

聚合物类保水剂对山杏水肥利用效应的影响

王文静¹, 王百田^{1,2}, 吕钊¹, 王明玉¹, 张文源¹, 舒鑫¹, 刘金壮¹

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 研究了不同用量保水剂处理对干旱胁迫下山杏 (*Armeniaca sibirica*) 叶水势、根部氮磷钾及生物量 (地上部分生物量、地下部分生物量、总生物量)、根冠比的影响。结果表明, 不同处理下叶水势受到不同程度促进, 且促进程度随保水剂用量增大而增大。山杏根部氮磷钾含量, 因不同处理均有所变化, 其中, 氮含量变化最显著, 随保水剂用量增大而增大。保水剂 20 g 下氮含量是对照的 1.66 倍, 钾含量基本无变化, 而磷含量随保水剂用量增大而降低。处理可使山杏总生物量和地上部分生物量增大, 而对照组的地下部分生物量和根冠比最大。山杏叶水势和根部氮含量相关性显著。研究结果表明, 保水剂和复合肥的混施显著促进了山杏生长, 其原因可能是其保水保肥及缓释的作用。

关键词: 保水剂; 干旱胁迫; 山杏; 叶水势; 生物量; 氮磷钾含量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)05-0280-05

中图分类号: S157.3

Effects of Super Absorbent Polymer on Water and Fertilizer Use of *Prunus Armeniaca*

WANG Wen-jing¹, WANG Bai-tian^{1,2}, LÜ Zhao¹, WANG Ming-yu¹,
ZHANG Wen-yuan¹, SHU Xin¹, LIU Jin-zhuang¹

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education, Beijing 100083, China)

Abstract: The effects of different doses of super absorbent polymer (SAP) on leaf water potential, N, P and K in root and biomass (ground biomass, underground biomass, total biomass), and root/shoot ratio of *Prunus armeniaca* were investigated in the Jiufeng experimental base. Leaf water potential of *Prunus armeniaca* was stimulated by SAP in a dose-dependent manner. The contents of N, P and K varied with different treatments. Specifically, the content of N increased significantly with the increase of SAP; N level under treatment of 20 g SAP was 1.66 times the contrast; K almost did not change; and the content of P was inhibited by SAP treatment. Total biomass and ground biomass increased in SAP treatment, whereas the maximums of underground biomass and root/shoot ratio occurred in contrast test. The content of N had a positive correlation with leaf water potential. The results suggest that the reason for good growth may be the water and fertilizer conservation effects of SAP on *Prunus armeniaca*.

Keywords: super absorbent polymer (SAP); drought stress; *Prunus armeniaca*; leaf water potential; biomass; the contents of N, P and K

干旱缺水和土地退化是制约我国农林业持续发展的重要因素^[1]。近年来, 随着全球气候变暖, 干旱加剧, 干旱面积不断扩大, 因此抗旱节水、保肥保土已成为我国农林业面向未来可持续发展的必然选择。保水剂又称保湿剂, 是用强吸水性树脂制成的一种超高吸水保水能力的高分子聚合物^[2], 它能迅速吸收和保持比自身重量高几百甚至几千倍的水分, 可缓慢释放

供作物吸收利用, 在旱地保水农林业应用中已有多。因此, 以使用保水剂为基础的水肥一体化调控技术成为研究的热点, 大量研究表明, 保水剂能提高肥料利用率, 吸附氮磷钾营养元素, 减少肥素淋失^[3-8]。李长荣等^[9]研究表明尿素与保水剂复配是水肥耦合的最佳选择, 二者同时使用保水保肥效果都能充分发挥。值得注意的是, 国内外对保水剂与肥料的利用多

收稿日期: 2012-12-23

修回日期: 2013-01-12

资助项目: “十二五”规划项目“近期黄土丘陵沟壑区节水防蚀水土保持林研究与示范”(2011BAB38B0602)

作者简介: 王文静(1987—), 女(汉族), 河南南阳市人, 硕士研究生, 研究方向为水土保持及生态环境新技术。E-mail: wangwenjing668899@163.com。

通信作者: 王百田(1958—), 男(汉族), 陕西省富平县人, 教授, 博士生导师, 主要从事水土保持, 生态环境工程及林业生态工程研究。E-mail: wbaitian@bjfu.edu.cn。

