

# 聚丙烯酰胺的保土保水保肥及 改土增产作用

肇普兴 夏海江

(辽宁省水利水电科学研究院 沈阳 110003)

**摘 要** 在辽宁省内不同地区、不同降雨和不同土壤条件下,采用3区组3因素2水平正交设计的聚丙烯酰胺施用试验,结果表明:在6°、10°、15°坡上施用聚丙烯酰胺的保土率分别为77%、67%、57%;平均每 $\text{hm}^2$ 保水量为 $153\text{m}^3$ ;3种坡度的保肥率分别为80%、65%、55%;坡耕地平均粮食的增产幅度为10%。

**关键词** 聚丙烯酰胺 改土 增产。

## The Main Role for Polyacrylamide to Increase Yield

Zhao Puxing Xia Haijiang

(Water and Electric Academy of Liaoning Province Shenyang 110003)

**Abstract** Under various region, rainfall and soil conditions of Liaoning province, polyacrylamide application experiment was carried out by using 3 blocks, 3 factors and 2 levels across design plan. The results showed that soil application of polyacrylamide at 6°, 10° and 15° hilly fields has a soil conservation rate of 77%, 67% and 57% respectively. The average water conservation per  $\text{hm}^2$  area is reached at  $153\text{m}^3$ . The soil fertility maintainance rate for three hilly fields is 80%, 65% and 55% respectively. The average increased grain yield at hilly fields is more 10 percent.

**Key words** polyacrylamide soil improvement yield increase

## 1 试验场地与方法的选择

试验场地选择在西丰县安民乡泉河小流域,地理位置在东经 $124^{\circ}55'$ ,北纬 $43^{\circ}42'$ ,流域面积为 $18\text{km}^2$ ,地貌类型属于清原新宾县侵蚀低山丘陵和昌图开原冲积洪积波状平原,海拔最高为603m,最低为200m,第四纪沉积物为中上更新统坡积洪积黄土状亚砂土。试验场地属温带季风大陆性气候,无霜期132d,多年平均降水量739.4mm,并集中在夏季6、7、8、9四个月,占全年总降水量的74.7%,作物生长期的雨量较为丰富。该区的植被较好,种类较多,属于长白植物区系和华北植物区系的交错地带,主要的乔木种类有柞树、落叶松、杨、柳等。试验区所在

① 收稿日期:1997-10-10

流域的坡度大部分在 5~40°之间,坡耕地的坡度分布在 5~25°之间,其中 5~15°的面积占坡耕地总面积的 60%,对坡耕地具有一定的代表性。试区的土层厚度为 30~60cm,质地为轻壤,种植作物为玉米和大豆。

2 试验布置与试验内容

2.1 试区设计

试区布设在一个坡面上,坡向为西南,坡度由上到下,分为 15°、10°、6°三个梯度。小区长 20m,宽 5m,面积为 100m<sup>2</sup>,建筑材料采用水泥坯作埂,并用水泥抹砌,其长边与坡向平行。小区两侧各设 3m 宽的隔离区,小区上部设有排水沟,以防外水侵入,下部直接连积水池,其容积为 2.2m<sup>3</sup>,并设分水孔,二级积水池容积为 1m<sup>3</sup>,按径流系数为 0.4 计算,积水池可满足小区内一次降雨 305mm 的试验要求。

2.2 试区布置

(1)因素及水平见表 1。

表 1 试验因素及水平

因素	1	2
A(用量)	30	60
B(次数)	1	2
C(方法)	颗粒(1 年)	喷洒(2 年)

(2)选用 L<sub>4</sub>(2<sup>3</sup>)正交表安排试验,并列出试验方案见表 2。

表 2 试验方案

处理号	A	B	C
1	1(30g)	1(1 次)	1(颗粒,1 年)
2	1(30g)	2(2 次)	2(喷洒,2 年)
3	2(60g)	1(1 次)	2(喷洒,2 年)
4	2(60g)	2(2 次)	1(颗粒,1 年)

(3)小区排列分成 6°坡、10°坡、15°坡三个区组。

2.3 试验观测内容

- (1)降雨观测(采用雨量自计仪)。
- (2)水土流失试验观测,试验观测水土流失量(侵蚀量)。
- (3)产量试验(试区单打单收)。
- (4)保水性试验,观测土壤含水量及径流量。
- (5)土壤物理性质试验。土壤质地、容重、孔隙度、渗透系数、比重、结构系数、发散系数、沉降系数、酸碱度、微团聚体。
- (6)土壤养分流失试验观测。速效氮、速效磷、速效钾、有机质。

