

水溶性丙烯酸钾—丙烯酰胺聚合物对土壤水分养分运移的影响

宋宝兴¹, 刘建睿¹, 郭天文^{2*}, 姜小凤², 黄卫东¹, 宁荣昌¹

(1. 西北工业大学凝固技术国家重点实验室, 陕西 西安 710072; 2. 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 水溶性丙烯酸钾—丙烯酰胺聚合物对土壤水分养分运移的影响进行了实验研究, 结果表明: 随着时间的延长, 水溶性丙烯酸钾—丙烯酰胺聚合物处理在一定时间内能够保持土壤水分在小范围内, 使用水溶性丙烯酸钾—丙烯酰胺聚合物对溶于水中的氮素进行吸附后, 再注入土壤, 使液体中的氮素形成了受约束条件下的扩散, 较大幅度地提高了土层的速效氮含量。

关键词: 水溶性丙烯酸钾—丙烯酰胺聚合物; 土壤速效氮

中图分类号: S365 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)02-0104-07

保水剂(Super Absorbent Polymer, SAP)是利用强吸水性的树脂制成的一种超高吸水保肥的高分子聚合物^[1]。它不但能迅速直接吸收而且能反复吸收比自身重数百倍甚至上千倍的水分, 然后缓慢释放水分供作物利用, 减少了土壤水分的深层渗漏, 增强了土壤的保水性能^[2~5]; 更为重要的是它不仅能够改善土壤结构, 而且能够将溶于水中的化肥、农药等农作物所需要的营养物质固定其中, 大大减少土壤养分流失, 提高水肥利用率, 已经成为继化肥、农药、地膜之后重要的农业化学产品^[6~9]。目前, 有关保水剂的保水效应研究较多^[10], 但对保水剂如何减少土壤养分流失, 提高肥料利用率的研究较少^[11~16]。甘肃地处西部内陆, 耕地面积的 70% 以上为旱地, 土壤贫瘠, 我们围绕如何应用高分子水溶胶——丙烯酸钾—丙烯酰胺水溶性高分子聚合物, 吸附和约束水肥扩散、集中水肥于作物根区, 达到水肥同步, 保持土壤养分平衡, 解决旱地农业生产上肥水匮乏这一难题, 进行了全面深入的研究, 以期旱地农业生产中该种吸水材料的合理应用提供科学的理论依据及切实可行的实践参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

水溶性丙烯酸钾—丙烯酰胺聚合物(下文简称: 水溶性聚合物)及丙烯酸钾—丙烯酰胺吸水树脂(下文简称: 吸水树脂), 均由西北工业大学提供。

在 PVC 材质的塑料管内开展实验, 内径为 38

cm, 高度为 50 cm。

供试土壤为当地土壤, 土壤质地灌淤土, 原干土含水量 1.87%, 犁底层土壤容重 1.42 g/cm³, 耕作层土壤容重 1.32 g/cm³。速效氮含量为 74.9 mg/kg, 速效磷含量为 7.97 mg/kg, 速效钾含量为 189.5 mg/kg; 无机养分溶液组分浓度为: 尿素 0.05 m/L、硝酸钾 0.08 m/L、硫酸镁 0.01 m/L、磷酸二氢钙 0.02 m/L。

1.2 试验处理设计

1.2.1 水凝性吸水树脂处理 设吸水树脂与耕作层干土的重量比为 1.0‰(A) 和 2.0‰(B) 处理, 每实验管吸水树脂的加入量为 8 g 和 16 g, 分别将吸水树脂与土壤混匀后, 按大田土壤容重装入管内模拟耕作层的深度范围, 无机养分溶液从灌注孔注入。

1.2.2 水溶性聚合物处理 水溶性聚合物按补入液体量的重量比为 0.2‰(C) 和 0.4‰(D) 加入, 每实验管水溶性聚合物的用量为 1.6 g 和 3.2 g, 分别将水溶性聚合物在无机养分溶液中分散均匀后, 从灌注孔注入。

