
研究
简报

陕北黄土丘陵沟壑区苹果叶片的吸水能力

白岗栓^{1,3}, 沙磊², 李晶晶¹, 张蕊⁴, 杜社妮^{1,3}

(1. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国石油长庆油田分公司 第五采气厂, 内蒙古 乌审旗 017312; 3. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 4. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 为了明确苹果叶片的吸水性能, 评价苹果树冠截留及叶片的抗病能力, 利用吸水纸吸水和湿棉纱布供水, 在陕北黄土丘陵沟壑区测定了富士、秦冠苹果叶片正面、背面及双面的吸水能力。结果表明, 2 个苹果品种叶片正面、背面、双面的吸水量均随吸水时间的延长而增加, 呈一元三次多项式关系; 吸水速率则随吸水时间的延长而降低, 其中叶片正面的吸水速率与吸水时间均呈一元四次多项式关系, 背面、双面均呈一元三次多项式关系, 且秦冠叶片正面的吸水速率与吸水时间的相关性较差。富士苹果叶片的正面、背面和双面在 0~80 min 内吸水量及吸水速率较大; 秦冠苹果叶片的背面和双面在 0~60 min 内较大, 正面在 0~240 min 内变化较小。两个品种叶片的吸水量及吸水速率均表现为双面最高, 背面居中, 正面最低。富士苹果叶片正面、背面、双面的最大吸水量、最大吸水速率均高于秦冠。

关键词: 黄土丘陵沟壑区; 苹果叶片; 吸水量; 吸水速率

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)05-0092-04

中图分类号: S661.1

Water Absorbing Capacity of Apple Leaves in Loess Hilly and Gully Region of Northern Shaanxi Province

BAI Gang-shuan^{1,3}, Sha Lei², LI Jing-jing¹, ZHANG Rui⁴, DU She-ni^{1,3}

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. The No. 5 Gas Production Plant, Petrochina Changqing Oilfield Company, Wushenqi, Inner Mongolia, 017312, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 4. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to clarify the water absorbing capacity of apple leaves and evaluate the crown interception capability and disease resistance of apple leaves, water absorbing quantity and water absorbing rate of front, back and two-side leaves of Fuji and Qinguan apple varieties had been measured using absorbent paper and wet cotton gauze in the loess hilly and gully region of Northern Shaanxi Province. Results showed that the water absorbing quantities of front, back and two-side leaves of two apple varieties increased with absorbing time, presenting a cubic polynomial relation. Water absorbing rates decreased with absorbing time, of which the relationship between water absorbing rate and water absorbing time for the front leaves of two apple varieties presented a quartic polynomial and the back, the two-sided leaves, a cubic polynomial. Furthermore, water absorbing rate and absorbing time for the front leaves of Qinguan apple had a poor correlation. The front, back and two-sided leaves of Fuji apple had larger water absorbing quantity and water absorbing rate 80 min after absorbing. The back and two-side leaves of Qinguan apple had larger water absorbing quantity and water absorbing rate 60 min after absorbing, and water absorbing quantity and water absorbing rate of front leaves had little change 240 min after absorbing. The water absorbing quantity and water absorbing rate of two apple varieties leaves were the highest for the two-side leaves, the middle for the back leaves, and the lowest for the front leaves. The maximum water absorbing quantity and maximum water absorbing rate of the front, back and two-side leaves of Fuji apple were higher than Qinguan apple.

Keywords: loess hilly and gully region; apple leaves; water absorbing quantity; water absorbing rate

收稿日期: 2012-11-24

修回日期: 2013-01-17

资助项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目“黄土丘陵沟壑区水土保持与高效农业关键技术集成与示范”(2011BAD31B05); 国家自然科学基金项目“黄土丘陵区小流域大气降水—土壤—地下水转化行为机理研究”(41171421)

作者简介: 白岗栓(1965—), 男(汉族), 陕西省富平县人, 研究员, 主要从事果树栽培及保水剂应用方面的研究。E-mail: gshb@nwsuaf.edu.cn.