3 聚丙烯酰胺的“三保”及改土增产作用

3.1 保土作用

1994 年度主汛期大于 10mm 的降雨共 7 次,总计降水量 539.2mm,最大降雨度 60mm/h。1995 年度主汛期大于 10mm 降雨能够产生径流的共 2 次,总降水量共 104.5mm,最大降雨强

度 11mm/h。

不同坡度小区水土流失结果见表 3。

表 3 不同坡度小区水土流失量观测结果

坡 度	处理号	用量 (g)	次数	方法	侵蚀量 kg			减少侵 蚀量%
					1994 年	1995 年	合计	
6°	6—0	30(1)	1(1)	颗(1)	12.15	2.2	14.35	49
	6—1	30(1)	2(2)	喷(2)	9.67	4.2	12.87	54
	6—2	60(2)	1(1)	喷(2)	7.78	4.7	12.48	55
	6—3	60(2)	2(2)	颗(1)	5.84	0.7	6.54	77
	6—4	改良区 90g			3.98	2.1	6.08	
	6—5	对照区			23.36	4.6	27.96	
	K <sub>1</sub>	27.22	26.83	20.89				
	K <sub>2</sub>	19.02	19.41	25.35				
	K <sub>1</sub> =K <sub>1/2</sub>	13.61	13.42	10.45				
	K <sub>2</sub> =K <sub>2/2</sub>	9.51	9.700	1268				
10°	R	4.1	3.72	2.23				
	10—0	30(1)	1(1)	颗(1)	17.89	2.1	19.99	48
	10—3	30(1)	2(2)	喷(2)	19.68	2.7	22.38	42
	10—4	60(2)	1(1)	喷(2)	15.91	4.3	20.21	48
	10—5	60(2)	2(2)	颗(1)	10.48	2.1	12.58	67
	10—1	改良区 90g			8.10	0.4	8.50	
	10—2	对照区			34.48	4.1	35.58	
	K <sub>1</sub>	42.37	40.20	32.57				
	K <sub>2</sub>	32.79	34.96	42.59				
	K <sub>1</sub> =K <sub>1/2</sub>	21.20	21.10	16.30				
15°	K <sub>2</sub> =K <sub>2/2</sub>	16.40	17.50	21.30				
	R	4.8	3.60	5.00				
	15—0	30(1)	1(1)	颗(1)	46.09	2.2	48.29	24
	15—1	30(1)	2(2)	喷(2)	34.82	3.1	37.92	40
	15—2	60(2)	1(1)	喷(2)	27.36	3.7	31.06	51
	15—3	60(2)	2(2)	颗(1)	23.42	3.9	27.32	57
	15—4	对照区			58.97	4.5	63.44	
	15—5	改良区 15g			15.45	4.7	20.15	
	K <sub>1</sub>	86.21	79.35	75.61				
	K <sub>2</sub>	58.38	65.24	68.98				
	K <sub>1</sub> =K <sub>1/2</sub>	43.10	39.70	37.80				
	K <sub>2</sub> =K <sub>2/2</sub>	29.20	32.60	34.50				
	R	13.90	7.10	3.30				

从表 3,6°到 15°坡的防治水土流失效果分析,施用量在 3 种坡度上都是主要矛盾。最优施用量均为 60g,施 2 次,颗粒状产品为佳。3 种坡度施用,其土壤侵蚀量分别可减少 77%、67%、57%。均具有较强的防治作用。

3.2 保水作用

主汛期共产流 9 次,对照区平均每 hm<sup>2</sup> 产流 1 275. 3m<sup>3</sup>,防治区平均每 hm<sup>2</sup> 产流 1 122. 3m<sup>3</sup>,平均每 hm<sup>2</sup> 储蓄径流量 153m<sup>3</sup>,相当每 hm<sup>2</sup> 平均为 225mm 的水深,见试区径流观测结果表 4。

表 4 试区径流观测  $m^3$

区号	径流量	hm <sup>2</sup> 径流量	区号	径流量	hm <sup>2</sup> 径流量	区号	径流量	hm <sup>2</sup> 径流量
6—0	8.69	855.00	10—0	8.56	856.50	15—0	15.47	1548.00
6—1	8.93	894.00	10—1	8.06	807.00	15—1	15.26	1527.00
6—2	8.69	870.00	10—2	* 11.94	* 1194.00	15—2	15.14	1515.00
6—3	8.62	862.50	10—3	12.23	1224.00	15—3	13.75	1375.50
6—4	8.51	852.00	10—4	14.32	1432.50	15—4	* 17.62	1762.50
6—5	* 8.39	* 840.00	10—5	11.35	1135.50	15—5	12.00	1200.00