1.2.3 试验对照 设不使用吸水材料, 而直接从灌注孔注入无机养分液体的处理为对照(F)。

设 5 个处理, 每个处理重复 4 次, 共 20 个处理。每实验管的补液量为 8 kg, 在保持灌注孔等液面高度的条件下, 采用逐次补充方式由灌注孔中注入。

1.3 试验方法

试验取自自然条件下过筛的风干土敲碎后备用。装土由下向上逐层填装, 总深度为 45 cm, 其中

收稿日期: 2006-04-20

基金项目: 甘肃省科技厅“液态缓释马铃薯专用复合肥在旱地生产中的应用研究”(5HS047-A91-022-05); 天津市经济开发区管委会

中国知网 和白银市政府资助 www.cnki.net

作者简介: 宋宝兴(1956—), 男, 河南孟州人, 博士, 主要从事材料加工研究。

* 通讯作者: 郭天文, E-mail: guotw@public.lz.gs.cn。

模拟犁底层 25 cm、模拟耕作层 20 cm。当高度装至 20 cm 时,在试验管圆心处竖立 1 支直径 5 cm 长度 25 cm 的 PVC 管用于制作灌注孔,而后继续装填土壤,直至达到设计高度。

取少量试验溶液从直径 5 cm 的 PVC 管中注入,待溶液从管底部渗出并湿润管壁外侧土壤后,缓慢地将 PVC 管上提取出,即可形成孔壁完整的灌注孔。

在注入溶液 24 h 和 72 h 时,以土层上表面为 ±0.0,分别在垂直深度 15~20 cm、25~30 cm 和 35~40 cm 这 3 个层面上进行取样,并以灌注孔圆心为中心,在水平 15~20 cm 层面上,取直径分别为 15 cm、20 cm、25 cm 和 35 cm 处的 4 个环状区域内的土壤,在水平 25~30 cm 和 35~40 cm 层面上,取直径为 15 cm 和 25 cm 处的 2 个环状区域内的土壤,取土环的宽度均为 3 mm。

1.4 测定方法

土壤速效氮测定方法采用碱解扩散法;土壤含水量测定方法采用酒精燃烧法;土壤容重测定采用环刀法。

2 结果与讨论

2.1 土壤水分的水平扩散和垂直下渗趋势

2.1.1 不同处理土壤水分在垂直方向上的下渗趋势 由表 1 看出:在垂直方向上,各处理各层面 72 h 后的土壤含水量与 24 h 后比较均有所下降,其中 D 处理各层面土壤含水量下降幅度相对稳定;取样时间为 24 h 时,15~20 cm 与 35~40 cm 间的变量较大为 4.31%,而处理 A、B 和 F 的含水量差在 15~20 cm 与 35~40 cm 间的变量相对较小,分别为 1.08%、1.37% 和 0.5%。说明在 24 h 这段时间里,处理 A、B 和 F 土壤水分的下渗趋势强于处理 D。

表 1 不同处理垂直方向不同时间的土壤含水量(%)

Table 1 The average content of soil for two times of three depths of different treatment

处理 Treatments	层次 Layer (cm)	24 h					15~20 与 35~40 cm 间差异 15~20 and 30~35 cm difference	72 h					15~20 与 35~40 cm 间差异 15~20 and 30~35 cm difference
		15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	平均 Average		15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	平均 Average	
A	15~20	20.66	20.43	19.12	18.57	19.7		19.27	18.74	18.04	17.5	18.39	
	25~30	20.39		19.31		19.85		18.51		18.06		18.29	
	35~40	19.46		17.78		18.62	1.08	16.9		15.72		16.31	2.08
B	15~20	22.55	21.35	19.96	19.21	20.77		20.86	19.22	18.28	18.29	19.16	
	25~30	20.83		19.92		20.38		19.18		18.4		18.79	
	35~40	20.06		18.74		19.4	1.37	17.85		15.47		16.66	2.5
C	15~20	19.93	19.29	18.49	18.22	18.98		18.57	17.58	16.79	16.75	17.42	
	25~30	19.18		17.96		18.57		18.16		16.48		17.32	
	35~40	16.93		14.91		15.92	3.06	15.69		14.32		15.01	2.41
D	15~20	24.4	20.81	19.66	19.29	21.04		19.84	21.18	17.8	17.83	19.16	
	25~30	20.58		18.13		19.36		17.99		16.89		17.44	
	35~40	17.43		16.02		16.73	4.31	15.52		14.25		14.89	4.27
F	15~20	20.7	20.03	19.03	18.37	19.53		18.47	18.03	17.39	17.07	17.74	
	25~30	20.51		19		19.76		19.15		17.61		18.38	
	35~40	19.61		18.45		19.03	0.5	16.93		15.58		16.26	1.48

