

文章编号: 1000-4025(2003) 07-1258-08

# 半干旱黄土丘陵区多元化草地建设技术研究\*

李代琼<sup>1</sup>, 梁一民<sup>1</sup>, 刘国彬<sup>1</sup>, 黄 瑾<sup>1</sup>, 姜 峻<sup>1</sup>, 一前宣正<sup>2</sup>, 西尾孝佳<sup>2</sup>

(1 中国科学院、水利部水土保持研究所, 陕西杨陵 712100; 2 日本国, 宇都宫大学杂草研究中心)

**摘要:** 针对黄土丘陵区草地退化, 水土流失严重, 草地畜牧业生产力低等问题, 于 1995 ~ 2002 年在半干旱黄土丘陵区的安塞县进行了多元化草地建设试验研究。引种、驯化生态经济型优良草种 20 余种(包括品种、类型), 建设高产、优质单播及混播人工草地和利用耐牧草种改良天然草地, 为在半干旱黄土丘陵区充分利用水土资源, 改良大面积天然草地, 提高其生产力和生态、经济效益, 及在退耕坡地建设人工草地, 为促进农牧业可持续发展提供物质基础及科学依据。

**关键词:** 半干旱黄土丘陵区; 多元化草地建设; 人工草地; 天然草地改良; 牧草引种

中图分类号: Q948.1; S181 文献标识码: A

## Study on technology of multidimensional grassland establishment in semi-arid Loess Hill Region

LI Dai-qiong<sup>1</sup>, LIANG Yi-min<sup>1</sup>, LIOU Guo-bin<sup>1</sup>, HUANG Jin<sup>1</sup>,  
JIANG Jun<sup>1</sup>, CHIZEN Nobumasa<sup>2</sup>, NISHIO Takayoshi<sup>2</sup>

(1 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Center for Research on Wild Plants, Utsunomiya University, Japan)

**Abstract:** To aim at the problems on grassland degeneration, serious soil and water loss, and low productivity of grassland and animal husbandry in semi-arid loess region, the experimental studies on technology of multidimensional grassland establishment, including introducing fine herbage, constructing high yield and high quality artificial grassland and improving natural grassland, were carried out in Ansai County, Shaanxi Province, in 1995 ~ 2002. More than 20 fine species or varieties have been selected and have been used in constructing monoculture and mixed grasslands. The fine species and mixture model for improving natural grassland have been confirmed. These study results will provide material and scientific basis for increasing grassland productivity and eco-economic benefit, advancing sustainable development of agriculture and animal husbandry.

**Key words:** semi-arid Loess Hill Region; multidimensional grassland establishment; artificial grassland; improving natural grassland; introducing herbage

草地是以草本植物为主组成的植被总称, 是陆地生态系统的重要组成部分。特别在黄土高原年平均降水量 550 mm 以下的森林草原地带和草原地带, 草地是地带性的主要植被类型。因此, 草地建设是半干旱黄土丘陵区生态农业建设的重要组成部分

分。草地不仅可有效保持水土, 防止土地荒漠化, 它又是草原地带生态系统的主要“生产者”, 是发展畜牧业的可再生资源。保护、建造及合理利用草地资源是维持该地区生态系统平衡, 实现农牧业可持续发展的基础和重要措施。世界上发达国家都十分重视

\* 收稿日期: 2003-05-23; 修改稿收到日期: 2003-06-10

基金项目: 中日黄土高原生物生产可持续发展合作项目, 安塞国家科技攻关项目(96-004-05-04)

作者简介: 李代琼(1940-), 女(汉族), 研究员, 硕士生导师。主要从事牧草、灌木引种和草地生态学研究。

草地建设和草地畜牧业生产。在黄土高原半干旱地区, 传统上是以牧为主的农牧交错区。由于滥牧、过牧引起草地严重退化, 水土流失加剧, 导致生态环境恶化, 生产力和生态经济效益均很低, 适于大面积人工草地和天然草地改良的优良草种较少。针对草地建设中存在的问题, 中国科学院水利部水土保持研究所安塞综合试验站结合国家科技攻关项目和中日合作研究项目, 于 1995~2002 年围绕草地畜牧业、草地农业和经济草类三个方向, 开展了“多元化草地建设及提高生态经济效益技术”的试验研究。在草地畜牧业方面, 选择适应性强, 适口性好, 耐牧的草、灌木, 用于建造人工草地和改良天然草地。在草地农业方面, 主要选择适宜的优良豆科牧草用于草粮带状间轮作。另外, 在退耕坡地种植适宜的药材等经济草类。这些试验研究为该地区加速退耕还林还草, 恢复植被, 保持水土, 建造稳产高产的人工草地, 改良天然草地, 发展草地畜牧业和草地农业提供了物质基础和科学依据。

