

网络出版时间:
网络出版地址:

土壤改良剂对马铃薯水分生产效率、产量及品质的影响

徐胜涛¹, 刘景辉¹, 张磊¹, 陈勤², 李倩¹, 陈峰³

(1 内蒙古农业大学 燕麦科技创新团队, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2 加拿大农业与农业食品部列桥研究中心, 加拿大 列桥 T1J 4B1;

3 武川县农业综合开发技术研究推广中心, 内蒙古 武川 011700)

[摘要] **【目的】**探明干旱半干旱条件下, 不同土壤改良剂单施及其复配对马铃薯水分生产效率、产量及品质的影响。**【方法】**在干旱半干旱气候条件下, 以马铃薯品种“克新 1 号”为材料, 研究了聚丙烯酸钾(PAA)、聚丙烯酰胺(PAM)和腐殖酸(HA)3 种土壤改良剂单施和复配处理对马铃薯水分生产效率、产量、品质及经济效益等的影响。**【结果】**复配和单施均能明显提高马铃薯不同生育时期 0~40 cm 土层的土壤贮水量; 增加马铃薯产量, 且 PAM 与 HA 复配的增产效果最好, 达 32.89%。施用土壤改良剂能够提高马铃薯的水分生产效率, 单施最高为 PAA, 较 CK 增加 16.78 kg/(mm·hm²), 提高了 20.08%, 与单施 PAM 差异不显著; 复配最高为 PAM 与 HA, 较 CK 增加 37.79 kg/(mm·hm²), 提高了 45.22%。施用土壤改良剂显著降低了马铃薯的还原糖含量, 提高了马铃薯的淀粉和蛋白质含量。PAM 和 HA 复配增收效果最好, 增收 2 499 元/hm², 其次为 PAM 单施, 增收 2 066 元/hm²。**【结论】**综合分析认为, 最佳施用技术为 PAM 与 HA 复配。

[关键词] 土壤改良剂; 马铃薯; 水分生产效率

[中图分类号] S156.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2012)11-0047-06

Effects of soil amendments on water productive efficiency, yield and quality of potato

XU Sheng-tao¹, LIU Jing-hui¹, ZHANG Lei¹, CHEN Qin², LI Qian¹, CHEN Feng³

(1 Oat Scientific and Technical Innovation Team, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China;

2 Lethbridge Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, Lethbridge, Alberta T1J 4B1, Canada;

3 Comprehensive Agricultural Development Research Center of Wuchuan County, Wuchuan, Inner Mongolia 011700, China)

Abstract: **【Objective】**The study was to determine the effects of different soil amendments and their mixtures on water productive efficiency, yield and quality of potato in arid, semiarid and sub-humid areas. **【Method】**“Kexin 1” was chosen for arid and semi-arid climatic conditions and the soil amendments were potassium polyacrylate, polyacrylamide and humic acid. Research on water productive efficiency, yield, quality of potato, and economic benefit were concluded using different soil amendments and their mixtures. **【Result】**The results showed that the application of both one amendment and a mixture of different amendments significantly increased moisture storage in 0—40 cm layer at different growth stages of potato. The yield of potato was also increased with a maximum of 32.89% using the mixture of polyacrylamide and humic acid. Water productive efficiency of potato was improved as well. Potassium polyacrylate was the best single amendment with an increase by 16.78 kg/(mm·hm²) (20.08%) compared to CK while the mixture of polyacrylamide and humic acid was the best mixed amendments with an increase by 37.79 kg/(mm·

[收稿日期] 2012-03-22

[基金项目] 内蒙古重大基础研究开放课题(2010KF01)

[作者简介] 徐胜涛(1986—), 男, 湖北郧西人, 博士, 主要从事耕作制度与农业生态系统研究。E-mail: sj_xushengtao@163.com

[通信作者] 刘景辉(1965—), 男, 内蒙古奈曼旗人, 教授, 博士生导师, 主要从事耕作制度与农业生态系统研究。

E-mail: cauljh@yahoo.com.cn

hm²) (45.22%)。Applying soil amendments significantly reduced the sugar content and increased starch content and protein content. The largest economic benefit with an increase of income by 2 499 yuan/hm² was obtained using mixture of polyacrylamide and humic acid followed by single amendment of polyacrylamide with an increase by 2 066 yuan/hm².【Conclusion】Comprehensive analysis showed that the mixed amendments of polyacrylamide and humic acid was the best.

