

聚丙烯酰胺防治田间水土流失机理

肇普兴 夏海江

(辽宁省水利水电科学研究院 沈阳 110003)

摘 要 聚丙烯酰胺是一种线型的水溶性聚合物,因其具有很强的絮凝性,是较好的土壤结构改良剂之一,试验证明:以适当的浓度和剂型施入土壤,能大大地提高土壤的抗蚀力和抗冲力,防治田间水土流失的效果可达60%~70%。

关键词 聚丙烯酰胺 水土流失 防治机理

The Mechanism for Polyacrylamide to Control Water and Soil Erosion in Hilly Fields

Zhao Puxing Xia Haijiang

(Water and Electric Academy of Liaoning Province Shenyang 110003)

Abstract The polyacrylamide is a line type of water soluble polymatter and a good soil improving material. The experiment showed that after treatment by using suitable dosage and bolus type of PHP, the erosion-resistance of treated soil be greatly increased and the results of harnessing water and soil erosion could be 60~70% more than that of untreated soil.

Key words polyacrylamide water and soil erosion harnessing mechanism

聚丙烯酰胺 Polyacrylamide (PAM) 及部分水解体聚丙烯酰胺 Partially hydrolyzed polyacrylamide (PHP), 曾称为3号药, 与美国的 Separan 和日本的 Sanfloc 等产品同属一类。

1 聚丙烯酰胺的理化性质

1.1 物理性质

1.1.1 溶解性 聚丙烯酰胺易溶于冷水, 分子量对水溶性的影响不太明显, 但高分子量的聚丙烯酰胺在浓度超过10%以后, 就会形成凝胶状的结构, 提高温度可以稍有促进溶解, 但溶解温度不超过50℃, 以防发生分子降解。为了获得较好的水分散性, 以片状和粒状为宜, 聚丙烯酰胺在水中的溶解速率不受pH值的影响, 但如果是部分水解的产品, pH值偏碱性, 其溶解速率会有增高, pH值大于10.5时, 聚丙烯酰胺就会发生水解。在有机溶剂中的溶解度一般是有限的, 它不溶于大多数非极性有机溶剂。

1.1.2 粘度 聚丙烯酰胺水溶液的粘度受溶液浓度、pH值、剪切速率及聚合物分子量的

影响。聚丙烯酰胺的粘度和浓度近似于对数关系,高分子量聚丙烯酰胺浓度超过 10%,粘度就很难处理,升高温度能降低粘度,但不显著;非离子聚丙烯酰胺溶液粘度受 pH 值的影响不太明显,但 pH 值在 10 以上时,聚合物由于水解,粘度很快升高,这时 pH 值的影响才明显的显示出来。聚丙烯酰胺是非牛顿流体,在剪切条件下显示假塑性,剪切速率增大,粘度降低,这种现象可以用高分子链的缠结概念来解释,当剪切速率增大时,缠结被部分的破坏,缠结点的数目因此有所降低,因而导致粘度下降。

1.1.3 对盐类等的容忍性 聚丙烯酰胺溶液对电解质有很好的容忍性,对氯化铵、硫酸钙等都不敏感,对表面活性剂也能相容,可耐霉菌的侵蚀,但不耐其它微生物的侵蚀。

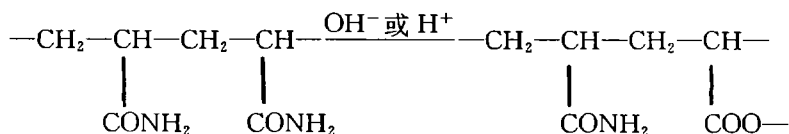
1.1.4 絮凝作用 聚丙烯酰胺分子链很长,这就使它能在两个粒子之间架桥,在部分水解的聚丙烯酰胺水溶液中加入氧化铝的水合物时,聚合物的阴离子点吸附氧化铝的阳离子点,粘度就迅速地增加或凝胶化。这同絮凝的机理类似,即一个分子能同时吸附几个粒子,使他们拉在一起,迅速沉降,如果絮凝剂用量过多,由于粒子上的吸附点被迅速占领,结果就减少了架桥的可能性,絮凝效率反而降低。

