

保水剂构件的保水保肥效果研究

雷锋文, 符颖怡, 廖宗文, 卫尤明, 毛小云

(华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642)

摘要: [目的] 针对水土流失造成的肥料养分流失及部分地区干旱缺水的问题, 进行节水保肥的系列研究, 阐明保水构件的保水保肥效果及其应用前景。[方法] 利用保水剂加工成各种形状的保水构件, 并使其获得的保水保肥效果优于把保水剂和土混匀的常规方法。[结果] 在同等淋水量的情况下使用保水构件可减少 65% 的水分流失, N, P, K 养分流失可减少 89% 以上; 盆栽试验中, 在干旱胁迫情况下, 保水构件可使玉米增产 155%; 大田试验显示, 自然降雨条件下, 保水构件可使玉米增产 26%, 甘蔗增产 10.5% 且糖度增加。同时 N, P, K 养分下渗流失减少而对养分的吸收增加。[结论] 系列试验说明保水构件可提高作物产量、质量和对养分的吸收。

关键词: 节水; 保水; 保肥; 保水剂; 保水构件

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2019)03-0151-05

中图分类号: S2, S157.3

文献参数: 雷锋文, 符颖怡, 廖宗文, 等. 保水剂构件的保水保肥效果研究[J]. 水土保持通报, 2019, 39(3): 151-155. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2019.03.025; Lei Fengwen, Fu Yingyi, Liao Zongwen, et al. Effects of water pad on fertilizer and water saving[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(3): 151-155.

Effects of Water Pad on Fertilizer and Water Saving

Lei Fengwen, Fu Yingyi, Liao Zongwen, Wei Youming, Mao Xiaoyun

(College of Natural Resources and Environment, South China

Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China)

Abstract: [Objective] For solving the problems of drought and nutrients loss caused by soil erosion, a series of studies on water and fertilizer saving were conducted in order to expound the effects of water pad on fertilizer and water saving and its application prospect. [Methods] Compared to the conventional method of mixing water absorbing polymer (WAP) with soils, WAP was used to make water pad to obtain a better water and fertilizer saving effect. [Results] Under the same watering condition, the application of water pad could reduce water loss by 65%, and reduce nitrogen, phosphorus and potassium nutrients loss by more than 89%. Pot experiment showed that under drought stress condition, the application of water pad could increase corn yield by 155%. Field experiment showed that under natural rainfall condition, the application of water pad could increase corn yield by 26%, and increase sugarcane yield by 10.5%, and the sugar degree increased. In addition, with the application of water pad, nitrogen, phosphorus and potassium nutrients loss decreased, while nutrients absorption increased. [Conclusion] A serial of experiments indicate that water pad can increase crop yields, quality and nutrient uptake.

Keywords: water saving; water holding; fertilizer saving; water absorbing polymer; water pad

保水剂应用在节水农业中已有几十年的历史。保水效果源于其吸水倍率。保水剂的性质、种类及其在作物栽培上的应用已有很多报道^[1-4]。但保水剂的价格较高,多在 2.00×10^4 元/t 左右,因而大面积推广受到一定限制。现有保水剂的应用方式,均为与土

混合,并无构型的概念。我们多年研究发现,使保水剂具有一定的形状(片状、碗状)可以获得一定的保水力而减少渗透,使土层在更长时间内保持更多的水分^[5-6]。这种具有特定形状的保水剂可称之为保水构件。它的保水效果不仅源于保水剂的吸水力,还来自

收稿日期: 2018-05-11

修回日期: 2018-06-20

资助项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项“钾肥高效利用与钾素替代技术研究”(201203013)

第一作者: 雷锋文(1989—),男(汉族),湖南省郴州市人,硕士研究生,主要从事固体废物资源化利用研究。E-mail: 364282736@qq.com。

通讯作者: 毛小云(1972—),男(汉族),湖南省益阳市人,博士,教授,主要从事工农业废弃物资源化、功能化研究。E-mail: xymao@scau.edu.cn。

构型所产生的保水力。因而保水效果优于仅源于吸水力的一般保水剂,同时还可降低成本^[7]。本文拟通过对一系列的模拟试验、盆栽和大田试验,阐明保水构件的保水保肥效果及其应用前景。