是以直接混合为主,而肥料盐分对保水剂的吸水、保水性能有较大影响^[10]。

大量研究表明,我国农田化肥的当季利用率氮肥仅为 30%~35%,磷肥为 10%~20%,钾肥为 35%~50%,化肥损失是个严重的问题,不但造成巨大经济损失,更严重的是还加剧了温室气体排放和水体富营养化^[11],因此提高肥料利用率成为当前研究的热点。保水剂表面分子有吸附、交换离子作用,肥料中的氮离子等官能团能被保水剂上的离子交换,并以“包裹”的方式包裹起来,减少肥素淋失,提高肥料利用率,但同时混合不当会降低保水剂的保水能力^[12]。目前,对保水剂在提高植物光合速率、叶面积、果树坐果率、土壤含水量等方面研究较多^[13-16],而在保水剂与肥料混合使用方面的研究还不多。因此,本文以山杏为研究对象,研究不同量保水剂与复合肥混施对山杏生长的影响,并进一步揭示山杏叶水势与根部氮磷钾含量的相关性,以考察水肥调控的机理,为保水剂

与复合肥料的使用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

研究于 2011 年 4—10 月在北京市西山鹫峰国家森林公园实验站进行,该区属于华北大陆性季风气候,年平均气温 12.2℃,最高气温 39.7℃,最低气温 -19.6℃。试验苗木来自北京园林绿化小汤山苗圃,选择长势基本相同 1 年生山杏(*Armeniaca sibirica*)幼苗 25 株,以免造成非试验因子差异。供试保水剂(法国爱森公司 SNF 提供)白色颗粒状干粉,颗粒大小 0.8~1.0 mm,主要成分为聚丙烯酸盐和聚丙烯酰胺共聚体。复合肥(中国农业大学蓝弋化工)中尿素((NH₂)₂CO,含 N 46.65%),氯化钾(KCl,含 K 52.35%),磷酸铵[(NH₄)₃PO₄·3H₂O,含 P 19.19%],均为化学分析纯。栽培基质:在鹫峰林场取土和沙按 2:1 混合而成,其理化性质见表 1。

表 1 栽培基质各项理化性质

全氮质量分数/ (g·kg ⁻¹)	全磷质量分数/ (g·kg ⁻¹)	全钾质量分数/ (g·kg ⁻¹)	pH 值	碱解氮质量分数/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷质量分数	速效钾质量分数/ (mg·kg ⁻¹)
0.139	0.151	0.601	7.520	29.010	15.790	16.562

1.2 试验设计

本试验共 5 个处理,每处理 5 个重复,共 25 盆(表 2)。用口径 40 cm,深 40 cm 的塑料桶,桶底开 5 个直径为 1 cm 的孔,每桶装入混好的基质 20 kg。于 2011 年 4 月 20 栽植山杏幼苗,并将配好的处理材料均匀放入距土壤表面 10 cm 处。栽植后按常规作物进行管理,苗木健康生长之后尽量少浇水,让栽植苗木靠天然降水生长,模拟干旱环境。8 月 9 日测定植物叶水势日变化,从早上 8 点开始到晚上 6 点结束,每 2 h 测 1 次。10 月 15 日把植物挖出并保持根部完整性,测定根部营养元素,测定植株生物量。

表 2 试验设计

处理	植物	重复/盆	保水剂/g	复合肥/g
1	山杏	5	20	5
2	山杏	5	15	5
3	山杏	5	10	5
4	山杏	5	5	5
CK	山杏	5	0	5

1.3 测定指标

叶水势测定。使用 Wescor 公司的 Psypro 露点水势仪,于苗木生长最快、最旺盛的 8 月的一个晴天(8 月 9 日)进行叶水势观测,观测时间 8:00—18:00,

每 2 h 观测 1 次。选择各处理植株中上部形状完好、长势相近的功能叶片^[17],每株 2 片叶子每片叶子测 3 次,取其平均值。

生物量测定。分为地上和地下两部分,于 10 月 15 日将植物带根挖出(避免根系受损)去掉泥土测地上和地下鲜重。将根系和地上部分用水清洗干净后,于 110℃杀青 15 min,在 75℃下烘干至恒重,测干重^[18]。采用上海精科生产的 YP 600 型(精度 0.01 g)电子天平称量根部营养元素,将处理好的根系生物量用粉碎机粉碎,过 100 目筛送到实验室检测全氮、全磷、全钾含量。

