

## 不同化学节水材料在农业生产中的应用

辛小桂<sup>1</sup>, 黄占斌<sup>1,2</sup>

(1. 西北农林科技大学 中国科学院水利部水土保持研究所 陕西杨凌 712100; 2. 中国矿业大学(北京校区) 北京 100083)

**摘要:** 化学节水材料在农业抗旱节水增产中具有用量少、见效快、无污染等特点,近年应用推广迅速。本文简要总结和分析了保水剂、稀土、泥炭、沸石、PAM、黄腐酸六种化学节水材料或制剂在农业应用中的特性、作用机理以及试验推广效果,并提出今后的研究方向。

**关键词:** 保水剂; 稀土; 沸石; 泥炭; PAM; 黄腐酸; 化学节水; 农业

中图分类号: S311 文献标识码: A

文章编号: 1008-0864(2003)06-0029-05

干旱缺水和土壤退化是制约我国农业持续发展的重要因素。据统计,我国45%的地区年均降水量不足400 mm。干旱缺水使我国粮食每年减产700-800亿千克,经济损失约1800亿元。近年来,在农业生产中应用化学材料或制剂来提高作物产量和水分利用效率(Water use efficiency, WUE)的做法非常广泛,逐步形成和创造了化学节水的农业抗旱节水增产新技术途径。这些化学材料或制剂在农业生产中应用推广,具有用量少、见效快、无污染等特点。在保持土壤水分、抑制蒸发和蒸腾、防止土壤板结和营养元素流失和淋失、促进作物对营养元素的吸收和利用等方面,有着显著的作用,但缺乏比较系统的总结分析,在生产应用中也存在不少问题,使其应用推广缓慢,有些因为应用方法欠妥还造成效果不佳或减产。为此,本文对目前在农业生产中应用的保水剂、稀土、泥炭、沸石等六种化学节水材料或制剂在农业生产中应用的特性、作用机理,以及试验应用方法和效果,进行简要总结和分析,以推动化学节水技术在农业生产中的应用。

## 1 保水剂

### 1.1 保水剂种类和特性

保水剂(Water-retaining agent 或 Aquasorb)属于有机高分子化合物,能吸收自身重量几百乃至几千倍的去离子水,并且含有的大量羧基、羟基等亲水性

官能团,能对土壤溶液中的化学离子进行吸附,影响土壤结构和改变自身吸水特性,具有无环境污染、适用性高等特点,能减少土壤侵蚀和水土流失,是农业节水技术中的重要措施之一。依据原料及合成方法划分,保水剂有淀粉系、纤维素系和合成树脂系。合成树脂系包括聚丙烯酸盐、聚乙烯醇、聚丙烯酰胺和聚氧化乙烯。聚丙烯酸钠盐是目前广泛推广应用的保水剂。它是一种具有超强吸水保水能力的高分子聚合物,可迅速吸收和保持比自身质量多300-600倍的水分后膨胀为水凝胶,并可缓慢释放水分供作物吸收利用。其溶于水后溶液呈弱碱性或弱酸性,无毒、无刺激性,使用时安全。

### 1.2 保水剂作用机理、应用效果与发展方向

大量研究试验证明,保水剂的作用机理关键是其具有较强的保水、吸水作用,能够改良土壤微水库条件,从而提高水分利用效率。应用方法主要有种子涂层和种子造粒、根际穴施或沟施、栽培床施用等。保水剂吸水后具有很强的膨胀作用,有利于调节土壤通气状况,易促进土壤团粒结构的形成;使用保水剂可明显减少沙土蒸发失水量;可改变沙土水分特征曲线,增加土壤持水容量和提高作物可用水分范围及有效利用量<sup>[1]</sup>。保水剂溶液钠离子和电导度随其浓度增加而增加,但增幅较小,对pH值影响不大。钙、镁等二价离子对聚丙烯酸钠保水剂的吸水力拮抗作用明显,与尿素混用无不良效果;穴施15 kg/hm<sup>2</sup>的保水剂的玉米和马铃薯分别增产22%和15%,投产比为1:3.5和1:4.2,保水剂与尿素或尿素磷肥混合使用于玉米,可分别提高尿素和磷肥利用效率18.72%和27.06%<sup>[2]</sup>。应用高强吸水剂在干旱地区玉米和大豆上能显著增产,增产率分别可达15%和11.9%<sup>[3]</sup>。保水剂和稻草覆盖对作物和土壤的效应研究中发现它们对小麦的增产幅度分别为12.5%和10%<sup>[4]</sup>,可见保水剂的作用效果优于稻草覆盖。