取样时间为 72 h 时,处理 D 和 A、B、C 和 F 在深度为 15~20 cm 与 35~40 cm 土壤中平均含水量变量有明显差距,分别为 4.27%、2.08%、2.50%、2.42% 和 1.48%,说明了 D 处理明显地约束了水分的下渗。

通过对各处理 24 h 时和 72 h 时土壤平均含水量与土壤深度的相关性进行分析,结果(表 2)表明:当土壤水分水平相当时 A、B、C、D 和 F 处理 24 h

后土壤含水量在垂直方向上的下渗深度分别为 36.06 cm、31.46 cm、13.65 cm、10.84 cm 和 79.76 cm,72 h 时的下渗深度分别为 18.02 cm、16.56 cm、15.76 cm、10.04 cm 和 25.59 cm;24 h 时和 72 h 时 D 处理的下渗深度分别为 10.84 cm 和 10.04 cm,下渗深度均最小,下渗速度最慢。说明 D 处理在垂直方向上较好地限制了土壤水分的下渗,维持了土壤水分在垂直方向上的稳定性。

表 2 不同处理单位土壤含水量(y)在垂直方向土壤中的下渗深度(x)

Table 2 The depth on vertical section with different treatment for per soil water content

处理 Treatment	单位含水量(y) Per soil water content	下降深度(x) The permeating depth			
		24 h	72 h	24 h	72 h
A	1	$y = -0.54x + 20.47$	36.06	$y = -1.04x + 19.743$	18.02
B	1	$y = -0.685x + 21.553$	31.46	$y = -1.25x + 20.703$	16.56
C	1	$y = -1.53x + 20.883$	13.65	$y = -1.205x + 18.993$	15.76
D	1	$y = -2.155x + 23.353$	10.84	$y = -2.135x + 21.433$	10.04
F	1	$y = -0.25x + 19.94$	79.76	$y = -0.74x + 18.94$	25.59

注:虚拟土壤含水量为 $y=100\%$ 时在垂直方向上的下降深度。

Note: dummy soil water content $y=100\%$ the depth on vertical section.

2.1.2 不同处理在水平方向上的扩散趋势 通过对各处理在不同层面上 24 h 时和 72 h 时土壤含水量与水平方向扩散距离的相关性分析,结果(表 3)表明:当土壤水分水平相当时,A、B、C、D 和 F 处理 24 h 后土壤含水量在 15~20 cm 层面水平方向的扩散距离分别为 27.16 cm、19.82 cm、32.82 cm、14.66 cm 和 25.69 cm;在 25~30 cm 层面水平方向的扩散距离为 36.91 cm、44.58 cm、30.80 cm、16.98 cm 和 26.84 cm;在 35~40 cm 层面水平方向的扩散距离为 22.98 cm、29.88 cm、16.77 cm、24.30 cm 和 34.81 cm;其中在 15~20 cm 和 25~30 cm 层面水平方向的扩散距离 D 处理最短,分别为 14.66 cm 和 16.98 cm,而在 35~40 层面水平方向的扩散距离 C 处理最短,为 16.77 cm,D 处理为 24.30 cm。说明,水溶性聚合物 C 和 D 处理在水平方向上能够相对较多集中土壤水分,保持局部土壤水分的稳定性。而 A、B、C、D 和 F 处理 72 h

