

# 沟施保水剂对闽南丘陵旱地马铃薯产量及土壤水分的影响研究

凌永胜, 李锦泉, 叶丽娇, 曾雪莲, 李瑞南

(福建省泉州市农业科学研究所, 福建 晋江 362000)

**摘要:** 在闽南红壤土丘陵旱作区开展了沟施保水剂对马铃薯产量和土壤水分影响的研究。结果表明: 施用保水剂的马铃薯生育期比对照延长 5~10 d; 不同处理现蕾期、收获期均表现为保水剂施用量越大, 茎叶的生物量和块茎产量越高, 块茎个数越少, 最大块茎越大。在块茎生长形成层和根系生长分布层中, 保水剂处理土壤含水率在现蕾前略高于对照, 茎叶衰老后略低于对照。在马铃薯生产应用中, 以沟施保水剂  $60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  用量的增产增收效果最佳, 可增加纯收入  $3477.0 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 其投入产出比为 1.2:93。

**关键词:** 保水剂; 马铃薯; 产量; 土壤水分; 生长

中图分类号: S 152.7; S 532

文献标识码: A

## Effects of absorbent in ploughed furrow on potato productivity and moisture retention in soil of loess hilly and gully regions in southern Fujian

LING Yong sheng, LI Jin quan, YE Li jiao, ZENG Xue Lian, LI Rui nan

(Quanzhou Agricultural Research Institute, Jinjiang, Fujian 362200, China)

**Abstract:** A study was conducted in the loess hilly and gully regions in the southern Fujian to compare the effects of absorbent in ploughed furrow on the potato productivity and soil moisture content. The results showed that the application of a moisture retention agent significantly prolonged the potato growing period by 5 to 10d, as compared to the control. During the budding and harvesting stages, increasing amounts of the absorbent increased the biomass, tuber yield and size of the largest tuber, with fewer tubers. The moisture contents in the tuber and root forming layers of the treated soil were slightly higher before the budding stage, but slightly lower when the leaves and stems began to wither, than those in the control. For a maximized potato production, the absorbent application at a rate of  $60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  was recommended for the ploughed furrow around the seed potatoes. With the application, the increase on net income was  $3477.0 \text{ yuan} \cdot \text{hm}^{-2}$  with a cost/return ratio of 1.2:93.

**Key words:** absorbent; potato; tuber yield; soil moisture; growth condition

保水剂是近 20 年来迅速发展起来的一种新型高分子材料。在国际上, 保水剂被称为继化肥、农药、地膜之后最有希望被农民接受的农用化学制品, 能有效地缓解作物需水与土壤供水之间的矛盾, 为作物高产、高效、优质提供良好的水分保证<sup>[1-2]</sup>。保水剂生产成本低, 具有很强的吸水、保水功能, 易于降解。将保水剂施入土壤后, 不但能迅速吸收自身重量几百倍的水分, 改良土壤结构, 提高土壤含水率, 而且具有反复吸水和渗水的功能, 在干旱环境下能将所吸持的水分缓慢释放出来, 供作物生长利用<sup>[2]</sup>。保水剂在马铃薯等作物上有显著的增产作用, 并可显著提高马铃薯的商品率<sup>[3-7]</sup>。泉州邦丽达科技实业有限公司制成的有机

无机复合保水剂—聚(丙烯酸盐共聚丙烯酰胺)/膨胀蛭石高吸水性复合材料复合保水剂<sup>[8]</sup>, 该保水剂属于丙烯酸类高吸水聚合物, 为丙烯酸、丙烯酸钠或钾和交联剂的三元共聚物。吸水前, 高分子链相互缠绕在一起, 彼此交联成网状结构, 从而达到整体上的紧固程度; 吸水后, 聚合物是高分子电解质组成的离子网络和水的构成物<sup>[9-10]</sup>。

