

保水剂与氮肥混施对土壤持水特性的影响

李常亮,张富仓

(西北农林科技大学,旱区农业水土工程教育部重点实验室,陕西 杨凌 712100)

摘 要:测定聚丙烯酰胺(PAM)、凹凸棒/聚丙烯酸(WT)和聚丙烯酸钠(HM)3种保水剂在浓度分别为2‰、5‰、8‰的NaCl、MgCl₂、CaCl₂、FeCl₃、尿素、硝酸钾、氯化铵等7种溶液中的吸水倍率;用离心法测定保水剂与氮肥混施条件下土壤的持水特性。结果表明:与去离子水比较,保水剂在盐溶液中的吸水倍率显著下降,且随着溶液浓度升高,保水剂的吸水倍率明显下降,对于同一盐溶液浓度,离子类型对保水剂吸水倍率的影响表现为:Na⁺ < Mg²⁺ < Ca²⁺ < Fe³⁺,WT保水剂表现出较强的抗离子特性;保水剂在不同氮肥溶液中的吸水倍率有较大差异,氮肥类型对保水剂吸水倍率的影响表现为:尿素 < 硝酸钾 < 氯化铵;保水剂与氮肥混合施入土壤能提高土壤的持水能力,但施入氮肥降低了保水剂的性能;推荐保水剂与氮肥混合使用时,施氮量不超过0.50 gN/kg干土,保水剂用量不超过6‰。

关键词: 保水剂;氮肥;持水特性

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)02-0172-05

保水剂(super absorbent polymer, SAP)是化学节水材料的一种,又称高吸水剂,它能迅速吸收比自身重数百倍甚至上千倍的去离子水、数十倍至近百倍的含盐水分,而且具有反复吸水功能,吸水后膨胀为水凝胶,可缓慢释放水分供作物吸收利用,从而增强土壤保水性,改良土壤结构,减少水的深层渗漏和土壤养分流失,提高水分、养分利用率^[1-3]。

保水剂的成分因生产厂家和剂型而不同,主要种类有淀粉-丙烯腈接枝共聚、淀粉-丙烯酸接枝共聚、聚丙烯酸钠-丙烯酰胺类单体交联共聚、聚丙烯酸钠-其他单体制备保水剂等^[4]。不同种类的保水剂其性能也有所差异。在农业实际生产应用中,影响保水剂使用效果的因素很多,如土壤质地、土壤pH值、离子浓度、保水剂使用方法、使用量、保水剂颗粒大小等^[5,6]。许多学者经过试验证明,盐溶液和肥料会降低保水剂的吸水能力^[7,8]。本文以盐溶液、氮肥溶液对保水剂的吸水能力影响试验为基础,针对3种保水剂和氮肥混施在土壤中对土壤持水能力的影响进行研究,从机理方面分析其持水效果,以期农业生产中保水剂和氮肥的正确施用和合理配比提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试保水剂3种:①得米高吸水性树脂(PAM),

聚丙烯酰胺;②沃特多功能抗旱保水剂(WT),凹凸棒(有机)/聚丙烯酸(无机)保水剂;③海明高能抗旱保水剂(HM),聚丙烯酸钠型。供试土壤为瘠土,重壤土,取自西北农林科技大学节水灌溉试验站。

1.2 研究方法

1.2.1 保水剂吸水倍率的测定 准确称取0.50 g保水剂,装入已经称重的尼龙网(200目)袋子中,袋子长20 cm,宽15 cm。将装有保水剂的袋子分别放入500 mL浓度为2‰、5‰、8‰的NaCl、MgCl₂、CaCl₂、FeCl₃、尿素、硝酸钾、氯化铵溶液中,让其充分吸水24 h后,将布袋提起悬空,过滤1 h,称量装有保水剂的袋子重量,每个处理设3个重复。待过滤完毕按照如下公式计算保水剂的吸水倍率:

$$Q = (M_2 - M_1) / M_1 \quad (1)$$

式中, Q 为保水剂的吸水倍率(g/g); M_1 为吸水前保水剂的重量(g); M_2 为吸水后保水剂的重量(g)。

1.2.2 施入保水剂与氮肥的土壤持水曲线测定

供试土壤为瘠土,供试氮肥为硝酸铵。将瘠土风干并过2 mm的筛,按干容重1.3 g/cm³与不同浓度的氮肥和不同浓度处理的保水剂充分混合均匀。保水剂施用量处理用占干土重的千分比表示,用量分别为0(CK)、2‰(PAM₁, WT₁, HM₁)、6‰(PAM₂, WT₂, HM₂)、10‰(PAM₃, WT₃, HM₃);氮肥施用量处理分别为不施氮CK(N₀),中氮处理0.25(gN/kg干土)(N₁),高氮处理0.50(gN/kg干土)(N₂)。每个处理