Key words: soil amendment; potato; water productive efficiency

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是重要的粮食作物之一,中国是马铃薯种植面积与产量最大的国家,但是马铃薯产量只有 14.42 t/hm²,仅为世界平均水平(16.9 t/hm²)的 85%^[1]。我国马铃薯种植区域主要分布在干旱、半干旱地区,由于降雨量小而蒸发量大、降雨量分配不均、周年旱作等农业生产问题,造成马铃薯产量低,经济效益差。如何提高马铃薯的产量,从而提高农民收入,已成为马铃薯产业发展的瓶颈。因此,提高当地有限降雨量的水分利用效率,已经成为提高马铃薯产量和农民收入的有效途径。近些年来,施用土壤改良剂来改善土壤,提高水分利用效率,从而提高作物产量成为抗旱增产的研究热点。目前,用于抗旱增产的土壤改良剂按原料来源可分为天然改良剂、人工合成改良剂、天然一合成共聚物改良剂和生物改良剂等。施用土壤改良剂能够改善土壤结构,增加土壤入渗率,减少地表径流,蓄水保墒^[2-6]。同时,土壤改良剂能够调节降水季节分配,改善干旱半干旱地区土壤水分状况,提高水分和肥料利用效率,增产的同时减少肥料流失,改善生态环境^[7-9]。土壤改良剂之间的复配,不仅发挥了单一改良剂的效果,而且产生了有利于作物生长的耦合效果^[10-11]。施用土壤改良剂效果明显,但存在着成本高、缺乏科学评判标准、作用机制不清楚等问题。

本研究在干旱、半干旱气候条件下,以马铃薯品种“克新 1 号”为材料,研究聚丙烯酸钾(PAA)、聚丙烯酰胺(PAM)和腐殖酸(HA)3 种土壤改良剂单施和复配对马铃薯产量、品质、水分利用效率及经济效益的影响,以期土壤改良剂在干旱、半干旱地区的推广应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试马铃薯品种为“克新 1 号”。供试土壤改良剂:聚丙烯酰胺(PAM)为唐山博亚公司生产,白色粉末,溶于水,具有很强的黏聚作用;聚丙烯酸钾(PAA)为东营华业新材料有限公司生产,灰褐色颗

粒,可溶于水;腐殖酸(HA)为武川县农业局提供,黑色粉末,可溶于水。

1.2 试验地概况

试验于 2011-05-09 在典型半干旱偏旱农业区内蒙古呼和浩特市武川县大豆铺乡(41°10'N,111°36'E)进行。该区位于内蒙古中部,海拔 1 621 m,年平均气温 2.5℃,年平均风速 3.1~3.9 m/s,年降水量 300 mm 左右,年均日照时数 2 787.9 h,无霜期 110 d 左右,土壤类型为砂壤土。2011 年该地区马铃薯生育期内有效降水量为 178.6 mm,土壤较干旱,表现为前半年降雨较多,后半年降雨较少,降水主要集中在 6~8 月份。