1 材料与方方法

1.1 供试土壤

(1) 盆栽土:赤红壤。取自华南农业大学校园。pH 值 5.42,有机质 15.6 g/kg,全氮 0.31g/kg,速效磷 2.78 mg/kg,速效钾 18 mg/kg。

(2) 大田土:取自华南农业大学试验基地。pH 值 7.07,有机质 26.32 g/kg,全氮 2.03 g/kg,碱解氮 155.6 mg/kg,有效磷 96.7 mg/kg,速效钾 61.4 mg/kg。

(3) 大田土:取自番禺区榄核镇牛角村大田。pH 值 6.23,有机质 22.41 g/kg,全氮 2.53 g/kg,碱解氮 146.22 mg/kg,有效磷 102.86 mg/kg,速效钾 85.72 mg/kg。

1.2 供试肥料

尿素(N,46%);氯化钾(K₂O,61%);过磷酸钙(P₂O₅,12%,SP),广西农宝牌;复合肥(N,P₂O₅,K₂O各15%),雅苒苗乐牌;有机肥(N,P,K5%,有机质40%,菌2.00×10⁷个/g),肥力奇;保水剂,东莞市安信保水有限公司提供。

1.3 仪器设备

分光光度计(上海精科 UV759);火焰光度计(上海精科 6400A);

1.4 试验方法

1.4.1 小杯模拟养分淋溶试验 供试土壤:赤红壤,取自华南农业大学校园。取 120 g 土,参照盆栽用量的 5 倍施肥(分别为尿素 0.156 g/盆、氯化钾 0.095 g/盆,过磷酸钙 0.401 g/盆),保水剂用量 0.15 g/盆做对照和 2 个保水剂处理。使用土壤为华南农业大学网室旁普通红土(表 1)。

表 1 小杯模拟试验方案

编号	土壤、肥料和保水剂的使用方法
CK	下层 50 g 土,肥料置于上层土壤(70 g),无保水剂
T ₁ 全混	下层 50 g 土,肥料、保水剂与上层土壤(70 g)混合
T ₂ 构件	下层 50 g 土,保水剂吸水 22 ml 后平铺于上下层土壤间,肥料置于上层土壤(70 g)。

加水 70 ml 于对照及各处理,12 h 后收集渗出液并测定体积和其中养分含量,全氮含量的测定采用半微量凯氏定氮法(LY/T 1228-1999;水溶性磷(PO₄³⁻-P)含量的测定采用钼酸铵分光光度法(GB11893-89);钾离子的测定采用火焰原子吸收法^[8]。由此比较保水构件的保水保肥效果。

1.4.2 盆栽玉米 供试作物为糯玉米,华美糯 7 号;供试肥料:尿素(N,46%);氯化钾(K₂O,61%);过磷酸钙(P₂O₅;12%,SP);供试作物:玉米,华美糯七号;

供试土壤:赤红壤,取自华南农业大学校园。

试验设 3 个处理和一个对照,每个处理 3 次重复,每盆装土 4 kg,每盆种 3 棵玉米,处理和空白的氮、磷肥用量一致,按 N:120 mg/kg 土,即 1.04 g/盆;P₂O₅ 80 mg/kg 土,即 2.67 g/盆;K₂O 100 mg/kg 土,即 0.63 g/盆;保水剂大田施用时为 75 kg/hm²,大田玉米约 45 000 株/hm²,因此盆栽 3 棵玉米的保水剂用量为 5 g/盆。具体施肥量见表 2。

表 2 盆栽玉米方案

编号	土壤、肥料和保水剂的使用方法
CK	下层 1.5 kg 土,肥料混于上层土壤(2.5 kg),无保水剂
T ₁	下层 1.5 kg 土,肥料、保水剂与上层土壤(2.5 kg)混合
T ₂	下层 1.5 kg 土,保水剂吸水 750 ml 后平铺于上下层土壤间,肥料与上层土壤(2.5 kg)混合。

2017 年 3 月 13 日育苗,3 月 15 日移苗。为模拟干旱条件,约隔 7 d 淋水一次,每次 500 ml。于 5 月 1 日收获,并测定株高、茎粗、叶绿素、地上部分的生物量及养分含量。