收稿日期:2009-08-20

基金项目:国家自然科学基金项目(50879073)

作者简介:李常亮(1984—),男,陕西绥德人,硕士研究生,主要从事农业水土环境方面的研究。E-mail: llichangliang@163.com。

通讯作者:张富仓(1962—),男,陕西武功人,教授,博士生导师,主要从事旱区节水农业理论与技术方面的研究。E-mail: zhangfc@nwsuaf.edu.cn。

设 2 个重复。将保水剂、土壤、氮肥三者混合均匀放在特制并且规格相同的环刀中,然后放在去离子水中进行吸水饱和,24 h 后取出,放在 PF 离心机(SCR20 型)中进行分离,测定不同处理的土壤持水曲线。

2 结果与分析

2.1 盐溶液对 3 种保水剂吸水倍率的影响

表 1 为 3 种保水剂在不同盐溶液中的吸水倍率。在去离子水中(对照)PAM、WT 和 HM 保水剂的吸水倍率分别 231.1、348.4 g/g 和 470.1 g/g,在自来水中的分别为 120.0、165.8 g/g 和 171.8 g/g,在自来水中的吸水倍率分别为对照的 51.9%、47.6% 和 36.6%。PAM、WT 和 HM 保水剂在 8‰的 NaCl、MgCl₂、CaCl₂、FeCl₃ 溶液中的吸水倍率分别为 45.3、10.0、8.9、6.4g/g,52.9、18.0、14.8、9.2 g/g 和 54.5、7.3、6.6、4.8 g/g,且分别为对照的 19.6%、4.3%、3.8%、2.8%,15.2%、5.2%、4.3%、2.6%和11.6%、1.5%、1.4%、1.0%。表明在自来水和盐溶液中保水剂的吸水倍率较在去离子水中均有较大的下降,且随着溶液浓度的增大而下降。对于同一盐溶液浓度,离子类型对其吸水倍率的影响均表现为:Na⁺ < Mg²⁺ < Ca²⁺ < Fe³⁺。可见电解质阳离子所带电荷数越多对保水剂吸水倍率的抑制作用越明显;阳离子所带电荷数相同时,原子量越大,抑制作用也越明显。根据 Flory - Huggins 的吸水理论^[9],这是由于外部溶液的离子强度越大,树脂网络内外的渗透压差就越小,树脂的吸水能力降低。同时可以看出,除 NaCl 溶液外,WT 保水剂在 MgCl₂、CaCl₂、FeCl₃ 溶液中表现出较强的抗离子特性,这是由于 WT 保水剂中加入了凹凸棒黏土,凹凸棒黏土具有大的比表面积和一定的耐盐性能,可增强保水剂的耐盐碱性^[10]。由于保水剂对盐分的敏感性,所以在使用时应考虑土壤盐碱化程度和灌溉水质以确定最佳用量。

2.2 氮肥溶液对 3 种保水剂吸水倍率的影响

表 2 为 3 种保水剂在不同氮肥溶液中的吸水倍率。PAM、WT 和 HM 保水剂在 8‰的尿素、硝酸钾、氯化铵溶液中的吸水倍率分别为 230.1、59.3、44.5 g/g,330.6、59.6、47.1 g/g 和 447.8、71.4、53.6 g/g,分别为对照的 99.5%、25.7%、19.2%,94.9%、17.1%、13.5%和 95.2%、15.2%、11.4%。表明在硝酸钾、氯化铵溶液中保水剂的吸水倍率较在去离子水中均有较大的下降。3 种氮肥对保水剂吸水倍率的影响表现为:尿素 < 硝酸钾 < 氯化铵。3 种保水剂在氮肥溶液中的性能表现为:PAM < WT < HM。