时土壤含水量在 15~20 cm 层面水平方向的扩散距离分别为 31.43 cm、23.50 cm、28.78 cm、21.80 cm 和 37.09 cm;在 25~30 cm 层面水平方向的扩散距离为 78.82 cm、47.62 cm、21.43 cm、31.89 cm 和 24.57 cm;在 35~40 cm 层面水平方向的扩散距离为 27.95 cm、15.16 cm、22.45 cm、23.87 cm 和 26.08 cm;其中在 15~20 cm 层面水平方向的扩散距离 D 处理最短,为 21.80 cm,25~30 cm 层面水平方向的扩散距离 C 处理最短,为 21.43 cm,D 处理为 31.89 cm,35~40 层面水平方向的扩散距离 B 处理最短,为 15.16 cm,C 处理为 22.45 cm,D 处理为 23.87 cm。说明随着时间的延长,处理 C 和 D 在不同层面水平方向的扩散距离逐渐加大。这是由于水溶性聚合物对水分的吸附作用,以及水溶胶所形成的粘度,约束了水分在土壤中的扩散,延缓了土壤中水分达到稳定状态的时间导致了后期水分的扩散距离逐渐增大的现象^[10,11]。

表 3 不同处理不同层面单位土壤含水量(y)在水平方向的扩散距离(x)

Table 3 The diffuse interval on level with different treatment and depth for per containing water in soil

层次 Layer (cm)	处理 Treat- ment	含水量(y) Soil water content	水平扩散距离(x) The diffuse interval on level (cm)			
			24 h	72 h	24 h	72 h
15 ~ 20	A	1	$y = -0.758x + 21.59$	27.16	$y = -0.601x + 19.89$	31.43
	B	1	$y = -1.141x + 23.62$	19.82	$y = -0.865x + 21.325$	23.50
	C	1	$y = -0.593x + 20.465$	32.82	$y = -0.625x + 18.985$	28.78
	D	1	$y = -1.648x + 25.16$	14.66	$y = -0.941x + 21.515$	21.80
	F	1	$y = -0.799x + 21.53$	25.69	$y = -0.484x + 18.95$	37.09
25 ~ 30	A	1	$y = -0.54x + 20.93$	36.91	$y = -0.225x + 18.735$	78.82
	B	1	$y = -0.455x + 21.285$	44.58	$y = -0.39x + 19.57$	47.62
	C	1	$y = -0.61x + 19.79$	30.80	$y = -0.84x + 19.00$	21.43
	D	1	$y = -1.225x + 21.805$	16.98	$y = -0.55x + 18.54$	31.89
	F	1	$y = -0.755x + 21.265$	26.84	$y = -0.77x + 19.92$	24.57
35 ~ 40	A	1	$y = -0.84x + 20.3$	22.98	$y = -0.59x + 17.49$	27.95
	B	1	$y = -0.66x + 20.72$	29.88	$y = -1.19x + 19.04$	15.16
	C	1	$y = -1.01x + 17.94$	16.77	$y = -0.685x + 16.375$	22.45
	D	1	$y = -0.705x + 18.135$	24.30	$y = -0.635x + 16.155$	23.87
	F	1	$y = -0.58x + 20.19$	34.81	$y = -0.675x + 17.605$	26.08

注:虚拟土壤含水量为 $y=100\%$ 时在水平方向上的扩散距离。

Note: dummy soil water content $y=100\%$ the interval of pervasion on level.

