

云母粉聚丙烯酸交联物的保水特征 及其对土壤供钾状况的影响

徐 奥¹, 颜 丽¹, 娄奕来², 隋媛媛¹, 张 璐¹, 关连珠¹

(1. 沈阳农业大学 土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110161;

2. 中国科学院 沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016)

摘 要: 选用云母粉和丙烯酸单体为原料, 通过交联合成方式, 合成了一种新型的保(吸)水材料, 在探讨了其保水特征的基础上, 采用室内培养试验, 进一步分析了其对土壤供钾状况的影响。结果表明, 云母粉聚丙烯酸交联物具有很好的保(吸)水特性, 尤其具有很好的吸含盐溶液的能力; 将其施入土壤后在低剂量时就可以明显提高土壤的供钾强度, 并在高剂量时提高土壤钾素的缓冲容量。

关键词: 云母粉聚丙烯酸交联物; 保水特性; 供钾状况

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)03-0141-04

中图分类号: S157.9

Water Absorption Characteristics of Cross-linked Substance of Mica Powder and Poly Acrylic Acid and Its Impacts on Soil Potassium Status Supplying

XU Ao¹, YAN Li¹, LOU Yi-lai¹, SUI Yuan-yuan¹, ZHANG Lu¹, GUAN Lian-zhu¹

(1. College of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China;

2. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, Liaoning 110016, China)

Abstract: In this paper, mica powder and acrylic monomer were selected as raw material and made it into a new water absorption polymer. To explore the basic water absorbing characteristic, its influences on the potassium supply of soil was studied by an indoor training experiment. Results showed that the absorbing characteristics of the cross-linked substance of mica powder and poly acrylic acid is desirable, especially the strong saline absorption. When applying it into soil in low dose, the cross-linked substance of mica powder and poly acrylic acid can improve the potassium supplying strength of soil and in high dose, it can raise the buffer capacity of soil potassium.

Keywords: cross-linked substance of mica powder and poly acrylic acid; water absorbing characteristics; state of potassium supplying

云母粉聚丙烯酸交联物, 是根据丙烯酸类化合物的化学特性, 以云母粉和丙烯酸单体为原料, 经过一定的化学合成工艺使二者相互交联, 人工合成的一种保水剂。从理论上讲, 该保水剂不但应该具有聚丙烯酸类保水剂高吸水、高保水性能和高机械强度等特点^[1-2], 而且应该具有一定的供钾能力。

而成品云母粉聚丙烯酸交联物是否符合上述推断, 在实际应用过程中, 该种保水剂与目前市场上常用保水剂对比在保水特征上是否不同? 该种保水剂施入土壤后是否能够对土壤的供钾特征产生影响? 应该是人们普遍关心的科学问题。本项研究的目的

就是在试图回答上述问题的同时, 进一步探讨该种保水剂实际应用的可能性。

1 材料与方法

1.1 供试材料

云母粉聚丙烯酸交联物。以丙烯酸单体为主要原料, 用氢氧化钠调节中和度, 选取过硫酸钾、N,N'-一亚甲基双丙烯酰胺为引发体系, 按适当比例加入云母粉(含 K₂O 9.87%), 在有氧条件下, 经系列合成过程制得^[3-5]。本研究采用唐山博亚保水剂, 其主要成分为聚丙烯酸。

收稿日期: 2008-08-23

修回日期: 2008-10-22

作者简介: 徐 奥(1982—), 男(汉族), 辽宁省葫芦岛市人, 硕士, 研究方向为土壤环境与生态。E-mail: xuao192001@sohu.com。

通信作者: 关连珠(1960—), 男(锡伯族), 辽宁省沈阳市人, 教授, 博士生导师, 研究方向为土壤化学、土壤环境化学、土壤肥力。

E-mail: glz1960@163.com。

供试土壤采自沈阳农业大学天柱山耕层土壤,土壤类型为棕壤(基本性质见表 1)。

1.2 研究方法

本试验采用实验室合成,室内培养和分析测试的方法进行。

(1) 吸液率测定(筛网过滤称重法)^[6]。准确称量 1 g 的吸水剂,放入大量液体中(分别为:蒸馏水、自来水和 0.9% NaCl 溶液),让其吸至饱和,用 200 目的筛网或布袋进行过滤后,称重。