1.3 试验设计

试验采用随机区组设计,设 6 个处理,分别为 CK:不施改良剂(对照);T1:45 kg/hm² PAA;T2:45 kg/hm² PAA + 1 500 kg/hm² HA;T3:45 kg/hm² PAM;T4:45 kg/hm² PAM + 1 500 kg/hm² HA;T5:1 500 kg/hm² HA。小区面积 30 m²,重复 3 次。机播,播深 15 cm,行距 55 cm,株距 35 cm,小区播量 1 500 kg/hm²,PAA、HA 和 PAM 均匀撒施后再旋耕;试验小区施用肥料为复合肥(N:P:K=17:6:22),用量为 300 kg/hm²;所有机播马铃薯为平作,这与当地农民采用的播种方式一致;整个马铃薯生育期不追肥,在马铃薯苗期和块茎形成期除草。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 土壤含水量 采用烘干法测定。用土钻钻取马铃薯播前、苗期、块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期和收获期的土样,用铝盒盛装,取样深度为 100 cm,其中 0~20 cm 每 10 cm 为 1 层,20~100 cm 每 20 cm 为 1 层。

1.4.2 土壤容重 采用环刀法测定。用环刀测定播前、苗期、块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期和收获期土壤容重,取样深度和方法同 1.4.1。

1.4.3 土壤贮水量 根据下式计算苗期、块茎形成期、块茎膨大期和淀粉积累期不同土层的土壤贮水量(mm)。

土壤贮水量(mm)=土层厚度(cm)×土壤容重(g/cm³)×土壤含水量(%)。

1.4.4 产 量 每小区取 10 m²,分大、中、小薯分别测每个小区的薯块质量及薯块总鲜质量(大薯≥150 g,150 g>中薯>75 g,小薯≤75 g)。

1.4.5 作物耗水量(ET) 作物耗水量采用文献[12]的方法计算,公式如下。

$$ET_{1-2}=10\sum\gamma_iH_i(\theta_{i1}-\theta_{i2})+M+P_0+K。$$

式中:ET₁₋₂为阶段耗水量(mm);i 为土层编号,i=1,2,⋯,n,n 为总土层数;γ_i(g/cm³)为第 i 层土壤容重;H_i 为第 i 层土壤厚度(mm);θ_{i1}和 θ_{i2}分别为第 i 层土壤时段初和时段末的含水量(以占干土质量分数计);M 为时段内的灌水量(mm);P₀ 为有效降水量(mm);K 为时段内的地下水补给量(mm)。由于试验地平整,地下水位深,土层深度厚度以及土壤质地均一,可视为试验地不产生渗漏、地下水补给和水平运动。

1.4.6 水分生产效率(A) 按下式计算:

$$A=Y/ET_a。$$

式中:Y 为马铃薯块茎产量(鲜质量,kg/hm²);ET_a 为马铃薯全生育时期耗水量(mm)。

1.4.7 品质指标 干物质含量采用烘干称重法测定;蛋白质含量采用考马斯亮蓝法测定;淀粉含量采用碘比色法测定;还原糖含量采用3,5-二硝基水杨

酸比色法测定。

1.5 数据分析

试验数据利用 SPSS 统计软件计算,均采用新复极差法检验不同处理间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 土壤改良剂对不同生育时期马铃薯 0~40 cm 土层土壤贮水量的影响

根据不同生育时期马铃薯土层土壤贮水量分析,0~40 cm 土层土壤贮水量差异最显著,所以对 0~40 cm 土层贮水量进行了分析,结果见表 1。由表 1 可知,在马铃薯生育前期,T2、T4 和 T5 处理 0~40 cm 土层的土壤贮水量均显著大于 CK(P<0.05);在马铃薯生育后期,施用土壤改良剂处理 0~40 cm 土层的土壤贮水量均显著大于 CK(P<0.05)。马铃薯生育前期 0~40 cm 土层的贮水量较高,随着生育期的推进,贮水量逐渐降低,且差异显著性加大,其中 T2 和 T4 处理效果较好,说明施用土壤改良剂能够有效提高 0~40 cm 土层的土壤贮水量,且以复配使用效果较好。由于马铃薯的根系主要集中在 0~40 cm 土层,提高该土层的土壤贮水量,能够为马铃薯的生长持续提供较多的水分,有利于马铃薯生长,为马铃薯的产量形成提供了基本保证。

