

不同保水剂对宁南山区马铃薯生长发育和产量的影响

廖佳丽¹,徐福利^{2*},赵世伟²

(1.西北农林科技大学 资源环境学院,陕西杨凌 712100;2.中国科学院水利部 水土保持研究所,陕西杨凌 712100)

摘要:为促进宁南半干旱山区产业支柱作物马铃薯的生产,解决马铃薯生产、特别是苗期的干旱缺水问题,采用田间试验方法,进行PAM保水剂、多功能保水剂与一定配方尿素+过磷酸钙的施用对马铃薯生长发育、产量及效益的试验。结果表明,两种保水剂均能促进马铃薯生长发育,增加干物质积累,但是在不同生育时期促进作物生长的效果有所不同。1%PAM保水剂浸种2~3 min处理在前期效果显著,多功能保水剂在后期效果突出。马铃薯以施用多功能保水剂30 kg/hm²效果最好,其产量和商品薯分别比对照高出52.33%、138.29%,增收5356.8元/hm²。研究表明,施用30 kg/hm²多功能保水剂比用1%PAM保水剂浸种2~3 min更适宜宁南半干旱区及其同类地区旱地种植马铃薯。

关键词:保水剂;宁南山区;马铃薯;生长发育;产量

中图分类号:S532.048

文献标识码:A

文章编号:1004-1389(2009)01-0238-05

Effect of Different Aquasorbent on Growth and Yield of Potato in Ningnan Mountain

LIAO Jiali¹, XU Fuli^{2*} and ZHAO Shiwei²

(1. College of Resource and Environment, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to enhance production of potato in semi-arid area of Ningnan mountain, and find new way to solve problems of drought and water shortage, especially at seedling stage of potato (*Solanum tuberosum* L.) growth process, the study used field plot experiments to select the optimal application way in PAM aquasorbent, multi-function aquasorbent and N + P in semi-arid area of Ningnan mountain, and to analyze the effect of aquasorbent on yields and benefit of potato. The result showed the two aquasorbents can improve growth of potatoes, increase leaf area and dry biomass. But the effects of different treatments were not same in different stages. 1% PAM aquasorbent had evident effects on seedling stage and multi-function aquasorbent had effect tuber growing stage markedly. And the method 30 kg/hm² amount of multi-function aquasorbent at seeding stage of potato, yields and commercial potato were promoted by 52.33% and 138.29% respectively, net income was increased by 5356.8 yuan RMB. Therefore, it showed that the method which uses 30 kg/hm² multi-function aquasorbent at seeding is more suitable than use 1% PAM aquasorbent to dip the seeds for planting the potato in the Ningnan mountainous area and other congener areas.

Key words: Aquasorbent; Ningnan mountain; Potato (*Solanum tuberosum* L.); Growth; Yield

收稿日期:2008-06-20 修回日期:2008-06-30

基金项目:国家十一科技支撑计划重大项目(2006BCA01A07)资助。

作者简介:廖佳丽(1982-),女,四川绵阳人,硕士研究生,研究方向:植物营养。E-mail:lbb1982@163.com

*通讯作者:徐福利(1958-),男,陕西富平人,博士,研究员,主要从事土壤肥力和植物营养研究。E-mail:xfli@nwsuaf.edu.cn

马铃薯是我国半干旱地区农业生产的主要农作物,也是宁南山区广泛种植的四大作物之一。宁南山区地处西北内陆,属于温带干旱半干旱地区,自然灾害频繁,其中干旱是影响农业生产的主要灾害之一。由于该地区土地肥力瘠薄,气候干旱少雨,加之马铃薯对水分亏缺非常敏感^[1-3],致其单产水平很低,平均产量仅为全国的 1/2。因此,抗旱节水成为提高宁南山区马铃薯产量,促进效益提高及发展马铃薯产业经济的重要技术环节。