(2) 体积膨胀率测定(分液漏斗法)^[6]。准确称

量 0.5 g 的吸水剂于分液漏斗中,饱和后,记录体积。

(3) 其它项目的测定均为常规方法^[7]。

(4) 培养试验设计。为了探讨云母粉聚丙烯酸交联物对土壤供钾状况的影响,采用室内培养试验研究了其对土壤供钾数量和供钾强度的影响,并与唐山博亚公司生产的博亚牌保水剂进行比较。试验共设 4 个处理,分别为空白、低剂量处理(0.5 g/kg)、中剂量处理(3.0 g/kg)和高剂量处理(10.0 g/kg)。皆混施于 1 kg 土中,28 ℃ 恒温培养 15 d,每个处理重复 2 次。

表 1 供试土壤基本化学性质

| 有机质/ (g · kg ⁻¹) | 碱解氮/ (mg · kg ⁻¹) | 全氮/ (g · kg ⁻¹) | 有效磷/ (mg · kg ⁻¹) | 全磷/ (g · kg ⁻¹) | 速效钾/ (mg · kg ⁻¹) | 缓效钾/ (mg · kg ⁻¹) | pH |
|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------|
| 15.98 | 90.20 | 0.81 | 30.30 | 0.49 | 77.30 | 612.70 | 6.40 |

表 2 供试保水剂吸水性能比较

| 项目 | 云母粉聚丙烯酸交联物 | | 唐山博亚保水剂 | |
|-----------|------------|---------|---------|---------|
| | 吸液率/% | 体积膨胀率/% | 吸液率/% | 体积膨胀率/% |
| 0.9% NaCl | 43.37a | 111.11a | 39.83a | 62.50a |
| 自来水 | 119.36b | 260.00b | 129.33b | 163.89b |
| 蒸馏水 | 107.73b | 316.67c | 206.00c | 395.83c |

注:表中各值为 3 次重复的平均值,同一列字母不同者表示差异显著($p < 0.05$),下同。

2 结果与讨论

2.1 云母粉聚丙烯酸交联物的吸水特性

为了评价云母粉聚丙烯酸交联物的保水特性,选择了目前市场上销售的,由唐山博亚保水剂厂生产的博亚牌保水剂作为对照,研究了二者对不同溶液的吸附效果。研究表明,云母粉聚丙烯酸交联物与唐山“博亚”保水剂相比,在吸液率和体积膨胀率方面表现明显不同。唐山“博亚”保水剂的吸液率表现为:蒸馏水 > 自来水 > 0.9% NaCl,体积膨胀率也遵循这一规律,且经检验差异均达到显著水平。而云母粉聚丙烯酸交联物的吸水特性在吸液率方面表现为:蒸馏水 < (或 ≈) 自来水 > 0.9% NaCl,体积膨胀率的特性与唐山“博亚”保水剂相同。经检验,除蒸馏水与自来水的吸液率的差异不显著外,其余各项指标均达到差异显著水平。唐山“博亚”保水剂与云母粉聚丙烯酸交联物二者相比较,除蒸馏水吸液率差异达到显著水平外,其余各项指标均无明显差别。尽管 0.9% NaCl 的吸液率在数值上有所差别,但是其差异并未达到显著水平。

有一点值得注意,表中数据显示,云母粉聚丙烯酸交联物在蒸馏水中的吸液率要略低于在自来水中的吸液率,之所以表现出上述规律,是因为云母粉与

丙烯酸交联后,可以增强云母粉聚丙烯酸交联物对溶液中离子的吸附能力,从而提高了在含盐溶液中的吸水能力,而在蒸馏水中,由于没有离子存在,云母粉表现不出对离子吸附的优势,所以只有聚丙烯酸对纯水的吸收。从二者在吸水后体积膨胀率的比较可以看出,二者尽管吸水量有明显的不同,但是体积膨胀率却没有明显差异,是因为吸水后云母粉并不会在体积上有明显变化,产生体积变化的只是聚丙烯酸。云母粉与聚丙烯酸交联后占据了聚丙烯酸的部分吸水位点,从而降低了它的吸水能力。而在自来水中,由于云母粉对离子的吸附,减少了对聚丙烯酸吸水点位的占据,从而少量增加了它的吸水能力。