泉州市农业科学研究所于 2008 年初对该高效抗旱保水剂在大豆等作物上进行保水增产效果田间试验获得成功, 为进一步探讨其增产效果和适宜施用量, 2008 年冬季在福建省惠安县洛阳镇西塘村丘陵旱坡地上开展了沟施不同用量的多功能保水剂对土壤水分和马铃薯生长影响的研究。

收稿日期: 2009-05-14 初稿; 2009-12-14 修改稿

作者简介: 凌永胜 (1972-), 男, 副研究员, 主要从事马铃薯育种与应用研究

基金项目: 福建省科技计划重大专项 (2007HZ0001-3)

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地基本情况

试验地位于福建省惠安县洛阳镇西塘村丘陵旱坡地, 海拔 25 m, 属南亚热带海洋性气候, 年均气温 19.8℃, 极端最高气温 37.0℃, 极端最低气温 -0.3℃, 年平均日较差在 5.3℃,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温 6 824.6℃, 日照时数 2 145.4 h, 年降水量 1 048.6 mm, 年均蒸发量 2 022.8 mm。试验地前茬为大豆, 每公顷施优质农家肥 60 t。土质为沙壤土, 肥力中等, 灌溉条件一般, 管理水平较高。耕层有机质含量为  $15.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效氮为  $72.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效磷为  $19.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾为  $46.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , pH 值为 5.4。

### 1.2 试验材料

供试马铃薯品种选用泉引 1 号(由泉州市农科所提供的); 保水剂选用泉州邦丽达科技实业有限公司生产的新型高效抗旱保水剂。制备按照文献[8]的合成方法, 以 N, N- 亚甲基双丙烯酰胺为交联剂、过硫酸钾为引发剂、丙烯酸和丙烯酰胺为单体, 采用新型溶液聚合法制备了含 20% 膨胀蛭石的聚(丙烯酸盐共聚丙烯酰胺)/膨胀蛭石高吸水性复合材料, 为灰白色颗粒, 交联剂用量为 0.04 wt, 引发剂为 1.3 wt, 中和度为 80%, 单体浓度为 50 wt, 反应温度为 80℃, 在蒸馏水中的吸水倍率为 1 262  $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ , 吸收 0.9 wt 的 NaCl 溶液倍率为 92  $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。供试保水剂过 30 目标准筛。

### 1.3 试验方法

试验共设 6 个处理, 即保水剂施用量分别为  $30 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  和  $0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (CK)。

各处理播种时按 1:10 的混干土比例均匀沟施, 施深 15~20 cm。小区面积 20  $\text{m}^2$ , 随机排列, 重复 3 次。双行畦栽, 行距 50 cm, 株距 28 cm, 畦宽(含沟) 1.2 m, 行长 16.67 m, 其中 5.55 m 长为取样区, 11.12 m 为测产区, 四周设保护行。试验各处理于 2008 年 11 月 20 日播种, 每公顷保苗 5.25 万株, 每小区 104 株。

从马铃薯 3 叶期之前为正常供水, 使土壤保持湿润, 之后开始不用人工灌水。不同处理生长期间的追肥、除草等管理措施均相同。

### 1.4 测定项目及方法

在施用保水剂前 1 d(2008 年 11 月 19 日)、播后 45 d(2009 年 1 月 4 日)、播后 60 d(2009 年 1 月 19 日)、播后 75 d(2009 年 2 月 3 日) 和播后 90 d(2009 年 2 月 18 日) 取 0~40 cm 土壤样品, 每间隔 10 cm 土层采样 1 次, 每个小区取样 3 处, 用烘干法测定 0~40 cm 土层土壤含水率。详细记载生育期。分别于现蕾期和收获期前 2 d 田间取马铃薯样, 先测定叶片、茎(包括叶柄)、块茎的鲜重, 再采用烘干称重法( $105^{\circ}\text{C}$ 下杀青 30 min,  $75^{\circ}\text{C}$ 下烘 12 h) 测定干重。常规方法测定马铃薯块茎产量、块茎个数等。收获期实测小区鲜薯产量。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理马铃薯生育期比较

