

聚丙烯酰胺促进沙化退化草场植被恢复效果研究

褚丽妹¹, 葛岩¹, 惠静夷², 赵国苹³, 吕子超⁴, 凡久彬⁴

(1. 辽宁省水利水电科学研究院, 辽宁 沈阳 110003;

2. 辽宁省国土资源调查规划局, 辽宁 沈阳 110032;

3. 沈阳市环境保护局 浑南新区分局, 辽宁 沈阳 110015;

4. 辽宁江河水利水电新技术设计研究院, 辽宁 沈阳 110003)

[关键词] 聚丙烯酰胺; 沙化草场; 植被恢复; 草场生物量; 物种多样性

[摘要] 东北黑土区农牧交错带严重的水土流失破坏了草场资源, 降低了土地承载能力, 导致草场沙化退化严重。为了以最快的速度最大程度地实现沙化退化草场的植被恢复与重建, 通过野外小区对比试验和室内分析, 采用二因素完全随机设计, 研究了在不同植被条件下施用不同剂量聚丙烯酰胺后草场植被的生物学性状及物种组成的变化, 分析探讨了聚丙烯酰胺促进沙化退化草场植被恢复的效果。结果表明: 聚丙烯酰胺对植被盖度、株高、生物量和植物多样性的提高均具有明显的促进作用, 特别是剂量在 120 kg/hm² 时, 聚丙烯酰胺促进草场植被恢复的效果最为突出。

[中图分类号] S157.3; S156.2 [文献标识码] A [文章编号] 1000-0941(2012)05-0027-04

东北黑土区农牧交错带由于其特殊的地貌格局、气候条件和脆弱的地表物质基础以及不合理的人类利用, 草场沙化退化日益加剧。据统计, 我国的草原平均每年以 80 万 hm² 的速度在退化。内蒙古可利用天然草场退化面积已达 60.8%, 通辽市草场退化面积达 44.0%^[1-3]。在此趋势下, 如何以最快的速度、最大程度地实现农牧交错带沙化退化草场的植被恢复与重建, 已成为保障我国生态安全和粮食安全的一个重要问题。作为土壤结构改良剂, 高分子聚合物聚丙烯酰胺(PAM)具有增加

土壤表层颗粒间的凝聚力、维系良好的土壤结构、防止土壤结皮、增加土壤入渗、减少地表径流、防止土壤流失以及抑制土壤水分蒸发等作用^[4-10], 因此其在水土保持领域的应用也逐渐被人们所关注。将 PAM 用于沙化退化草场植被恢复与重建是切实可行而又前景广阔的尝试与探索。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于内蒙古通辽市扎鲁特旗北部的山地牧场, 地处土壤表层颗粒间的凝聚力、维系良好的土壤结构、防止土壤结皮、增加土壤入渗、减少地表径流、防止土壤流失以及抑制土壤水分蒸发等作用^[4-10], 因此其在水土保持领域的应用也逐渐被人们所关注。将 PAM 用于沙化退化草场植被恢复与重建是切实可行而又前景广阔的尝试与探索。

[参考文献]

- [1] 林崑. 黄河下游“二级悬河”治理试验工程开工[EB/OL]. http://news.xinhuanet.com/it/2003-06/07/content_907997.htm.
- [2] 李勇, 曲少军. 人工放淤是解决黄河下游“二级悬河”的主要措施[EB/OL]. <http://www.lunwentianxia.com/product.free.6898611.1/>.
- [3] 刘筠, 张圣敏, 李永强. 引洪放淤治理“二级悬河”可行性探讨[J]. 人民黄河, 2006(6): 16, 19.
- [4] 黄河水利委员会. 黄河下游标准化堤防工程规划设计与管理标准[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2009: 10-11.

[作者简介] 刘小强(1984—), 男, 宁夏银川市人, 硕士研究生, 主要从事水土保持与流域生态环境研究工作。

[收稿日期] 2012-03-10

(责任编辑 孙占锋)

[基金项目] 国家科技支撑计划项目(2011BAJ06B01)

河滩杂草自生能力很强, 故在尽量减少扰动面积、控制扰动程度以及缩短施工时间的基础上, 不必采取措施即可自然恢复植被。

4 结 语

(1) 黄河下游“二级悬河”形成的主要原因是水沙关系失调、下游控导工程及生产堤的长期存在, 且这一状况短期内难以改变。“二级悬河”治理工程需要逐段实施, 对治理过程中造成的水土流失应积极防治。