我国保水剂研究和应用上还存在脱节,盲目追求吸水倍率而忽略了产品保水性和凝胶强度等性能,生

收稿日期: 2003-06-17

作者简介: 辛小桂,男,1973年出生,在读硕士,Email: x.xg@nwsuaf.edu.cn.

基金项目: 国家十五863课题(2002AA2Z417, 12003AA6Z3301), 国家973课题(G1999011708), 中科院知识创新工程项目(KZCX1-06-02)

© 1994-共同资助。China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

产成本较高, 实际应用中抗盐性差, 应用技术的商业化开发不够。保水剂发展趋势, 是向多功能化、专用型、低成本、抗盐能力强的方向发展。

## 2 稀土

### 2.1 稀土元素及其分布

稀土就是化学元素周期表中镧系元素-镧(La)、铈(Ce)、镨(Pr)等元素以及与镧系的15个元素密切相关的两个元素-钪(Sc)和钇(Y)共17种元素, 称为稀土元素(Rare earth element), 简称稀土(RE或R)。稀土元素是典型的金属元素。它们的金属活泼性仅次于碱金属和碱土金属元素, 而比其他金属元素活泼。稀土元素在地壳中丰度并不稀少, 只是分散而已。因此, 虽然稀土的绝对量很大, 但到目前为止能真正成为可开采的稀土矿并不多。而且在世界上分布极不均匀, 其中我国的占有率最高, 占世界稀土资源的41.36%, 是名符其实的稀土资源大国, 这为我国稀土工业的发展奠定了坚实的基础。

### 2.2 稀土元素的性能与作用机理

稀土的作用机理还不是很清楚, 主要的见解有三种: 作物必需的超微量营养元素; 作物生长激素; 对作物起一种生理指令作用。但大量试验研究都已证明: 稀土元素可以促进作物的根系发育, 在一定条件下确有促进作物对养分的吸收、转化和利用, 如作物对N、P、K的吸收平均增加, 同时对各种微量元素的含量也有不同程度的增加; 促进作物叶绿素的形成, 提高光合速率及效率; 激活作物生理活性, 影响作物内源和外源植物激素作用和酶的合成; 影响作物细胞膜透性, 并对农药有一定的解毒作用<sup>[5, 6]</sup>。

### 2.3 稀土元素的试验应用效果

各种稀土元素在农业中的应用是广泛的。在早稻上分别喷施La、Ce、Pr、Nd、Y的化合物, 产量分别达到每公顷4 992、4 849.5、5 034、4 866、5 058千克, 而喷施清水的对照为312.2千克, 差异达极显著水平, 在对烤烟、棉花、金橘和绿豆进行单一稀土喷施试验表明: Pr对烤烟的效果最好, 单一稀土La、Pr, 对棉花产量的增产效果极为明显, 而La、Ce对提高金橘的座果率有较大的作用<sup>[7]</sup>。用稀土对西红柿进行浸种试验, 增产效果达13.97%, 且果实中人体所必须的氨基酸与维生素等营养物质含量均有不同程度的提高<sup>[8]</sup>。稀土在油菜上的应用试验证明: 施稀土的产量达1 950 kg/hm<sup>2</sup>, 增产11.9%; 大面积示范田平均产量1 054.5 kg/hm<sup>2</sup>, 较对照增产12.3%; 且施用稀