3.3 保肥作用

土壤养分流失的分析计算采集流失样,养分流失量的大小与侵蚀量的大小呈对应关系。各试区平均养分流失量见表 5。

表 5 不同坡度土壤平均养分流失试验观测结果  $t/km^2$

坡度	区号	有机质		速效氮		速效磷		速效钾	
		%	$10^{-2}$	$\times 10^{-6}-n$	$10^{-2}$	$\times 10^{-6}-n$	$10^{-2}$	$\times 10^{-6}-n$	$10^{-2}$
6°	6—0	3.358	482	157.5	2.253	15.08	0.215	90.72	1.30
	6—1	2.50	321	122.2	1.572	10.75	0.138	97.70	1.257
	6—2	2.655	331	151.4	1.889	23.10	0.288	99.70	1.244
	6—3	3.320	211	40.90	0.267	14.0	0.091	84.50	0.553
	6—4	4.410	268	205.3	1.248	11.9	0.072	85.60	0.520
	6—5	3.690	1031	153.7	4.297	19.0	0.531	101.0	2.823
10°	10—0	3.880	775	148.7	2.972	15.25	0.305	83.13	1.661
	10—1	5.337	453	228.5	1.942	12.80	0.100	74.81	0.635
	10—2	4.270	1647	176.7	6.817	10.20	0.740	84.53	3.263
	10—3	4.200	939	152.8	3.419	20.3	0.465	90.00	2.014
	10—4	2.937	593	141.8	2.866	17.75	0.358	92.30	1.865
	10—5	3.950	451	178.2	2.241	15.0	0.188	89.17	1.121
15°	15—0	2.720	1313	92.60	4.471	101.6	4.906	94.58	4.567
	15—1	2.670	1012	78.8	2.988	75.10	2.847	88.97	3.378
	15—2	2.710	841	99.68	3.069	60.10	1.866	82.50	2.562
	15—3	1.930	527	119.9	3.257	17.8	0.486	81.90	2.213
	15—4	1.910	1212	169.4	10.75	16.5	1.047	94.37	5.989
	15—5	4.164	839	185.2	3.731	12.3	0.247	80.90	1.612

保肥性分析对比见表 6。

表 6 保肥性分析对比  $10^{-2}t/km^2$

坡度	试区	有机质	速效氮	速效磷	速效钾
6°	CK	1031	4.297	0.531	2.823
	PHP	211	0.267	0.091	0.553
	保肥量	820	4.03	0.41	2.27
	减少流失量	80%	94%	83%	80%
10°	CK	1647	6.817	0.74	3.263
	PHP	451	2.241	0.188	1.121
	保肥量	1196	4.576	0.552	2.142
	减少流失量	73%	67%	75%	66%
15°	CK	1212	10.751	1.047	5.987
	PHP	527	3.275	0.486	2.213
	保肥量	685	7.746	0.561	3.776
	减少流失量	57%	70%	54%	63%

试验结果表明,土壤养分流失量与土壤侵蚀量呈对应关系,对照区平均有机质流失量 12.96t/km<sup>2</sup>,速效氮 72.8kg/km<sup>2</sup>,速效磷 7.7kg/km<sup>2</sup>,速效钾 40.3kg/km<sup>2</sup>;施用聚丙烯酰胺试区,平均有机质流失量 3.96t/km<sup>2</sup>,速效氮 19.3kg/km<sup>2</sup>;速效磷 2.55kg/km<sup>2</sup>,速效钾 12.9kg/km<sup>2</sup>;防治区对照区相比,6°坡保肥作用在 80%以上,10°坡保肥作用在 65%以上,15°坡保肥作用在 55%以上,有效的控制了土壤养分流失。

3.4 改土作用

通过土壤物理性质试验,分析对比试区土壤微团聚体的变化。  
土壤质地轻壤土,比重 2.95g/cm<sup>3</sup>,容重 1.37g/cm<sup>3</sup>,孔隙度 40.6%,pH 值 6.0,渗透系数、土壤微团聚体含量、分散系数、结构系数、团粒结构见表 7、表 8。

表 7 土壤物理性质试验

区号	粒径分级	小于某粒径微团 聚体含量 %	分散系数	结构系数	渗透系数
对 照 区	<0.05	42.60	21.0	79.0	0.022
	<0.01	15.40			
	<0.005	6.830			
	<0.001	0.420			
聚 丙 烯 酰 胺	<0.05	49.00	15.0	85.0	0.029
	<0.01	18.40			
	<0.005	7.760			
	<0.001	0.320			