1.4 数据处理

数据分析应用 SPSS 18.0 软件及 Excel 软件处理,完成单因素方差分析显著差异后进行 LSD 多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理对山杏叶水势日变化的影响

通过分析 5 种不同处理山杏水势日变化特征,发现不同处理下山杏叶水势的日变化均表现出早晨和傍晚较大、中午前后较小的基本规律。山杏叶水势在 12:00—14:00 出现明显的全天最低值(图 1),中午前后出现水势曲线拐点。

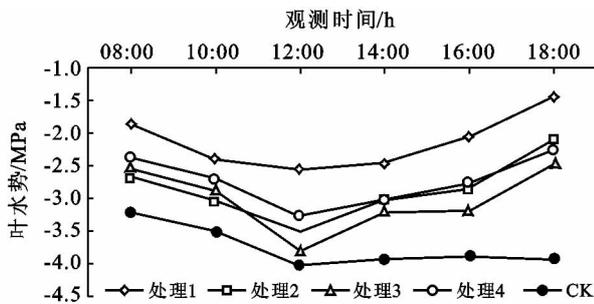


图 1 不同处理山杏叶水势日变化

在处理 1, 2, 3 和 4 的条件下, 上午 8:00 水势最高, 之后, 随着气温的升高, 水势开始下降, 到中午水势降到全天最低值, 午后水势又开始回升, 18:00 为白天最高值, 其中处理 1 的叶水势始终高于处理 2, 3, 4 的叶水势, 但是使用保水剂的 4 组处理始终高于没有使用保水剂的对照组。对照与处理组相比差异显著, 山杏叶水势在午后基本没有回升现象, 一致维持在低水平上。

水势是反映植物组织水分状况和从周围环境吸水能力的一个重要生理指标^[19], 水势高低可以用来判断植物的受旱程度和抗旱能力^[20]。植物叶水势反映植物水分状况更直接, 大量的水分胁迫影响函数用叶水势来反映对水分胁迫的响应^[21]。大量试验表明植物叶水势与土壤含水量有良好的线性相关性^[22], 因此, 可以根据苗木叶水势的高低判断哪种处理有较好的蓄水保墒与水分吸收利用效果。通过观察不同处理山杏叶水势日变化趋势, 发现随着保水剂用量的增加, 山杏叶水势日变化的单峰形态越不明显, 水势日变化振幅越小, 叶水势维持较高水平, 说明一定量的保水剂应用可以使土壤有更充足的水分及时弥补山杏植株蒸腾损失的水分, 植株受土壤水分胁迫的程度降低。

2.2 不同处理对山杏根部氮磷钾含量的影响

作物生长对肥料养分需求比较大的是氮(N)、磷(P)、钾(K)三种肥料, 根部是作物重要吸收、合成、固定和支持器官, 土壤中水分和养分主要通过作物根系被吸收^[23]。氮是植物体内氨基酸的组成部分, 也是植物进行光合作用起决定作用的叶绿素的组成部分。磷肥能促进作物根系发达, 增强抗旱能力, 并促进糖分和淀粉的生成, 但过量使用对生长不利。钾对作物的主要作用是平衡氮、磷和其他营养元素, 调节植物的官能作用^[24]。

高含量保水剂处理 1(保水剂 20 g)的促进作用最明显, 山杏根部氮含量为 1.43 g/kg, 是同样复合肥含量对照组的 1.66 倍; 而低含量保水剂处理 4(保水剂 5 g)也出现明显促进作用, 是对照组的 1.17 倍。促进

作用随保水剂含量增高增大, 表现为处理 1(保水剂 20 g) > 处理 2(保水剂 15 g) > 处理 3(保水剂 10 g) > 处理 4(保水剂 5 g) > CK(保水剂 0 g)。此外, 不同处理对山杏根部磷含量有一定的抑制作用, 其中, 在处理 2 下(保水剂 15 g)磷含量达最低值 0.23 g/kg, 是对照组的 61%。不同处理对山杏根部钾含量的影响没有显著差异, 各处理下根部钾含量基本一致。