土后每100克油菜籽中比对照提高粗油脂1.45-2.4克<sup>[9]</sup>。试验证明: 稀土对粮食、油料、蔬菜、水果和棉麻等作物确有一定的增产作用, 同时也改进和提高了农产品品质。

稀土的合理施用不但对人畜无害, 同时作为肥源, 既可以提高很多农作物品质, 又对化学农药起到了解毒的效果。目前, 稀土同保水剂复合应用非常普遍, 已有相应的工业产品。

## 3 沸石

### 3.1 沸石组成和分布

沸石化学成分主要由SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>O和碱土金属离子四部分组成。它的构造开放性较大, 有很多大小均一的空洞和孔道, 约占整个晶体内部空间的50%, 这些空洞和孔道为金属阳离子和水分子所占据。格架中的金属阳离子(Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>等)与格架的联系比较弱, 很松散地连接在晶体结构上, 具有可为其它阳离子交换代替的性质, 使沸石具有强烈的离子交换能力; 烘干时, 空洞、孔道中的水分子可部分或全部脱除, 并不破坏硅铝酸盐架状结构, 而具有多孔性, 使沸石具有强烈的吸附能力。天然沸石起源于火山喷出物, 多出产于环太平洋国家, 日本、印度尼西亚均盛产之。我国在浙江省缙云县发现了第一个天然沸石矿藏, 随后在国内其它地区陆续发现了374处沸石矿床及矿点。目前在农业上它主要被利用作为不良水田及低产盐碱地的土壤改良剂, 同时以它为载体制作复混肥料。自然界中已经发现的沸石矿物约40余种, 但仅方沸石、钙十字沸石等少数几种的储量较多, 其它储量都较少。

### 3.2 沸石在改良土壤方面的作用

由于沸石矿具有良好的离子交换性和独特的多孔结构, 故能增强土壤的离子交换, 提高土壤保持氮、钾和钙等养分的能力, 亦可降低碱化水稻土淋溶水中Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>的离子含量, 改善植物营养环境, 对改良酸性土壤、盐碱土壤都有明显的效果。沸石能明显抑制土壤中真菌的繁殖, 减少真菌数量90%以上。对土壤中细菌和放线菌也有一定的抑制作用。沸石在抑制真菌繁殖的同时并不影响土壤的酶活性, 反而对几种酶活性有促进作用。因此沸石不但可以减轻植物病原菌危害、消毒土壤, 而且可以调节土壤肥力<sup>[10]</sup>。另外, 沸石在空气湿度很小的情况下, 也能极其有效地从空气中吸取水分。在持续少雨期内, 这种吸取外来水分的能力对作物生长十分有利, 故能改良干旱半

干旱地区的砂质土壤。

### 3.3 沸石的保肥作用

施用沸石能够保持肥料不会损失或损失甚少。沸石具有很高的阳离子交换量(CEC),对 $\text{NH}_4^+$ 有很高的亲和性和选择性。通过实验室模拟淋洗试验收集淋洗液,用半微量开氏法测定淋洗液中的含氮量可知,施用沸石能大大地减少氮肥的淋失量,具较强的保氮效果,且呈现随沸石用量提高保氮效果增强的趋势。沸石对氮肥的平衡释放起到很大作用,可解决碳酸氢氮利用效率低的问题。通过溶液进入沸石“分子筛”孔径中的 $\text{NH}_4^+$ 很快占据交换点,把那些平衡离子 $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{+2}$ 等交换后排除孔径之外。由于硝化细菌大于孔径千万倍,无法进入孔径中与 $\text{NH}_4^+$ 接触,使硝化作用得到阻止, $\text{NH}_4^+$ 的N得到保护。当孔径外 $\text{NH}_4^+$ 减少到一定程度时,孔径内的 $\text{NH}_4^+$ 被解吸出来(解吸量占2%–75%),未被解吸的 $\text{NH}_4^+$ 并非无效,遇到适宜条件,亦可被代换出来。沸石及 $\text{NH}_4^+$ 犹如水库调节洪水,对作物起到平衡利用氮的作用,沸石包衣可阻碍土壤中尿酶与尿素的直接接触,沸石可降低尿素氮转化为 $\text{NH}_4^+$ 。沸石使挥发性氨比对照减少损失21.86%,淋溶性铵减少损失65.02%,淋溶性磷比对照减少损失达43.7%<sup>[11,12]</sup>。