保水剂(Superabsorbent 或 Superabsorbent polymer, SAP)是近年来迅速发展起来的一种新型高分子材料,具有很强的吸水和保水能力,能迅速吸收自身质量几百倍甚至上千倍的水分,且有反复吸水的功能,吸持后的水分可缓慢释放供作物利用^[4-5],从而提高了播种出苗率和提高苗木成活率,缩短移栽缓苗期,促进作物生长发育,增强其抗旱性,提高作物的干物质积累及产量和水分利用率^[6-7],并且对作物无毒、无害、无副作用^[8-9]。保水剂在玉米、马铃薯等作物上有显著的增产作用,可显著提高马铃薯的商品率^[10-14]。但目前由于使用技术不完善及作用机制研究的不深入,使保水剂在农业生产中推广缓慢,同时对结合不同气候、土壤等条件的使用方法和用量研究还远远不够,因此,实际生产中,应用各种保水剂的效果差异很大。

本研究针对半干旱地区马铃薯种植生产中干旱和低产的突出问题,采用田间试验方法,在宁南山区河川乡明川村进行保水剂 PAM(法国进口)1%浸种、多功能保水剂和施用一定配方的尿素+过磷酸钙(作对照)进行比较试验。PAM 是一种土壤结构改良剂,能吸收自身质量 1300 倍的纯水或 1.0% NaCl 溶液 63 倍,可增加降水入渗和减少土壤侵蚀,改良土壤结构,提高土壤含水率,具有一定的保水作用^[4,15-17]。目前,商品化的保水剂大多以聚丙烯酰胺(Polyacrylamide, PAM)为主生产,而多功能保水剂(Multi-function Aquasobr),pH6.7,吸水倍率 300~400,是通过功能成分的合成复合或各类功能性成分的有效复合形成专用性、多元素全营养性、生物防治无污染性、用途明确的环保新型多功能保水剂。具有促根壮苗、需水保墒、营养缓释供给,增强作物抗逆性、增产增收等多项功能。本研究旨在鉴别三者

的效果,同时为指导农民更进一步地种好马铃薯,保证马铃薯在干旱条件下出好苗、保全苗、达到增产增收,促进当地和同类地区的马铃薯生产,加快保水剂抗旱节水新技术的推广提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

试验在宁夏固原河川乡明川村的旱地上进行,试验区地处西北黄土高原半干旱丘陵沟壑区,属典型的旱作农业区。海拔 1672 m,年均降雨量 413 mm,年均蒸发量 1369 mm,干燥系数 1.7,年均气温 6.8℃,日照时数 2518 h,10℃积温 2690.4℃,平均无霜期 145 d。试验地土壤为垆土,肥力中等,容重 1.17 g/cm³,pH8.41,土壤有机质 9.32 g/kg、全氮 0.68 g/kg、全磷 0.67 g/kg、全钾 18.18 g/kg,总体特点为贫氮、缺磷、富钾。

1.2 材料与试验设计

1.2.1 试验材料 供试马铃薯品种为“宁薯 4 号”,生育期 120 d 左右;供试保水剂共有两种:聚丙烯酰胺(Polyacrylamide, PAM)和聚丙烯酸钾与尿素、磷酸二氢钾和硫酸钾构成混合物(多功能保水剂),西北工业大学提供。

1.2.2 试验设计 根据保水剂的不同使用方式,采用以下 3 种处理。A. CK(施用为 300 kg/hm² 尿素,200 kg/hm² 过磷酸钙,尿素基施和追肥各一半,过磷酸钙全部基施);B. 用 1% PAM 保水剂浸种 2~3 min(将马铃薯切块浸泡 2~3 min 取出播种);C. 施用量为 30 kg/hm² 多功能保水剂,即每小区 36 g(每小区均匀撒入多功能保水剂)。

试验设小区面积均为 12 m²(4 m×3 m),每处理 3 次重复,共 9 个小区。小区随机排列,小区间保护行为 0.3 m 宽,外围保护行为 0.5 m 宽,密度为 4.7 株/m²,株距 0.33 m,每个小区种植 56 株。水分控制为自然降水。