(2) “二级悬河”治理工程的水土保持措施应以预防水土流失和保护防洪工程为主, 即首先保护好黄河大堤, 满足防洪需要; 其次尽量减少扰动范围, 减少新增水土流失, 防止更多泥沙入河; 再次还要采取一些临时措施, 重视预防保护。

(3) 从水土保持和生态和谐的角度来看, 黄河大堤的防护应以植物措施为主, 防浪林结合草皮护坡的做法值得推荐。

(4) 小浪底水库调水调沙对治理黄河下游“二级悬河”产生了一定的积极作用, “二级悬河”治理工程与调水调沙结合起来, 可以取得更好的效果, 且有利于水土保持。

(5) 未来类似的治理项目还会有增多, 应进一步探索和改进行其水土保持方案编制工作, “二级悬河”治理项目水土流失治

查干毛日小流域,属东北黑土区农牧交错带山地草原区。长期以来,自然因素和人类对草场的不合理利用,导致该地区水土流失严重,草场退化、沙化,草原生态环境极度恶化^[2]。

1.2 供试材料

PAM 是具有超强吸水功能的高分子化合物,带有众多高度亲水功能基团。研究所采用的是阴离子型、分子量在 300 万 ~ 400 万之间的 PAM,白色粉末状。

1.3 试验设计与分析方法

在围封治理区域内布设小区,通过施用 PAM 改良沙化草场土壤,加速植被恢复。试验为二因素完全随机试验,设 A 和 B 两个因素:A 因素为不同 PAM 剂量,设 5 个水平,分别为 0(对照,A0)、30 kg/hm²(A1)、75 kg/hm²(A2)、120 kg/hm²(A3)、165 kg/hm²(A4);B 因素为不同植被类型,设 3 个水平,分别为人工栽植柠条(B1)、人工撒播沙打旺(B2)、天然植被(B3)。按两因素交叉分组布设 15 个小区,小区规格为 40 m × 15 m,设置在坡度为 6° 的均匀平缓坡面上,随机排列。试验观测全部在封育期内进行,封育期为 3 年。每个小区设 6 个 1 m × 1 m 的样方,每个生长季及秋末测定草场植被生物学性状及物种组成的变化。

2 结果与分析

2.1 植被高度的变化

试验过程中分别测定了 PAM 对人工栽植柠条、沙打旺以及三种植被恢复区内所有牧草平均株高的影响,结果见图 1、2。

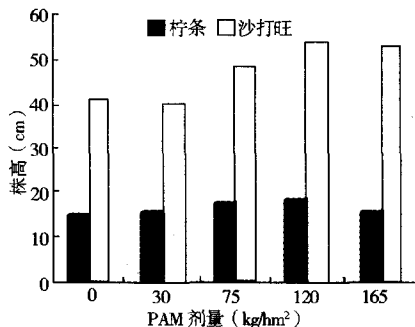


图 1 人工栽植牧草株高状况

由图 1 可以看出,随着 PAM 剂量的增加,柠条及沙打旺株高大体上呈现先增后减的趋势。当施用的 PAM 达到 120 kg/hm²时,株高均达到最大值,此时人工栽植柠条株高比其对照高 23.3%,人工撒播沙打旺株高比其对照高 30.9%。从图 2 中可以看出,不同植被恢复区所有牧草的平均株高大体上呈现出了相同的变化趋势,当 PAM 剂量达到 120 kg/hm²时,各植被

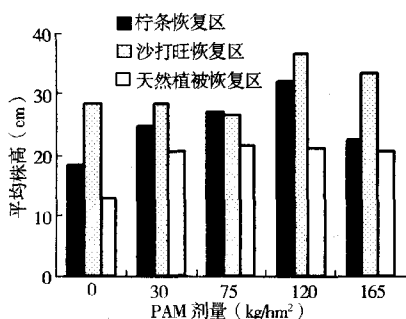


图 2 各处理所有植被平均株高状况

恢复区所有牧草的平均株高均达到最大值。120 kg/hm² 剂量 PAM 处理的柠条恢复区、沙打旺恢复区、天然植被恢复区所有牧草平均株高分别比其对照高 72.3%、28.7% 和 64.9%。

由表 1 方差分析结果可见,不同植被类型恢复区间植被平均株高呈极显著差异,不同 PAM 剂量间植被平均株高呈显著差异。表 2 和表 3 新复极差多重比较结果表明,不同 PAM 剂量间差异不显著,但均与对照呈显著差异。柠条恢复区与沙打旺恢复区差异显著,二者与天然植被均呈极显著差异。