沸石本身含磷很少,有的沸石只含微量的磷素。南方酸性土壤对磷的固定能力较强,磷肥有效性低。通过对土地施加沸石,沸石交换体通过沸石上的吸附性阳离子和磷矿石中的 $\text{Ca}^{2+}$ 进行交换以重新释放土壤中积累的难溶性磷,且沸石阴离子骨架中 $\text{Al}^{3+}$ 与 $\text{PO}_4^{3-}$ 或 $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ 之间产生一种弱的键合力,使磷素被沸石吸附,使土壤中有效磷增加,使磷肥缓慢释放出来。同时沸石吸收水溶性和弱溶性磷,可减少速效磷被 $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Al}^{3+}$ 固定,生成 $\text{FePO}_4$ 和 $\text{AlPO}_4$ ;在北方石灰性碱性土壤中,可减少水溶性磷转化为低肥效的磷酸八钙。如果土壤中磷的浓度低,磷的含量少,作物对磷的吸收明显减弱。施沸石入土壤中后, $\text{NH}_4^+$ 进入沸石分子筛,把 $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{K}^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ 代换出来,这些离子可以促进作物对磷的吸收<sup>[13]</sup>。

国内外有关研究结果表明,在农业增产的诸多因素中,除去化肥的作用之外,利用沸石改良土壤是农业增产的重要措施之一。据国内外的实验结果估算,将沸石矿破碎施于农田,用量为900–1500 Kg/hm<sup>2</sup>时,可增产粮食10%–20%。若按10%计算,全国近亿公顷耕地至少可增产粮食90亿千克。若将沸石与氮肥混合施用,效果更好。

此外,沸石还含有大量的硅及许多作物生长所必需的营养元素,如钾、钙、铁、锰、锌等,且均有一定的生物有效性,能够直接被作物吸收利用。以沸石作为复混肥料的载体,由于其吸水性强,使肥料造粒均匀、表面光滑、抗压强度增强。随着研究的深入,沸石在农业上的应用将扩展到更深更广的领域。

## 4 PAM

聚丙烯酰胺(Polyacrylamide)是一种人工合成的高分子长链聚合物,溶于水,分子量高,分子上带有很多活性基团。按离子可分为3种类型,即阴离子型(PHP)、阳离子型和非离子型(PAM)三大类。其生物稳定性强,在土壤中不易被微生物降解,可以以任何比例溶解于水中而不分层,且本身不会燃烧、爆炸,也无毒性和腐蚀性,其在阳光下分解产物为二氧化碳、水和硝酸铵,对植物无害,也不会污染土壤。

### 4.1 PAM的作用机理

PAM具有一定的吸水性,在作为保水剂的同时,又是较好的土壤改良剂。PAM溶于水后,胶质分子上的负电荷吸附土壤微粒,使其集中线性分子的周围,稳定了土壤结构。直观效果是具粘合剂特性PAM使悬浮土壤颗粒迅速凝聚。提高水的入渗性和减少肥药流失对环境造成的危害,当用量达一定程度还具较好的抗蒸发性。它可与种子、肥料、木纤维覆盖物等复配使用。因其具有很强的絮凝性,是较好的土壤结构改良剂之一。特别是在退化土壤、风沙土壤等质量较差的土壤上应用,效果更为明显。试验证明,以适当的浓度和剂型施入土壤,能有效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%。法国SNF公司PAM多年实践应用一般有粉剂、乳剂和片剂。应用方法在灌溉农田和旱地上有些不同。