陕北黄土丘陵沟壑区是黄土高原水土流失最严重的区域^[1],随着退耕还林的持续进行,已成为陕西省第二大优质苹果(*Malus pumila*)生产基地^[2]。黄土丘陵沟壑区苹果栽培以乔化为主,树冠高大,可截留降水,减少地表径流,对果园水土保持有着积极的意义。叶片吸水能力往往影响树冠的截留量^[3-4],是植物耐旱性的一个重要指标^[5],但叶片吸附水分较多,易引起病害发生。不同树种及相同树种不同个体叶片的持水性主要与其生理特征密切相关^[6-7]。热带雨林附生与非附生植物叶片对雾水均具有一定的吸收作用^[8-9]。刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、臭椿(*Ailanthus altissima*)、杨树(*Populus*)叶片的吸水量、吸水速率与浸水时间密切相关^[10],但有关苹果叶片吸水能力未见报道。测定苹果叶片的吸水量及吸水速率,可为树冠截流及叶片抗病提供分析依据。

1 采样园自然概况与研究方法

1.1 采样园自然概况

采样园位于陕北黄土丘陵沟壑区安塞县县南沟流域皮塌自然村,海拔 1 270~1 290 m,坡向南偏东 12°,坡度 15°。该地年均气温 8.9 °C,≥10 °C 活动积温 3 171.2 °C,降水量 540 mm 左右,蒸发量 1 000 mm 左右,为暖温带半干旱气候区。该园土壤为黄绵土,厚度 90~110 m。耕层土壤田间持水量为 197.3 g/kg,土壤体积质量为 1.17 g/cm³。整地方式为大鱼鳞坑,无灌溉条件。

1.2 材料与方法

采样园主栽品种为富士,授粉品种为秦冠,砧木为新疆野苹果(*Malus sieversii*),面积 2.1 hm²,1986 年定植,为盛果期,株行距为 4.0 m × 5.0 m,东西行向,品字形栽植。试验树高 410~420 cm,树干直径 18~20 cm,冠幅 410~440 cm,冠层高度 320~340 cm,开心形。试验树树势较强,外围延长枝长 20~30 cm,直径 0.45~0.55 cm,前 3 a 平均单株产量为 150 kg 左右。

采样于 2012 年 7 月 24 日 15:0—16:0 时进行,天气晴朗,采样前 7 d 无降水过程。根据生物量、枝条的显著差异程度以及取样的可行性程度^[11],富士、秦冠各随机选取 6 株,在树冠外围中部的延长枝上选取 3~5 节位的完整无损、大小均匀的叶片,保证叶片鲜重在 900 g 左右,装入密封袋内,并立即用 1/1 000 的电子天平称其总鲜重。

用 1/1 000 电子天平将每一品种的叶片分为 3 等分,按叶片正面、背面和双面进行测试。叶片正面、

背面吸水是将 3 层干燥的吸水纸平铺于长方形托盘中,将叶片按正面、背面朝上平铺于干燥吸水纸上,将湿透(用蒸馏水浸湿)、干净的棉纱布(手轻握出水,提起不滴水)折叠 6 层后平铺于叶片上,保证叶片充分吸水;叶片双面吸水,测试时首先将湿透、干净的棉纱布折叠 6 层后平铺于长方形托盘中,然后将 1/2 叶片正面朝上、1/2 叶片背面朝上平铺于湿棉纱布上,最后将另一块湿透、干净的棉纱布折叠 6 层后平铺于叶片上。叶片吸水 0~2 h 采用 20 min 的时间间隔,2 h 后采用 30 min 的时间间隔进行称重。称重前用干燥的吸水纸将叶片表面水分吸附干净,并用电热风将叶片正面、背面各吹 30 s,称重后再重新吸水,直到叶片质量不再增加。叶片吸水量、吸水速率的计算公式如下:

$$\begin{aligned} \text{叶片吸水量 (g/g)} &= [\text{吸水叶片鲜重 (g)} - \\ &\quad \text{供试叶片鲜重 (g)}] / \text{供试叶片鲜重 (g)} \\ \text{叶片最大吸水量 (g/g)} &= [\text{吸水叶片最大鲜重 (g)} - \\ &\quad \text{供试叶片鲜重 (g)}] / \text{供试叶片鲜重 (g)} \\ \text{叶片吸水速率 [g/(g} \cdot 60\text{min)]} &= \\ &\quad \text{叶片吸水量 (g/g)} / \text{吸水时间 (min)} \\ \text{叶片最大吸水速率 [g/(g} \cdot 60\text{min)]} &= \\ &\quad \text{叶片最大吸水量 (g/g)} / \text{吸水时间 (min)} \end{aligned}$$