1.4.3 玉米大田试验 大田试验面积 90 m²。设一个对照和一个保水构件处理,2 个重复。施复合肥 300 kg/hm²,对照无保水剂,处理组保水剂 75 kg/hm²,第一次施肥时在作物根部一侧开沟将吸水 150 倍的

保水剂平铺于底 U 并覆盖约 3 cm 厚土层并按常规施肥。供试肥料:复合肥(N, K₂O,P₂O₅ 都为 15%);供试作物:甜玉米,华美甜八号;试验地点:华南农业大学大田试验基地。试验时间为 2015 年 3 月 10 日至 2015 年 6 月 8 日。收获时测定玉米产量及地上部分秆重。

1.4.4 甘蔗(果蔗)大田试验 试验面积 932 m²,设一个对照和一个保水构件处理,重复 2 次。施复合肥

540 kg/hm² (后期按此量追肥 2 次), 对照无保水剂, 处理组保水剂 75 kg/hm², 甘蔗大培土时在作物根部一侧开沟将吸水 150 倍的保水剂平铺于底并覆盖约 3 cm 厚土层并按常规施肥。供试肥料: 复合肥(N, K₂O, P₂O₅ 都为 15%); 试验地点: 番禺区榄核镇牛角村。试验时间: 2015 年 3 月 27 日至 2016 年 3 月 2 日。收获时测定产量及地上 1 m 和 1.5 m 部位的糖度, 取构件层以下 10 cm 内的土壤测定养分含量。另随机采 10 个点测定甘蔗上下端(地上 1 m 及 1.5 m) 的糖度。

2 结果与分析

2.1 模拟试验结果

由表 3 可知, T₂ 保水构件效果最好, 可减少 65% 水的流失, 同时可减少 89% 氮, 99% 磷, 85% 钾的流失。保水剂常规使用方法(与土全混), 则可减少 27% 水的流失, 同时可减少 23% 氮, 84% 磷, 57% 钾的流失。常规混土法也能减少水分及养分流失, 但是, 明显低于构件的保水保肥效果。保水构件的保水保肥效果表明, 保水剂不仅能够保水, 而且还能保肥。后面的盆栽、大田试验显示, 这种保水保肥的技术在南方的雨季也有明显的增产效果。

表 3 模拟试验淋溶液测定

项目	CK	T ₁ 全混	T ₂ 构件
N/mg	121.5±0.7 ^a	94.1±0.8 ^b	13.3±0.3 ^c
P ₂ O ₅ /mg	93.5±7.9 ^a	14.1±0.6 ^b	0.6±0.0 ^b
K ₂ O/mg	48.0±0.3 ^a	20.4±0.7 ^b	7.3±0.1 ^c
体积/ml	26.0±0.0 ^a	19±0.7 ^b	9.0±0.0 ^c

注: 表中同列不同字母表示处理间差异显著(P<0.05)。

2.2 盆栽玉米试验

由表 4 可知, 在淋水较少的干旱情况下, 使用保水构件处理效果最好, 可使玉米植株生物量增长 155%, 而保水剂与土壤混合的常规处理, 仅增长 12.5%。这表明了构件有明显的保水保肥效果, 因而明显优于常规混土处理。构件处理的植株生物量增长幅度甚高, 与淋水少的干旱胁迫条件有关。在此条件下, 对照的生长受到较大抑制, 而构件处理则更加充分地发挥了托层保水的效果, 两者的差别更大。