2.2 土壤速效氮的水平扩散和垂直淋溶下渗趋势

2.2.1 不同处理水平方向上土壤速效氮的变化趋势 表4测试分析结果表明:同一水平不同直径范围内,处理A、B、C、D和F 24 h时的土壤速效氮含量变化差异不大,方差分析结果表明:只有D与B在 $\alpha=0.05$ 水平上差异显著,其余处理间差异均不显著;72 h时各处理土壤速效氮含量变化差异较大,方差分析结果表明:D与A、B、C和F之间差异均极显著,C与B之间差异极显著,C处理与F处理间差异显著,处理C与处理A间差异不显著。

说明随着时间的延长,水溶性聚合物的处理D和C,在15~30 cm范围内的土壤速效氮含量逐渐增加,与处理A、B、F土壤速效氮含量间的差异增大。

这是因为A、B和F处理中未被土壤吸附的速

效氮,随入渗液流前端的运移量较大,24 h时直径为15 cm的环状土柱与直径为30 cm的环状土柱含氮量差为-22.4 mg/kg、-0.3 mg/kg和-9.8 mg/kg,形成了与扩散方向相反的浓度场。在24 h和72 h时间内,速效氮含量平均值的变化量分别为15.6 mg/kg、-7.6 mg/kg和-4.9 mg/kg,已处于稳定状态下的均匀化阶段。

而C、D处理在24 h和72 h时间内,速效氮含量平均值的变化量分别为48.8 mg/kg和137.8 mg/kg,72 h时直径为15 cm的环状土柱与直径为30 cm的环状土柱含氮量差仍有27.8 mg/kg和103.6 mg/kg,始终保持了与扩散方向相同的浓度场。其中D处理的水溶性高分子聚合物用量大于C处理,表现出了对液体中速效氮吸附量更大、约束性更强的特征。

表4 不同处理水平范围内土壤速效氮的含量(mg/kg)

Table 4 The content of soil available nitrogen for two times of the four diameters of different treatments

处理 Treatment	24 h					15~30 含氮量差 15~30 cm nitrogen difference	72 h					15~30 cm 含氮量差 15~30 nitrogen difference
	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	平均 Average		15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	平均 Average	
A	100.8	76.3	122.5	123.2	105.7 _{abA}	-22.4	88.9	135.1	133.0	128.1	121.3 _{bcBC}	-39.2
B	99.1	98.7	105.0	99.4	100.6 _{bA}	-0.3	95.2	99.4	92.7	84.7	93.0 _{cC}	10.5
C	110.6	103.6	116.2	93.8	106.1 _{abA}	16.8	172.9	151.2	151.2	144.2	154.9 _{bB}	28.7
D	125.3	127.4	137.2	110.6	125.1 _{aA}	14.7	324.1	225.4	281.4	220.5	262.9 _{aA}	103.6
F	100.8	117.6	127.4	110.6	114.1 _{abA}	-9.8	100.1	102.2	114.1	120.4	109.2 _{cBC}	-20.3

注:15、20、25和35 cm分别代表4个环状区域内的土壤直径。

Note: 15、20、25 and 35 cm the respectiver representation for the soil diameter 4 circularity extent.

通过将同一水平不同直径范围内的土壤速效氮含量与直径进行相关回归分析,结果(表5)表明:在土壤中施入速效氮24 h时C和D处理在水平方向的扩散速率分别为0.756和0.686,施入100 mg速效氮在土壤中的水平方向的扩散距离分别为30.50 cm和59.13 cm;72 h时C和D处理的扩散速率分别为1.722和5.096,施入100 mg速效氮土壤中水平方向的扩散距离分别为54.37 cm和54.64 cm。这是由于水溶性高分子聚合物对液体中速效氮的吸附,以及粘滞液体在土壤中扩散阻力增大的原因,使速效氮在较小直径范围的土壤中形成了蓄积,构成了水平方向上较大的扩散梯度。72 h时间内,在浓度梯度和土壤水分均匀化的驱动下,C、D处理表现出了扩散量较大的特征。而A、B、F等处理对液体中的速效氮,不具有约束性,在24 h时间内速效氮的下渗量大,而靠近扩散源土壤中的速效氮蓄积量小,使其在72 h时间内的水平扩散的趋势明显弱于