表 8 聚丙烯酰胺对土壤团粒结构的影响

处理	各级水稳性团粒含量(%)						水稳性团粒总量%
	粒径(mm)	5~3	3~2	2~1	1~0.5	0.5~0.25	
对照		2.04	4.27	9.72	8.75	21.51	46.29
聚丙烯酰胺		2.69	6.01	7.16	10.37	22.13	48.36

注:土层深度 10cm。

3.5 增产作用

对试验小区的产量进行了单打单收见表 9。

表 9 试区产量 kg

区号	小区实产	折合 hm <sup>2</sup> 产	区号	小区实产	折合 hm <sup>2</sup> 产	区号	小区实产	折合 hm <sup>2</sup> 产
6—0	(40.00)	4002.00	10—0	(32.00)	3201.75	15—0	(18.25)	1826.25
6—1	63.04	6300.00	10—1	50.24	5026.50	15—1	30.40	3041.25
6—2	54.08	4866.75	10—2	* 40.64	* 4065.75	15—2	40.64	4065.75
6—3	51.84	5186.25	10—3	44.16	4418.25	15—3	34.56	3457.50
6—4	64.32	6435.00	10—4	42.56	4257.75	15—4	* 29.12	* 2913.75
6—5	* 48.32	* 4834.50	10—5	(33.60)	3361.50	15—5	45.44	4546.50

注: \* 对照区。

从上述 18 个试区产量分析,除施用量 30g 使用一次的试验组合,由于树荫遮挡减少了光合作用没产生增产效果外(舍去),其余试区都产生增产作用。取其产量的平均值与对照区相比,6°坡度区增产为 20.6%,10°试区增产为 12.3%,15°试区增产为 29.6%。按上述 3 种坡度的增产率计算,聚丙烯酰胺在坡耕地平均粮食增产幅度为 20%,增产幅度远远超过治理成本,是坡耕地保水、保土、保肥增产的理想治理措施。如不计算改良区的增产作用,6°坡增产幅度

16.5%,10°坡增产幅度 6.67%,15°坡增产幅度为 20.9%。按上述 3 种坡度的增产率计算,可以认定聚丙烯酰胺在坡耕地的防治水土流失作用中,同时可以平均使粮食增产 10%以上。

4 辽西示范区聚丙烯酰胺的保土、保水及增产作用

示范区位于北票市桃花吐乡下洼村南坡,坡耕地面积 4.93hm<sup>2</sup>,平均坡度 7°,局部坡度大于 10°,南北两侧已形成沟壑,成为自然独立区域。以中部垂直等高线的侵蚀沟为界,南部为 2.55hm<sup>2</sup>的防治区,北部为 2.39hm<sup>2</sup>的对照区,坡顶边缘设水平封闭沟,排出外来水。防治区内设对照区和防治区,为示范区的观测点。小区坡度为 10°,面积为 100m<sup>2</sup>,水平清种高粱。

4.1 示范区的保土、保水效果

从表 10 可以看出,防治区的侵蚀量比对照区的侵蚀量减少 80.6%,径流量减少 21.7%。

表 10 示范区水土流失量观测

产流日期	防治区				对照区			
	降雨量 (mm)	降雨历 时(h)	径流量 (m <sup>3</sup> )	侵蚀量 (kg)	降雨量 (mm)	降雨历 时(h)	径流量 (m <sup>3</sup> )	侵蚀量 (kg)
6 月 29 日	32.7	1	0.2	3.58	32.7	1	0.44	17.2
7 月 25 日	46	12	0.32	1.07	46	12	0.4	3.09
7 月 29 日	64.7	27.3	0.92	1.94	64.7	27.3	1	14.65
8 月 24 日	28.8	0.4	0.32	0.26	28.8	0.4	0.4	0.59
8 月 30 日	51.6	1.25	0.12	0.07	51.6	1.25	0.16	0.2
累计	223.8		1.88	6.92			2.4	35.73

4.2 示范区的作物增产效果(见表 11)

表 11 示范区的作物产量观测

区 位	作物 品种	播种日期	抽穗日期	小区产量		示范区平均 (kg/hm <sup>2</sup> )
		月 日	月 日	kg/100m <sup>2</sup>	kg/hm <sup>2</sup>	
对照	高粱	6 月 3 日	7 月 20 日	20	6.5	650.25
防治	高粱	6 月 3 日	7 月 20 日	12	1200.75	4677