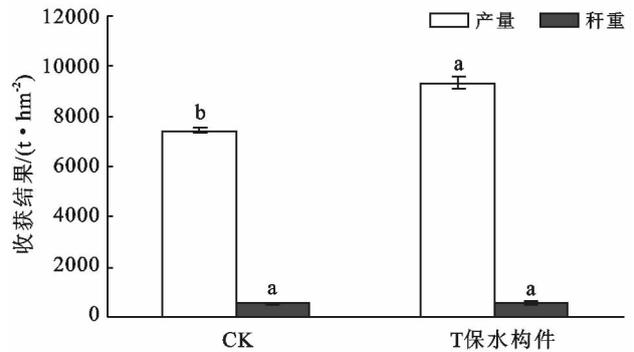
表 4 盆栽玉米收获结果

项目	CK	T ₁ 混土	T ₂ 构件
干重/g	5.1±0.6 ^b	5.6±1.9 ^b	11.5±2.2 ^a
株高/cm	76.9±7.1 ^b	76.3±6.9 ^b	101.2±4.2 ^a
茎粗/mm	5.6±0.2 ^b	5.6±0.6 ^b	8.9±1.1 ^a
叶绿素	28.0±1.8 ^b	31.8±2.1 ^{ab}	34.3±2.5 ^{ab}

注: 表中同列不同字母表示处理间差异显著(P<0.05)。

2.3 大田玉米试验结果

2.3.1 收获产量结果 由图 1 可知, 大田保水构件的玉米生物量增加明显, 较 CK 提高 26%。



注: 同组不同字母表示处理间差异显著(P<0.05), 下同。

图 1 不同处理下大田玉米收获结果

2.3.2 大量元素养分 由图 2 可知, 虽无显著差异, 但保水构件还是能促进作物对 N, P, K 的吸收, 其氮、磷、钾较 CK 分别增加 9.1%, 17.6%, 4.8%, 这与减少了水分和养分流失, 促进了养分吸收有关。

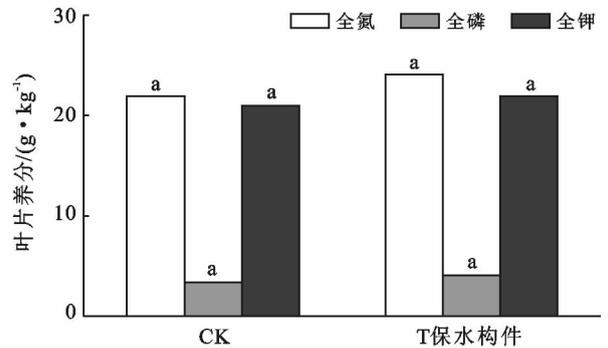


图 2 不同处理下大田玉米大量元素测定

2.3.3 中微量元素养分 由表 5 可知, 保水构件能促进作物对 Ca, Mg, Zn, Fe, Mn 的吸收。吸收增幅在 28%~400% 倍(锌)之间。这与减少了水分和养分流失而促进养分吸收有关。

这一试验说明, 对于已经种下的作物无法采用底部构件处理, 也可采用单侧构件的处理获得较好的效果。

表 5 大田玉米中微量元素测定

测定值/(g·kg ⁻¹)	CK	T ₁ 保水构件
全钙	3.9±0.8 ^a	5.0±0.3 ^a
镁	0.3±0.0 ^b	0.5±0.0 ^a
锌	2.0±0.0 ^b	10.0±0.1 ^a
铁	186.0±2.8 ^b	238.0±11.3 ^a
锰	63.0±8.5 ^b	97.0±1.4 ^a

注: 收获时, 取自上往下第 3, 4 片叶子进行测定; 表中同列不同字母表示处理间差异显著(P<0.05)。

2.4 大田甘蔗(果蔗)试验

2.4.1 产量与糖度 由表 6 可知,施用保水剂构件可使甘蔗生物量增加 10.5%,且使甘蔗上下端的糖度提高 3%~5.5%。

表 6 大田甘蔗收获结果

收获结果	CK	T 保水构件
产量/(t·hm ⁻²)	119.0±1.3 ^b	131.5±2.7 ^a
地上 1 m 糖度	14.5±0.1 ^b	15.4±0.1 ^a
地上 1.5 m 糖度	20.2±0.0 ^b	20.8±0.1 ^a