从生育期观测结果看, 施用了抗旱保水剂的马铃薯生育期延长(表 1)。主要表现在现蕾期较对照延迟 3~8 d, 成熟期较对照延迟 5~10 d, 出苗至成熟天数较对照延长 5~10 d。

表 1 生育期观测结果

Table 1 Observations during potato growing period

处理	播种期 (年-月-日)	苗期 (年-月-日)	齐苗期 (年-月-日)	现蕾期 (年-月-日)	成熟期 (年-月-日)	出苗至成熟天数 (d)
SAP30	2008-11-20	2008-12-05	2008-12-08	2009-01-10	2009-02-27	84
SAP45	2008-11-20	2008-12-05	2008-12-08	2009-01-12	2009-03-01	86
SAP60	2008-11-20	2008-12-05	2008-12-08	2009-01-11	2009-02-28	85
SAP75	2008-11-20	2008-12-05	2008-12-08	2009-01-15	2009-03-02	87
SAP90	2008-11-20	2008-12-05	2008-12-08	2009-01-14	2009-03-04	89
SAP 0(CK)	2008-11-20	2008-12-05	2008-12-08	2009-01-07	2009-02-22	79

### 2.2 马铃薯的生长状况

#### 2.2.1 现蕾期的生长状况 现蕾期不同保水剂处

理马铃薯块茎的鲜物质量、干物质量均大于对照, 其中, 各处理鲜物质量均与对照有极显著差异, 处

理 SAP90、SAP75、SAP60 的块茎干物质质量与 SAP0 (CK) 的差异极显著, 处理 SAP30、SAP45 与 SAP0 (CK) 差异不显著。保水剂施用量越大, 块茎个数越少, 最大块茎越大。不同处理马铃薯茎叶鲜物质质量及干物质质量均高于对照, 其中, 处理 SAP90、SAP75、SAP60、SAP45 的茎叶鲜、

干物质量与 SAP0 (CK) 有极显著差异, 处理 SAP30 的茎叶鲜物质量与 SAP0 (CK) 有显著差异, 处理 SAP30 的茎叶干物质量与 SAP0 (CK) 差异不显著。保水剂单位施用量的增产效果为处理 SAP60 > SAP75 > SAP90 > SAP45 > SAP30 (表 2)。

表 2 不同处理马铃薯现蕾期的生长状况

Table 2 Growth of potato plants during budding stage under different treatments

处理	块 茎				茎 叶		单位施用量的增产效果 (kg · kg⁻¹ · hm⁻²)
	鲜物质量(g)	干物质量(g)	个数	最大块茎鲜物质量(g)	鲜物质量(g)	干物质量(g)	
SAP30	98.8 bB	13.18 bAB	9.0 aA	24.8 bCB	272.1 cBC	27.81 bAB	128.7 cC
SAP45	103.5 bAB	13.96 abAB	8.8 aAB	27.5 bAB	283.5 bcB	28.09 aA	168.0 bB
SAP60	109.9 aAB	14.75 aA	8.3 bcB	32.2 aA	306.2 bAB	28.48 aA	210.0 aA
SAP75	113.3 aA	15.28 aA	8.3 bcB	35.6 aA	326.0 aA	29.32 aA	203.7 aA
SAP90	114.6 aA	15.47 aA	8.1 cB	35.8 aA	335.8 aA	29.56 aA	181.2 bAB
SAP0(CK)	93.9 cC	12.64 bB	9.0 aA	23.6 cB	250.3 dC	27.47 bB	