表 1 植被平均株高方差分析结果

变异来源	自由度	平方和	方差	F 值	F _{0.05}	F _{0.01}
A 因素	4	151.29	37.82	4.06 *	3.84	7.01
B 因素	2	310.77	155.39	16.68 **	4.46	8.65
误差	8	74.51	9.31			
总变异	14	536.57				

注:“*”代表差异显著,“**”代表差异极显著,下同。

表 2 不同 PAM 剂量间株高多重比较

处理	植被平均株高 (cm)	差异显著性
A3	30.01	a
A4	25.53	a
A2	25.21	a
A1	24.68	a
A0	20.00	b

注:不同小写字母表示差异显著(0.05 水平),不同大写字母表示差异极显著(0.01 水平),下同。

表 3 不同植被类型间株高多重比较

处理	植被平均株高 (cm)	差异显著性	
		0.05 水平	0.01 水平
B1	30.69	a	A
B2	25.03	b	A
B3	19.54	c	B

2.2 植被盖度的变化

施用 PAM 对草场植被盖度的影响见图 3。从图 3 可以看出:除天然植被 75 kg/hm² 剂量处理植被盖度略低于 30 kg/hm² 处理外,其余各处理植被盖度均随着 PAM 剂量的增加呈现出先增后减的趋势;当 PAM 剂量达到 120 kg/hm² 时,三种植被恢复区植被盖度均达到最大值,此时柠条恢复区植被盖度比其对照高 20.0 百分点,沙打旺恢复区比其对照高 24.3 百分点,天然植被恢复区比其对照高 25.0 百分点。

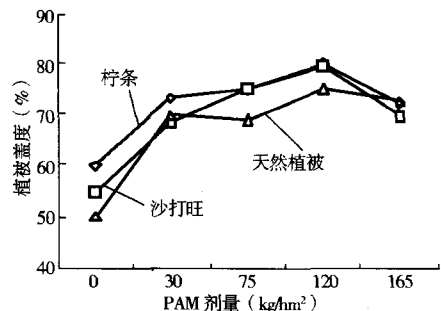


图 3 聚丙烯酰胺对植被盖度的影响

表 4 方差分析结果表明,不同植被类型恢复区间植被盖度差异呈显著水平,不同 PAM 剂量间植被盖度差异呈极显著水

平。表5和表6多重比较结果表明,柠条恢复区与沙打旺恢复区间植被盖度差异不显著,但这两个植被类型与天然植被恢复区间植被盖度差异显著;PAM施用剂量在120 kg/hm²时的植被盖度与30 kg/hm²时及对照的差异极显著,说明剂量在120 kg/hm²时对植被盖度的促进作用最强。

表4 植被盖度方差分析结果

变异来源	自由度	平方和	方差	F值	F _{0.05}	F _{0.01}
A因素	4	904.93	226.23	38.06**	3.84	7.01
B因素	2	57.22	28.61	4.81*	4.46	8.65
误差	8	47.55	5.94			
总变异	14	1 009.70				

表5 不同PAM剂量间植被盖度多重比较

处理	平均植被盖度 (%)	差异显著性	
		0.05水平	0.01水平
A3	78.10	a	A
A2	73.00	b	AB
A4	71.57	b	AB
A1	70.50	b	B
A0	55.00	c	C

表6 不同植被类型间植被盖度多重比较

处理	平均植被盖度 (%)	差异显著性	
		0.05水平	0.01水平
B1	72.08	a	A
B2	69.52	a	A
B3	67.30	b	A

2.3 草场生物量的变化

不同剂量水平对草场生物量(干物质)的影响见图4。结果表明:①各处理施用PAM后均有效地提高了草场生物量,且草场生物量随着PAM剂量的增加先增后减,当PAM剂量达到120 kg/hm²时,各处理草场生物量增幅最大,其中柠条恢复区草场生物量增加43.18%,沙打旺恢复区草场生物量增加72.23%,天然植被恢复区草场生物量增加70.68%。②沙打旺恢复区的各个小区生物量好于另外两种植被。沙打旺各处理的草场生物量平均比天然植被高6.8%~25.3%。