### 4.2 PAM在农业上的应用

土壤中加入0.5%的PAM可显著改变土壤对有效水的保持和供应<sup>[14]</sup>。在对PAM的改土及增产效应研究中发现:通过夏玉米施加聚丙烯酰胺可使土壤容重平均下降0.068 g/cm<sup>2</sup>,团聚体总量(>0.25 mm)平均增加30.2%,增产幅度1.7–18.3%<sup>[15]</sup>。PAM能提高赤红壤水稳性团粒结构数量,降低土壤容重,提高土壤的含水量,并能提高土壤含肥料元素的抗淋溶作用<sup>[16]</sup>。PAM在防治水土流失的过程中改善了土壤的通透性和抗旱能力,给作物增产提供了条件。坡耕地平均粮食增产幅度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 黄腐酸

黄腐酸(Fulvic Acid 简称 FA)是从风化煤、草炭或褐煤中提取出来的一种分子较小、易溶于水的复杂组分。外观为棕黑色无定形粉末状,无臭无毒,易于被植物吸收利用。其中含有酚基、羟基、羧基和醌基等化学活性基团,生理活性大。具有刺激植物生长、抑止蒸腾、与金属离子形成络合物等多种特性,因此能提高作物的抗旱、抗寒和抗病等抗逆能力。

### 5.1 黄腐酸性能与作用机理

黄腐酸具有促进根系发育、缩小气孔开度、减少蒸腾的作用,是一种有效的抗蒸腾剂;黄腐酸可以促进幼苗对养分的吸收,提高根系活力,充分利用土壤水分,提高其利用效率;在干旱条件下:施 FA 后小麦幼苗的超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性增高,ABA 含量明显增加,从而使植物抗干旱的能力增强;黄腐酸能缓解叶绿素的降解,这有利于植株对 CO<sub>2</sub> 的同化,维持叶片正常的光合作用;黄腐酸能改变植物原生质体的粘滞性及细胞膜透性,因此,在水分胁迫条件下,黄腐酸可以降低膜脂过氧化程度,维持膜系统的生理功能,从而提高植株的抗旱能力;黄腐酸在干旱情况下对不同激素的影响不同,从而使激素间达到一种新的平衡。

### 5.2 黄腐酸的试验应用效果

大量试验示范推广结果表明,用黄腐酸拌种或叶面喷施,在作物生育前期可提高成苗率和有效分蘖,能增加单位面积穗数和穗粒数。在作物生育中后期可改善作物水分状况,增强作物的抗旱性,提高粒重。在干旱条件下黄腐酸对冬小麦幼苗中内源 ABA 和 IAA 水平以及 SOD 和 POD 活性的影响研究中发现:在-0.85 Mpa 的 PEG-6000 条件下用 100 mg · L<sup>-1</sup>黄腐酸(FA)处理后,ABA 和 IAA 含量明显高于没有用 FA 处理的<sup>[18]</sup>。在对不同条件下黄腐酸对春小麦生长和水分利用的影响中发现:黄腐酸拌种能有效地促进根系生长,但能否实现抗旱增产取决于必要的土壤水分条件和合理的耗水过程<sup>[19]</sup>。

目前黄腐酸应用非常广泛,它可作为农药缓释增效剂,可与微肥或氮磷钾无机肥料相结合使用,以提高肥料利用效率,改善作物生长环境。应用较多的是制成各种叶面保水肥,如“抗旱剂一号(HCF-1)”;我国推广面积已达 13 万公顷。它还可与保水剂复合使用,效果非常明显,并且已有相应的工业产品。