注: 鲜、干物质量及块茎个数以每株计; 同列不同大、小写字母分别表示 1%、5% 水平上差异显著(表 3 同)。

2.2.2 收获期的生长状况 收获期马铃薯块茎的鲜、干物质量表现为 SAP90 > SAP75 > SAP60 > SAP45 > SAP30 > SAP0 (CK), 除处理 SAP30 的鲜物质量与 SAP0 (CK) 有显著差异外, 其他处理与 SAP0 (CK) 的差异极显著; 保水剂施用量越大, 块茎个数越少, 最大块茎越大, 茎、叶的鲜物质量及干物质量也越大。不同处理中, 处理 SAP90 与 SAP75 的块茎个数最少。最大块茎鲜物质量以处理 SAP90、SAP75、SAP60 与 SAP0

(CK) 有极显著差异, 处理 SAP45 与 SAP0 (CK) 的差异显著, 处理 SAP30 与 SAP0 (CK) 差异不显著。收获期马铃薯茎叶的鲜、干物质量表现为 SAP90 > SAP75 > SAP60 > SAP45 > SAP30 > SAP0 (CK), 处理 SAP90、SAP75、SAP60 茎叶的鲜、干物质量与 SAP0 (CK) 的差异极显著。表明保水剂施用量越大, 植株茎叶功能期延长。保水剂单位施用量的增产效果为 SAP60 > SAP30 > SAP75 > SAP45 > SAP90 (表 3)。

表 3 不同处理马铃薯收获期的生长状况

Table 3 Growth of potato plants during harvesting stage under different treatments

处理	块 茎				茎 叶		单位施用量的增产效果 (kg · kg⁻¹ · hm⁻²)
	鲜物质量(g)	干物质量(g)	个数	最大块茎鲜物质量(g)	鲜物质量(g)	干物质量(g)	
SAP30	382.1 cBC	72.3 bAB	9.2 bAB	95.6 cB	183.4 eC	15.1 bcB	83.85 aAB
SAP45	395.4 cB	73.5 bAB	9.1 bcB	101.5 bcAB	212.3 bB	17.6 bAB	70.76 bBC
SAP60	442.8 bA	84.6 aA	8.9 cB	119.6 abA	262.0 aAB	21.5 aA	87.95 aA
SAP75	457.5 abA	87.1 aA	8.4 dCD	124.9 aA	265.6 aA	21.7 aA	71.70 bB
SAP90	462.8 aA	87.9 aA	8.3 dD	127.2 aA	276.3 aA	22.5 aA	60.67 cC
SAP0(CK)	328.7 dC	62.2 cB	9.7 aA	78.3 cB	152.0 dCD	13.2 cB	

注: 鲜、干物质量及块茎个数以每株计。

## 2.3 不同土层的土壤含水率比较

10~20 cm 土层是马铃薯块茎生长形成层。本试验在幼苗期(营养生长期)和现蕾期(块茎增长

初期)无降水过程。本试验在出苗后 3 叶期前为正常供水, 始终保持土壤湿润, 播后 45 d, 保水剂不同施用量的土壤含水率均高于对照, 且施用量越

大, 土壤水分越高。播后 60 d, 不同施用量的土壤含水率略高于对照, 且土壤含水率随着施用量的增多而呈先升高后下降的态势, 这是由于保水剂施用量越大, 吸收、保存的土壤水分越多, 马铃薯的生物量越大, 消耗的土壤水分越多, 块茎吸收、贮存的土壤水分越多, 在降雨量不足的条件下, 不同处理块茎生长形成层的土壤含水率差异不明显。在马铃薯生长的后期即淀粉累积期有若干次降水(1月 27~28 日中雨, 2 月 19 日小雨, 3 月 1 日小雨), 播后 75 d, 保水剂不同施用量的土壤含水率均高于对照, 且施用量越大, 土壤水分越高, 但不同施用量之间, 不同施用量与对照均无显著差异。播后 90 d, 不同施用量的土壤含水率与对照的相近, 无

显著差异(表 4)。

30~40 cm 土层是马铃薯根系生长分布层, 自播种前第 1 次取样至播后 60 d, 不同处理根系生长分布层的土壤含水率均比块茎生长形成层的高; 播后 75 d, 根系生长分布层的土壤含水率变幅比块茎生长形成层的稍小; 播后 90 d, 根系生长分布层和块茎生长形成层的土壤含水率相近(表 4、表 5)。