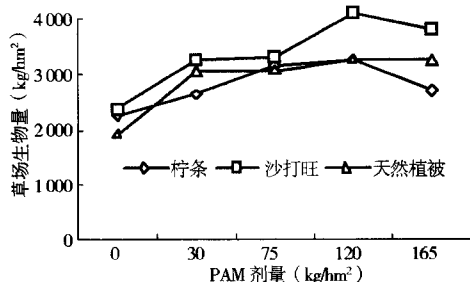


图4 聚丙烯酰胺对草场生物量的影响

表7方差分析结果表明,不同植被类型恢复区间生物量差异显著,不同PAM剂量间生物量差异极显著。表8、表9多重比较结果表明,不同植被类型间,沙打旺与天然植被、柠条间差异显著,天然植被与柠条间差异不显著;不同PAM剂量间,120、165、75 kg/hm²间差异不显著,它们均与30 kg/hm²差异显著,且施用PAM的各处理牧草生物量均与对照呈极显著差异。

表7 牧草生物量方差分析结果

变异来源	自由度	平方和	方差	F值	F _{0.05}	F _{0.01}
A因素	4	14 002.33	3 500.58	12.01**	3.84	7.01
B因素	2	4 047.61	2 023.81	6.94*	4.46	8.65
误差	8	2 331.39	291.42			
总变异	14	20 381.33				

表8 不同PAM剂量间牧草生物量多重比较

处理	平均牧草生物量 (kg/hm ²)	差异显著性	
		0.05水平	0.01水平
A3	3 571.65	a	A
A4	3 266.10	a	A
A2	3 194.55	a	A
A1	3 002.85	b	A
A0	2 208.45	c	B

表9 不同植被类型间牧草生物量多重比较

处理	平均牧草生物量 (kg/hm ²)	差异显著性	
		0.05水平	0.01水平
B2	3 391.80	a	A
B3	2 930.16	b	A
B1	2 824.26	b	A

2.4 草场物种多样性的变化

2.4.1 草场植物种类的变化

草场植物种类变化情况见表10。从植物种数上来看,柠条恢复区对照处理第二年植物种数比第一年减少了3种,施用PAM的各处理植物种数增加了1~4种;沙打旺恢复区对照处理植物种数减少了4种,30 kg/hm²处理增加2种,75、120及165 kg/hm²处理植物种数减少了1~2种,种数减少幅度均小于对照;天然植被恢复区,对照处理种数减少了1种,其余各施用PAM的处理植物种数增加了1~4种。

表10 草场植物种数的变化

处理	B1			B2			B3		
	第一年	第二年	变化	第一年	第二年	变化	第一年	第二年	变化
A0	18	15	-3	18	14	-4	18	17	-1
A1	16	19	3	16	18	2	16	18	2
A2	20	21	1	18	16	-2	17	18	1
A3	15	19	4	15	13	-2	15	19	4
A4	17	21	4	18	17	-1	18	20	2

注:表中负数代表减少。

在围封治理期限内,不同植被类型恢复区植物物种组成均发生了一定的变化:柠条恢复区出现了一些新的菊科、莎草科、十字花科以及豆科植物(全叶马兰、苔草、水田芥、黄芪、苦参等),部分菊科植物得以恢复(薄雪、铁杆蒿等),禾本科隐子草及豆科胡枝子等牧草逐渐成为优势种和建群种,小画眉、马唐等物种有所消退;沙打旺恢复区由于人为干预作用,所以沙打旺的优势性在后一年度表现得较为突出,同时也增加了一些豆科、莎草科、菊科和毛茛科物种(黄芪、苔草、全叶马兰、铁线莲),胡枝子有所恢复,小画眉、马唐等物种消退;天然植被恢复区出现了一些莎草科、十字花科、菊科物种(苔草、垂果南芥、全叶马兰等),隐子草、大叶胡枝子、细叶胡枝子、冰草、石竹等禾本科、豆科及石竹科物种在种群中的优势逐渐增大,小画眉消

退。总的来讲,在封育期限内,一二年生植物侵入,群落物种丰富度增加,退化群落中的建群种、优势种得以优先恢复。

2.4.2 生物多样性指数的变化

为了反映草场施用 PAM 后不同处理间群落中的物种丰富

度和个体在物种中的分布均匀程度,在调查种群的高度、密度和物种数量的基础上进行了 Shannon - Wiener 多样性指数 (SW)和以此为基础的均匀度(J_{sw})的测度,结果见表 11。

表 11 不同处理植物多样性变化

处理	第一年						第二年					
	B1		B2		B3		B1		B2		B3	
	SW	J_{sw}	SW	J_{sw}	SW	J_{sw}	SW	J_{sw}	SW	J_{sw}	SW	J_{sw}
A0	1.90	0.30	2.64	0.55	2.67	0.50	2.40	0.44	2.46	0.43	2.80	0.58
A1	1.97	0.25	2.51	0.43	1.94	0.34	2.38	0.43	2.63	0.49	2.80	0.56
A2	2.47	0.50	2.12	0.34	2.63	0.49	2.70	0.53	2.40	0.42	3.06	0.61
A3	1.70	0.19	2.43	0.38	2.41	0.45	2.15	0.29	2.54	0.42	2.53	0.52
A4	2.33	0.44	2.35	0.35	2.73	0.54	2.54	0.47	2.38	0.36	2.76	0.61