## 1 试验地自然条件

试验地设于中国科学院安塞水土保持综合试验站和纸坊沟试验示范小流域。属黄土丘陵区第二副区, 海拔 1 013~1 431 m。植被区划为暖温带森林草原区。年平均气温 8.8℃, 无霜期 160 d。年平均降水量 530 mm, 干燥度 1.14。土壤以黄绵土为主。土壤侵蚀严重, 平均年侵蚀模数 > 10 000 t/km<sup>2</sup>。天然草地覆盖度 0.2~0.4, 鲜草产量 1 200~1 800 kg/hm<sup>2</sup>。

## 2 试验内容和方法

### 2.1 优良草种引种驯化

自 1995 年先后引进美国、加拿大、日本、俄罗斯、英国、澳大利亚、罗马尼亚及中国内蒙、河北、山西、甘肃、陕西、宁夏、新疆等地优良草种。另外对当地天然植被优势种白羊草、达乌里胡枝子等进行了人工种植试验。试验地分别设于旱川地和山地。小区面积为 1~30 m<sup>2</sup>, 优良草种逐步进行扩大试验, 其面积为 30~300 m<sup>2</sup> 以上。在牧草生长各阶段进行必要的管理, 定期调查出苗、存苗、生长发育等, 并进行综合评价。

### 2.2 多元化草地建设试验

在试区内选取样地进行了人工草地建造、天然草地改良、经济型草(药)培植技术和草粮轮作试验。在牧草生长各阶段选择方测定其生长量、产量、草群结构、土壤水分动态及生态、经济效益等, 并进行综

合评价。

## 3 结果与分析

### 3.1 优良草种引种驯化

1995~2002 年引种国内外优良草种 900 余份材料, 主要为豆科、禾本科、菊科、百合科、紫草科等, 包括 76 属, 182 种草种。通过适应性、抗逆性和丰产性对比观察, 初步筛选出 20 余种(含品种、类型)适应半干旱黄土丘陵区的优良草种。这些草种高产(表 1)、优质(表 2)、抗性较强, 适口性好, 有较高的生态、经济效益。在旱川地、山地鲜草产量分别为 9 000~70 000 kg/hm<sup>2</sup>、4 500~42 000 kg/hm<sup>2</sup>, 为该地区退耕还林还草和多元化草地建设提供了科学依据和适宜草种<sup>[1,2]</sup>。

**3.1.1 豆科(Leguminosae) 苜蓿属(Medicago):** 引种 107 份材料, 效果较好的有紫花苜蓿(*M. sativa* L.) 6 个品种、类型和杂种苜蓿(*M. medium* Pers.) 1 个品种。其中以美国、罗马尼亚种源的紫花苜蓿和新疆大叶苜蓿为优。

**黄芪属(Astragalus):** 1992 年引种的彭阳早熟沙打旺和沙打旺(*A. adsurgens* Pall.) 原栽培种对比试验表明, 早熟沙打旺生长量、产量等特性较沙打旺原栽培种好, 产籽量比原栽培种高 19 倍。目前已在陕北、关中、内蒙等地推广种植, 效果良好。

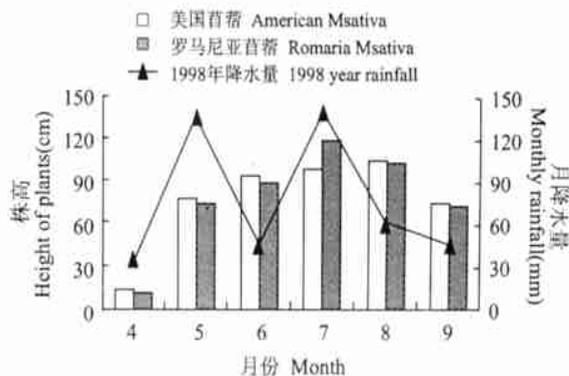


图 1 3 a 生豆科牧草生长月动态

Fig. 1 Growth monthly dynamic of the 3 years old pea family herbage

**草木樨属(Melilotus):** 1998~1999 年在安塞纸坊沟退耕坡地种植引种的白花草木樨(*M. albus* Desr.) 和黄香草木樨(*M. officinalis* L. Desr.) 80 hm<sup>2</sup>, 生态、经济效益明显。

**红豆草属(Onobrychis):** 引种红豆草(*O. viciaefolia* Scop.) 3 份材料。延安和美国种源红豆草长势好。抗寒、抗旱性较沙打旺、草木樨差。目前已向陕北、关中推广种植, 效果良好。

野百合属(*Crotalaria*): 引种原产地为美国的3份美丽猪屎豆(*C. spectabilis*)材料, 系一年草本植物。在当地适宜的水热条件下出苗快、成苗好、抗性较强, 生长发育良好, 产量高(表1), 营养丰富(表2)。美丽猪屎豆这一新引进的草种, 在安塞黄土丘陵区具有较大的推广价值。