表 1 土壤改良剂对不同生育时期马铃薯 0~40 cm 土层土壤贮水量的影响

Table 1 Effect of soil amendment on moisture storage in 0-40 cm layer in different growth stages of potato mm

处理 Treatments	苗期 Seedling stage	块茎形成期 Tuber initiation stage	块茎膨大期 Tuber bulking stage	淀粉积累期 Starch accumulation stage
T1	80 d	76 d	63 d	53 c
T2	91 a	91 a	67 a	56 a
T3	82 c	83 c	65 c	51 d
T4	84 b	84 b	66 b	54 b
T5	85 b	82 c	62 e	52 cd
CK	81 cd	76 d	59 f	50 e

注:同列数据后不同小写字母表示差异达显著水平(P<0.05,Duncan’s 检验)。下表同。

Note:Data in the table are tested with SPSS by Duncan’s. Different small letters in the same row mean significant difference at 0.05 level.

The following table is same.

2.2 土壤改良剂对马铃薯产量及其构成的影响

施用不同改良剂后,各处理马铃薯的产量及大、中、小薯产量占总产量的比例见表 2。由表 2 可知,施用改良剂处理的土壤其马铃薯产量均显著高于 CK(P<0.05),处理间存在明显差异,总体增产效果为 T4>T2>T3>T1>T5>CK,复配的增产效果较好,且 T4 的复配效果优于 T2;从单施效果来看,T1 和 T3 差异不显著,但均显著高于 T5。施用土壤改良剂能够显著提高马铃薯大薯率,显著降低小薯率,对中薯率影响差异不明显,总体效果为 T4

>T2>T3>T1>T5>CK,复配效果较好。说明施用土壤改良剂能够有效提升马铃薯的商品薯率,对于增加农民收入具有重要意义。

2.3 土壤改良剂对马铃薯水分生产效率的影响

由表 3 可知,施用土壤改良剂显著提高了马铃薯的水分生产效率,其中 T4 的水分生产效率最高,为 121.35 kg/(mm·hm²),较 CK(83.56 kg/(mm·hm²))增加 37.79 kg/(mm·hm²),提高了 45.22%,有效利用了有限降雨,达到了增产效果;单施中,T1 水分生产效率较高,为 100.34 kg/(mm·

hm²),较 CK 增加 16.78 kg/(mm·hm²),提高了 20.08%;总体效果表现为 T4>T2>T1>T3>T5>CK,复配效果优于单施。施用土壤改良剂能够有效提高收获时期 0~100 cm 的土壤贮水量,且

各处理均显著高于 CK($P<0.05$),这有利于来年轮作作物的生长;同时施用土壤改良剂显著降低了全生育期马铃薯的耗水量($P<0.05$),说明施用土壤改良剂抑制无效蒸发的效果明显。

表 2 土壤改良剂对马铃薯产量及其构成的影响

Table 2 Effect of soil amendment on yields and components of potato

处理 Treatments	产量 Yield		产量构成/% Weight component		
	测定值/ (kg·hm ⁻²)	较 CK 增产/% Increasing rate compared with CK	大薯 Big tuber	中薯 Middle tuber	小薯 Small tuber
T1	19 639 c	10.99	58.91 d	9.55 c	31.54 c
T2	20 194 b	14.13	64.03 b	9.97 c	26.00 d
T3	19 958 bc	12.79	61.59 c	11.76 ab	26.65 d
T4	23 514 a	32.89	66.57 a	12.88 a	20.56 e
T5	18 444 d	4.24	53.39 e	13.03 a	33.58 b
CK	17 694 e	—	50.24 f	11.07 b	38.70 a