表 11 表明,治理期末柠条和天然植被恢复区 PAM 施用量在 75 kg/hm² 时物种多样性指数及均匀度指数都高于其余各处理;沙打旺恢复区施用 30 和 120 kg/hm² 剂量时物种多样性指数较高,30 kg/hm² 剂量时物种均匀度指数较高。总的来讲,天然植被恢复区物种多样性及均匀度都好于柠条和沙打旺恢复区。对各处理 SW 进行方差分析,发现不同 PAM 剂量间 SW 差异不显著,不同植被类型恢复区间差异显著。经过新复极差多重比较,得到柠条恢复区与沙打旺恢复区间 SW 差异不显著,而天然植被恢复区与二者之间差异呈显著水平。不同 PAM 剂量间 J_{sw} 差异同样不显著,但不同植被类型之间差异呈极显著水平,此差异同样是由于天然植被恢复区与另外两种植被恢复区间的极显著差异所致。

通过年间变化分析可知,经过两年封禁治理,除沙打旺对照处理多样性指数和群落均匀度指数略有下降外,其余各处理多样性指数和均匀度指数均有所增加,而且施用 PAM 比不施用 PAM 的多样性与均匀度指数增加的幅度要大,但不同剂量间的差异并不显著。

3 结 语

(1)在有效剂量范围内,聚丙烯酰胺能够有效地促进植被的生长,加速沙化退化草场植被的恢复。当聚丙烯酰胺剂量达到 120 kg/hm² 时,草场植被恢复效果最为突出。

(2)在最佳剂量水平下(120 kg/hm²),与一般生态修复区相比,柠条、沙打旺和天然植被恢复区植被盖度分别比对照高 20.0、24.3 和 25.0 百分点,牧草平均株高分别比对照提高了 72.3%、28.7% 和 64.9%,植被生物量分别比对照提高了 43.2%、72.2% 和 70.7%。

(3)聚丙烯酰胺能够减缓退化草场植物种类的减少,甚至可促进其植物种类的增加。治理期间草场生物多样性、均匀度都明显增加。柠条恢复区生物多样性指数增加了 9%~26%,均匀度指数增加了 7%~72%;沙打旺恢复区分别增加了 1%~13% 和 12%~63%;天然植被恢复区分别增加了 1%~44% 和 12%~63%。

[参考文献]

[1] 张生军,杨改河,刘和林.北方农牧交错带水资源与生态环境问题初探[J].安徽农业科学,2006,34(9):1945-1947.

[2] 张汉雄,邵明安,张兴昌.东北农牧交错带生态环境恢复与持续发展战略[J].干旱区资源与环境,2004,18(1):129-134.

[3] 何振强,徐慧,徐秀云.通辽市水土流失成因与防治对策[J].东北水利水电,2001(11):48-50.

[4] 吴学锋,汪有科,吴普特,等. PAM 对土壤物理性状影响的试验研究及机理分析[J].水土保持学报,2005,19(2):37-40.

[5] 崔海英,任树海.应用聚丙烯酰胺防治水土流失的研究现状[J].水土保持科技情报,2005(2):25-27.

[6] 夏海江,肇普兴.聚丙烯酰胺对土壤物理性质的影响[J].水土保持研究,1997,4(4):81-88.

[7] 于健,雷廷武,Shainberg I,等.不同 PAM 施用方法对土壤入渗和侵蚀的影响[J].农业工程学报,2010,26(7):38-44.

[8] 杨永辉,武继承,赵世伟,等. PAM 的土壤保水性能研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,25(12):120-124.

[9] 李晶晶,白岗栓.聚丙烯酰胺的水土保持机制及研究进展[J].中国水土保持科学,2011,9(5):115-120.

[10] 李佳佳,李俊颖,王定勇. PAM 对沙质土壤持水性能影响的模拟研究[J].西南大学学报:自然科学版,2010,32(3):93-97.

[作者简介] 褚丽妹(1978—),女,内蒙古赤峰市人,工程师,硕士,主要从事水土资源与水土保持方面的研究工作。

[收稿日期] 2012-01-15

(责任编辑 徐素霞)