C、D处理^[12~15]。

2.2.2 不同处理垂直方向上土壤速效氮含量的变化趋势 表6的分析结果表明:A、B、C、D和F处理垂直方向上不同时间土壤速效氮含量增加的百分数明显不同,其中水溶性聚合物溶胶处理C和D含量增加的百分数相对较高,且随深度的增加处理D中土壤速效氮含量增加的百分数递减,说明水溶性聚合物对不同深度层次土壤速效氮含量作用明显。

由表7可以看出:在直径25 cm立体土柱中的速效氮含量分布发生了变化。在15~20 cm和25~30 cm的深度上,24 h时和72 h时仍以D处理最高、C处理次之;而在35~40 cm的深度上,除B处理外,明显低于其它处理。说明D处理是通过水溶性聚合物对速效氮的约束,减缓表层土壤中速效氮的下渗趋势,达到了增加模拟耕作层土壤中速效氮含量的效果。

表 5 不同处理施定量速效氮(y)后在水平方向的扩散距离(x)

Table 5 The diffuse interval on level with different treatment for soil available nitrogen

处理 Treatment	速效氮 Available nitrogen (mg)	扩散距离 The diffuse interval on level (x)			
		24 h		72 h	
A	100	$y=2.268x+54.67$	19.99	$y=2.31x+69.3$	13.29
B	100	$y=0.144x+97.31$	18.68	$y=-0.764x+110.19$	13.34
C	100	$y=-0.756x+123.06$	30.50	$y=-1.722x+193.62$	54.37
D	100	$y=-0.686x+140.56$	59.13	$y=-5.096x+377.51$	54.46
F	100	$y=0.784x+96.46$	4.52	$y=1.456x+76.44$	16.18

注:虚拟土壤速效氮含量为 $y=100$ mg 时在水平方向上的扩散距离。

Note: Dummy soil available nitrogen $y=100$ mg the diffuse interval on level.

表 6 不同时间土壤速效氮在直径 15 cm 层面的垂直分布(mg/kg)

Table 6 The content of soil available nitrogen for two times different treatments

处理 Treatment	15 cm		48 h 间的增量 The increasing quantity in 48 h (%)		25 cm		48 h 间的增量 The increasing quantity in 48 h (%)		35 cm		48 h 间的增量 The increasing quantity in 48 h (%)	
	24 h	72 h			24 h	72 h			24 h	72 h		
A	175.70	163.80	-6.80	168.00	184.80	10.00	193.90	192.50	-0.70			
B	174.00	170.10	-2.20	173.60	150.00	-13.60	177.80	177.80	0.00			
C	185.50	247.80	33.60	178.50	232.40	30.20	146.30	220.50	50.70			
D	200.20	399.00	99.30	187.60	299.60	59.70	201.60	247.80	22.90			
F	175.70	175.00	-0.40	177.10	163.80	-7.50	179.90	193.90	7.80			

表 7 不同时间土壤速效氮在直径 25 cm 层面的垂直分布(mg/kg)

Table 7 The content of soil available nitrogen for two times of different treatments in 25~30 cm

处理 Treatment	15 cm		25 cm		35 cm	
	24 h	72 h	24 h	72 h	24 h	72 h
A	197.40	207.90	225.40	191.10	197.60	180.60
B	179.90	167.60	187.60	169.00	179.90	150.50
C	191.10	226.10	187.60	241.20	151.20	171.50
D	212.10	356.30	195.30	306.60	148.40	154.70
F	202.30	189.00	186.20	196.70	185.50	175.00

2.3 用计算验证说明水溶性聚合物对速效氮的影响

为了验证上述现象,选择具有代表性的 B、D、F 处理,根据装填容重、干土重量、实测含水量、注入液体中的尿素含量及各测点的速效氮含量等因素,分别按入渗到测试范围土壤液体中所携带的速效氮,以及按土壤化验结果反映出的不同部位含速效氮水平两种方法计算,进一步说明水溶性聚合物对速效氮的约束作用。各土层速效氮量的计算分析结果如表 8 和表 9。由表 8 和表 9 可以看出,D 处理入渗液体量和液体带入的速效氮量,分别比 F 处理多出