显然山杏根部的 N 有不同程度的提高, 且提高程度随保水剂含量增多而增大, 呈现出较明显的含量一效应关系, K 的含量基本一致没有明显变化, 而 P 的含量与对照相比略有降低。无论哪一种处理, 山杏根部 N, P, K 含量比例相近, $N > K > P$ 。这些表明在改善水分胁迫程度后, 山杏根部吸收氮的能力得到显著改善, 对 K 的吸收基本没有太大的改善, 而对于 P 的吸收有少量抑制作用, 呈现出保水剂使用量多的根部 P 的含量较低的趋势。

2.3 不同处理对山杏生物量的影响

生物量是植物有机物的积累量, 对一年苗木的生长情况能有一个总体的度量, 是衡量苗木生长状况的重要指标。对山杏生物量进行单因素方差分析和 LSD 多重比较结果如表 3 所示。山杏的总生物量在处理 1 下最高, 对照总生物量最低。不同处理之间山杏总生物量随保水剂用量的依次减少而降低。此外, 在不同处理之间, 地上部分生物量和地下部分生物量呈现出与总生物量相似的变化规律。根冠比反映了生物量在地上地下之间分配的关系, 分析不同处理间根冠比发现对照与 4 组处理有显著的差异, 对照的根冠比显著高于处理组的。这一方面反映了干旱时植株受到水分胁迫根系生长的干物质增多, 这是植物对干旱的一种适应性机制, 另一方面说明保水剂的保水作用明显, 在同样的降雨条件下山杏受水分胁迫的程度减弱。总体来说, 保水剂的应用对山杏生物量累积有显著的效用, 其中处理 1 是对照的 1.63 倍。

2.4 山杏叶水势与根部氮磷钾含量的相关性

植物叶水势更能直接反映植物水分情况, 大量的水分胁迫试验用叶水势来反映植物对干旱程度的响应而不是土壤含水量, 因此这里分析了植物平均叶水势与根部氮、磷、钾含量的关系, 以探明水肥的关系。通过对叶水势与根部氮、磷、钾含量的相关性分析发现, 叶水势与氮含量相关性非常显著 ($R = 0.95$), 而与磷和钾含量的没有太好的相关性, 相关系数分别为 0.06 和 0.76, 因此对叶水势和氮含量进行曲线拟合。图 2 中显示, 根部氮含量与叶水势总体上呈现很好的线性相关, 即随着叶水势的升高, 根部氮含量也呈升高趋势。

表3 不同处理对山杏地上生物量、地下生物量、总生物量及根冠比的影响

处理	地上部分生物量/g	地下部分生物量/g	总生物量/g	根冠比
1	46.28±2.31a	34.05±0.47a	80.33±1.96a	0.74±0.04d
2	40.85±1.44b	30.63±0.71bc	71.48±0.85b	0.75±0.04d
3	30.97±1.29c	27.60±0.86d	58.57±1.09c	0.89±0.06b
4	29.20±1.34c	27.50±0.96d	56.70±2.27ce	0.94±0.02b
CK	23.01±1.14d	32.56±1.36ac	55.57±0.72de	1.42±0.13a