1.3 测定项目与方法

出苗时间根据各处理马铃薯出苗先后记录,生育前期调查各处理马铃薯的出苗率,每小区选定 3 株,采用卷尺测量株高及根长,用游标卡尺测定植株茎粗;生育期记录马铃薯各个生育期出现的时期计算总生育期天数;产量于收获期采用称重法按小区实际计产,分析薯块经济产量、商品薯产量及其构成;经济效益按投入产出法计算。

2 结果与分析

保水剂对马铃薯出苗时间和出苗率的影响

马铃薯发芽期间芽苗生长所需水分、养分都由种薯供给,因此这一时期的关键因素是土壤温度和良好的根土环境^[18]。而适宜的保水剂用量可以调节土壤固、液、气三项,从而提供给植物根

系良好的物理环境;另外,它可以缩小地温的日较差,有利于植物的出苗^[19]。通过试验可以得出,施用量为 30 kg/hm²(表 1)时,多功能保水剂保水效果最好,所以马铃薯出苗最早,只需 18 d,比对照提前 4 d,且幼苗长势良好;处理 B,即用 1% PAM 保水剂浸种 2~3 min,马铃薯出苗需要 19~20 d,比对照提前 2~3 d(表 1)。

表 1 不同处理马铃薯出苗时间比较

Table 1 Comparison of burgeoning time of potatoes

处理 Treatments	出苗时间/d Burgeoning time	株高/cm Plant height	根长/cm Root length	茎粗/mm Caudex diameter	生育期天数/d Bearing days
A(CK)	22a	28.89 ±0.52b	10.02 ±1.02b	9.9 ±0.80b	132a
B	20a	29.35 ±0.61ab	10.80 ±1.31a	10.8 ±0.86a	121b
C	18ab	31.67 ±0.59a	11.36 ±1.21a	11.1 ±0.82a	115bc

注:2007年5月15日播种,出苗天数以播种时间为起点来计算,株高、根长、茎粗为7月1日测定,生育期数为收获期测定。

Note: Seeding on May 15th, 2007. Burgeoning time was accounted by the planted time, Plant height, Root length, and the diameter were determined in the Jul. 1th. Bearing days diameter was accounted by the harvest time.

通过试验观测,不同保水剂处理的马铃薯出苗率均高于对照(表 2)。其中处理 C 的马铃薯出苗率最高,比对照高 5.95%;处理 B 的出苗率比对照高 1.78%。

表 2 不同处理马铃薯出苗率比较

Table 2 Comparison of burgeoning rate of potatoes in different treatments

处理 Treatments	小区出苗率/% Burgeoning rate			平均/% Average
	Repetition	Repetition	Repetition	
A(CK)	91.07bc	92.86bc	89.28 bc	92.86
B	94.64ab	96.43ab	92.86 b	94.64
C	98.21a	100.0a	98.21 a	98.81*

注:*表示与对照差异显著。

Note: * Stand for remarkable differences with CK.

保水剂对马铃薯同化产物分配的影响

不同时期同化产物的分配表明了作物根、茎、叶等不同功能部位的重要性^[20]。对于干旱、半干旱地区,作物同化产物的分配主要受其根土水肥环境的影响。一般对于以块茎生产为主的作物,其生育前期的根冠比偏低一些较好,说明作物以地上部生长为主,植物的地上部是其光合作用的重要器

官,是植物生长和产量形成的源,因此生育前期地上部(源)的形成将影响其后期块茎(库)的生长及其物质的积累。而生育后期则相反,根冠比应该相对偏高一些较好,后期主要以地下部块茎生长为主,在一定程度上能够反映产量的高低。