62.5 g 和 156.7 mg,比 B 处理少 2.4 g 和 6.1 mg。而按土壤化验分析后的计算结果,D 处理比 F 处理的速效氮量多了 697.4 mg,比 B 处理的速效氮量多了 781.2 mg,D、F 和 B 处理土壤中,占入渗液体带入速效氮的比例分别为 4.0%、43.0%、8.9%,说明 D 处理土壤中的速效氮是被水溶性聚合物约束下入渗于土壤粘粒之中,或是以土壤溶液形式存在于土壤粘粒之间。可见,水溶性聚合物明显提高了模拟耕作层的速效氮含量,形成了氮素集中的效果。

表 8 不同直径范围的速度氮量

Table 8 The amount of available nitrogen in different diameter range

直径 Diameter (cm)	干土重 ¹⁾ Dry soil weight (g)	处理 Treatment	(1)按入渗到土壤中液体含氮量计算 The calculating in the permeating nitrogen in soil			(2)按化验计算所增加的速度氮量 The experiment calculating the increasing quantity of nitrogen		(1)比(2)多 (1) and (2) difference (mg/kg)
			含水量 ²⁾ Soil water content (%)	液体量 Dosage (g)	折合速度氮 ³⁾ The calculating available nitrogen (mg)	速度氮含量 Available nitrogen content (mg/kg)	速度氮 Available nitrogen (mg)	
15	1036.2	B	18.99	196.8	493.9	95.2	98.6	395.3
		D	17.97	186.2	467.4	324.1	335.8	131.5
		F	16.60	172.0	431.7	100.1	103.7	328.0
20	1036.2	B	17.35	179.8	451.2	99.4	103.0	348.3
		D	19.31	200.1	502.2	225.4	233.6	268.7
		F	16.16	167.4	420.3	102.2	105.9	314.4
25	1165.7	B	16.41	191.3	480.1	92.7	108.1	372.1
		D	15.93	185.7	466.1	281.4	328.0	138.1
		F	15.52	180.9	454.1	114.1	133.0	321.1
30	1424.8	B	16.42	233.9	587.2	84.7	120.7	466.5
		D	15.96	227.4	570.8	220.5	314.2	256.6
		F	15.20	216.6	543.6	120.4	171.5	372.0

注: 1) 干土重是指取土范围的重量, 即体积×容重; 2) 含水量是指取土范围的测试值减去原土含水量(1.87%); 3) 速度氮含量为化验值。

Note: 1) Dry soil weight is the weight of sample volume; volume×density; 2) Soil water content = tested water content - original water content;

3) Available nitrogen is analysed value.

表 9 直径 30 cm 范围内的速度氮量

Table 9 The contain of available nitrogen in the ranges of 30cm diameter

处理 Treatment	液体总量 The total dosage (g)	液体携带 速度氮量 Liquid oneself available nitrogen (mg)	化验分析 速度氮量 Experiment available nitrogen (mg)	扣除原土 速度氮增加量 The increasing quantity of nitrogen (mg)	小于液体携带 的速度氮量 Less than liquid oneself available nitrogen (mg)	占入渗液体带入 速度氮的比例 The ratio of liquid oneself available nitrogen (%)
B	801.8	2012.5	430.4	81.1	1582.1	4.0
D	799.4	2006.4	1211.6	862.3	794.9	43.0
F	736.9	1849.7	514.2	164.9	1335.5	8.9

注: 根据测试范围的干土重量(4.66 kg)和原土的速度氮含量(74.9 mg/kg)进行计算, 测试范围的原土中的速度氮量为 349.3 mg。

Note: Calculation based on dry soil weight(4.66 kg) of sample volume and original soil nitrogen content, the nitrogen content of original soil is 349.3 mg.

