREA

Zhang Yaosheng Zhou Xingmin Wang Qiji Zhao Xinquan

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

Abstract

One mixed cropping experiment of the oat with two pulse plants was carried out at the Haibei research station of alpine meadow ecosystem, during growing season in 1993. Orthogonal design across for 3 factors within 2 levers was used to study the effect on fresh weight of forages among the varieties of oats (factor A), the species of pulse plants (factor B) and the sowing ways (factor C). It proved by experiment, the effects of three factors on total yield put in order: $B > C > A$. In four mixed cropping pattern, the common vetch is better than

hairy vetch; mixed cropping is better than intercropping; the oat variety, No. 4 of Bayan is better than Yellow oat. The best pattern in this experiment is No. 4 of Bayan with common vetch, mixedcropping.

The result of correlation analysis showed that the correlation coefficient value between the forage yield of pulse in per square metres and the total yield of mixed cropping is the maximum. To compose an optimum mixed cropping pattern, choosing a better species of pulse is a chief factor.

Key words: Optimum pattern; Mixed cropping; Oat; Common vetch; Hairy vetch

参考文献

王德明等, 1983, 青海高原农业区燕麦与豆科混播的初步研究, 青海农业, (1): 15-17.
 陈永贵, 1983, 整理统计资料, 农业出版社, 223-228.
 魏福刚, 1983, 青海高原农业区燕麦与豆科混播的初步研究, 青海农业, (1): 15-17.
 甘肃人民出版社.
 周兴民, 李德学, 1982, 西北高原农业区燕麦与豆科混播的初步研究, 甘肃农业, (1): 15-17.
 甘肃人民出版社.
 周兴民, 李德学, 1982, 西北高原农业区燕麦与豆科混播的初步研究, 甘肃农业, (1): 15-17.
 甘肃人民出版社.
 王德明等, 1983, 青海高原农业区燕麦与豆科混播的初步研究, 青海农业, (1): 15-17.
 甘肃人民出版社.
 王德明等, 1983, 青海高原农业区燕麦与豆科混播的初步研究, 青海农业, (1): 15-17.
 甘肃人民出版社.

A PRELIMINARY STUDY ON OPTIMUM MIXEDCROPPING PATTERN OF THE OAT (AVENA SATIVA) AND THE COMMON VETCH (VICIA SATIVA) OR THE HAIRY VETCH (V. VILLOSA) IN THE ALPINE PASTORAL AREA

Zhang Yaosheng Zhou Xingmin Wang Qiji Zhao Xinqun

(Institute of Pastoral Science, The Chinese Academy of Sciences, Xining, 810001)

Abstract

The mixed cropping experiment of the oat with two pulse plants was carried out at the Haibei research station of alpine meadow ecosystem during growing season in 1993. Orthogonal design across for 3 factors within 2 levels was used to study the effect on fresh weight of forages among the varieties of oats (factor A), the species of pulse plants (factor B) and the sowing ways (factor C). It proved by experiment, the effect of three factors on total yield put in order: $B > C > A$. In four mixed cropping pattern, the common vetch is better than