表 3 土壤改良剂对马铃薯水分生产效率的影响

Table 3 Effect of soil amendment on water productive efficiency of potato

处理 Treatments	播前贮水量/mm Pre-sowing moisture storage	收获期贮水量/mm Harvest moisture storage	有效降水量/mm Effective rainfall	耗水量/mm Water consumption	水分生产效率/ (kg·mm ⁻¹ ·hm ⁻²) Water productive efficiency
T1	166.52	149.39 b	178.60	195.73 c	100.34 c
T2	166.52	155.66 a	178.60	189.46 d	106.59 b
T3	166.52	144.77 c	178.60	200.35 b	99.62 c
T4	166.52	151.35 b	178.60	193.77 c	121.35 a
T5	166.52	144.53 c	178.60	200.59 b	91.95 d
CK	166.52	133.36 d	178.60	211.76 a	83.56 e

2.4 土壤改良剂对马铃薯品质的影响

见图 1。

施用不同的土壤改良剂后,各处理马铃薯品质

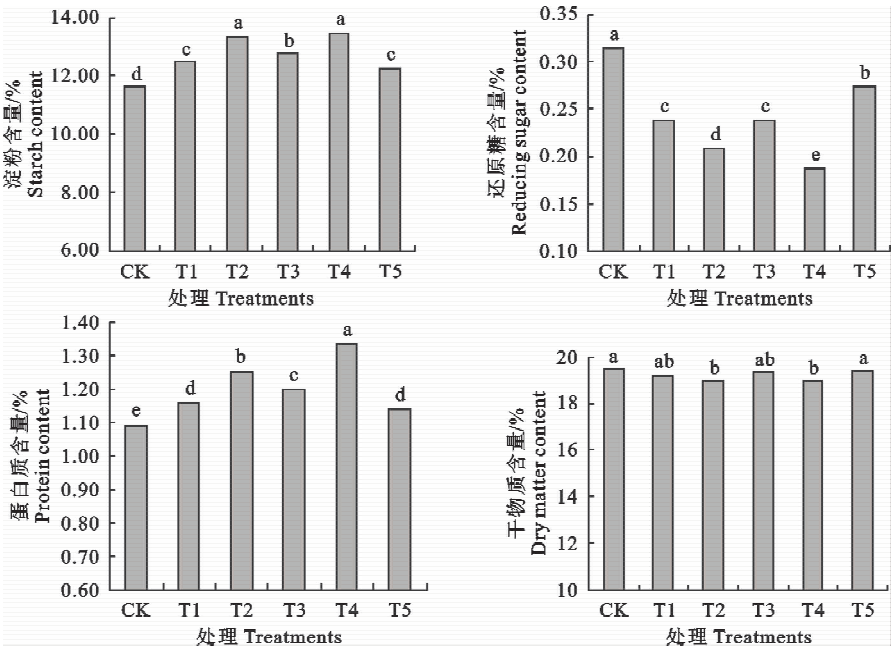


图 1 土壤改良剂对马铃薯品质的影响

不同小写字母表示差异达显著水平($P<0.05$,Duncan's 检验)

Fig.1 Effect of soil amendment on the qualities of potato

Data in the fig are tested with SPSS by Duncan's. Different small letters in the same row mean significant difference at 0.05 level

由图 1 可见,施用土壤改良剂能够有效提高马铃薯的淀粉和蛋白质含量,各处理均与 CK 差异显著($P<0.05$);复配效果优于单施;单施中以 T3 效果较好。施用土壤改良剂显著降低了马铃薯的还原糖含量,增强了马铃薯的耐储性,有利于马铃薯的储存;施用土壤改良剂降低了马铃薯干物质含量,其中 T2 和 T4 处理较 CK 显著降低,而 T1、T3 和 T5 与 CK 差异不显著($P>0.05$)。

表 4 土壤改良剂对马铃薯经济效益的影响

Table 4 Effect of soil amendment on economic benefit of potato

元/hm²

处理 Treatments	投入 Input	产出 Output	净产值 Net output value	较 CK 增收 Income increase compared with CK
T1	1 125	11 687	10 562	1 567
T2	4 125	13 052	8 927	-68
T3	1 350	12 411	11 061	2 066
T4	4 350	15 794	11 444	2 449
T5	3 000	9 958	6 958	-2 037
CK	0	8 995	8 995	0

注:PAA 为 25 元/kg,PAM 为 30 元/kg,HA 为 2 000 元/t;2001—2011 年马铃薯平均收购价格为:商品薯 1.6 元/kg,中小薯 0.6 元/kg。
Note:The potassium polyacrylate's price is 25 yuan/kg,and polyacrylamide is 30 yuan/kg,humic acid is 2 000 yuan/t. From 2001 to 2011, the average purchase price of potato:Commercial potato is 1.6 yuan/kg,and the other is 0.6 yuan/kg.