注:表中数据是平均值±标准差,同一列相同字母差异不显著($p>0.05$),不同字母差异显著($p<0.05$)。

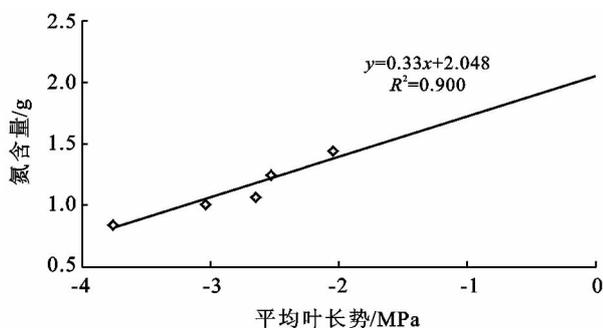


图2 山杏叶水势与根部氮含量的关系

3 讨论

水肥是农林业生产中的两个重要因子,之间的作用机制较为复杂。在干旱区,水分缺乏限制了作物生产力的提高,养分不足制约着作物对水分的高效利用。叶水势代表植物水分运动的能量水平,是衡量植物抗旱的重要生理指标。本研究中,在处理1(保水剂20g,复合肥5g)下,山杏叶水势最高,且各处理山杏叶水势均高于对照,说明在减轻植物受干旱胁迫方面,处理1的效果最好。保水剂改变了土壤供水方式,提高了水分利用率,在提高叶水势方面效果显著,这与张晓艳^[25],王婷^[26]的研究结果一致。此外,与对照相比,各处理山杏叶水势午后都开始明显回升,而对照组并没有回升趋势,可能是由于干旱胁迫下植物的生理活动受到了影响,崔建恒等^[27]的研究也有这样的报道。此外,土壤因干旱没有足够的水分及时弥补白天植物蒸腾损失的水分,受旱程度则越大。不同处理下的山杏根部氮磷钾含量有明显差异,同一种处理中氮含量显著高于磷钾含量,而不同处理之间氮含量也明显高于对照,且随保水剂用量增大而增大,此外,磷的含量随保水剂量增大反而降低。对钾含量的影响并不明显,各处理之间没有太大变化。说明在水分条件允许的情况下,植物对氮的需求量更大,此外,保水剂促进了氮肥的吸收利用^[28-29]。土壤水分的亏缺影响了土壤养分的运输,而磷肥含量的增加可能由于根系的伸长促进了磷肥的吸收。不同处理间的生物量差异显著,4种处理下地上和地下部分的生长显著

提高了山杏总生物量和地上部分生物量,而对照组地下部分生物量和根冠比也明显增高,因此,干旱胁迫导致作物干物质向根的分配比例升高,根冠比增大。

目前关于土壤含水量与氮磷钾营养元素的吸收的研究表明,氮磷钾的吸收与土壤含水量有良好相关性,土壤水分与叶水势有良好的线性关系,而对植物叶水势与氮磷钾含量的关系还鲜有报道。本研究发现山杏叶片水势与根部氮含量有显著相关性,随着叶水势升高,氮含量有明显升高趋势。

4 结论

(1) 保水剂与复合肥混施提高了山杏叶水势,且在本试验用量范围内随保水剂增大而增高。

(2) 保水剂的应用显著提高了山杏根部氮,对钾的含量基本无影响,对磷的含量有少量抑制作用;氮含量随保水剂用量的增多显著提高,在每株应用20g保水剂的条件下山杏根部氮含量是对照组的1.66倍。

(3) 应用保水剂后山杏生物量有了显著增加,呈现随用量增加的趋势;对照组根冠比显著高与处理组。

(4) 山杏叶水势与根部氮含量呈显著线性相关。

[参考文献]

- [1] 黄占斌,辛小桂,宁荣昌,等.保水剂在农业生产中的应用与发展趋势[J].干旱地区农业研究,2003,21(3):11-14.
- [2] 何绪生,何养生,邹绍文.保水剂作为肥料养分缓释载体的应用[J].中国土壤与肥料,2008(4):5-9.
- [3] Bowman D C, Evans R Y. Calcium inhibition of polyacrylimide gel hydration is partially reversible by potassium[J]. HortScience, 1999,26(8):1063-1065.
- [4] Johnson M S. The effects of gel forming polyacrylamides on moisture storage in sandy soil [J]. J. Sci. Food Agric., 1984,35(11):1196-1200.
- [5] 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.
- [6] Sojka R E, James A E, Jeffrey J F. The influence of high application rates of polyacrylamide on microbial metabolic potential in an agricultural soil[J]. Applied Soil Ecology

