

引进美国草种水保效果的对比研究

李 鹏^{1,2}, 任广鑫^{1,2}, 杨改河^{1,2}, 冯永忠^{1,2}, 张 强^{1,2}

(1. 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 陕西省循环农业工程技术研究中心, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:通过人工模拟降雨与室内分析相结合的方法, 对美国引进的8种禾本科牧草的生长势能、持水能力及草地的土壤水分状况、物理性状、土壤抗蚀性、贮水量、水土保持作用等指标的初步研究, 结果表明: 种植牧草可增大地表粗糙度, 减轻地表水蚀, 达到防止水土流失的目的, 并通过生物改良和阻滞溅蚀增强土壤抗蚀性; 其中, 无芒雀麦、苇状羊茅、扁穗冰草、细颈披碱草的水保综合性能表现最为优秀, 披碱草、新麦草、高冰草表现一般, 猫尾草表现较差。

关键词:牧草; 水土保持; 土壤抗蚀性

中图分类号: S157.43

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)02-0129-04

Study on Soil and Water Conservation Benefits of Several US Introduced Grasses

LI Peng^{1,2}, REN Guang-xin^{1,2}, YANG Gai-he^{1,2}, FENG Yong-zhong^{1,2}, ZHANG Qiang^{1,2}

(1. College of Agriculture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. The Research Center for Recycling Agricultural Engineering Technology of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: To probe into the effects of the 8 kinds grass soil and water conservation, the growth function, the ability of holding water, the water content in the soil etc, are measured through an artificial emulation rain with indoor analysis combine together. The result shows that *Bromus inermis* Leyss., *Festuca arundinacea* Schreber, *Agropyron desertorum*, *Agropyron trachycaulum* are the most excellent, *Elymus dahuricus*, *Elymus junceus* Fischer, *Agropyron elongatum* performance general, *Phleum pratense* L. performance worse.

Key words: herbage; soil and water conservation; soil anti-erosion

由于人口剧增, 盲目开荒、植被破坏, 我国西北地区水土流失、土地沙化、草场退化及土地的盐碱化等生态问题非常严重^[1]。中国科学院2005年的调查资料显示: 我国西部水土流失面积占全国的80%。据刘玉平等人的遥感资料表明, 西部地区潜在和已经发生水土流失地区的耕地中中度以上水土流失的耕地面积占耕地总面积的64.67%。从发展程度来看, 以严重水土流失为主, 占37.35%, 极严重占29.35%, 严重和极严重合计占到60%以上; 西部地区潜在或已经发生水土流失的草地总面积中, 中度以上的水土流失草地面积占草地总面积的63.19%。从发展程度来看, 草地水土流失以中度为主, 占87.52%。西部地区耕地和草地水土流失面积合计 $92\,329 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其中草地水土流失占68.21%, 耕地水土流失占31.79%。这不仅制约了当地农业经济和社会的发展, 而且也对整个国家的生态安全造成威胁, 其中水土流失治理已成为生态建设的重中之重^[2]。

多年来人们沿袭植树造林的防治模式时间见效慢, 引起土壤干层现象。而草被植物则能迅速覆盖地表, 适应性广, 贴地覆盖效果好, 茎叶吸水率高, 可有效减轻雨水对地表

的溅蚀作用, 拦蓄地表径流; 同时草被植物根系量大分布浅, 可有效固结土壤; 加之部分枯枝落叶和老化的根系腐烂后可有效改善土壤的物理性状, 增加土壤孔隙度, 提高渗透速率, 可以提高土壤的蓄水保水能力和抗蚀能力。我国的草种资源开发利用明显不足, 与发达国家相比, 育成优良牧草品种数量明显偏少。西北地区引进草种必须具有良好的水保性和较强的抗旱耐寒耐盐等抗逆能力, 因此本研究对引进的8种禾本科牧草植物水土保持效益进行研究, 以期对牧草水保性研究及西部地区水土流失的综合治理提供新的参考方式和依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试的草种为: 猫尾草(*Phleum pratense* L.)、扁穗冰草(*Agropyron desertorum*)、苇状羊茅(*Festuca arundinacea* Schreber)、无芒雀麦(*Bromus inermis* Leyss)、披碱草(*Elymus dahuricus* Turcz ex Griseb)、细茎披碱草(*Agropyron trachycaulum*)、高冰草(*Agropyron elongatum*)和新麦草