## 6 泥炭

### 6.1 泥炭的性质和分布

泥炭是煤化程度最低的煤,泥炭也可以称为草炭、泥煤或草木炭草煤。它是由水、矿物质和有机质三部分组成。通常由沼泽地区生长的植物,因地壳变动而下沉,逐渐积成厚层,被埋在泥沙中或水层中,经受细菌作用,产生化学变化,成为煤化程度最小的煤种。泥炭呈褐色或淡黑色,密度通常在 0.7-1.05 g/cm<sup>3</sup> 之间。泥炭经过进一步成岩作用,可变成褐煤。由于植物类型、沉积环境、分解程度、营养类型不同,泥炭可分为草本、木本,混合成因类型以及低位、中位、高位沉积类型等。一般来说,泥炭含沥青质(包括蜡和树脂)1%-7%,半纤维素和单糖类 10%-40%,含腐殖酸类有机质 20%-60%,纤维素 3%-10%,木质素 7%-15%,灰分 3%-40%(以上均以干基表示),含水量一般在 40%-80% 之间。泥炭的有机质、腐殖酸含量高,纤维含量丰富,疏松多孔,通气透水性好,表面积大,吸附螯合力强,有较强的离子交换能力和盐分平衡控制能力。全世界泥炭总储量为 2 514 亿吨(干物重量),年开采量为 2.2 亿吨;我国地域辽阔,地理环境独特,地势西高东低,山脉高峻纵横,湖泊河流众多,气候复杂多样,因而泥炭成矿条件优越,资源蕴藏丰富。到目前为止,全国已经发现泥炭矿床 5 719 多处,其中大型矿床 330 处。全国泥炭总资源量为 124 亿吨,其中可用的储量为 433 024 万吨,泥炭矿总面积为 10 440 km<sup>2</sup>,全国泥炭覆盖度为 0.11%。

### 6.2 泥炭在农业中的应用

泥炭含有机质、腐殖质及多种营养元素,并有较大的持水与吸气性能以及代醌性能,用它制成的各类肥料,具有改土、增效化肥和刺激植物生长三大作用。泥炭和泥炭混合物调节土壤,可有效地改变土壤的固、水、气三相分布和最大溶水量,尤其提高了土壤有效水(易效水+难效水)<sup>[20]</sup>。泥炭腐殖酸的自由基属于半醌结构,能氧化为醌,又能还原为酚,在植物体的氧化还原中起着重要作用,具有较高的生物活性和生理刺激作用。

用泥炭作土壤肥料,配制各类营养土、花卉土,及培植食用菌。配制的营养土、花卉土,肥力充足、肥效长,减少病虫害和异味的产生,增强植物的抗病抗逆能力;泥炭培植的食用菌,可较大幅度缩短生长期并提高平菇采收率,培植后的基质和覆土可用于制造有机复合肥,大大降低了食用菌的生产成本。

施用泥炭能改善土壤的酸碱度,提高 N、P、K 含量,使有机碳、腐殖酸总量增加,活化土壤肥力,对提高地力有显著效果。在泥炭与 N、P 优化配肥研究试验中,发现活化泥炭与 N、P 配合施用,不仅能提高作物产量,还能维持土壤肥力,使土壤肥力得到进一步的提高具有肥苗肥土的双重效果。

泥炭还具有较强的抗盐渍的作用。在用泥炭改良盐渍土壤实验发现:不施泥炭的对照出苗不整齐,生长缓慢低矮,结穗短小,千粒重低,且出现死苗现象;施用泥炭的处理其许多土壤理化性质发生着极其显著的变化,可溶性盐、PH 值以及代换性  $\text{Na}^+$  等均呈明显的下降过程,而有利于土壤改良的阳离子中的  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  与代换性盐基总量则呈增加过程,正在迅速演变为非盐渍化土壤<sup>[21]</sup>。

## 7 需要研究的问题

综上所述,化学节水材料或制剂在农业抗旱节水中应用前景广阔。虽然各类化学节水材料或制剂的研究深度和应用范围不尽相同,但总的状况是对提高土壤含水量、增加作物产量的作用明显。建议今后研究重点应放在:量化不同化学制剂复合使用关系,研究它们之间交互作用机理;化学节水材料或制剂同水、肥的耦合关系;在不同地域,不同气象条件下比较不同化学制剂节水的主要效果,筛选出最佳化学用材料及其使用方法,初步建立不同化学制剂使用规范。