1.1.5 降低流体动力学阻力 聚丙烯酰胺和其它水溶性聚合物一样能大大降低流体通过管线所需的能量。流体的阻力取决于聚合物的深度和流体的线速度,在水力疏浚作业中经常采用管路输送挖出物,使用高分子量的聚丙烯酰胺为可以减少疏浚物的管道阻力,添加 100×10^{-6} 的聚丙烯酰胺可减少阻力 70%。

1.2 化学性质

聚丙烯酰胺是一种化学性质比较活泼的高分子化合物,可以发生以下几种反应。

1.2.1 水解反应 聚丙烯酰胺可能通过它的酰胺基水解而转化为含有羧基的聚合物。



水解体是一种很重要的阴离子型聚电解质,制取低水解度的水解体常采用聚丙烯酰胺水解的方法。因为,这样可获得高分子量的水解体,但要制备水解度 > 70% 的水解体,只能采用丙烯酰胺和丙烯酸共聚的方法,因聚丙烯酰胺水解很难达到 70% 以上,用丙烯酰胺和丙烯酸共聚制得的水解体,分子量较低。而用水解法,水解度 35% 是很容易达到的,因此,水解度为 50% 以下的水解体,大多采用聚丙烯酰胺水解法制取。

1.2.2 聚丙烯酰胺与其它化学物质反应,可生成其它聚丙烯酰胺聚合物

①羟甲基化反应。聚丙烯酰胺和甲醛在碱性溶液中反应生成羟甲基化聚丙烯酰胺,用在造纸工业。②曼尼赫反应。将羟甲基聚丙烯酰胺和二甲胺反应,可生成二甲胺基 N-甲基丙烯酰胺聚合物,制备阳离子聚丙烯酰胺。③磺甲基化反应。将羟甲基化聚丙烯酰胺和 NaHSO_4 反应生成磺甲基化聚丙烯酰胺。④霍夫曼降解反应。聚丙烯酰胺可以与次氯酸盐在碱性条件下反应而制得阳离子型的聚乙烯亚胺。⑤交联反应。聚丙烯酰胺的活性有可能导致聚合物不溶解。

1.2.3 毒性 聚丙烯酰胺及其水解体是低毒的,大多数产品不刺激皮肤,但是,某些水解体,可能有残余的碱性,当反复、长期接触时会有刺激性。

2 聚丙烯酰胺的抗蚀机理

由于聚丙烯酰胺具有很强的絮凝性,当遇水中悬浮的土壤颗粒时,一个聚丙烯酰胺分子可

以吸附多个土壤颗粒,而一个土壤颗粒也可以同多个聚丙烯酰胺分子吸附,使土壤形成体积很大的絮团。聚丙烯酰胺的不规则线段在耕层上下纵横交错,絮团体积逐渐增大,这样就使土壤颗粒在径流中不能被剥离和悬浮,侵蚀作用产生的推移质也随聚丙烯酰胺的絮凝作用而减少。

2.1 聚丙烯酰胺对侵蚀外力的影响

水土流失是地表土壤及母质受外力作用发生的各种破坏、移动和堆积过程,包括水力侵蚀、风力侵蚀、重力侵蚀和冻融侵蚀等。辽宁省坡耕地的水土流失主要是水力侵蚀,根据水力侵蚀的特征,研究利用聚丙烯酰胺的理化性质,防治田间水土流失。