胡枝子属(*Lespedeza*): 于1995年开始采集当地野生的达乌里胡枝子(*L. davurica* Schindl.)进

行栽培驯化试验, 试验表明其生长良好, 产草量比当地野生者高0.5~1倍。该草种已在本试验区较大面积种植。二色胡枝子(*L. bicolor* Turcz.)在旱川地、山地生长良好, 可作为人工混播草地灌木种。

另外从百脉根属(*Lotus*)、小冠花属(*Coronilla*)、三叶草属(*Trifolium*)亦筛选出了较优良草种用于绿肥、饲料、水土保持及绿化草种, 效果良好。

表1 主要豆科牧草引种驯化效果

Table 1 The results of introduction and domestication of pea family herbage

编号 Number	牧草名称 Name of herbage	种源 source of seeds	旱川地 Dry Land		山地 Hilly area		抗寒性 Cold resistance	抗旱性 Drought resistance		
			株高 height of plants (cm)	产草量 Yield of herbage (kg/hm <sup>2</sup> )		株高 height of plants (cm)			产草量 Yield of herbage (kg/hm <sup>2</sup> )	
				鲜重 FW	干重 DW				鲜重 FW	干重 Dw
K96-7	紫苜蓿 <i>M. sativa</i>	罗马尼亚	103	39000	13650	97	20000	7000	较强	较强
K96-6	紫苜蓿 <i>M. sativa</i>	美国	100	37800	12474	95	17010	6294	较强	较强
92-7	大叶苜蓿 <i>M. sativa</i>	新疆	100	31530	10090	80	12500	4375	较强	较强
96-224	紫苜蓿 <i>M. sativa</i>	本地种	100	22005	7042	54	10005	3202	较强	中
92-27①	彭阳早熟沙打旺 <i>A. adsurgens</i> 沙打旺	宁夏、彭阳	135	55515	18319	124	43020	12900	强	强
92-27②	<i>A. adsurgens</i>	本地种	130	51010	16833	122	36015	10805	强	强
92-5	白花草木樨 <i>M. albus</i>	中国农业科学院畜牧所	170	28200	7896	140	18000	5040	强	强
96-102	黄花草木樨 <i>M. officinalis</i>	美国	140	25800	7740	130	14500	4350	强	强
96-30	美丽猪屎豆 <i>C. spectabilis</i>	美国	190	45500	13650	85	12000	3600		较强
92-3	红豆草 <i>O. viciaefolia</i>	延安	95	26000	7800	80	6000	1575	中	中
96-224	达乌里胡枝子 <i>L. davurica</i>	栽培本地天然草种	90	25500	7650	70	10005	2900	强	强

注: 抗寒性、抗旱性均分为强、较强、中、差、弱5级记载

Notes: Cold resistance and drought resistance are evaluated by very strong, stronger, strong, middle, weak.

表2 主要豆科牧草营养成分分析

Table 2 The nutritive composition of staple pea family herbage

牧草名称 Name of herbage	种源 Source of seeds	水分 Water (%)	占风干物质 Dry matter (%)					钙 Ca	磷 P	钾 K
			粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗纤维 Crude fibre	无氮浸出物 Non nitrogenous matter	粗灰分 Crude ash			
紫苜蓿 <i>M. sativa</i>	罗马尼亚	10.36	17.38	1.26	25.76	33.87	11.37	1.45	0.225	—
紫苜蓿 <i>M. sativa</i>	美国	9.94	18.25	1.05	31.29	28.99	10.48	1.31	0.273	—
大叶苜蓿 <i>M. sativa</i>	新疆	10.68	18.81	1.10	27.92	29.57	11.92	1.28	0.288	—
紫苜蓿 <i>M. sativa</i>	本地种	10.12	15.38	0.92	33.44	30.74	9.40	1.45	0.191	—
白花草木樨 <i>M. albus</i>	中国农业科学院畜牧所	7.49	14.85	1.74	29.13	47.44	6.84	1.22	0.150	1.21
黄花草木樨 <i>M. officinalis</i>	宁夏固原	7.28	14.17	1.52	28.94	48.16	7.21	1.18	0.180	1.37
美丽猪屎豆 <i>C. spectabilis</i>	美国	7.10	19.37	0.74	23.24	45.99	10.66	2.75	0.220	1.94
彭阳早熟沙打旺 <i>A. adsurgens</i>	彭阳	10.22	14.12	0.88	34.96	31.18	8.34	1.03	0.174	—
红豆草 <i>O. viciaefolia</i>	延安	7.78	10.36	1.53	33.84	47.74	6.53	1.01	0.120	1.40
红三叶 <i>T. pratense</i>	美国	7.30	11.53	2.99	20.86	53.81	10.81	3.31	0.200	1.40
里奥百脉根 <i>L. corniculatus</i>	榆林	11.59	13.81	2.03	25.26	49.50	9.40	1.79	0.160	—

注: 1994~1998年采样, 1995~2000年分析, 除美丽猪屎豆为1年生草种外, 其余为2~4年生牧草。

Notes: The samples were sampled and assayed in 1994~2000. *C. spectabilis* is annual plant, the others are 2~4 years old plants.