其中尿素溶液对保水剂的吸水倍率几乎没有影响,这是因为尿素为分子态化合物。李长荣等人的研究也表明:保水剂与尿素混施,可以充分发挥其保水保肥特性,是水肥耦合的最佳选择^[11]。由表 1、表 2 可以看出,尿素、硝酸钾、氯化铵对保水剂的影响小于 CaCl₂、MgCl₂、FeCl₃,但同样随溶液浓度的增加保水剂的吸水倍率降低。

表 1 保水剂在不同盐溶液中的吸水倍率(g/g)
Table 1 Water absorbing capacity of SAP in different salt solutions

溶液类型 Solution variety	浓度(‰) Concentration	保水剂类型 SAP variety		
		PAM	WT	HM
去离子水(CK) Deionized water	—	231.1	348.4	470.1
自来水 Tap water	—	120.0	165.8	171.8
NaCl 溶液 NaCl solution	2	81.5	88.2	105.2
	5	64.0	67.9	82.2
	8	45.3	52.9	54.5
MgCl ₂ 溶液 MgCl ₂ solution	2	21.1	38.0	17.9
	5	15.7	22.0	12.0
	8	10.0	18.0	7.3
CaCl ₂ 溶液 CaCl ₂ solution	2	14.4	27.4	8.1
	5	13.8	17.3	7.1
	8	8.9	14.8	6.6
FeCl ₃ 溶液 FeCl ₃ solution	2	7.7	10.4	5.2
	5	6.8	9.4	4.9
	8	6.4	9.2	4.8

表 2 保水剂在不同氮肥溶液中的吸水倍率(g/g)
Table 2 Water absorbing capacity of SAP in different nitrogen solutions

氮肥类型 Nitrogenous fertilizer variety	浓度(‰) Concentration	保水剂类型 SAP variety		
		PAM	WT	HM
去离子水(CK) Deionized water	—	231.1	348.4	470.1
尿素溶液 Urea solution	2	229.6	330.1	451.9
	5	229.8	334.7	448.2
	8	230.1	330.6	447.8
硝酸钾溶液 KNO ₃ solution	2	101.8	105.8	136.8
	5	78.8	85.3	99.4
	8	59.3	59.6	71.4
氯化铵溶液 NH ₄ Cl solution	2	77.6	73.3	101.8
	5	62.2	56.3	72.3
	8	44.5	47.1	53.6

2.3 保水剂与氮肥混施对土壤持水曲线的影响

图 1 为不施氮肥条件下 3 种保水剂施入土壤对土壤持水曲线的影响。PAM、WT 和 HM 保水剂以 2‰、6‰、10‰用量施入土壤中,土壤饱和含水率较

对照(CKN₀)分别增加了 39.9%、50.1%、54.4%、38.1%、46.2%、47.2%和 39.4%、48.8%、52.4%。表明土壤中施入保水剂能提高土壤的持水能力,表现为土壤持水曲线明显上移,随着保水剂用量的增加,土壤持水能力明显提高。PAM、WT 和 HM 保水剂在施用 2‰、6‰、10‰用量,0~0.50 MPa 土壤水吸力之间的有效水分较对照(CKN₀)分别增加了

41.1%、50.6%、8.7%,42.7%、52.6%、44.0%和 44.2%、50.3%、8.8%。保水剂使用量为 6‰,0~0.50 MPa 土壤水吸力之间 3 种保水剂处理土壤保持的有效水分含量最大,一般土壤中 0~0.50 MPa 吸力下保持的水量是易于作物利用的,可见保水剂使用量不能过大,否则保持的水量不易被作物吸收利用。