2.1.1 聚丙烯酰胺减小雨滴溅蚀的作用 雨滴降落时,具有一定的速度,也就具有一定的能量,直接打击在地面上,它的动能转化成侵蚀力,使土粒分散、飞溅,形成溅蚀作用,暴雨强度越大,雨滴直径越大,动能就越大,溅蚀作用也就越大。在坡耕地上,溅蚀作用促使土粒不断向坡下移动,开始降雨时,雨滴接触的是土壤表面,能量主要用于溅散土粒,之后部分能量用于水层的振荡,并产生浮力,使土粒悬浮于水,形成泥浆。

传统的方法是利用生物措施来削弱雨对土壤的打击力,但在坡耕地,尤其未封垄前,溅蚀的水土流失就十分严重。施用聚丙烯酰胺后利用其絮凝性,土壤颗粒在分子链的作用下,使土壤颗粒之间形成很强的粘着力,改变土壤表层性质削弱了雨滴的打击力,使土壤颗粒不能溅起,增强了土壤对雨滴的抗溅蚀能力,再加上作物叶片的分散、截流和消力作用,减少雨滴的击溅。见两种土型的溅蚀试验图 1、图 2。

从上述两组试验可能看出,随着浓度的增大,溅蚀量逐渐减小,形成递减规律。辽西土型和辽北土型的溅蚀量没有明显区别,但溅蚀量与雨量、雨强密切相关,雨强越大溅蚀量愈大。

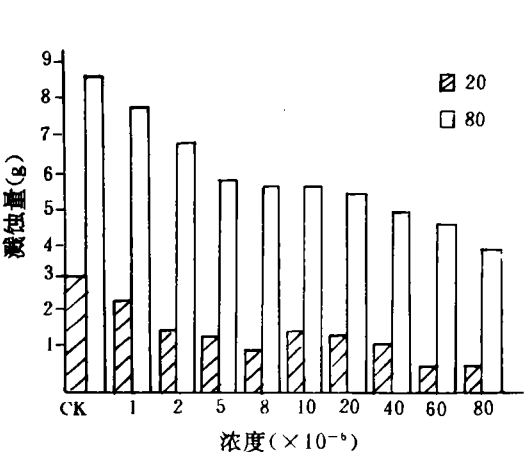


图 1 辽西土型溅蚀试验结果

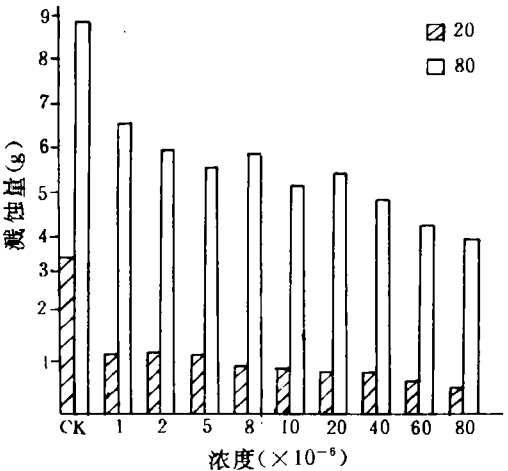


图 2 辽北土型溅蚀试验结果

当降雨强度超过土壤的渗透率时,地表开始产生径流。首先是薄而均匀的层状,在坡面上,初始的层流流速接近于零,顺坡向下流时,流速和流量都逐渐加大,侵蚀力也逐渐加大,土壤细颗粒悬浮在水中随流下泄,粗颗粒在紊流中滚动下泄。

坡面径流的侵蚀力主要是分离和输移土粒冲力,强度决定于流速和流量。聚丙烯酰胺具有改良土壤,增加土壤渗透的作用,表层渗透力增大,减少了地表径流的形成,即使产生径流冲力也相对减小。在坡耕地上抵抗径流冲力的是土壤的抗冲性,一般坡地土壤表层多由细小的土粒

所组成,如系单粒,其抗冲力很小,施用聚丙烯酰胺后,由于粘滞性和聚合性,改变微团粒结构,增强了土壤的水稳性和土壤表面对径流力的抵抗力。见各试区侵蚀量与雨强的关系图 3。