分析马铃薯不同时期的根冠比(表 3)可以得出,生育前期根冠比较小的是用 1%PAM 保水剂浸种 2~3 min 处理和每个小区施用 36 g 多功能保水剂处理,再次说明用 1%PAM 保水剂浸种 2~3 min 所形成的根土水肥环境比较适合马铃薯前期营养生长需要,而每个小区施用 36 g 多功能保水剂处理提高地温和保水的作用对于马铃薯前期营养生长特别有利,使得作物根冠比得到了优化,为后期生长和发育奠定了良好基础。生育后期不同处理中根干重差异均不显著。分析冠和块茎之比得出,每个小区施用 36 g 多功能保水剂处理较高,且与对照差异显著,说明这种保水剂所形成的土壤环境较有利于后期马铃薯块茎的形成和增长,对产量提高有重要的意义。

表 3 不同处理马铃薯生育前后期同化产物分配

Table 3 The distribution of photosynthetic substance of potatoes in different treatments before and after florescence

处理 Treatment	地上部分干质量/(g/株) Dry weight-top	根干质量/(g/株) Dry weight-root	根冠比 Root top ratio	块茎干质量/(g/株) Dry weight-tuber	
生育前期 Before florescence	A(CK)	13.16 ±0.74c	2.57 ±0.19a	0.20	-
	B	17.26 ±1.27b	2.20 ±0.33b	0.12*	-
	C	19.32 ±1.15a	2.85 ±0.11a	0.15*	-
生育后期 After florescence	A(CK)	34.45 ±4.61c	6.69 ±1.30ab	1.44	48.80 ±4.18c
	B	45.92 ±4.03a	7.32 ±0.83ab	1.53	70.21 ±1.84b
	C	41.8 ±2.09ab	8.66 ±0.26a	1.99*	82.91 ±2.33a

注:*表示与对照差异显著。

Note: * Stand for remarkable differences with CK.

保水剂对马铃薯产量和商品薯率的影响

表 4 表明,不同保水剂都能不同程度提高马铃薯的产量和商品薯率,其中 C(每个小区施用 36 g 多功能保水剂)的产量和商品薯率分别高出对照 53.57%、59.36%,效果最好,均达到显著水平($P < 0.05$)。块茎的生产增长要求土壤有丰富的有机质,并具微酸性和良好的通气状况,其中土壤通气状况尤其重要^[21]。保水剂能增加土壤团聚体结构,促进地下匍匐茎的生长发育,利于块茎的生长从细胞分裂为主转向细胞体积增大,减

少了在块茎形成过程中因水分、肥料的不足及土壤结构的不良对物质、能量向块茎运输的不利影响^[22],从而提高马铃薯块茎产量和商品薯率。处理 C,即多功能保水剂每个小区施用 36 g 的商品薯率均好于其他两个处理(A、B)处理。处理 B,即用 1%PAM 保水剂浸种 2~3 min 的商品薯率相对较低,其原因是 PAM 保水剂使用过于集中,在播种期蘸薯,使根区的土壤透气性差,不利于根茎类作物马铃薯的生长。

表 4 不同保水剂对马铃薯产量和商品薯率的影响

Table 4 Effect of different aquasorbent applying on yields and the commercial rate of potato

处理 Treatment	单株产量/kg Per plant yields	产量/(kg/hm ²) Yields	增产/% Increasing	商品薯比率/% Commercial potato rate	商品薯率高出对照/% Increasing
A(CK)	0.410 ±0.0351b	17898.49	-	31.23	-
B	0.502 ±0.0280a	22333.81	24.78	44.67	63.26
C	0.587 ±0.0292a	27265.33	52.33	59.36	138.29

注:定株为 47 000 株/hm²;商品薯是指质量 > 0.130 kg 的块茎。

Note: Plants of per hm² was 47 000. Commercial potato was that its weight > 0.130 kg.