收稿日期: 2007-06-04

基金项目: 农业部948项目(2005-Z38); 西北农林科技大学人才基金(01140512); 国家林业局948项目(2006-4-11)

作者简介: 李鹏(1983—), 男, 陕西宝鸡人, 在读硕士, 主要从事植物资源开发与利用研究。E-mail: lipeng1411@163.com

通信作者: 杨改河(1957—), 男, 陕西耀县人, 教授, 博士生导师, 主要从事生态农业与循环农业技术研究。

(*Elymus junceus* Fischer)。

1.2 研究方法和内容

试验设在陕西杨陵中科院水土保持研究所人工模拟降雨大厅,自制的相同规格尺寸的径流小区(100 cm×50 cm 径流小区 9 个,坡度为 10°),以当地大田耕层土壤为供试土壤,含有机质 15.0 g/kg,全氮 56 mg/kg,磷 ≥ 3.4 mg/kg,速效钾 165 mg/kg。试验 4 月 20 日播种,分别为上述的 8 个草种和荒地对照,施肥水平为尿素(含 N $\geq 46.4\%$)6.93 g/区和普通过磷酸钙(含 P₂O₅ $\geq 16.0\%$)14.06 g/区,在室外自然条件下灌水养护生长至 8 月 15 日,模拟人工降雨研究水保性。测定项目有:

(1)土壤物理性状和水分状况的测定^[3-5]。在样区内用环刀和铝盒取样。采用烘干法测定土壤含水量,用环刀浸水法测定土壤容重、孔隙度、毛管最大持水量、饱和含水量和贮水量。

(2)土壤抗蚀性能测定。用环刀在样区内取 5 cm 高的原状土^[6-7],浸水法在 100 Hz 超声波振动下测定土壤完全崩解所需要的时间,并测定根系鲜重及干重。

(3)降水径流量和泥沙流失量的测定。将 9 个待测小区坡度调整为 10°,先后在人工模拟降雨大厅设定雨强分别为 60,90,120 mm/h 处理 1 h,测定各小区的产流时间、径流量、侵蚀量^[8]。

2 结果分析

草种均表现为生长迅速,3 个月生长期的植被覆盖度达 63%以上,5 个月生长期的植被覆盖度达 80%以上,其中无芒雀麦、苇状羊茅、细颈披碱草表现长势强,在 3 个月生长期的植被覆盖度均超过了 80%以上,在 5 个月生长期覆盖度达到了 90%。

2.1 土壤物理、水分性状的分析

草被植物根系量大,须根密集,茎叶枯落物和衰老退化的根系腐烂后可有效改善土壤的物理性状。取表土 5 cm 深的土层,分析种植不同的草种对土壤的容重、土壤总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度等土壤物理性状的影响(表 1)。

表 1 不同草地的土壤物理性状的比较

编号	草种名称	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	土壤总 孔隙度/%	毛管 孔隙度/%	非毛管 孔隙度/%
0	裸地	1.36	48.83	45.23	3.60
1	猫尾草	1.30	51.09	46.89	4.20
2	扁穗冰草	1.28	51.67	47.06	4.61
3	苇状羊茅	1.04	60.74	47.44	13.30
4	无芒雀麦	1.25	52.80	46.11	6.69
5	披碱草	1.27	51.97	47.27	4.70
6	细颈披碱草	1.25	52.69	46.14	6.55
7	高冰草	1.24	53.25	46.44	6.81
8	新麦草	1.15	56.60	49.66	6.94