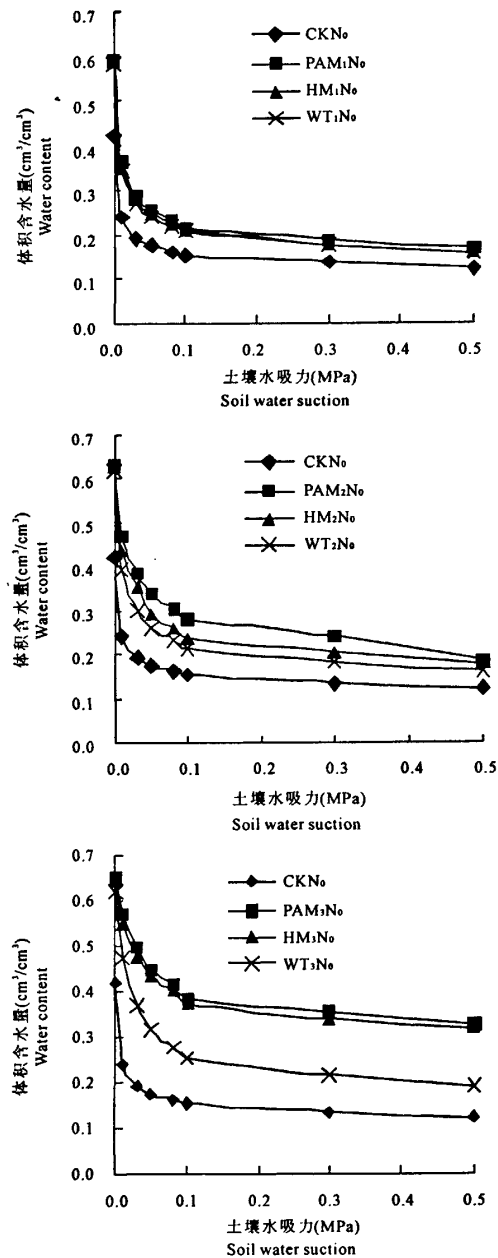


图 1 不施氮肥条件下不同用量保水剂的土壤持水曲线
Fig.1 Soil water retention curve with different amount of SAP under no nitrogenous fertilizer application

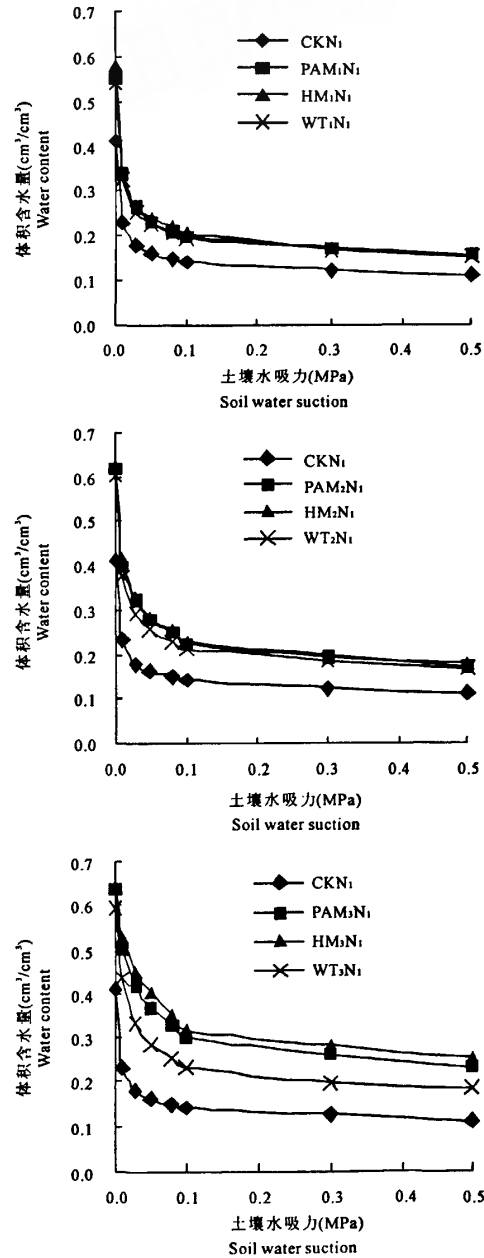


图 2 0.25(gN/kg 干土)氮肥条件下不同用量保水剂的土壤持水曲线
Fig.2 Soil water retention curve with different amount of SAP under 0.25(gN/kg dry soil) nitrogenous fertilizer application