2.4.2 叶片养分测定 由图 3 可知,使用保水构件可提高甘蔗对大量元素养分的吸收,其氮、磷、钾较 CK 分别增加 9.1%,11%,2%。

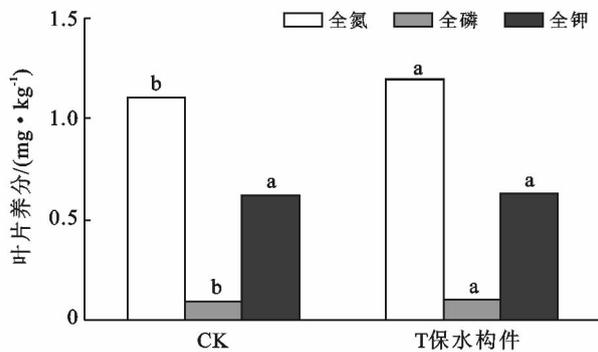


图 3 不同处理大田甘蔗叶片养分状况

2.4.3 土壤养分测定(构件层以下土壤) 由表 7 可知,保水构件能减少氮磷钾养分流失到下层土壤,其流失量较 CK 分别减少了 10%,3.3%,5%。这反映了构件“脱水保肥”的效果,可保留更多养分而促进增产。

表 7 甘蔗试验地(构件下层)养分测定

养分/(mg·kg ⁻¹)	CK	T 保水构件
碱解氮	91±2.8 ^a	82±2.8 ^a
有效磷	91±5.7 ^a	88±2.8 ^a
速效钾	192±9.9 ^a	183±7.1 ^a

2.4.4 肥料偏生产力的比较 由表 8 可知,使用保水构件的甘蔗,其肥料(养分 N, P₂O₅, K₂O 的含量均为 15%)氮、磷、钾元素的偏生产力都高于对照组 CK,均较 CK 增加 10.5%。

表 8 甘蔗各元素肥偏生产力的比较

处理	氮肥偏生产力	磷肥偏生产力	钾肥偏生产力
CK	489	489	489
T 构件	541	541	541

3 讨论与结论

3.1 保水构件的优点

模拟试验、盆栽和大田等系列试验,显示了保水

构件的突出保水效果。其保水力源于两方面:吸水力+构型保水力。即不仅具有一般保水剂的吸水效果,而且还有独特的保水效果。这样,与吸水力共同作用,双管齐下,明显优于单一的吸水力效果。这是构件的独特优势。而且,还可在保水剂中加入吸水力不强的廉价材料(矿物粉、木屑、秸秆)而获得较高的保水效果,因而可进一步降低成本^[7,9]。

3.2 保水构件的增效减污效果

小杯模拟试验显示,保水构件可明显减少土壤溶液的渗透和其中的养分流失。而大田玉米及甘蔗试验中,保水层下的土壤 N, P, K 的养分明显低于 CK,也显示了保水层具有独特的“保水保肥”作用,这与小杯模拟试验所显示的保水保肥效果是一致的。通过构件保水而达到“肥水不外流”的效果。这对于面源污染,尤其是水体富营养化的防控有重要意义。因为“肥随水走”,控水即可控肥。通过构型产生的保水保肥效果是在保水层上的耕层土,是对耕作层水分的分布空间的调控,这是一种对三维空间的调控,与控释肥对肥料的“点”的调控不同,调控的空间维度拓宽了,因而调控的范围更大。

土壤中流失养分情况则都低于对照组。这与构件减少养分淋失的效果密切相关。这一技术在面源污染控制和化肥减量中都有广阔应用前景^[3,5-6]。

保水构件每公顷用量约 45~75 kg,成本约 900~1 500 元,可减少淋失而节肥 20%以上,产量不减反增。因此可成为控制面源污染的有效技术,成本低而效果好,有很强可操作性。

3.3 关于保水技术应用的地域和季节的思考

一般认为,保水技术应用于缺水地区和缺水季节。中国西北干旱区和一年当中的秋冬旱季对保水最为关注,而南方雨水充足则更关注养分的保持。而我们的研究显示,构件的“保水保肥”效果,对于减少降雨和灌溉引起的养分流失有明显的效果,这表明保水构件不仅在缺水时有保水效果,而在雨季时还具有保肥、增产效果。因此,保水技术的应用不一定局限在特定的干旱地域和干旱季节,通过保水构件的应用,可以开拓更广阔的时空范围。

3.4 值得深入研究的构型优化问题

试验显示,保水构件明显提升了保水保肥效果。目前尚处于定性认识的经验总结阶段。今后应进一步向量化精准方向提升。为此需要研究不同构型种类(片状、碗状)和不同容水深度的构件的保水效果,从而使构型进一步优化。研究还发现保水构件放置于不同深度的土层对保水效果有很大影响^[10]。今后通过连续测定不同土层保水效果获得的动态值可了