- gy, 2006(32):243-252.
- [7] Melissa E H, Michael D M, Phillip M F. Polyacrylamide added as a nitrogen source stimulates methanogenesis in consortia form various wastewaters [J]. *Water Research*, 2005, 39(14):333-334.
- [8] Walker P, Kelley T. Solids, organic load and nutrient concentration reductions in swine waste slurry using a polyacrylamide-aided solids flocculation treatment [J]. *Bioresource Technology*, 2003, 90(2):151-158.
- [9] 李长荣, 邢玉芬, 朱建康, 等. 高吸水性树脂与肥料相互作用的研究 [J]. *北京农业大学学报*, 1989, 15(2):187-191.
- [10] Shavit U, Reiss M, Shaviv A. Wetting mechanisms of gel-based controlled-release fertilizers [J]. *Journal of Controlled Release*, 2003, 88(1):1-13.
- [11] 杜建军, 苟春林, 崔英德, 等. 保水剂对氮肥挥发和氮磷钾养分淋溶损失的影响 [J]. *农业环境科学学报*, 2007, 26(4):1296-1301.
- [12] 何绪生, 廖宗文, 黄培钊, 等. 保水缓/控释肥料的研究进展 [J]. *农业工程学报*, 2006, 22(5):184-190.
- [13] 王百田, 马丰斌, 张府娥, 等. 凝胶状保水剂使用效果研究 [J]. *水土保持学报*, 2005, 19(2):65-68.
- [14] 杨永辉. 营养型抗旱保水剂与氮肥配施对土壤与作物的效应研究 [D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- [15] 王文静, 王百田, 吕钊, 等. 复合保水材料对苗木生长的影响 [J]. *生态学杂志*, 2012, 31(8):1961-1967.
- [16] 韦兰英, 袁维圆, 焦继飞, 等. 紫花苜蓿和菊苣比叶面积和光合特性对不同用量保水剂的响应 [J]. *生态学报*, 2009, 29(12):6772-6778.
- [17] 李娟, 彭镇华, 高健, 等. 干旱胁迫下黄条金刚竹的光合和叶绿素荧光特性 [J]. *应用生态学报*, 2011, 22(6):1395-1402.
- [18] 杨浩. 保水剂对黄绵土、褐土及沙土物理特性影响研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2011.
- [19] 黄子琛, 沈渭涛. 干旱区植物的水分关系与耐旱性 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000.
- [20] Mrema A F, Granhall U. Sennerby-forsse plant growth, leaf water potential, nitrogenase activity and nodule anatomy in *Leucaena leucocephala* as affected by water stress and nitrogen availability [J]. *Trees-Structure and Function*, 1997, 12(1):42-48.
- [21] 袁国富, 庄伟, 罗毅. 冬小麦叶片气孔导度模型水分响应函数的参数化 [J]. *植物生态学报*, 2012, 36(5):463-470.
- [22] 徐林娟, 徐正浩, 李舸, 等. 不同土壤水分供给下水稻叶水势的变化规律 [J]. *核农学报*, 2011, 25(3):553-558.
- [23] 李秧秧, 刘文兆. 土壤水分与氮肥对玉米根系生长的影响 [J]. *中国生态农业学报*, 2001, 9(1):13-15.
- [24] 徐振剑, 华培, 蔡典雄, 等. 农田水肥关系研究现状 [J]. *首都师范大学学报*, 2007, 28(1):83-88.
- [25] 张晓艳. 保水剂与不同外源物质的配比对植被生长影响研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2009.
- [26] 王婷. 复合保水新材料的试验研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2011.
- [27] 崔建恒, 周海燕, 张铜会. 沙地春玉米叶片水势与土壤水肥关系的研究 [J]. *中国沙漠*, 2000, 20:64-65.
- [28] 王新爱, 李永胜, 杜建军, 等. 保水剂在不同铵盐溶液体系中的吸水和吸附氨离子特征 [J]. *农业工程学报*, 2012, 28(7):117-123.
- [29] 寇太记, 张雅莉, 马继红, 等. 保水剂施用对丹参物质形成与养分利用的影响 [J]. *水土保持学报*, 2011, 25(6):64-67.

(上接第 218 页)

- [7] 汤喜春. 雨洪资源利用的必要性及其措施探讨 [J]. *湖南水利水电*, 2005(5):71-73.
- [8] 孙德威. 城市雨洪利用技术综述 [J]. *中国防汛抗旱*, 2010(1):32-36.
- [9] 王情, 张广录, 王晓磊, 等. 中国北方城市雨水资源利用探讨 [J]. *水资源保护*, 2009, 25(4):86-90.
- [10] 王永磊, 姜小平, 王德民, 等. 我国城市雨水利用技术及对策 [J]. *山东建筑工程学院学报*, 2006, 21(2):151-153.
- [11] 杜玉柱, 菅瑞卿. 吕梁市雨水利用的潜力分析及发展对策 [J]. *黄河水利职业技术学院学报*, 2006, 18(3):7-8.
- [12] 吴普特, 黄占斌, 高建恩, 等. 人工汇集雨水利用技术研究 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2002.
- [13] 邓风, 陈卫. 南京市居住区雨水利用探讨 [J]. *中国给水排水*, 2003, 19(5):95-97.
- [14] 任雅娴. 湛江市雨洪利用潜力分析 [J]. *水利水电快报*, 2008, 29(S):56-58.
- [15] 孙慧修. 排水工程. 上册 [M]. 4 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999:63-81.