图 2、图 3 分别为施氮水平为 0.25、0.50(gN/kg 干土)条件下施入 3 种保水剂的土壤持水曲线。

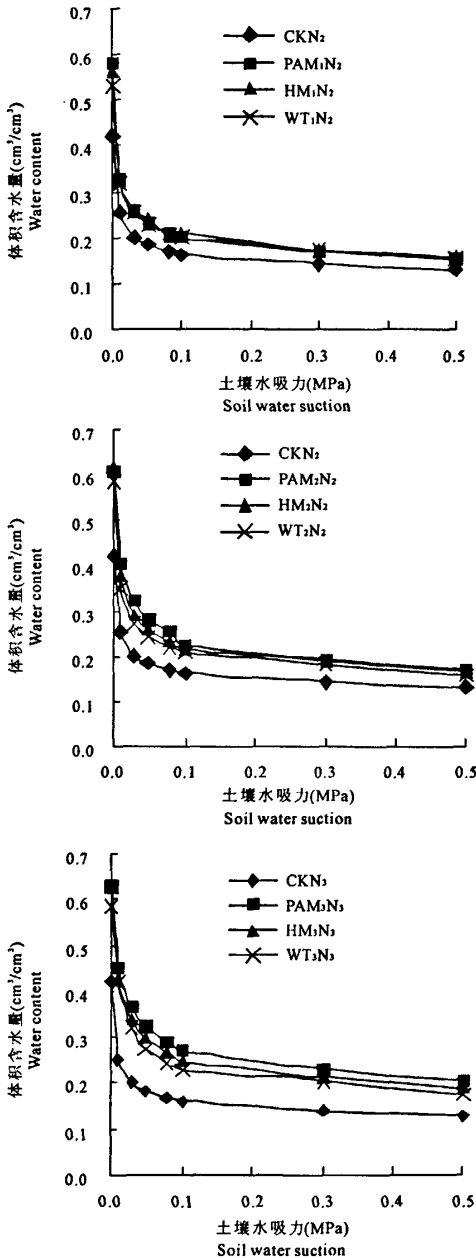


图 3 0.50(gN/kg 干土)氮肥条件下不同用量保水剂土壤持水曲线

Fig.3 Soil water retention curve with different amount of SAP under 0.50(gN/kg dry soil) nitrogenous fertilizer application

图 2 和图 3 表明,保水剂与氮肥混合施入土壤同样能提高土壤的持水能力,且土壤的持水能力随保水剂施入量的增加而提高。PAM、WT 和 HM 保水剂以 6‰用量施入土壤中,施氮水平为 0.25、0.50

(gN/kg 干土),土壤饱和含水率较对照(PAM₂N₀、WT₂N₀、HM₂N₀)分别减少了 2.0%、3.5%、2.0%、5.0%和 0.9%、1.6%,可见土壤中施入氮肥降低了保水剂的性能。PAM、WT 和 HM 保水剂在施用 2‰、6‰、10‰用量,施氮水平为 0.25(gN/kg 干土),0~0.50 MPa 土壤水吸力之间的有效水分较对照(CKN₁)分别增加了 31.6%、49.3%、35.0%、28.9%、46.0%、35.3%和 40.6%、47.4%、29.3%。PAM、WT 和 HM 保水剂在施用 2‰、6‰、10‰用量,施氮水平为 0.50(gN/kg 干土),0~0.50 MPa 土壤水吸力之间的有效水分较对照(CKN₂)分别增加了 46.3%、50.8%、45.3%、29.6%、46.1%、41.7%和 39.1%、54.3%、49.2%。表明在施氮条件下,保水剂使用量为 6‰,0~0.50 MPa 土壤水吸力之间 3 种保水剂处理土壤保持的有效水分含量最大,故推荐保水剂使用量不宜超过 6‰;施氮水平为 0.50(gN/kg 干土),0~0.50 MPa 土壤水吸力之间 3 种保水剂处理土壤保持的有效水分含量最大,推荐保水剂与氮肥混合使用时,施氮量为 0.50(gN/kg 干土)。PAM、WT 和 HM 保水剂以 6‰用量施入土壤中,施氮水平为 0.50(gN/kg 干土),0~0.50 MPa 土壤水吸力之间的有效水分较对照(CKN₂)分别增加了 50.8%、46.1%和 54.3%。表明保水剂与氮肥混施对土壤持水能力的影响,3 种保水剂的性能表现为:HM>PAM>WT。

3 结 论

1) 在自来水和盐溶液中保水剂的吸水倍率较在去离子水中有较大的下降,且随盐溶液浓度增加保水剂吸水倍率降低的幅度增大。对于同一盐溶液浓度,离子类型对保水剂吸水倍率的影响表现为:Na⁺<Mg²⁺<Ca²⁺<Fe³⁺;WT 保水剂在 MgCl₂、CaCl₂、FeCl₃ 溶液中表现出较强的抗离子特性。