综上所述,云母粉与聚丙烯酸交联后,没有降低其对盐溶液吸附的能力,相反还有提高其吸盐溶液能力的趋势。从生产上讲,由于云母粉的售价要明显低于丙烯酸的售价,所以可以降低其成本,有助于它在农业生产中的推广。

2.2 云母粉聚丙烯酸交联物对土壤供钾状况的影响

云母粉聚丙烯酸交联物对土壤供钾状况的影响,可以通过土壤供钾曲线及相应参数上得以体现。从土壤供钾的 Q/I 曲线上,可以看出使用保水剂后,曲线形状发生明显了改变(图 1)。为了更好地阐述云母粉聚丙烯酸交联物对土壤供钾状况的影响,利用曲

线求得 3 个主要参数, 并分别进行比较, 以判断土壤的供钾状况。

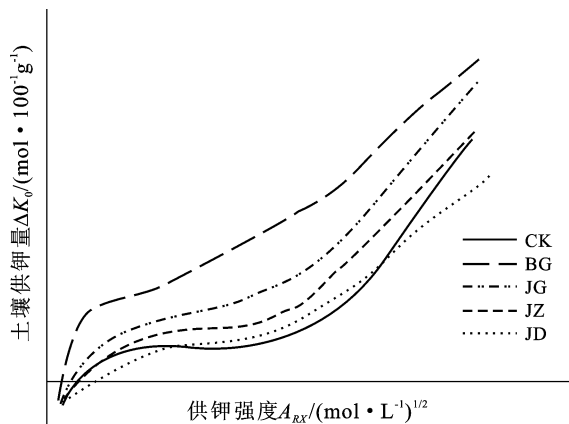


图 1 云母粉聚丙烯酸交联物对土壤供钾 Q/I 曲线形状的影响
B. 博亚保水剂; J. 云母粉聚丙烯酸交联物;
G, Z, D. 高、中、低剂量处理; CK. 空白对照。

2.2.1 云母粉聚丙烯酸交联物对土壤供钾数量 (ΔK_0) 的影响 ΔK_0 是 Q/I 曲线的直线部分反向延长与纵坐标交点的纵坐标值。主要反映土壤缓效钾的释放量, ΔK_0 的值越大, 说明固相表面释放到土壤溶液中的钾越多, 因此, ΔK_0 可以作为土壤供钾数量的指标^[8]。从图 2 我们可以看出, 跟空白相比较, 随保水剂使用量的增加 ΔK_0 随之降低, 经方差分析两种保水剂在 3 个处理时差异均已达到显著水平。说明随着保水剂的施用量的增加, 会导致土壤供钾数量的降低。从图 2 还可以看出, 在低剂量时, 云母粉聚丙烯酸交联物的 ΔK_0 值比空白高 2.35%, 从而得出结论: 在低剂量施用云母粉聚丙烯酸交联物时, 可以增加土壤中缓效钾的含量。

上述分析说明保水剂对土壤中的缓效钾有吸附作用。根据土壤学原理, 土壤缓效钾的释放与缓效钾在胶体上所处的位置有关, e 位钾易释放, 而 i 位钾则难以释放。得出结论: 云母粉聚丙烯酸交联物中, 云母粉有一部分钾处于易释放的 e 位, 可以起到增加土壤缓效钾数量的作用。

2.2.2 云母粉聚丙烯酸交联物对土壤供钾强度 (A_{R0}) 的影响 A_{R0} 是 ΔK 为 0 时的钾的活度率(即土样处理前后溶液中钾浓度无变化), 代表原土样的钾强度因子。它是土壤固相表面吸附的钾与土壤溶液中的钾处于平衡状态时, 土壤溶液中钾离子浓度与钙、镁离子浓度之和的平方根之比, 是相对于钙、镁离子而言的钾素状况。