3.1.2 禾本科(Gramineae) 黍属(*Panicum*): 从国外引种 23 份材料, 以原产美国的柳枝稷(*P. virgatum* L.) 生长最好(表 3), 抗寒、耐旱性强。图 2 为 9 a 生柳枝稷的生长和产量年动态, 该草种较其它禾本科牧草长势好、产量高。图 3 为 1995 年在山地阳坡播种的 6 a 生的柳枝稷生长状况, 其适应性较无芒雀麦、长穗冰草、中间冰草为优。1995、1997 年安塞为特大干旱年, 在持续 3~5 个月干旱, 地表 30 cm 土壤水分分为 2%~4%, 然柳枝稷仍生长良好。幼苗能忍耐

-20 左右的低温, 但萌发的种子抗干旱和地表高温较差。柳枝稷单丛分蘖较多, 2~3 a 为 27~42 个, 5~7 a 生为 80~90 个; 叶量大, 在荒山覆盖度为 85% 以上; 根系发达, 水土保持效益明显。营养价值较高(表 4), 是良好的饲用和水土保持牧草。柳枝稷分布在北美、中美及墨西哥, 我国有引种栽培, 但在黄土高原尚无引种的记载。柳枝稷在安塞黄土丘陵区具较大推广价值, 现已在陕北、关中等地种植, 逐步推广<sup>[3]</sup>。

表 3 主要禾本科牧草引种驯化效果

Table 3 The results on introduction and domestication of Gramineae grasses

编号 Number	牧草名称 Name of herbage	种源 source of seeds	旱川地 Dry Land		山地 Hilly area		抗寒性 Cold resistance	抗旱性 Drought resistance		
			株高 height of plants (cm)	产草量 Yield of herbage (kg/hm <sup>2</sup> )		株高 height of plants (cm)			产草量 Yield of herbage (kg/hm <sup>2</sup> )	
				鲜重 FW	干重 DW				鲜重 FW	干重 Dw
A92-38⑥	柳枝稷 <i>P. virgatum</i>	美国	146	29795	10172	—	—	—	强	强
95-242	柳枝稷 <i>P. virgatum</i>	美国	—	—	—	138	18253	6389	强	强
96-113	柳枝稷 <i>P. virgatum</i>	美国	144	16509	5778	124	12206	4394	强	强
97-17	柳枝稷 <i>P. virgatum</i>	美国	158	17609	6163	89	8004	2800	强	强
96-20	雀麦属 库布斯克	美国	114	13800	5796	77	9005	3862	较强	中
96-177	无芒雀麦 <i>Kuluck B. inermis</i>	俄罗斯	120	24012	9605	88	15008	6303	较强	较强
9711	长穗冰草 <i>A. elongatum</i>	中国农业科学院畜牧所	130	24000	4202	90	16008	5603	较强	较强
97-7	中间冰草 <i>A. intermedium</i>	美国	138	16008	5600	86	8004	2800	较强	中
K96-10	白羊草 <i>B. ischaemum</i>	栽培本地天然草种	110	22500	10125	97	10254	4614	强	强
97-18	印度落芒草 <i>O. ly menoides</i>	美国	95	2400	1080	90	3000	1350	中	中