可见,在宁南山区施用保水剂能提高马铃薯的产量和商品薯率,其中处理 C 对商品薯率的效果显著。多功能保水剂施用量以 30 kg/hm² 最佳,其产量和商品薯率分别比对照高出 52.33% 和 138.29%。

马铃薯施用不同保水剂的经济效益分析

按照投入产出法(种植材料费,增加用工费,

增产折算经济收入等)计算不同保水剂对马铃薯经济效益的影响(表 5),表明施用不同保水剂均能不同程度提高马铃薯经济效益;其中 C(多功能保水剂每个小区施用 36 g)、B(用 1%PAM 保水剂浸种 2~3 min)每公顷收入分别比对照高出 5 356.8 元和 2 390.0 元,经济效益明显,均达到显著水平($P < 0.05$)。

表 5 不同保水剂处理马铃薯的经济效益比较

Table 5 Comparing economic benefits of different aquasorbent applying

处理 Treatments	产量/(kg/hm ²) Yields	增产/(kg/hm ²) Increasing	合计增收 /(Yuan/hm ²) Total income	保水剂费 /(Yuan/hm ²) Aquasorbent fee	用工费 /(Yuan/hm ²) Worker fee	比对照增收 /(Yuan/hm ²) Net income
A(CK)	17898.49	-	-	-	-	-
B	22333.81	4435.32	3104.72	414.7	300	2390.02
C	27265.33	9366.84	6556.79	900.0	300	5354.679

注:马铃薯的价格为 0.70 元/kg,PAM 价格为 40 元/kg,多功能保水剂价格为 30 元/kg,用工费价格为 300 元/hm²。

Note: The price of potato is 0.70 Yuan/kg, the Multi-function Aquasorbent price is 40 Yuan/kg, the aquasorbent price is 30 Yuan/kg and worker price is 300 Yuan/hm².

综合分析认为,施用保水剂能提高马铃薯的经济效益。处理 C,即多功能保水剂在播种前以每个小区 36 g(30 kg/hm²) 均匀撒入,比对照增收 5 356.8 元/hm²,经济效益最好。而用 PAM 浸种薯块比对照的增产 4 435.3 kg/hm²,增收 2 390.0 元/hm²,经济效益也较好。因此,在宁南山区马铃薯生产中用这两种保水剂比施用尿素 + 过磷酸钙具有更好的价值。

3 结论

保水剂对马铃薯生长效应分析

通过不同保水剂和一定配方的尿素 + 过磷酸

钙(作对照)对马铃薯出苗时间和出苗率的分析以及对马铃薯同化产物的分配的前后期干物质的积累量,证明施用 PAM 保水剂和多功能保水剂处理都可以有效促进马铃薯良好的形态结构建成,能够促进马铃薯的生长发育,但它们在马铃薯不同生育时期中株高、根冠比和干物质积累量等生长指标方面表现有所差异。综合分析以上生长指标,生育前期处理效果较好的是 1%PAM 保水剂浸种 2~3 min 处理。1%PAM 保水剂浸种 2~3 min 处理在以上各个指标上表现的均较好,主要由于其根系水分条件较优越,地温偏高,生育期提前,光合速率较高;所以 1%PAM 保水剂浸种 2~

3 min 处理适用于促进马铃薯苗期阶段生长,效果特别明显。对于马铃薯生育前期来说,效果突出的还有多功能保水剂处理,它和 1% PAM 保水剂浸种 2~3 min 处理的根冠比都相对偏小,同化产物分配的较为合理,有利于营养生长和物质的积累,为后期生长奠定了良好的物质基础。对于马铃薯生育后期多功能保水剂处理马铃薯在各生长指标上表现均较好:多功能处理的根干重与块茎干重都较高;根冠比也相对较高,干物质积累量方面:多功能保水剂处理 > 1% PAM 保水剂处理 > 尿素 + 过磷酸钙处理。

保水剂对马铃薯产量和经济效益分析

施用保水剂能提高马铃薯的产量,有效增加商品薯率。多功能保水剂施用量以 30 kg/hm² 最佳,其产量和商品薯率分别比对照高出 52.33% 和 138.29%,比对照增收 5 356.8 元/hm²。其次,用 1% PAM 保水剂浸种 2~3 min,其产量和商品薯率分别比对照提高 24.78% 和 63.26%,比对照增收 2 390.0 元/hm²。增产增收的关键是多功能保水剂增加了土壤团聚体结构,利于马铃薯地下茎的生长发育。