3 小 结

1) 不同吸水材料, 不同处理在局部性的土壤中产生了十分显著的速度氮素含量差, 通过分析得出了影响土壤中速度氮含量分布的基本原因。

2) 使用水溶性丙烯酸钾-丙烯酰胺聚合物对溶于水中的氮素进行吸附后, 再注入土壤, 使液体中的氮素形成了受约束条件下的扩散, 较大幅度地提高了土层的速度氮含量。

3) 在受到约束的条件下, 水分和速度氮的下渗量明显减小, 为降低化肥使用量, 提供了可参考性的

依据。

4) 吸水材料的种类及用量, 对土壤水分和养分的约束作用效果有明显差异。

参 考 文 献:

- [1] 爰建强. 聚丙烯酸钾与膨润土复合高吸水性树脂的合成与性能评价[J]. 精细石油化工进展, 2004, 5(9): 36-38.
- [2] 邢月华, 汪仁, 陈宏伟, 等. 北稻田耕层土壤养分状况评价[J]. 辽宁农业科学, 2004, (6): 43-44.
- [3] 郭文平, 张政, 秦霁光. 丙烯酸与丙烯酰胺共聚反应竞聚率的研究[J]. 北京化工大学学报, 2000, 27(1): 12-18.
- [4] 陈翠仙, 尚天刚, 蒋维钧. 分离有机水溶液的聚离子复合膜[J].

- 水处理技术, 1996, 22(1): 1—4.
- [5] 张树清. 甘肃省农田氮磷钾养分平衡状况探析[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(1): 56—59.
- [6] 封志明, 方玉东. 甘肃省县域农田氮素投入产出平衡研究[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(2): 25—30.
- [7] 骆世明. 农业生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [8] 全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料养分志[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [9] 鲁如坤. 土壤—植物营养学原理和施肥[M]. 北京: 化学工业出版社.
- [10] 马焕成, 罗质斌. 保水剂对土壤养分的保蓄作用[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(4): 404—407.
- [11] 辛德惠. 浅层咸水型盐渍化低产地区综合治理与发展[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1990.
- [12] 周建民. 农田养分平衡与管理[C]. 南京: 河海大学出版社, 2000.
- [13] 彭奎, 欧阳华, 朱波. 农林复合生态系统氮素平衡及其评价——以中国科学院盐亭农业生态实验站为例[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(3): 252—257.
- [14] 王兴祥, 张桃林, 张斌. 红壤旱坡地农田生态系统养分循环和平衡[J]. 生态学报, 1999, 19(3): 335—341.
- [15] 谭宏伟, 周柳强, 谢如林. 广西农田养分循环与平衡分析[J]. 广西科学院学报, 2000, 16(2): 82—86, 91.
- [16] 蔡贵信, 范晓晖. 土壤氮素和氮肥的有效施用[A]. 鲁如坤. 土壤—植物营养学原理和施肥[C]. 北京: 化学工业出版社, 1998. 112—151.

Effect of Potassium-polyacrylate-polypropylene-acylamine Copolymer on increasing available nitrogen of soil

SONG Bao-xing¹, LIU Jian-ru¹, GUO Tian-wen², JIANG Xiao-feng², HUANG Wei-dong¹, NING Rong-chang¹

(1. Northwestern Polytechnical University, Xi'an, Shaanxi 710072, China;

2. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: The effect of water-solubility Potassium-polyacrylate-polypropylene-acylamine Polymer on increasing the content of available nitrogen of soil was studied. The results showed that the content of soil water diffuse increased with time on different lay with water-solubility Potassium polyacrylate-polypropylene-acylamine Polymer treatment, which retains soil water in small scope; Potassium-polyacrylate-polypropylene-acylamine Copolymer adsorbs the nitrogen dissolving in water, thereafter transfuses it in soil. This lead to that nitrogen in solution diffuses under restricted condition, which greatly increases the content of available nitrogen.

Keywords: water-solubility Potassium-polyacrylate-polypropylene-acylamine Polymer; available nitrogen of soil