### 参 考 文 献

- [1] 蔡典雄,王小彬,Keith Saxton. 土壤保水剂对土壤持水特性及作物出苗的影响[J]. 土壤肥料,1999,1:13-16
- [2] 黄占斌,张国桢等. 保水剂特性测定及其在农业中的应用[J]. 农业工程学报,2002,18(1):22-26
- [3] 王彪,翟新江. 高强吸水剂大田应用效应初探[J]. 吉林农业科学,1994,2:26-28

- [4] 孙进等. 施用保水剂和稻草覆盖对作物和土壤的效应[J]. 应用生态学报,2001,12(5):731-734
- [5] 刑素芝等. 稀土农用技术及作用机理研究进展[J]. 安徽农业技术师范学院学报,1998,12(4):46-49
- [6] 万强等. 稀土农用的历史、现状和发展趋势[J]. 湖南农业科学,2000,5:22-23
- [7] 万强,刘穗等. 单一稀土的生物效应研究[J]. 湖南农业科学,1996,2:39-40
- [8] 唐天营,王云称. 矿质微量元素对农作物增产效果的试验研究[J]. 新疆矿产地质,1995(1-2).
- [9] 曾凡予,陈美德等. 稀土在油菜上的应用效果和施用技术[J]. 稀土,1994,15(02):54-58
- [10] 曹晓燕. 天然沸石在土地整理中的应用[J]. 国土资源,2002,6:35-36
- [11] 黄凌云. 沸石保氮效果的试验[J]. 土壤肥料,2001(4):46-47
- [12] 李长洪等. 天然沸石对土壤及养分有效性的影响[J]. 土壤与环境,2000,9(2):163-165
- [13] 韩成. 斜发沸石保磷供磷功能的研究[J]. 华北农学报,2001,16(3):114-118
- [14] 介晓磊,李有田等. 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
- [15] 员学锋等. 聚丙烯酰胺(PAM)的改土及增产效应[J]. 水土保持研究,2002,2(9):55-58
- [16] 龙明杰等. 高聚物对土壤结构改良的研究[J]. 土壤通报,2002,33(1):9-13
- [17] 肇普兴,夏海江. 聚丙烯酰胺的保土保水保肥及改土增产作用[J]. 水土保持研究,1997,4(4):98-104
- [18] 陈玉玲,曹敏等. 干旱条件下黄腐酸对冬小麦幼苗中内源 ABA 和 IAA 水平以及 SOD 和 POD 活性的影响(简报)[J]. 植物生理学通讯,2000,36(4):311-314
- [19] 李捷. 不同条件下黄腐酸对春小麦生长和水分利用的影响[J]. 干旱地区农业研究,2001,20(2):52-55
- [20] 村井资长. 草炭的科学[M],1998,185-186
- [21] 金凤鹤,尹怀宁等. 东北地区内陆苏打盐渍土旱作玉米实施泥炭改良研究[J]. 生态学杂志,1998,17(1):16-21
- [22] 信 途,赵聚宝. 旱地农田水分状况与调控技术[M]. 北京:农业出版社,1992
- [23] 山仑,陈培元. 旱地农业生理生态基础[M]. 北京:科学出版社,1998

## The Application of Different Chimerical Materials on Water Saving in Agricultural Production

XIN Xiao-gui<sup>1</sup>, HUANG Zhan-bin<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, CAS and MWR, Yangling Shaanxi 712100 China

2. China University of Mining & Technology- Beijing, Beijing 100083 China)

**Abstract:** Chimerical materials or agent on water saving, with characteristic on small usage, benefit markedly and no pollution, was applied and extended rapidly in recent years. This paper summarized the features, action mechanism, using methods and experimental and extension results of different chemical materials or agents, such as aqua-sorb, rare earth element, turf, zeolite, PAM and FA, and pointed out the research direction in future.

**Key words:** aqua-sorb; rare earth element; zeolite; turf; PAM; FA; chemical material on water saving; agriculture