同时,多功能保水剂具有快速吸水、保水、缓慢释水的特性,苗期应用能有效保持土壤中多余的水分,改善苗期的土壤水环境,并为后期需水关键期储存必要的水分。

综合分析得出,在半干旱区的宁南山区,播种期施用 30 kg/hm² 多功能保水剂和用 1% PAM 保水剂浸种 2~3 min 的效果较好。其中播种期施用 30 kg/hm² 多功能保水剂的经济效益显著,在半干旱黄土高原丘陵区马铃薯生产中具有很好的推广价值。

参考文献:

- [1] G. Belanger J R, Walsh J E. Tuber Growth and Biomass Partitioning of Two Potato Cultivars Grown under Different N Fertilization Rates With and Without Irrigation [J]. *Amer. J. of Potato Res.*, 2001, 78: 109-117.
- [2] Fulton J M. Relationship of root extension to the soil moisture level requires for maximum yield of potatoes, tomatoes and corn[J]. *Can J Soil Sci.* 1970, 50: 92-94.
- [3] George Klassen, Gordon Mills, et al. Potato Production 3/4. 5 Irrigation [J]. *Crops and Plants*, 2001, 67-71
- [4] 黄占斌,李貌松. 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.
- [5] 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.
- [6] 孙宏义,李芳,杨新民,等. 保水剂处理土壤的抗风蚀性能研究[J]. *中国沙漠*, 2005, 25(4): 618-622.
- [7] 王启基,王文颖,景增春,等. 保水剂对江河源区退化草地土壤水分和植物生长发育的影响[J]. *草业科学*, 2005, 22(6): 52-57.
- [8] 刘煜宇,马换成,黄金义. 保水剂与肥料交互作用对石楠抗旱效应的影响[J]. *西南林学院学报*, 2005, 25(3): 10-13.
- [9] 林文杰,马换成,周蛟,等. 干旱胁迫下保水剂对苗木生长及生理的影响[J]. *干旱区农业研究*, 2004, 21(4): 353-357.
- [10] 刘世亮,寇太记,介小磊,等. 保水剂对玉米生长和土壤养分转化供应的影响研究[J]. *河南农业大学学报*, 2005, 39(2): 146-150.
- [11] 高凤文,罗盛国,姜伯文. 保水剂对土壤蒸发及玉米幼苗抗旱性的影响[J]. *东北农业大学学报*, 2005, 36(1): 11-14.
- [12] 尹艳,余红英,尹国强,等. 大田超甜玉米施用保水剂效应的研究[J]. *湖北农业科学*, 2004(5): 46-47.
- [13] 迟永刚,黄占斌,李茂松. 保水剂与不同化学材料配合对玉米生理特性的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2005, 23(6): 132-136.
- [14] 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.
- [15] 黄占斌,朱元骏,李茂松,等. 保水剂聚丙烯酸钠不同施用方法对玉米生长和水分利用率的影响[J]. *沈阳农业大学学报*, 2004, 35(5, 6): 576-579.
- [16] 唐泽军,雷廷武,赵小勇,等. PAM 改善黄土水环境及对玉米生长影响的田间试验研究[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(4): 216-219.
- [17] 员学锋,汪有科,吴普特,等. PAM 对土壤物理性状影响的实验研究及机理分析[J]. *水土保持学报*, 2005, 19(2): 37-40.
- [18] 谭宗九,丁明亚,李济宸,等. 马铃薯高效栽培技术[M]. 北京: 金盾出版社, 2002: 29-35
- [19] 赵勇贵,王志成. 保水剂的开发及应用发展[J]. *中国水土保持*, 1999(5): 52-54.
- [20] 李凤民,郭安红,锥梅,等. 土壤深层供水对冬小麦干物质生产的影响[J]. *应用生态学报*, 1997, 8(6): 275-279.
- [21] 门福义,刘梦芸. 马铃薯栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 23-26.
- [22] 何华,陈国良,赵世伟. 水肥配合对马铃薯水分利用效率的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 1999, 17(2): 59-66.