1.3 数据处理

采用 Excel 2010 软件对数据进行相关性分析和回归方程的显著性检验。

2 结果与分析

2.1 叶片吸水量

富士叶片正面、背面及双面的最大吸水量分别为 0.498, 0.619 和 0.657 g/g,均在 0~80 min 内吸水量较大,分别达到最大吸水量的 81.65%, 75.06% 和 82.87%,之后随着时间的延长缓慢上升。富士叶片正面、背面的最大吸水量分别为双面的 75.79% 和 94.20%,正面极显著 ($p < 0.01$) 低于背面,背面显著 ($p < 0.05$) 低于双面(图 1)。

秦冠叶片正面、背面及双面的最大吸水量分别为 0.295, 0.428, 0.494 g/g,秦冠叶片背面、双面在 0~60 min 内吸水量分别达到最大吸水量的 94.74%, 91.89%,而正面叶片在 0~230 min 内变化幅度较小,在 0~60 min 内,仅达到最大吸水量的 28.47%。秦冠叶片正面、背面的最大吸水量分别为双面的 59.68% 和 86.59%,正面极显著低于背面,背面极显著低于双面(图 1)。

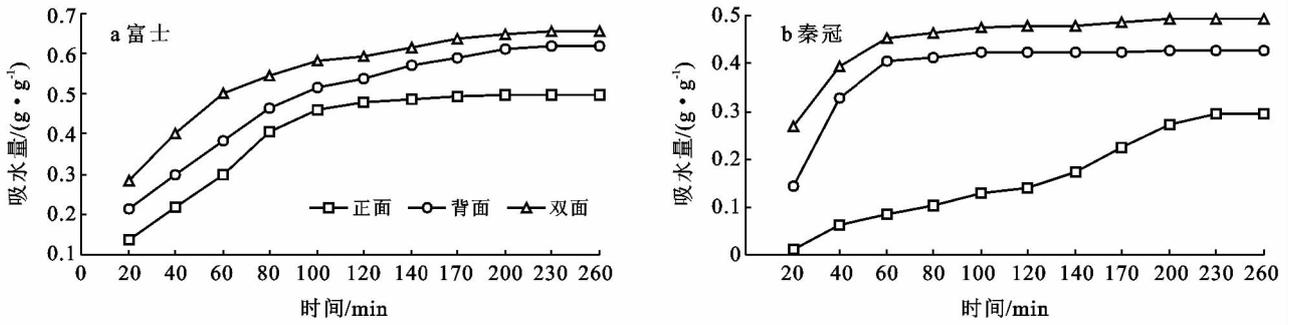


图 1 两个苹果品种叶片的吸水量

富士叶片正面、背面及双面的最大吸水量分别为秦冠叶片的 168.88%, 144.68% 和 132.99%, 均极显著高于秦冠。富士、秦冠叶片正面、背面、双面吸水量与吸水时间的决定系数 R^2 均大于 0.90, 达到极显著相关。

(1) 富士叶片吸水量与吸水时间的关系。

$$\text{正面: } y = 0.0005x^3 - 0.0168x^2 + 0.1894x - 0.1953 \quad (R^2 = 0.9886)$$

$$\text{背面: } y = 0.0003x^3 - 0.0116x^2 + 0.1511x - 0.0485 \quad (R^2 = 0.9976)$$

$$\text{双面: } y = 0.0008x^3 - 0.0210x^2 + 0.2029x - 0.0381 \quad (R^2 = 0.9945)$$

(2) 秦冠叶片吸水量与吸水时间的关系。

$$\text{正面: } y = -0.0008x^3 + 0.0021x^2 + 0.0132x - 0.0079 \quad (R^2 = 0.9793)$$

$$\text{背面: } y = 0.0014x^3 - 0.0346x^2 + 0.2724x - 0.2479 \quad (R^2 = 0.9432)$$

$$\text{双面: } y = 0.0009x^3 - 0.0230x^2 + 0.1868x - 0.0033 \quad (R^2 = 0.9614)$$

2.2 叶片吸水速率

富士苹果叶片正面、背面、双面的吸水速率均在吸水 0~20 min 内最高, 分别为 0.045, 0.078, 0.092 g/(g·60 min)。富士苹果叶片正面、背面的最大吸水速率分别为双面的 48.80% 和 85.14%, 正面极显著低于背面, 背面极显著低于双面。富士苹果叶片背面、双面的吸水速率在 20~40 min 内迅速降低, 40~120 min 内缓慢降低, 而正面在 0~80 min 在 0.030 g/(g·60 min) 左右震荡; 80~120 min 降低幅度较大。富士苹果叶片正面、背面、双面的吸水速率在 120 min 后维持在较低的水平(图 2)。