由表 1 可以看出,苇状羊茅、新麦草的土壤容重分别比对照降低了 0.32 g/cm³ 和 0.21 g/cm³,土壤总孔隙度分别是对照的 1.24 倍和 1.16 倍。苇状羊茅、新麦草、高冰草、无芒雀麦、细颈披碱草的非毛管孔隙度分别是裸地对照的 3.69

倍、1.93 倍、1.89 倍、1.86 倍、1.82 倍,非毛管孔隙度与总孔隙度的比值比裸地大 14.52%,4.89%,5.41%,5.30%,5.05%。具体表现为种植草种不同程度的减少了表层土壤的容重,增大了表层土壤的孔隙度。

表 2 不同草地的土壤水分状况的比较

编号	草种名称	土壤含水量/ %	毛管最大土壤饱和持水量/ %	土壤饱和含水量/ %	现土层贮水量/ (t·hm ⁻²)	土壤饱和贮水量/ (t·hm ⁻²)
0	裸地	10.82	30.83	33.36	73.28	225.92
1	猫尾草	20.31	38.13	36.17	131.47	234.22
2	扁穗冰草	23.66	33.02	36.75	151.35	235.06
3	苇状羊茅	20.50	40.40	45.59	106.54	236.96
4	无芒雀麦	28.42	32.64	36.87	177.57	230.32
5	披碱草	21.53	33.96	37.14	136.86	236.11
6	细颈披碱草	15.64	32.05	36.80	97.95	230.47
7	高冰草	15.05	34.37	37.48	93.16	231.97
8	新麦草	13.36	39.91	43.18	76.77	248.05

同时,种植草种对土壤的保水性能也有显著的改善。土壤的蓄水保水能力决定于土壤物理性状,草被植物能明显改善土壤的物理性状,因而增强了土壤蓄水保水能力^[9]。由表 2 可以看出,土壤含水量比对照增加较多的无芒雀麦、扁穗冰草、披碱草、苇状羊茅和猫尾草,土壤含水量分别增加了 17.61%,12.84%,10.71%,9.68%和 9.49%;土壤饱和含水量较对照增加较多的为苇状羊茅、新麦草、高冰草、披碱草和无芒雀麦,分别增加 12.24%,9.82%,4.13%,3.78%和 3.51%;现有土层贮水量增加较多的草地为无芒雀麦、扁穗冰草、披碱草的草地,它们的增加值分别为 104.30,78.07,63.59 t/hm²;土壤饱和贮水量增加较多的草地为种植了新麦草、苇状羊茅、披碱草、扁穗冰草、猫尾草的草地,它们的增加值分别为 22.13,11.04,10.19,9.14,8.29 t/hm²。综合以上结果可以看出无芒雀麦、扁穗冰草、披碱草、苇状羊茅等草被植物,在减少水分蒸发,提高土壤的贮水量和蓄水保水能力方面较好。

表 3 不同草地的土壤抗蚀性能测试比较

编号	草种名称	完全崩解 所需要时间/ min	根系鲜重/ (mg·cm ⁻³)	根系干重/ (mg·cm ⁻³)
0	裸地	65	0.6	0.2
1	猫尾草	224	1.6	0.6
2	扁穗冰草	337	7.2	2.6
3	苇状羊茅	352	24.6	7.3
4	无芒雀麦	367	11.1	3.5
5	披碱草	292	3.1	1.0
6	细颈披碱草	272	13.5	4.3
7	高冰草	244	2.9	1.3
8	新麦草	187	5.6	2.3