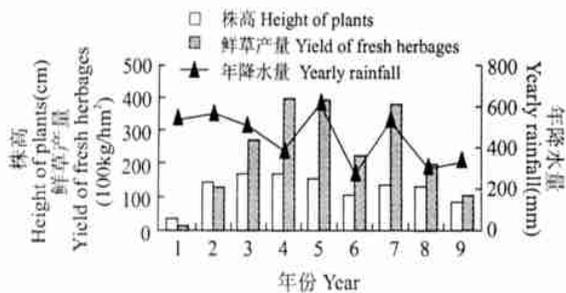


图 2 旱川地柳枝稷生长和产量年动态

注: 系 1992~2000 年调查的数据

Fig. 2 The growth and yield dynamic of per annum *Panicum virgatum* in dry land

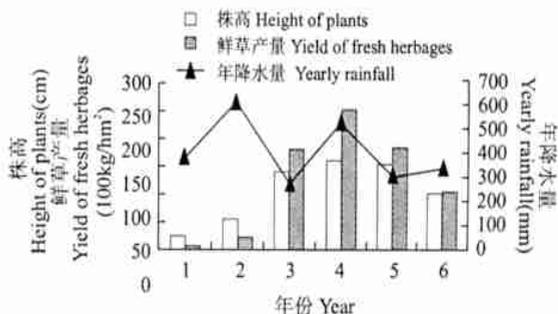


图 3 山地柳枝稷生长和产量动态

Fig. 3 The growth and yield dynamic of peannum *Panicum virgatum* in hilly area

Note: The data were investigated in 1992~2000

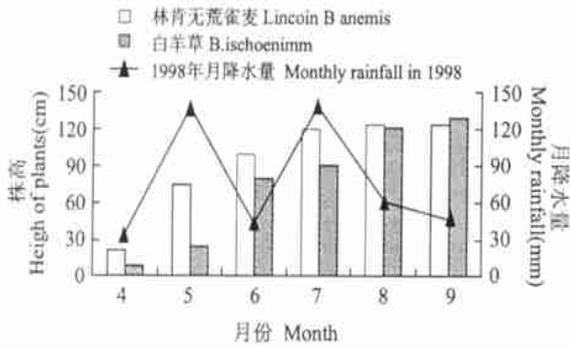


图 4 3 a 生禾本科牧草生长月动态

Fig. 4 Growth monthly dynamic of 3 years old Gramineae herbage

表 4 主要禾本科牧草营养成分分析

Table 4 The nutritive Composition of staple Gramineae herbage

牧草名称 Name of herbage	水分 Water (%)	占风干物质 Dry matter (%)					钙 Ca	磷 P	钾 K
		粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗纤维 Crude fibre	无氮浸出物 Non nitrogenous matter	粗灰分 Crude ash			
无芒雀麦 <i>B. inermis</i>	10.50	8.56	4.62	24.50	54.27	8.05	0.700	0.175	
柳枝稷 <i>P. virgatum</i>	6.00	7.17	1.35	34.11	51.21	6.16	0.660	0.15	0.77
中间冰草 <i>A. intermedium</i>	9.99	7.06	4.71	24.95	54.34	8.91	0.716	0.184	
牛尾草 <i>F. pratensis</i>	10.23	9.50	5.43	22.66	51.09	11.32	0.959	0.208	
羊茅 <i>F. ovina</i>	10.65	9.88	4.63	26.19	49.81	9.49	0.793	0.341	

注: 1999 年分析 3~5 a 生牧草。

Notes: The samples of 3~5 years old herbage were assayed.

3.1.3 引种百合科(Liliaceae)经济草种 引种芦笋 (*Asparagus officinalis*) 18 份及菊科(Compositae)串叶松香草(*Silphium perfoliatum*.)等,效果良好,现已逐步推广。

通过引种、驯化试验研究,筛选出 20 余种(含品种、类型)优良牧草,即柳枝稷、美国苜蓿、罗马尼亚苜蓿、大叶苜蓿、彭阳早熟沙打旺、黄香草木樨、美丽猪屎豆、红豆草、达乌里胡枝子、白羊草、林肯无芒雀麦、雀麦、库布斯克无芒雀麦、长穗冰草、中间冰草、芦笋、串叶松香草等。引种以上草种,原产地的纬度比本地区稍高或相近、气候一般与本地区相似(如从中国北部、美国北部和俄罗斯等地引种),易获得好的效果。在黄土丘陵区一般有分布的草种,引种效果较好。对当地乡土草种进行人工栽培和选育,效果良好,潜力大。

### 3.2 人工草地建造及天然草地改良试验研究

#### 3.2.1 人工草地建造试验 在建造人工草地中需

雀麦属(*Bromus*):引种效果较好的有林肯无芒雀麦(*B. inermis*)、库布斯克无芒雀麦、无芒雀麦(日本和中国种源)、雀麦(*B. bielbersteinii*)。

冰草属(*Aegropyron*):引种效果较好的有长穗冰草(*A. elongatum*)、中间冰草(*A. intermedium*)。

孔颖草属(*Bathriochloa*):系采收安塞野生白羊草(*B. ischaemum*)进行栽培试验,效果良好。白羊草繁殖容易,耐放牧,是改良天然草地的好草种,现正进行示范推广。

另外从拟稻属(*Oryzopsis*)、羊茅属(*Festuca*)、针茅属(*Stipa*)、高粱属(*Sorghum*)、燕麦属(*Avena*)亦筛选出优良草种,现正逐步推广<sup>[4]</sup>。

掌握好牧草的栽培技术,即播种期、播种量、播种方式以及经营管理等(表 5, 6)。播种期以雨季前播种效果较好。通过单播或混播(豆、禾或灌、草混播)其鲜草产量可达 15 000~60 000 kg/hm<sup>2</sup>,比天然草地生产力提高 3~8 倍,混播比单播草地生产力提高 0.5~1 倍以上。主要混播类型有:柠条(沙打旺)+甘草(*Glycyrrhiza uralensis* Fisch)、柠条+沙打旺+无芒雀麦、柠条+达乌里胡枝子+白羊草、柳枝稷+沙打旺(红豆草)、红豆草(沙打旺)+无芒雀麦、草木樨+苜蓿+无芒雀麦、沙打旺+白羊草、白羊草+达乌里胡枝子等。