3 结论与讨论

本研究结果表明,在干旱半干旱条件下,施用土壤改良剂能够明显提高土壤贮水量,显著提高水分生产效率和马铃薯的产量,综合分析认为最佳施用组合为 PAM 与 HA 复配。

PAM 与 HA 的水分生产效率最高,且有较好的保水性能。复配中 PAA 与 HA 复配处理有较高的土壤贮水量,但水分生产效率却低于 PAM 与 HA 复配处理,这可能是由于 PAA 和 PAM 与 HA 耦合机理不同。PAM 分解出氮素,氮素为速效养分,能够在马铃薯生育前期为马铃薯生长提供足够的养分,PAM 能够起到不同程度的固氮作用^[13],同时在酸胺酶作用下,土壤中的 PAM 可以进行生物转化,为土壤微生物提供碳源,使土壤中的微生物数量增加^[14]。PAA 分解出的钾素对马铃薯的产量形成具有重要意义。

土壤改良剂无论单独还是复配施用,都提高了马铃薯的水分利用效率,提高了马铃薯对养分的吸收,从而有效提高了商品薯率,改善了作物的营养品质,同时降低了马铃薯的还原糖含量,增强了马铃薯的耐储性,有利于马铃薯的储存,这对于提高马铃薯的经济效益有积极作用。

土壤改良剂能够有效增加收获期土壤贮水量,有利于来年作物的生长,对补充地下水资源有积极

2.5 经济效益分析

由表 4 可知,施用土壤改良剂处理的经济效益存在差异,增收效果最好的为 T4 处理,增收 2 449 元/hm²;其次为 T3 处理,增收 2 066 元/hm² T2、T5 处理由于成本的增加,效益为负值,说明施用土壤改良剂并不能完全达到增产增收的效果,在实践中不仅要从业量的角度出发,更要从农民的经济效益出发,以筛选出适合生产实际的施用技术。

作用,使生态环境良性循环。这与张扬等^[15]施用保水剂储水效果明显,有利于下一季作物生长的研究结果较一致。

[参考文献]

[1] 贾晶霞,杨德秋,李建东,等. 中国与世界马铃薯生产概况对比分析与研究 [J]. 农业工程,2011,1(2):84-86.
Jia J X,Yang D Q,Li J D,et al. Research and comparative analysis about potato production situation between China and contents in the world [J]. Agricultural Engineering,2011,1(2): 84-86. (in Chinese)

[2] 李秧秧,黄占斌. 节水农业中化控技术的应用研究 [J]. 节水灌溉,2001(3):4-6.
Li Y Y,Huang Z B. Applying study on chemical control technique in water saving agriculture [J]. Water Saving Irrigation, 2001(3):4-6. (in Chinese)

[3] 董英,郭绍辉,詹亚力. 聚丙烯酰胺的土壤改良效应 [J]. 高分子通报,2004(5):83-87.
Dong Y,Guo S H,Zhan Y L. Polyacrylamide effects on soil amendments [J]. Polymer Bulletin, 2004(5): 83-87. (in Chinese)

[4] 庄文化,冯浩,吴普特. 高分子保水剂农业应用研究进展 [J]. 农业工程学报,2007,23(6):265-270.
Zhuang W H,Feng H,Wu P T. Development of super absorbent polymer and its application in agriculture [J]. Transactions of the CSAE,2007,23(6):265-270. (in Chinese)