图 3 对不同处理的 A_{R0} 值进行了比较, A_{R0} 值随着保水剂用量的增加而降低。尽管云母粉聚丙烯酸

交联物与博亚保水剂所表现的趋势一致, 但是要远高于博亚保水剂的 A_{R0} 值。甚至在低剂量时, 要高于空白, 说明保水剂的使用会降低土壤的供钾强度, 而云母粉聚丙烯酸交联物减少了这种影响, 甚至在适当的使用量时可以增加土壤的供钾强度。

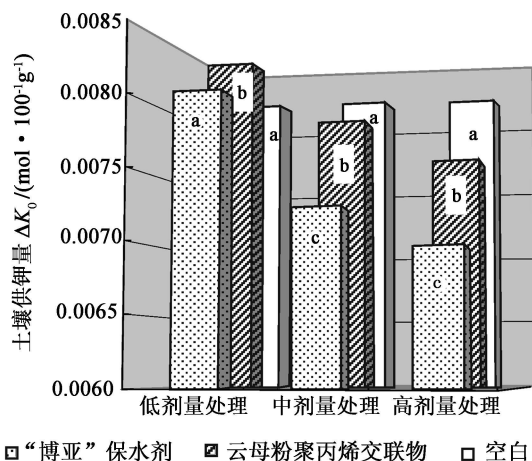


图 2 云母粉聚丙烯酸交联物对土壤供钾数量 (ΔK_0) 的影响
注: 相同处理字母不同者表示经 SPSS 检验 ($P=0.05$), 下同。

由此可知, 保水剂对土壤速效钾有吸附作用, 从而表现为降低土壤的供钾强度, 而云母粉聚丙烯酸交联物在低剂量处理时所表现出来的, 对土壤供钾强度有增加的作用, 说明当云母与丙烯酸交联后, 其中的钾素会有一部分以速效钾的形式进入到土壤中, 以起到增加土壤供钾强度的作用。

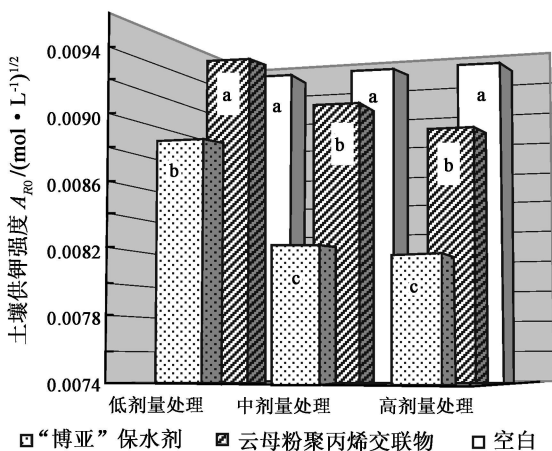


图 3 云母粉聚丙烯酸交联物对土壤供钾强度 (A_{R0}) 的影响

2.2.3 云母粉聚丙烯酸交联物对土壤钾素缓冲容量 (PBC_K) 的影响 PBC_K 为曲线直线部分的斜率, 又称为 K^+ 势能缓冲容量 (potential-buffering capacity), 所谓土壤钾素的缓冲容量, 是指土壤溶液中 K^+ 浓度与钙、镁浓度之和的平方根的比值 (A_{R0}) 每变动一个单位时, 土壤数量因子的变化量。缓冲容量大的土

壤,当 K^+ 强度因素(A_{Rk})变化时,其数量因素(ΔK)的变化量也大。因此,缓冲容量大的土壤,当土壤溶液钾被作物根系吸收浓度降低时,土壤固相表面吸附的钾转移到土壤溶液中去数量多,土壤的供钾能力强。这种土壤要想通过施用钾肥提高溶液钾浓度时,由于施入的钾被土壤固相表面吸附的量多,土壤溶液钾的浓度难以提高,欲使溶液钾提高到某一浓度水平,需要施用的钾肥量多。由此可见,土壤钾素缓冲容量是评价土壤钾素肥力状况的一个比较理想的综合性指标^[9]。

PBC_k 的变化正好与 A_{Rk} 的变化趋势相反,从图 4 中可以看出,总的来说保水剂的施用降低了 PBC_k 值,但是随着保水剂用量的提高, PBC_k 值会随着升高,经 Duncan 检验得出:唐山“博亚”保水剂与云母粉聚丙烯酸交联物在 3 个处理上差异均达到显著水平。说明保水剂的施用,会导致土壤 K^+ 的势能缓冲容量降低,而随着使用量的增加会使缓冲容量逐步增加,在高剂量处理时,云母粉聚丙烯酸交联物的 PBC_k 值比空白高 0.64%,可以理解为当保水剂的使用量足够大时,能提高土壤的 PBC_k 值。