2.2 土壤抗蚀性能分析

土壤的抗蚀性与土壤结构、土壤有机质及土壤中的根系

多寡有关。地表径流对土壤的冲刷程度越低,则土壤的抗蚀性能越强。草被植物可有效覆盖地表,同时其根系密集,固结土壤能力较强,可拦蓄和滞缓地表径流对土壤的冲刷。用环刀取体积为 100 cm³ 的土体,用浸水法在 100 Hz 超声波振动下测定土壤完全崩解所需的时间,并分拣出根系。从表 3 可以看出,无芒雀麦、苇状羊茅、扁穗冰草、披碱草、细颈披碱草种植区的土壤完全崩解所需要的时间分别比裸地多 302,287,272,227,207 min,表现为抗蚀性较好;同时 100 cm³ 土体中的根系干重也较对照分别增加 0.33,0.71,0.24,0.08 和 0.41 g,分别增加了 16.5 倍、35.5 倍、12.0 倍、4 倍和 20.5 倍。

2.3 不同雨强下地表径流状况对比分析

降雨是水土流失的原动力,其与坡面径流及产沙的多少密切相关。实验表明,引进的草被植物保水能力和固土能力均明显高于裸地对照,具有较好的保水固土效果,可以减少水土的流失。在径流冲刷过程中,地上部分植被阻隔了雨水

对部分土壤表面的直接冲刷,增强了土壤抵抗径流对土粒分离出土体的能力,也增加了径流输沙过程中的阻力,提高了表土的抗冲性;同时可减缓水流速度、降低径流动能,使径流对土壤的分散和输送能力降低,从而使径流的侵蚀力下降。在这种双重作用下,使草被植物土壤冲刷量大大低于裸地。

由图 1 可以明显看出,种植草被植物的小区较裸地均可明显延长地表的产流时间,其中表现较为优异的有扁穗冰草、苇状羊茅、新麦草、细颈披碱草;由图 2 可以明显看出,种植草被植物的小区较裸地均可明显降低地表径流量,其中表现较为优异的有细颈披碱草、扁穗冰草、苇状羊茅、披碱草、无芒雀麦;由图 3 可以明显看出,种植草被植物的小区较裸地均可明显降低地表侵蚀量,其中表现较为优异的有苇状羊茅、细颈披碱草、扁穗冰草、无芒雀麦;从 4 图可以明显看出,种植草被植物的小区较裸地均可明显降低地表径流系数,其中表现较为优异的有细颈披碱草、扁穗冰草、苇状羊茅、披碱草、无芒雀麦。

表 4 不同草被类型在不同雨强下的径流量和土壤侵蚀量

编号	草种名称	产流时间/s			总降雨量/mm			径流量/mm			径流系数			侵蚀量/g		
		60	90	120	60	90	120	60	90	120	60	90	120	60	90	120
		mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h
0	裸地	64	45	39	60	90	120	53.13	66.66	106.47	0.89	0.74	0.89	78.91	144.72	227.61
1	猫尾草	197	152	58	60	90	120	51.64	50.97	93.56	0.86	0.57	0.78	43.00	68.87	99.69
2	扁穗冰草	468	216	151	60	90	120	20.35	48.89	72.33	0.34	0.54	0.60	19.81	45.85	69.28
3	苇状羊茅	336	400	106	60	90	120	21.95	35.19	62.50	0.37	0.39	0.52	20.83	32.35	62.04
4	无芒雀麦	245	226	280	60	90	120	30.04	22.71	85.96	0.50	0.25	0.72	24.50	43.16	74.16
5	披碱草	189	255	63	60	90	120	33.14	31.17	68.42	0.55	0.35	0.57	22.08	61.63	87.06
6	细颈披碱草	237	329	110	60	90	120	30.34	19.08	70.91	0.51	0.21	0.59	23.94	38.62	65.85
7	高冰草	226	154	68	60	90	120	43.73	44.78	75.98	0.73	0.50	0.63	28.37	53.41	84.01
8	新麦草	388	356	90	60	90	120	50.50	38.95	98.65	0.80	0.43	0.83	26.73	46.67	76.33