5 结 语

5.1 防治水土流失作用

聚丙烯酰胺防治田间水土流失通过 3 个区组的试验,效果十分显著,达到了预期的目的。对照区 7,8,9 三个月的侵蚀量 6°坡为 233.6t/km<sup>2</sup>,10°坡为 344.8t/km<sup>2</sup>,15°坡为 589.7t/km<sup>2</sup>,而施用了聚丙烯酰胺后,无论那一种配方组合,都产生显著效果。试验的最优处理组合,每 hm<sup>2</sup> 施用 12kg,防治区的侵蚀量 6°坡为 58.4t/km<sup>2</sup>,10°坡为 1 048. t/km<sup>2</sup>,15°坡为 234.2t/km<sup>2</sup>。6°坡可减少土壤侵蚀量达 77%,10°坡可减少土壤侵蚀量达 77%,15°坡可减少土壤侵蚀量达 57%,远远超过我国水土保持规范所要求的防治标准。

5.2 土壤的保水作用

根据主汛期径流观测和作物生育期土壤含水量测定结果,聚丙烯酰胺具有较好的保水性,对照区平均每 hm<sup>2</sup> 产流 1 275.30m<sup>3</sup>,防治区平均每 hm<sup>2</sup> 产流 1 122.30m<sup>3</sup>,平均每 hm<sup>2</sup> 保蓄径流量 153.00m<sup>3</sup>,相当平均为 15mm 的水深,对降雨水分有较强的涵养和缓释性,增加抗旱能力,减少蒸腾量。这对于干旱少雨地区,增加土壤水分,调节作物气候,保证作物必要的需水量,

增强抗旱能力,无疑起到提高产量的作用。

### 5.3 土壤的保肥作用

土壤养分流失量与土壤侵蚀量呈对应关系,对照区平均有机质流失量  $12.96\text{t}/\text{km}^2$ ,速效氮  $72.8\text{kg}/\text{km}^2$ ,速效磷  $7.7\text{kg}/\text{km}^2$ ;施用聚丙烯酰胺试区,平均有机质流失量  $3.96\text{t}/\text{km}^2$ ,速效氮  $19.3\text{kg}/\text{km}^2$ ,速效磷  $2.55\text{kg}/\text{km}^2$ ,速效钾  $12.9\text{kg}/\text{km}^2$ ;防治区与对照区相比,6°坡保肥作用在80%以上,10°坡保肥作用在65%以上,15°坡保肥作用在55%以上,有效的控制了土壤养分流失。

### 5.4 粮食增产作用

聚丙烯酰胺在防治水土流失的过程中增加了土壤保水性和保肥性,改良了土壤,使土壤结构松散,增加了团粒结构,改善了土壤的通透性和抗旱能力,给作物的增产提供了条件。从试验结果上分析,坡耕地平均粮食增产幅度为10%以上,是改变坡耕地生产条件,提高粮食产量的有效途径。

### 5.5 经济效益

按最佳施用量  $12\text{kg}/\text{hm}^2$  计算,治理投入费为  $225\text{元}/\text{hm}^2$ ,按增产幅度15%计算,可获直接效益1500元。如果持续性2年计算,投入产出比大于10倍,经济效益十分显著。

### 5.6 社会效益

(1)对于辽宁省的多泥沙河流,由于水土流失严重,造成河床抬高,降低河道了防洪标准,每年都给工农业生产造成威胁,尤其一些水库工程,逐年淤积,库容减少,防洪标准逐年降低,问题十分严重。大面积使用聚丙烯酰胺来防治水库上游或河道上游的水土流失,增加有效库容,效益是十分显著的。

(2)辽宁省有坡耕地  $130.87\text{万 hm}^2$ ,低产田就占  $73.33\text{万 hm}^2$ ,水土流失严重,称为“三跑”田,粮食产量低而不稳。坡耕地中有水土流失的面积  $108.69\text{万 hm}^2$ ,占全省耕地面积的30%。辽南的侵蚀模数  $2120\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,辽东侵蚀模数为  $2418\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,辽西侵蚀模数为  $3194\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。全省坡耕地年流失土壤达2224万t,有机质22.4万t,有效氮222t,有效磷111t。由于水土流失,切沟断垅,土地逐年减少。

针对上述水土流失状况,如采用聚丙烯酰胺措施进行防治,将会对辽宁省的水土资源及粮食增产产生巨大的作用,以及极为可观的经济和社会效益及生态效益。

~~~~~

## 出版消息

本刊1997年出版增到一期,专辑内容为黄土高原形成环境与土壤抗冲性研究,刊登文章11篇,包括中科院院士朱显谟先生及其他有关专家撰写的黄土高原形成的系列论文,内容丰富,可读性强,有需要者可与编辑部直接联系。