在牧草生长过程中需作好抚育管理工作,包括整地、除草、松土、水肥管理及病虫害防治等,使人工草地高产、优质。在退耕坡地建造的人工草地,其覆盖度可达 0.7~0.8,能有效地保持水土。该地区人工草地 0.133~0.20 hm<sup>2</sup>可养 1 只羊,其生态、经济效益较高。

表 5 豆科人工草地建造技术

Table 5 The construction technology for artificial grassland of pea family

名称 Names	性质与用途 Character and use	立地类型 Site type	播种期 Date of seeding	播种量 Seed quantity (kg/hm <sup>2</sup> )	播种方式 Way of seeding
早熟沙打旺 Pengyang early-ripe <i>A. adsurgens</i>	多年生草本, 饲用、肥用、保持水土	各种立地类型均生长好	5至7月中旬	7.5~30	单播或混播, 飞播效果好. 播种深度 0.5 cm
草木樨 <i>M. albus</i>	2 <sub>a</sub> 生或1 <sub>a</sub> 生草本, 饲用、肥用、保持水土	各种立地类型生长好	5至7月	15~30	单播或混播. 条播行距 30~40 cm, 播种深度 0.5~1 cm
苜蓿 <i>M. sativa</i>	多年生草本, 饲用、肥用、保持水土	旱川地或较平缓坡耕地生长好	5至7月中旬	15~30	单播或混播, 条播行距 30~40 cm. 播种深度 0.5~2 cm
红豆草 <i>O. viciaefolia</i>	多年生草本, 饲用、肥用、保持水土	旱川地或较平缓坡地生长好	5至7月中旬	45~60	单播或混播, 条播行距 30~50 cm. 播种深度 3~4 cm
美丽猪屎豆 <i>C. spectabilis</i>	1 <sub>a</sub> 生草本, 饲用、肥用、保持水土	旱川地、较平缓阴坡生长好	4至6月	30~45	单播或混播, 条播行距 20~30 cm. 播种深度 2~3 cm
达乌里胡枝子 <i>L. davurica</i>	多年生草本, 饲用、肥用、保持水土	各种立地类型均生长好	5至7月	15~30	单播或混播, 条播行距 20~30 cm. 播种深度 2~3 cm
柠条 <i>C. micrphylla</i>	多年生灌木, 饲用、耐牧、保持水土	各种立地类型均生长好. 以阴坡为佳	5至7月, 飞播效果较佳	30~45	单播或混播, 雨季可飞播, 播种深度 3~4 cm
狼牙刺 <i>S. viciaefolia</i>	多年生灌木, 饲用、肥用、保持水土	在山地阳坡种植效果佳	5~7月上旬	30~45	单播或混播. 播种深度 3~4 cm

表 6 禾本科等人工草地建造技术

Table 6 The construction technology for artificial grassland of Gramineae and other family

名称 Names	性质与用途 Character and use	立地类型 Site type	播种期 Date of seeding	播种量 Seed quantity (kg/hm <sup>2</sup> )	播种方式 Way of seeding
柳枝稷 <i>P. virgatum</i>	多年生禾本科草本植物, 饲用、保持水土	退耕坡地各种立地类型均生长好	5至7月	22.5~42	单播或混播, 条播行距 40~60 cm 播种深度 0.5~1 cm
无芒雀麦 <i>B. inermis</i>	多年生禾本科草本植物, 饲用、保持水土	阴坡和平缓坡地生长较好	5至7月	30~45	单播或混播, 条播行距 40~60 cm 播种深度 0.5~1 cm
中间冰草 <i>A. intermedium</i>	多年生禾本科草本植物, 饲用、保持水土	阴坡和平缓坡地生长较好	5至7月	30~45	单播或混播, 条播行距 30~40 cm 播种深度 3~4 cm
长穗冰草 <i>A. elongatum</i>	多年生禾本科草本植物, 饲用、保持水土	退耕坡地生长较好	5至7月	30~45	单播或混播, 条播行距 30~40 cm 播种深度 3~4 cm
白羊草 <i>B. ischaemum</i>	多年生禾本科草本植物, 饲用、保持水土	在阳坡、半阳坡生长好	5至7月	15~30	单播或混播, 条播行距 30~40 cm 播种深度 0.5~2 cm
芦笋 <i>A. officinalis</i>	多年生百合科水土保持经济草种	退耕坡地各立地条件生长较好	5至7月	30~40	单播或混播, 条播行距 40~50 cm 播种深度 3~4 cm
串叶松香草 <i>S. perfoliatum</i>	多年生菊科草本植物, 饲用、保持水土	退耕坡地各立地生长较好	5至7月	15~30	单播, 条播行距 40~60 cm. 播种深度 2~3 cm
沙棘 <i>H. rhamnoides</i>	多年生胡颓子科经济灌木	荒山生长好, 退耕坡地及阴坡生长效果更佳		育苗用种 37.5~45, 直播 15~22.5	植苗或直播, 雨季前可进行飞机播种