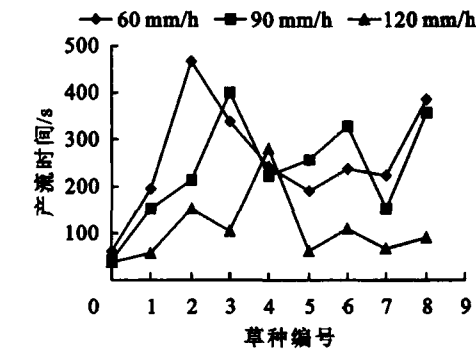


图 1 不同草被类型在不同雨强下的产流时间变化

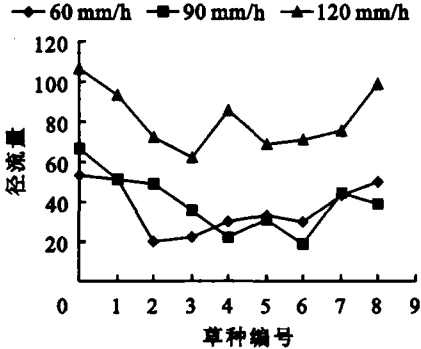


图 2 不同草被类型在不同雨强下的径流量变化

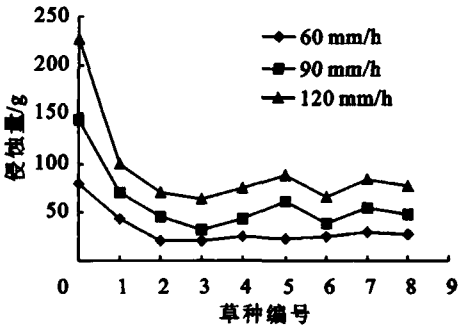


图 3 不同草被类型在不同雨强下的侵蚀量变化

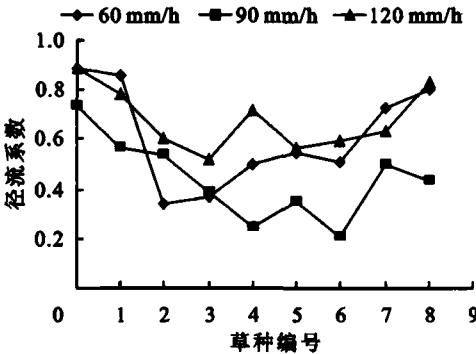


图 4 不同草被类型在不同雨强下的径流量变化

3 结 论

通过对种植草被植物的生长性能、持水能力、土壤水分状况、物理性状、土壤抗蚀性、贮水量、水土保持作用等指标的初步研究,结果表明草被植物较裸地可有效增加植被覆盖度,减少土壤容重,增加土壤孔隙度,提高土壤贮水量及保水固土能力,减少了水土的流失。

通过对 9 个试验小区各水保效益指标的观测及综合性状的调查,结果表明:无芒雀麦、苇状羊茅、扁穗冰草、细颈披碱草的水保综合性表现最为优秀,披碱草、新麦草、高冰草表现一般,猫尾草表现较差。其中需要一提的是无芒雀麦:无芒雀麦在各方面的综合表现都较优秀,但是在 120 mm/h 雨强条件下,其表现有些反常。在 120 mm/h 雨强条件下它的产流时间较长,但径流量和径流系数却有明显的增大,侵蚀量也偏高,一种可能是由于实验误差造成的这种反常,这需要进行进一步的研究更正。另一种可能是其该草被地表所能承受的雨强不能超过一定的范围,这就使得我们在选择这种草时要先调查清楚该地区的气候状况,如果该地区频繁有大到暴雨出现,那么就不适合种植此种草被。当然它所能承受的雨强范围还有待进一步研究确定。由此可见,推广种植草被时要因地制宜,特别是在我国西北地区等水土流失较为严重的地区推广时,更应该测试草种的各种水保指标及综合性

状再予以推广种植,以期为西北地区的水土保持工作做出一定的贡献。

参考文献:

- [1] 王明星. 浅谈水土流失现状及治理措施[J]. 水保与生态, 2006(4):59-60.
 - [2] 郭月峰,王瑄,巩琼. 西北地区水土流失现状及防止措施[J]. 内蒙古农业大学学报, 2006, 3(27):153-156.
 - [3] 霍亚贞,李天杰,等. 土壤地理实验实习[M]. 北京:高等教育出版社, 1987:3-18.
 - [4] 陈震,吴俊兰. 土壤肥料理化性质简易测定法[M]. 北京:农业出版社, 1981:24-27.
 - [5] 陆欣. 土壤肥科学[M]. 北京:中国农业大学出版社, 2002:58-63.
 - [6] 胡祖银. 土壤肥科学实习指导[M]. 北京:农业出版社, 1987:19-45.
 - [7] 龙忠富,唐成斌,等. 几种草被植物保持水土效益的研究[J]. 水土保持研究, 2002, 9(9):136-138.
 - [8] 林萍,刘世忠,苏现平,等. 山丘区灌木保持水土及综合开发效益的研究[J]. 水土保持研究, 2001, 8(3):12-13.
 - [9] 王凭青,段传人,王伯初,等. 杂交狼尾草水土保持能力的实验研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1):114-116.
- ~~~~~
- (上接第 128 页)
- [38] Gilley J E, Kottwitz E R, Simanton J R. Hydraulic characteristics of rills[J]. Transactions of ASAE, 1990, 33:1900-1906.
 - [39] Govers Gerard. Relationship between discharge, velocity, and flow area for rills eroding in loose, non-layered materials[J]. Earth Surface Processes and Landforms, 1992, 17:515-528.
 - [40] Abrahams A D, Gang L, Parsons A J. Rill hydraulics on a semiarid hill slope[J]. Southern Arizona. Earth Surface Processes and Landforms, 1996, 21:35-47.
 - [41] Morris E M, Wooliser D A. Unsteady one-dimensional flow over a plan; partial equilibrium and recession hydrographs[J]. Water Resources. Res., 1980, 16(2): 359-360.
 - [42] Govindaraju G M, et al. Approximate analytical solutions for overland flow[J]. Water Resources Research, 1990, 26(2):2903-2912.
 - [43] Franti T G, Foster G R, et al. Modeling the effects of incorporated residue on rill erosion. part I. Model development and sensitivity analysis. Part II. Experimental results and model validation[J]. Trans of the ASAE, 1996, 39(2):535-550.
 - [44] Agassi M, Shainberg I, Morin J. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1981, 45:848-851.
 - [45] Ruan H X, Ahuja L R, Green T R, et al. Residue cover and surface-sealing effects on infiltration numerical simulations for field applications[J]. Soil Science Society of America Journal, 2001, 65:853-861.
 - [46] Miroslav Kutilek. Time-dependent hydraulic resistance of the soil crust: Henry's law[J]. Journal of Hydrology, 2003, 272:72-78.
 - [47] Morin J, Van Winkel J. Effect of rain drop impact and sheet erosion on infiltration rate and crust formation [J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1996, 60:1223-1227.
 - [48] Foster G R. Modeling the erosion process[M]//Haan C T, eds. Hydrologic modeling of small watersheds. St. Hoseph, M I, USA, ASAE Monograph, 1982, 5: 297-379.
 - [49] Kinnell P I A. The mechanics of raindrop induced flow transport[J]. Aust. J. Soil Res., 1990, 28:497-516.
 - [50] Smart G M. Sediment transport formula for steep channels[J]. J. Hydr. Eng., ASCE, 1984, 110: 267-277.
 - [51] Alonso C V, Neibling W H, Foster G R. Estimating sediment transport capacity in watershed modeling [J]. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 1981, 24:1211-1226.
 - [52] 汤立群,陈国祥. 坡面土壤侵蚀公式的建立及其在流域产沙中的应用[J]. 水科学进展, 1994, 5(2):104-110.