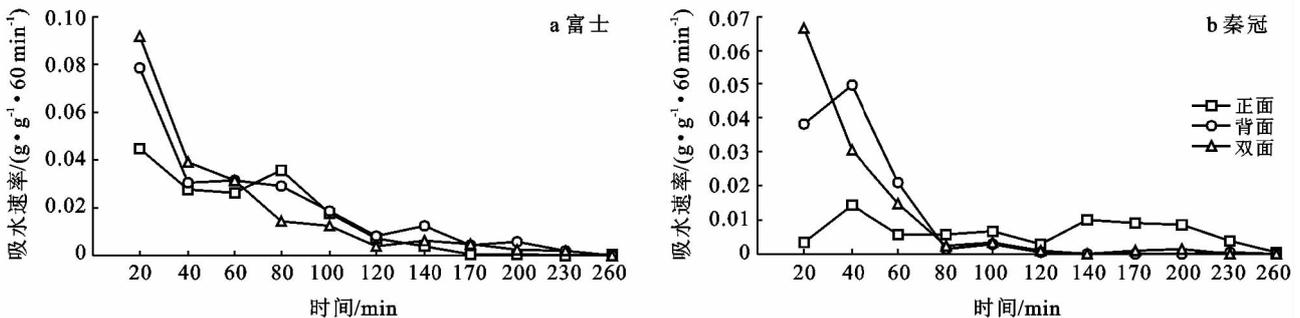


图 2 两个苹果品种叶片的吸水速率

秦冠苹果叶片正面、背面的最大吸水速率均在 20~40 min 内最高, 分别为 0.014 和 0.050 g/(g·60 min), 双面的最大吸水速率在 0~20 min 内最高, 为 0.067 g/(g·60 min)。秦冠苹果叶片正面、背面的最大吸水速率分别为双面的 21.34% 和 75.03%, 正面极显著低于背面, 背面极显著低于双面。秦冠苹果叶片双面的吸水速率在 20~80 min 内降低较快, 背面在 40~80 min 内降低较快, 之后双面、背面的吸水速率均维持在较低的水平。秦冠苹果叶片正面的吸水速率存在两个高峰, 一是在 20~40 min, 另一在 140

~200 min, 与背面、双面的规律不同(图 2)。

秦冠苹果叶片正面、背面、双面的最大吸水速率均低于富士, 分别为富士苹果的 31.62%, 63.73% 和 72.31%, 均极显著低于富士。

富士叶片正面、背面、双面的吸水速率与吸水时间的决定系数 R^2 均大于 0.90, 达到极显著相关水平。秦冠叶片仅双面的吸水速率与吸水时间的决定系数 R^2 大于 0.90, 正面的决定系数 R^2 仅为 0.5046, 与吸水时间相关程度较低。

(1) 富士苹果叶片吸水速率与吸水时间的关系式。

$$\text{正面: } y = 0.000\ 01x^4 - 0.000\ 2x^3 + 0.001\ 4x^2 - 0.01x + 0.057\ 2 \quad (R^2 = 0.900\ 4)$$

$$\text{背面: } y = -0.000\ 2x^3 + 0.004\ 8x^2 - 0.042\ 4x + 0.136\ 4 \quad (R^2 = 0.904\ 0)$$

$$\text{双面: } y = -0.000\ 3x^3 + 0.007\ 9x^2 - 0.067\ 0x + 0.189\ 9 \quad (R^2 = 0.962\ 6)$$

(2) 秦冠苹果叶片吸水速率与吸水时间的关系式。

$$\text{正面: } y = -0.000\ 03x^4 + 0.000\ 8x^3 - 0.007\ 3x^2 + 0.026\ 8x - 0.024\ 7 \quad (R^2 = 0.504\ 6)$$

$$\text{背面: } y = -0.000\ 06x^3 + 0.002\ 3x^2 - 0.025\ 7x + 0.090\ 6 \quad (R^2 = 0.842\ 7)$$

$$\text{双面: } y = -0.000\ 3x^3 + 0.007\ 1x^2 - 0.058\ 7x + 0.154\ 2 \quad (R^2 = 0.982\ 0)$$