2.1.3 聚丙烯酰胺对渗水影响作用 降雨后水入渗,可以减少地表径流,有利于减轻地表径流的侵蚀作用,但在一定的条件下,入渗水分还能降低和破坏土地的生产力,形成有害的侵蚀作用。

由雨滴击溅而混入雨水中的固体物质或由于地表径流分散和剥蚀作用混入地面径流中的固体物质,常有一部分随渗透水分渗入土体,尤其较小的颗粒,将随渗透水分沿非毛管孔隙下渗到深层,并扩散到毛管孔隙,恶化土体的透气性质,其深度远超过耕作层,且不能借耕作措施来恢复。施用聚丙烯酰胺后,改变土壤的微团粒结构。

表 1 示范区水土流失量观测

产流日期 月、日	防治区				对照区			
	降雨量	降雨	径流量	侵蚀量	降雨	降雨	径流	侵蚀
	mm	历时 h	m ³	kg	量 mm	历时 h	量 m ³	量 kg
6、29	32.7	1	0.2	3.58	32.7	1	0.44	17.2
7、25	46	12	0.32	1.07	46	12	0.4	3.09
7、29	64.7	27.3	0.92	1.94	64.7	27.3	1	14.65
8、24	28.8	0.4	0.32	0.26	28.8	0.4	0.4	0.59
8、30	51.6	1.25	0.12	0.07	51.6	1.25	0.16	0.2

2.2 聚丙烯酰胺对土壤抗蚀性的影响

影响水土流失的因素很多,但主要是自然因素。自然因素是水土流失发生、发展的潜在条件,人类活动是水土流失发生、发展和保持水土的主导因素,影响水土流失的自然因素主要是气候、地形、地质、土壤、植被等。用一数学表达式表示,其基本形式为:

$$A = PKLSP$$

式中: A —— 土壤流失量; R —— 气候因子; K —— 地质因子; L —— 地形因子; S —— 土壤因子; P —— 植被因子。

其中因子 L 是由工程措施来改变,因子 P 是由生物措施来改变,本项研究的重点就是因子 S,土壤是侵蚀作用的主要对象,因此它的特性,尤其是透水性、抗蚀性、抗冲性对防治水土流失有很大的影响。

2.2.1 聚丙烯酰胺增加土壤透水性 地表径流是水力侵蚀的主要动力,径流对土壤的破坏能力,除流速外主要取决于径流量,而径流量的大小,与土壤的透水性密切相关。所以土壤对水分的渗透能力是影响水土流失的主要因素。

施用聚丙烯酰胺改良了土壤,增加了土壤的透水性,使土壤的机械组成、结构性、孔隙率都发生了改变。土壤结构性好、透水性与持水量增大,土壤团粒结构增加,促进了土壤渗水能力的加大。土壤持水量的大小对地表径流的形成和大小有很大影响,持水量低,渗透强度又不大,那么在暴雨形成时就要发生强烈的地表径流和土壤流失。土壤持水量主要取决于土壤孔隙率、孔隙大、透水性,土壤持水量就大,同时减少水土流失见表 1。

2.2.2 聚丙烯酰胺对土壤抗蚀性影响 土壤抗蚀性是指土壤抵抗径流对它们的分散和悬浮的能力,其大小主要取决于土粒和水的亲和力,亲和力越大,土壤易分散悬浮,团粒结构也越易受到破坏而解体,同时引起土壤透水性的变小和土壤表层的泥泞。在这样的情况下,即使

径流速率很小,机械破坏力不大,也会由于悬移作用而发生侵蚀。聚丙烯酰胺增加土壤中团聚体,并形成一定数量的胶结物质,减少亲和力,分散性小,抗蚀性大,形成较好的团聚体和土壤结构。