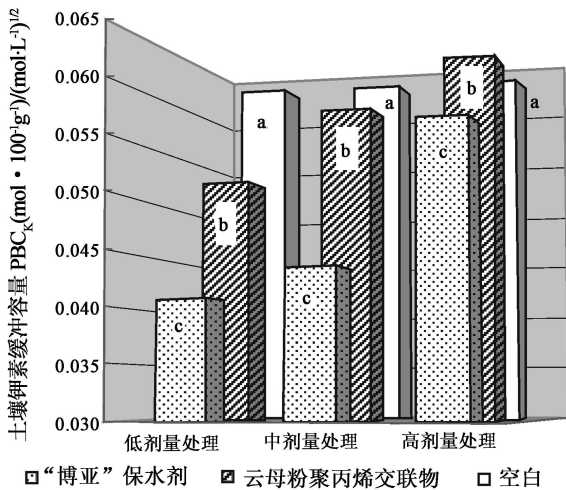


图 4 云母粉聚丙烯酸交联物对土壤供钾缓冲容量 (PBC_k) 的影响

从图 4 中还可以很容易的看出,唐山“博亚”保水剂的 PBC_k 值明显低于云母粉聚丙烯酸交联物,在成份上二者均以丙烯酸为主要材料,后者引入云母粉会影响到土壤钾素的缓冲容量,说明云母粉与丙烯酸交

联后,增加了保水剂的吸附位点,从而使交联物的吸附能力增强,表现为使土壤钾素的缓冲容量增加。

3 结论

云母粉聚丙烯酸交联物与常用保水剂对比在保水特征上表现出明显不同。明显降低了对蒸馏水的吸液率,同时对 0.9% NaCl 溶液的吸液率有增加的趋势,在保持其吸水能力的基础上可有效降低其生产成本。

云母粉聚丙烯酸交联物施入土壤后会对土壤的供钾特征产生影响。保水剂会吸附土壤中以缓效、速效态存在的钾素,从而降低土壤钾素的势能缓冲容量。云母粉与丙烯酸交联后,明显减少了对土壤中钾离子的吸附,同时,还能向土壤中释放钾离子,增加土壤的供钾能力,具有保水、供钾的双重功效。

[参 考 文 献]

- [1] 黄占斌,万惠娥,邓西平,等.保水剂在改良土壤和作物抗旱节水中的效应[J].水土保持学报,1999,13(4):52-55.
- [2] 介晓磊,李有田,韩燕来,等.保水剂对土壤持水特性的影响[J].河南农业大学学报,2000,34(1):22-24.
- [3] 夏开胜,沈上越,范历仁,等.微晶白云母/聚丙烯酸钠高吸水保水功能材料的研制[J].功能材料,2004,35(S):2607-2608.
- [4] 林松柏,林建明,吴季怀,等.聚丙烯酸/绢云母超吸水性复合材料的合成与性能研究[J].矿物学报,2003,23(1):1-6.
- [5] 李淑琴,朱书全.有氧状态下聚丙烯酸钠高吸水性树脂的合成[J].现代化工,2003,23(S):151-153.
- [6] 李莉,王玮屏,武现治,等.农林用高吸水性树脂的性能指标检测方法[J].中州大学学报,2003,20(1):109-111.
- [7] 鲁蓉蓉.非典型的土壤钾的 Q/I 曲线的成因的研究[J].芜湖职业技术学院学报,2007,9(1):50-53.
- [8] 刘瑞堂,赵松义,黄玉兰,等.湖南省主要植烟土壤的钾素肥力状况[J].湖南农学院学报,1991,6(17):312-318.
- [9] 关联珠,梁成华,张继宏,等.天然沸石保肥供肥能力及其机制的研究[C]//张继宏,颜丽,窦森.农业持续发展的土壤培肥研究.沈阳:东北大学出版社,1995:275-281.