3.2.2 天然草地改良技术 从调查、试验可看出,在该地区条件较好,原天然植被优势种没有完全被破坏的地段,经过 2~3 a 封育,优良牧草和饲用灌木能恢复正常生长发育,产量可提高 1~2 倍;在天然植被严重退化的地段通过补播优良草种,生产力可提高 2~3 倍. 依据植被分布及演替规律,选择当地地带性植被或相应地带优良的优势种和次优势种进行补播,是改良天然草地的科学途径. 试验结果表明,柠条、狼牙刺(*Sophora viciifolia*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、沙打旺、达乌里胡枝子、草木樨黄芪(*Astragalus melilotoides*)、白羊草等是适于该地区改良天然草地的优良植物种. 通过补播,经 2~4 a 其覆盖度可由原退化天然草地的 0.2~0.3 提高到 0.6~0.8,能有效地保持水土. 补播豆科牧草还能促进天然草类,特别是浅根性禾本科优势种的生长发育,如白羊草、长芒草(*Stipa bungeana*)、大针茅(*Stipa grandis*)、糙隐子草(*Kengia squarrosa*),形成较稳定的,发育良好的半人工混交、复层灌丛草地,有效提高其产量和质量. 根据安塞试区多年的试验和调查,笔者认为如下 4 种永久性(或多年性)混播放牧草场类型适宜于该地区推广:(1)柠条—天然草类放牧灌木草场. 即在较完整的梁峁坡或沟谷天然荒坡,每隔 3~4 m 种植 2 行 1 m × 1 m 的柠条带,4~5 a 柠条成林后,天然草类长芒草等生长比原来好. 该灌木草场总产量比原茭蒿(*Artemisia giraldii* Pamp.)+ 长芒草草地、长芒草草地产量提高 2~3 倍,其中长芒草等天然草类产量较原草地产量提高 34%~100%;(2)柠条—沙打旺人工灌丛草场. 一般鲜草产量可达 12 000~15 000 kg/hm<sup>2</sup> 以上,较天然草地生产力提高 5~8 倍,该类型适用于较完整的梁峁坡天然草地改良,退耕地建造效果更好、更快. 即每隔 4~5 m 种 2 行 1 m × 1 m 的柠条带(土壤耕翻),柠条带间撒播沙打旺(可不整地),沙打旺第 2 年即可利用. 4~5 a 后柠条成林,沙打旺逐渐衰退. 随着沙打旺衰败,天然草类可繁茂生长,鲜草产量可达 45 000 kg/hm<sup>2</sup>. (3)天然白羊草草地、长芒草草地带状或散状补播狼牙刺、沙打旺、达乌里胡枝子等优良豆科灌木、牧草. 经补播改良的灌丛草地鲜草产量可达 12 000 kg/hm<sup>2</sup>. 这是该地区沟谷阳坡天然草地改良的重要途径和模式. (4)破碎的荒沟草场带状或散状补播早熟沙打旺、柠条、无刺沙棘等优

良牧草和灌木,使之成为良好的灌丛草地,鲜草产量可达 15 000 kg/hm<sup>2</sup> 以上. 改良天然草地是该地区畜牧业发展的重要基础,应予以重视. 有条件的地方(人口较少、且有大面积荒山),年降水量 380 mm 以上地区可实行飞机播种草、灌<sup>[5~8]</sup>.

### 3.3 经济型草(药)种植技术及效益研究

3.3.1 沙打旺(柠条)与甘草带状间播试验 1994 年开始在安塞站及纸坊沟小流域试区内进行了沙打旺(柠条)—甘草带状间播试验,每 15~20 m 甘草带状种植 2~3 行柠条(沙打旺). 测定 4~6 a 生甘草,其株高 0.7~1.2 m,根长 1.2~3 m,根颈 2~4.5 cm,根产量为 9 000~18 000 kg/hm<sup>2</sup>. 其根系发达,根蘖力强. 甘草是适应黄土丘陵区人工栽培的中药材. 在该地区退耕地或荒山实行甘草与沙打旺(柠条)带状种植,甘草、沙打旺、柠条生长快、长势好,能迅速恢复退耕坡地植被或改良荒山天然草地,其草地群落产草量达 15 000~37 500 kg/hm<sup>2</sup>,覆盖度由原荒山的 0.3~0.4,提高到 0.7 以上,生态、经济效益好<sup>[2]</sup>.