不同保水剂处理对马铃薯的投入产出影响见表 6, 施用保水剂可增加马铃薯的产值 1 615.5~3 477.0 元·hm<sup>-2</sup>, 其投入产出比为 1:2.02~1:2.93, 以施保水剂 60 kg·hm<sup>-2</sup> 的增产增收效果最佳。

表 4 不同处理块茎生长形成层(10~20 cm)土壤含水率变化

Table 4 Moisture content in soil of tuber forming layer (10~20 cm) under different treatments (单位: %)

处理	播种前 1 d	播后 45 d	播后 60 d	播后 75 d	播后 90 d
SAP30	6.59	14.86	8.97	18.10	13.68
SAP45	6.59	15.87	9.03	18.00	13.58
SAP60	6.59	16.10	9.03	18.10	13.68
SAP75	6.59	16.10	8.92	18.40	13.58
SAP90	6.59	16.00	8.87	19.60	13.48
SAP0(CK)	6.59	14.76	8.87	17.10	13.58

表 5 不同处理根系生长分布层(30~40 cm)土壤含水率变化

Table 5 Moisture content in soil of root distribution layer (30~40 cm) under different treatments (单位: %)

处理	播种前	播后 45 d	播后 60 d	播后 75 d	播后 90 d
SAP30	8.40	17.10	10.95	18.50	13.72
SAP45	8.41	17.00	11.19	18.50	13.64
SAP60	8.64	17.10	11.21	18.30	13.70
SAP75	8.64	17.40	11.14	18.30	13.57
SAP90	8.63	18.60	11.15	17.90	13.46
SAP0(CK)	8.50	16.10	11.07	18.20	13.73

表 6 施用保水剂与马铃薯的投入产出关系

Table 6 Cost of absorbent and value of potatoes

处理	增加投入 (元·hm <sup>-2</sup> )	块茎鲜物质量 (kg·hm <sup>-2</sup> )	产 值 (元·hm <sup>-2</sup> )	增加产值 (元·hm <sup>-2</sup> )	投入产出比	纯利润 (元·hm <sup>-2</sup> )
SAP30	900	19 593.0	19 593.0	2 515.5	1:2.80	1 615.5
SAP45	1 350	20 262.0	20 262.0	3 172.5	1:2.35	1 822.5
SAP60	1 800	22 354.5	22 354.5	5 277.0	1:2.93	3 477.0
SAP75	2 250	22 455.0	22 455.0	5 377.5	1:2.39	3 127.5
SAP90	2 700	22 537.5	22 537.5	5 460.0	1:2.02	2 760.0
SAP0 (CK)	-	17 077.5	17 077.5	-	-	-

注: 按每公斤马铃薯售价 1 元, 抗旱保水剂 30 元计算。

### 3 讨 论

保水剂具有良好的吸水性, 沟施保水剂可以使周围的土壤水分向根系聚集, 减少土壤水分蒸发, 使马铃薯根系相对处于水分富集区, 从而不会受到干旱胁迫, 保证了马铃薯的正常生长<sup>[6]</sup>。沟施保水剂能够调节旱地马铃薯的土壤水分状况, 间接影响植株的光合作用, 马铃薯生育期明显延长, 增加生物量, 提高块茎产量和商品薯率。<sup>[5, 11- 12]</sup>保水剂已在马铃薯北方一季作区进行试验并大面积示范, 取得显著的保水节水效果<sup>[3- 7, 11- 12]</sup>, 而在南方马铃薯鲜食优势区尚未见相关的报道。