2.2.3 聚丙烯酰胺对土壤抗冲性的影响

土壤的抗冲性是土壤抵抗水流机械破坏作用的能力。当土体吸水和水分进入土壤孔隙后,若很快形成碎块,那么它就容易地被地表径流推动下移。聚丙烯酰胺的粘滞作用,使土壤形成较好的团粒结构,分子链之间的相互作用和滑韧性就形成了一定的抗冲性,因此不易在水中分散悬浮而流失。土壤侵蚀量的大小和土壤抗冲性的强弱显著相关,提高土壤抗冲性,是防治水土流失的重要环节。

从示范区观测结果分析,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%,见示范区水土流失量观测表 1、图 4、图 5。

3 聚丙烯酰胺的应用领域和发展

聚丙烯酰胺应用领域十分广泛,在造纸工业中用于提高填料、颜料的存留率,以降低原材料的流失和对环境的污染,一种是提高纸张的强度。在石油工业中用于石油开采、钻井、酸化、压裂、堵水、固井及二次采油中。在采矿工业中用于从水或水溶液中分离出矿物固体。在洗煤工业用于降低粘土和煤末对环境的污染,循环使用洗煤水,提高生产能力和节水率。提高过滤速率,在冶金工业用于提高固液分离速度。在水处理中用于澄清,饮用水的澄清处理,美国和西欧各国正式使用,其用量在 10×10^{-6} 以下所用聚丙烯酰胺的游离单体含量不超过 0.05%,在制糖工业中用于澄清,提高沉降速度。在建材工业中用于水泥的复合配方,提高粘结性。在化学工业中用于石膏的分离,以及作凝胶炸药的组份。纺织工业的浆料,医药工业分离抗菌素,消防的减阻剂以及土壤改良剂等。