[5] 杨永辉,武继承,赵世伟,等. PAM 的土壤保水性能研究 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(12):120-124.
Yang Y H,Wu J C,Zhao S W,et al. Effects of PAM on soil re-

- tention water [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2007, 35(12): 120-124. (in Chinese)
- [6] Francisco L S, Ricardo P S. Improving infiltration of irrigated mediterranean soils with polyacrylamide [J]. Agric Engng Res, 2000(76): 83-90.
- [7] Sepaskhah A R, Bazrafshan-Jahromi A R. Controlling runoff and ero-sion in sloping landwith polyacrylamide under a rainfall simulator [J]. Biosystems Engineering, 2006, 93(4): 469-474.
- [8] 员学锋, 吴普特, 汪有科, 等. 施加 PAM 条件下土壤养分淋溶试验研究 [J]. 水土保持通报, 2003, 23(2): 26-28.
- Yun X F, Wu P T, Wang Y K, et al. A study on effect of PAM on eluviations of soil nutrient [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2003, 23(2): 26-28. (in Chinese)
- [9] 邓丽莉, 江 韬, 何丙辉, 等. 聚丙烯酰胺与几种强化剂联合作用对土壤氮素吸附-解吸和迁移释放的影响 [J]. 水土保持学报, 2009, 23(3): 120-124.
- Deng L L, Jiang T, He B H, et al. Effect of polyacrylamide in combination with several enhancers on adsorption-desorption and release of nitrogen from typical purple soil [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2009, 23(3): 120-124. (in Chinese)
- [10] 初 莱, 朱书全, 李华民, 等. 腐殖酸-聚丙烯酸表面交联吸水性树脂的合成与性能 [J]. 化工学报, 2005, 56(10): 2004-2008.
- Chu M, Zhu S Q, Li H M, et al. Synthesis and characterization of surface cross-linked humic acid/poly acrylic acid superabsorbent resin [J]. Journal of Chemical Industry and Engineering, 2005, 56(10): 2004-2008. (in Chinese)
- [11] 岳征文, 王百田, 王红柳, 等. 复合营养长效保肥保水剂应用及其缓释节肥效果 [J]. 农业工程学报, 2011, 27(8): 56-62.
- Yue Z W, Wang B T, Wang H L, et al. Application of nutrient and super absorbent polymer compound and effect of fertilizer slow-release [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(8): 56-62. (in Chinese)
- [12] 褚鹏飞, 王 东, 张永丽, 等. 灌水时期和灌水量对小麦耗水特性、籽粒产量及蛋白质组分含量的影响 [J]. 中国农业科学, 2009, 42(4): 1306-1315.
- Chu P F, Wang D, Zhang Y L, et al. Effects of irrigation stage and amount on water consumption characteristics, grain yield and content of protein components of wheat [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(4): 1306-1315. (in Chinese)
- [13] 龙明杰, 张宏伟, 谢 芳, 等. 高聚物土壤结构改良剂的研究: II. 高聚物对土壤肥料的作用 [J]. 土壤肥料, 2000(5): 13-18.
- Long M J, Zhang H W, Xie F, et al. Studies on polymeric soil structure amendments: II. Effect of polymeric soil amendments on the adsorption of fertilizer on soil [J]. Soil and Fertilizer Sciences, 2000(5): 13-18. (in Chinese)
- [14] Kay-Shoemake J L, Watwood M E, Lentz R D. Polyacrylmide as a substrate for microbial amidase in culture and soil [J]. Soil Biology&Biochemistry, 1998, 30(8/9): 1045-1052.
- [15] 张 扬, 赵世伟, 梁向锋, 等. 保水剂对宁南山区马铃薯产量及土壤水分利用的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(3): 27-32.
- Zhang Y, Zhao S W, Liang X F, et al. Effects of super absorbent on growth of potato and soil water utilization in the mountain area of Southern Ningxia [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2009, 27(3): 27-32. (in Chinese)