2) 在电解质氮肥溶液中保水剂的吸水倍率较在去离子水中有较大的下降,且随氮肥溶液浓度增加保水剂吸水倍率降低的幅度增大。尿素溶液对保水剂的吸水倍率几乎没有影响。3 种保水剂在氮肥溶液中的性能表现为:PAM<WT<HM。

3) 保水剂能显著提高土壤的持水能力,且土壤的持水能力随保水剂施入量的增加而提高;保水剂使用量为 6‰,0~0.50 MPa 土壤水吸力之间 3 种保水剂处理土壤保持的有效水分含量最大。

4) 保水剂与氮肥混合施入土壤能提高土壤的持水能力,但施入氮肥降低了保水剂的性能。推荐保水剂与氮肥混合使用时,施氮量不超过 0.50 gN/kg 干土,保水剂用量不超过 6‰。保水剂与氮肥

混施对土壤持水能力的影响,3种保水剂的性能表现为:HM>PAM>WT。

参考文献:

- [1] 薛景云. 吸水性聚合物的结构功能机理[J]. 化学与粘合, 1985, (3): 180—183.
- [2] Michael S Johson, Cornelis J Veltkamp. Structure and functioning of water-storing agricultural polyacrylamides[J]. J Sci Food Agri, 1985, 36: 789—793.
- [3] 贾朝霞, 郑 焰. 高吸水性树脂用于水土保持和节水农业的新思路[J]. 农业环境与发展, 1999, 16(3): 38—41.
- [4] 黄占斌, 李茂林, 夏春良, 等. 农用保水剂应用原理与技术[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005.
- [5] 党秀丽, 张玉龙, 黄 毅. 保水剂对土壤持水性能影响的模拟研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(4): 191—192.
- [6] 闫永利, 于 健, 魏占民. 土壤特性对保水剂吸水性能的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(7): 76—79.
- [7] 张富仓, 康绍忠. BP 保水剂及其对土壤与作物的效应[J]. 农业工程学报, 1999, 15(2): 74—78.
- [8] 宫辛玲, 刘作新, 尹光华, 等. 土壤保水剂与氮肥的互作效应研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 50—53.
- [9] 邹新禧. 超强吸水剂[M]. 北京: 化学工业出版社, 1991.
- [10] 刘瑞凤, 李 安, 王爱勤. PAM-atta 有机无机复合保水剂保水性能研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(4): 73—77.
- [11] 李长荣, 邢玉芬, 朱健康, 等. 高吸水树脂与肥料相互作用的研究[J]. 北京农业大学报, 1989, 15(3): 187—192.

Effects of super absorbent polymer application to soil mixed with nitrogenous fertilizer on soil water retention properties

LI Chang-liang, ZHANG Fu-cang

(Key Laboratory of Agricultural Soil and Water Engineering in Arid and Semiarid Areas of Ministry of Education, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: This paper studied three kinds of super absorbent polymer (SAP), Polyacrylamide (PAM), Attapulgate/ Polypropylic acid (WT) and Polyacrylate sodium (HM) and their water absorbing capacity with the solution of 2‰, 5‰ and 8‰ NaCl, MgCl₂, CaCl₂, FeCl₃, CO(NH₂)₂, KNO₃ and NH₄Cl, and the effect of SAP application to soil mixed with nitrogenous fertilizer on soil water retention properties. The result showed that the water absorbing capacity of SAP decreased significantly in salt solution and with the increment of solution concentration compared with deionized water. For the same salt solution concentration, the effect of ion type on the water absorbing capacity of SAP was: Na⁺ < Mg²⁺ < Ca²⁺ < Fe³⁺. The WT showed strong anti-ion properties. There were great differences in water absorbing capacity of SAP in different nitrogen solution, and the effect of nitrogenous fertilizer type on the water absorbing capacity of SAP was: CO(NH₂)₂ < KNO₃ < NH₄Cl. The ability of soil water retention had a significantly increasing trend with SAP application to soil mixed with nitrogenous fertilizer, but the nitrogenous fertilizer decreased the water absorbing capacity of SAP. It was recommended that the nitrogenous fertilizer rate didn't exceed 0.50 gN/kg dry soil, SAP rate didn't exceed 6‰ ratio of weight when SAP mixed with nitrogenous fertilizer.

Keywords: super absorbent polymer (SAP); nitrogenous fertilizer; soil water retention properties