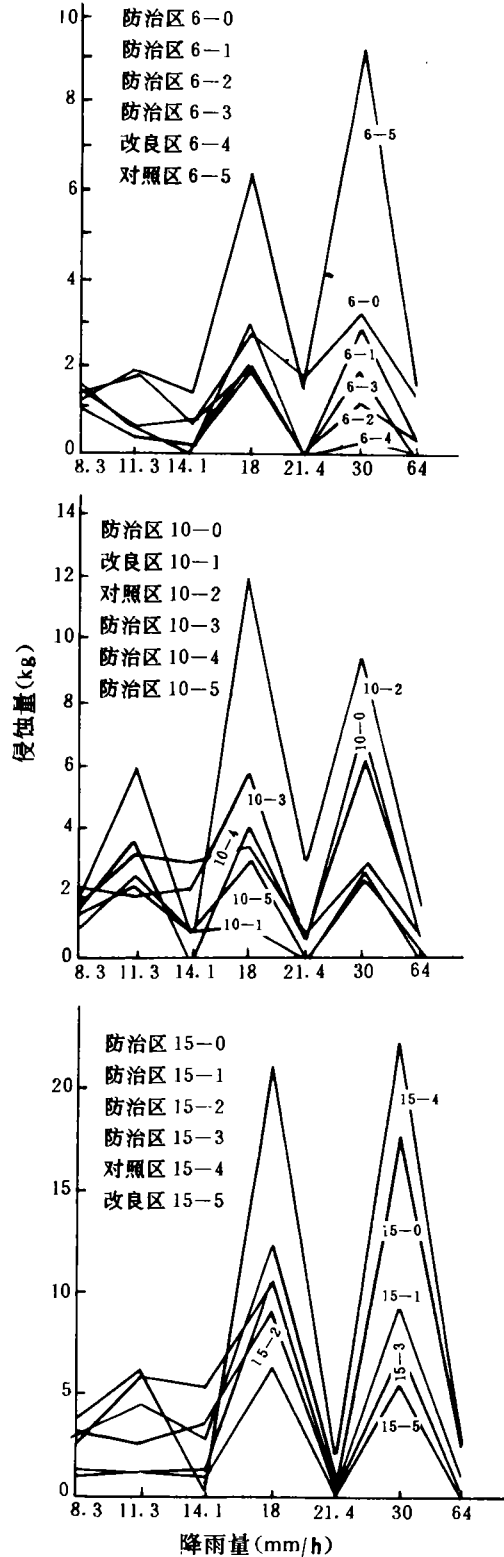


图3 侵蚀量与雨强的关系

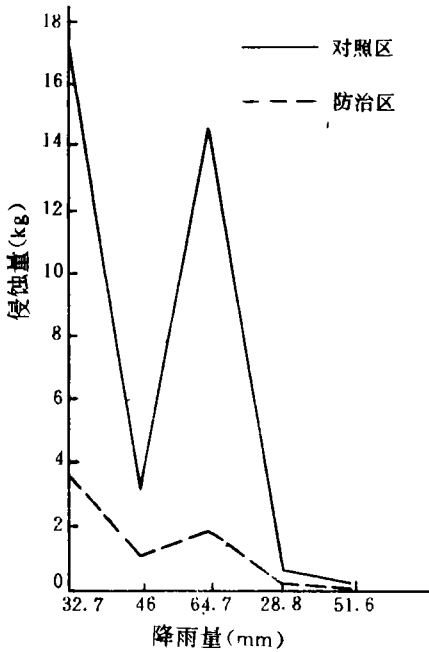


图5 示范区径流量—雨量观测图

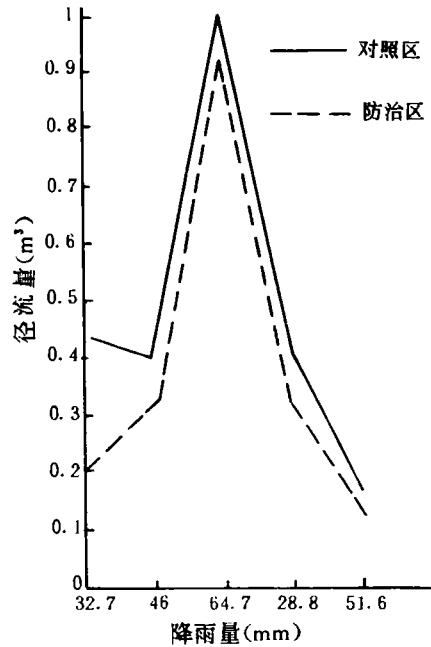


图4 示范区侵蚀量—雨量观测图

聚丙烯酰胺已广泛地应用在工业生产中,通过室内外的试验研究应用在水土保持的领域已具有广阔的前景,具有保土、保肥、增产等作用,为辽宁省保护好水资源提供了一条行之有效的途径。深信聚丙烯酰胺防治水土流失成果的取得,将会对辽宁省水土流失严重的 73.33 万 hm^2 坡耕地的治理以及“三北”地区的推广使用,产生巨大的推动作用。

~~~~~  
(上接第 56 页)

由之路。在辽宁省坡改增产已有成功的经验,象锦州、朝阳、铁岭、阜新等市有很多超过平肥地产量的梯田,都已成为当地旱涝保收的基本农田。就以上实例对辽宁省坡改提出几点建议:

(1)坡耕地水平梯田,土方量大,用工多,按过去的速度,尚需 50~60 年时间才能完成,显然是无法适应发展要求。因此,必须改变把修梯田只作为水土保持中治理坡耕地的一项措施,而必须列入建设高产稳产基本农田,低产田改造项目中去增加投入。

(2)修建农业水平梯田,涉及土地面积变化、产量波动、承包权属、施工、换工、补工等问题,必须在政策上给予保证,有关行政部门要密切协作。

(3)鼓励农民自修梯田,在农业税收、提留、农资补助等方面给予一定的优惠政策。

(4)对大于  $25^\circ$  以上陡坡耕地停耕问题,各级政府领导要转变思想,严格按《水保法》等有关规定,保证粮食供求关系的基础上,一定要逐步停下来。

(5)加强梯田的保护,制止毁埂耕作现象发生,加大对基本农田保护力度。