3.3.2 无刺饲用型沙棘引种、培育 1993~2002 年在安塞引种俄罗斯、蒙古无刺沙棘优良品种、类型 10 余种,筛选出 2 种无刺或少刺类型. 另外,从引种国内不同地理种源的优良沙棘类型中筛选出生长迅速、根系发达、郁闭快、水土保持效益好的饲用优良沙棘材料,继续进行栽培、繁育推广工作<sup>[9]</sup>.

另外,通过对经济草种芦笋的良种选育和扩大栽培试验,已筛选出较优良的生态—经济型草种在山地、川地种植,效果良好.

## 4 结论与讨论

(1)引种国内外 900 余份优良草种材料,通过适应性、抗逆性和丰产性对比试验研究,筛选出柳枝稷等 20 余种优良草种. 另外对当地野生草种白羊草、达乌里胡枝子等进行了栽培驯化试验,效果良好. 其生态、经济效益明显. 这是该地区进行多元化草地建设的基础和条件.

(2)人工草地通过单播或混播(豆、禾或灌、草混播)平均鲜草产量达 15 000~60 000 kg/hm<sup>2</sup>,比天然草地生产力提高 3~8 倍以上,混播比单播草地生产力提高 0.5~1 倍以上. 天然草地改良,在优势种没有完全被破坏的地段,经过 2~3 a 封育,优良牧草

和饲用灌木恢复正常生长发育,生产力可提高 1~2 倍;在天然植被严重退化的地段通过补播优良草种,其生产力提高 2~3 倍。可以看出人工草地及天然草地改良后其经济、生态效益明显。

(3) 实行甘草与沙打旺(柠条)带状种植,能迅速恢复退耕坡地植被、改良荒山天然草地。4~6 a 生根产量为 9000~18000 kg/hm<sup>2</sup>。

(4) 在该地区引种国内外的无刺饲用沙棘、芦笋等,这些为建设高产、优质人工草地,发展相关产业和商品生产创造了有利条件。

今后可进一步作好牧草良种选育、草地建设等研究工作,加快良种繁育、推广速度,为黄土高原治理,发展草地畜牧业和草地农业,以及相关产业,为改善生态环境,发展山区经济服务。

致谢:中国科学院水利部水土保持研究所郑剑英 吴瑞俊 翟连宁 田梅霞 李秋芳同志参加了室内分析工作,特此致谢!

### 参考文献:

- [1] LI D Q(李代琼), HUANG J(黄 瑾), LIU G B(刘国彬), *et al.* Study on introduction of fine herbages in Ansai Loess Hilly Region of China[J]. *Journal of Soil Erosion and Soil and Water Conservation*(土壤侵蚀与水土保持学报), 1999, 5(专辑): 116-124(in Chinese).
- [2] LIANG Y M(梁一民), LI D Q(李代琼), LIU G B(刘国彬), *et al.* Ways for increasing ecological and economic effect of grassland on the loess hilly region[J]. *Research of soil and water conservation* (水土保持研究), 1996, 3(2): 111-115(in Chinese).
- [3] LI D Q(李代琼), LIU G B(刘国彬), HUANG J(黄 瑾), *et al.* Study on introduction and bio-ecological characters of *Panicum virgatum* in Ansai Loess Hilly Region[J]. *Journal of Soil Erosion and Soil and Water Conservation*(土壤侵蚀与水土保持学报), 1999, 5(专辑): 125-128(in Chinese).
- [4] LIANG Y M(梁一民), HOU X L(侯喜禄), LI D Q(李代琼). Principle and technique on expediting vegetation establishment in loess hilly region[J]. *Journal of Soil Erosion and Soil and Water Conservation*(土壤侵蚀与水土保持学报), 1999, 5(3): 1-5(in Chinese).
- [5] ICHIZEN N(一前宣正), NISHIO T(西尾孝佳), LIU G B(刘国彬), *et al.* Growth of gramineous and leguminous plant in Shaanxi Ansai, China(中国陕西省安塞县におけるイネ科とマメ科植物の生育試験)[J]. *Journal of Soil Erosion and Soil and Water Conservation*(土壤侵蚀与水土保持学报), 1999, 5(专辑): 7-11(in Japanese).
- [6] ZOU H Y(邹厚远), CHENG J M(程积民), ZHOU L(周 麟). Natural recovery succession and regulation of the prairie vegetation on the loess plateau[J]. *Research of Soil and Water Conservation* (水土保持研究), 1998, 5(1): 126-138(in Chinese).
- [7] LI D Q(李代琼), HUANG J(黄 瑾), BAI G SH(白岗栓), *et al.* Study on introduction and breeding of improved breeds of seabuck thorn in the semiarid loess hilly region[J]. *Acta Botanica. Boreall.-Occident Sin.* (西北植物学报), 1999, 19(5): 17-25(in Chinese).