解保水效果随着土层深度和时间而变的情况。在此基础上进行数学模拟可对这一时空变化规律进行定量描述。这样,就可实现对构件保水效果的更为准确的量化评估,还可用于预测应用保水构件对于减少面源污染的贡献。

[参 考 文 献]

- [1] 白文波,李茂松,赵虹瑞,等.保水剂对土壤积水入渗特征的影响[J].中国农业科学,2010,43(24):5055-5062.
- [2] 曹远博,王百田,魏婷婷,等.2种型号保水剂的特性及其应用研究[J].水土保持学报,2014,28(4):283-288.
- [3] 黄占斌,孙朋成,钟建,等.高分子保水剂在土壤水肥保持和污染治理中的应用进展[J].农业工程学报,2016,32(1):125-131.
- [4] 黄震,黄占斌,李文颖,等.不同保水剂对土壤水分和氮素保持的比较研究[J].中国生态农业学报,2010,18

(2):245-249.

- [5] 李世坤,毛小云,廖宗文.复合保水剂的水肥调控模拟及其肥效研究[J].水土保持学报,2007,21(4):112-116.
- [6] 卢其明,孙克君,邓德安,等.聚合物/膨润土复合材料的水肥调控特性研究[J].水土保持学报,2004,18(4):50-52,112.
- [7] 陈晓蓉,刘辉,陈薇,等.几种矿物复合保水剂的保水性能及养分增效研究[J].土壤学报,2012,49(1):194-197.
- [8] 沈筱染,李绍才,孙海龙.氮磷钾在两种基质中的淋溶研究[J].北方园艺,2016(17):179-183.
- [9] 陈晓蓉,孙克君,王俊,等.污泥保水功能的研究及应用初报[J].水土保持通报,2011,31(5):200-203,214.
- [10] 李佳岭,李龙保,廖宗文,等.保水剂施用层次对草坪生长及土壤水肥的影响[J].草业学报,2014,23(4):61-67.

(上接第150页)

- [13] 胡玉玺,吴晓磊,马世昌,等.湿地“三生”空间耦合的系统动力学模型实证分析:以西溪国家湿地公园为例[J].经济地理,2018,38(7):173-180.
- [14] 涂小松,濮励杰,严祥,等.土地资源优化配置与土壤质量调控的系统动力学分析[J].环境科学研究,2009,22(2):221-226.
- [15] 李梦娜,刘琳,张永芳,等.基于系统动力学的土地整理项目效益后评价[J].中国农学通报,2018,34(2):98-106.
- [16] 胡宗楠,李鑫,楼淑瑜,等.基于系统动力学模型的扬州市土地利用结构多情景模拟与实现[J].水土保持通报,2017,37(4):211-218.
- [17] 宋蕾,曹银贵,周伟,等.基于SD模型的三峡库区快速城镇化地区耕地利用模拟研究[J].长江流域资源与环境,2018,27(4):818-827.
- [18] 洪鸿加,彭晓春,陈志良,等.SD-MOP整合模型在长沙

市耕地资源优化配置中的应用[J].长江流域资源与环境,2010,19(S1):34-39.

- [19] 许萌萌,刘爱凤,师荣光,等.天津农田重金属污染特征分析及降雨沥浸影响[J].环境科学,2018,39(3):1095-1101.
- [20] 陈宗娟,张倩,张强,等.天津东南部某区域不同土地利用方式下土壤重金属的累积特征[J].生态与农村环境学报,2015,31(2):166-173.
- [21] 孙亚芳,王祖伟,孟伟庆,等.天津污灌区小麦和水稻重金属的含量及健康风险评估[J].农业环境科学学报,2015,34(4):679-685.
- [22] 张磊,张银太.天津:落实“十二五”环保规划建设生态农村[J].环境保护,2012(9):60-62.
- [23] 周雄勇,许志端,郗永勤.中国节能减排系统动力学模型及政策优化仿真[J].系统工程理论与实践,2018,38(6):1422-1444.