本试验马铃薯现蕾期前无降水过程, 施用保水剂后, 土壤水分状况得到改善。在现蕾期, 马铃薯块茎、茎叶的生长量均高于对照, 消耗的土壤水分较多, 在保水剂的吸水、保水和马铃薯的生长耗水共同作用下, 块茎生长形成层和根系生长分布层的土壤含水率略高于对照, 且施用量越大, 土壤含水率越高。

淀粉累积期到收获期有若干降水过程。在块茎膨大初始阶段(播后 75 d), 匍匐茎生长增速小, 蒸腾消耗的土壤水分较少, 保水剂施用量越多, 吸收的水分越多。因此, 保水剂不同施用量块茎生长形成层的土壤含水率均高于对照, 且施用量越大, 土壤水分越高。在块茎迅速膨大阶段(播后 90 d), 尽管 SAP75、SAP90 处理吸收及保持了较多的水分, 但由于植株较大, 蒸腾消耗的土壤水分较多, 故土壤含水率略低于对照。在收获期, SAP90、SAP75 和 SAP60 块茎产量均极显著高于 SAP45 与 SAP30, 主要原因是增施的保水剂有利于增加马铃薯的生物量, 而生物量的积累在生长后期有利于同化产物向块茎的转移运输, 促进块茎的生长发育。

本研究施用了抗旱保水剂的马铃薯生育期较对照延长 5~10 d, 促进茎叶健壮生长, 可明显提高块茎产量。且施用量越大, 块茎产量越高, 块茎个

数越少, 最大块茎越大, 茎叶的生物量也越大。研究结果表明, 施用保水剂可增加马铃薯的产值 1 615. 5~3 477. 0 元·hm<sup>-2</sup>, 其投入产出比为 1: 2. 02~2. 93, 以沟施保水剂 60 kg·hm<sup>-2</sup> 增产增收效果最佳, 可以在闽南红壤丘陵旱作区及其同类地区旱地推广使用。

### 参考文献:

- [1] 黄占斌. 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: 1~12.
- [2] 黄占斌, 夏春良. 农用保水剂作用原理研究与发展趋势分析 [J]. 水土保持研究, 2005, 12 (5): 104~106.
- [3] 俞满源, 黄占斌, 方锋, 等. 保水剂、氮肥及其交互作用对马铃薯生长和产量的效应 [J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21 (3): 15~19.
- [4] 吴志科, 张武, 刘东川, 等. 马铃薯使用抗旱保水剂试验示范研究 [J]. 中国马铃薯, 2006, 20 (4): 215~216.
- [5] 杜社妮, 白岗栓, 赵世伟, 等. 沃特和 PAM 保水剂对土壤水分及马铃薯生长的影响研究 [J]. 农业工程学报, 2007, 23 (8): 72~79.
- [6] 王栓全, 张成娥, 邓西平. 陕北新修梯田马铃薯高产栽培技术研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18 (1): 60~64.
- [7] 叶巍, 陈洪江, 毛积磊. 保水剂对马铃薯产量和大薯率的影响 [J]. 当代蔬菜, 2006 (10): 8~9.
- [8] 唐群委, 吴季怀, 林建明, 等. 聚(丙烯酸盐共聚丙烯酰胺)/膨胀蛭石高吸水性复合材料的制备 [J]. 材料导报, 2007, 21 (4): 147~150.
- [9] 刘嵩, 李磊. 合成高吸水聚合物的进展 [J]. 高分子材料科学与工程, 2001, 17 (3): 11~14.
- [10] 赵同建, 符新, 王江. 高吸水性聚合物的研究进展 [J]. 华南热带农业大学学报, 2004, 10 (2): 25~28.
- [11] 高天鹏, 王东, 高海宁. 保水剂对旱地马铃薯产量及叶片叶绿素荧光动力学参数的影响 [J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2009 (3): 67~72.
- [12] 廖佳丽, 徐福利, 赵世伟. 不同保水剂对宁南山区马铃薯生长发育和产量的影响 [J]. 西北农业学报, 2009, 18 (1): 238~242.

(责任编辑: 刘新永)