3 讨论

自然状态下树木叶片的吸水过程主要受降雨强度、风速、风向、季节等环境因素影响^[4,9,12]。本研究将苹果叶片置于湿透的棉纱布下,同一品种叶片正面、背面及双面的吸水能力主要与叶片结构密切相关。叶片正面附有蜡质角质层,不易吸附水分,且其叶肉细胞为栅栏组织,细胞呈圆柱形,排列整齐,水分不易通过;叶片背面附有绒毛,扩大了叶片的表面积,易吸附水分,且其叶肉细胞为海绵组织,细胞形状不规则,排列较疏松,水分易通过;叶片背面气孔分布密度远大于正面,而气孔是叶片与外界水分交换的主要通道,水分易通过气孔进入叶片,因而叶片正面吸水量、吸水速率较低,背面较高。由于叶片正面、背面均可吸水,因而双面的吸水量、吸水速率大于背面及正面。两个苹果品种的叶片相比,富士叶片背面绒毛多,叶片正面蜡质角质层薄,比叶面积大,因而富士叶片正面、背面、双面的吸水量、吸水速率均高于秦冠。

测试前 7 d 没有降水过程,采样又在午后,叶片的含水量处于亏损状态,因而富士、秦冠叶片背面、双面及富士苹果叶片正面均在吸水初期,叶片的吸水量、吸水速率高。当吸水高峰过后,为了满足叶片组织的水分饱和,满足液泡伸长和叶片内含物的一些生化反应,叶片继续吸水,但需水量少,故其吸水速率显著降低。由于秦冠苹果叶片正面的蜡质角质层厚,比叶面积小,因而其叶片正面的吸水速率缓慢增加,吸水高峰不大明显。

富士、秦冠叶片的吸水量、吸水速率与吸水时间的关系与西双版纳地区附生与非附生植物叶片和黄土丘陵沟壑区刺槐、臭椿、杨树叶片的吸水规律基本相同^[9-10],但富士、秦冠叶片的吸水量、吸水速率与吸水时间呈多项式关系,而附生与非附生植物、刺槐、臭

椿、杨树呈自然对数或幂指数关系,这可能与附生与非附生植物的叶片测试时采用喷雾法供水,刺槐、臭椿、杨树的叶片采用浸水法供水,而富士、秦冠叶片采用湿透的棉纱布供水有关。

湿透的棉纱布供水条件下苹果叶片的吸水量、吸水速率可反映其在实际降雨过程中潜在的吸水能力,富士苹果叶片的吸水量较大、吸水速率较高,说明富士苹果叶片对降雨的吸附作用大,降低雨滴对地表土壤的打击力强,水土保持功能应较大,但叶片吸水量大,吸水速率高,易引起叶片病害的发生。一般情况下苹果叶片正面的病害发生较背面少,应与正面的吸水量小且吸水速率较低有密切关系。富士苹果叶片的早期落叶病(*Diplocarpon mali* 或 *Marssonina mali*; *Alternaria alternaria* f. sp. *mali*; *Diplocarpon mali harada et sawamura* 或 *Phyllosticta pirina*; *Phyllosticta solitaria*)、锈病(*Gymnosporangium yamadai*)等病害较秦冠苹果易发生,与其叶片的吸水速率高,吸水量大应有一定的关系。

4 结论

(1) 在湿透棉纱布供水及干燥吸水纸吸水条件下,富士、秦冠苹果叶片正面、背面、双面的吸水量均随吸水时间的延长而增加,吸水速率则降低,与吸水时间呈显著性相关。

(2) 富士苹果叶片正面、背面、双面在 0~80 min 吸水量、吸水速率较大,秦冠苹果叶片背面、双面在 0~60 min 吸水量、吸水速率较大,正面在 0~240 min 内变化缓慢。两个品种叶片正面、背面、双面的最大吸水量及吸水速率均表现为双面最高,背面居中,正面最低。

(3) 富士苹果叶片正面、背面、双面的最大吸水量、最大吸水速率均高于秦冠苹果叶片。

[参 考 文 献]

- [1] 李智广,曹炜,刘秉正,等. 我国水土流失状况与发展趋势研究[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(1): 57-62.
- [2] 白岗栓,杜社妮,李明霞,等. 影响“山地苹果”发展的因素分析[J]. 生态经济, 2010(4): 60-64.
- [3] Dykes A P. Rainfall interception from a lowland tropical rainforest in Brunei [J]. Journal of Hydrology, 1997, 200(1): 260-279.
- [4] 王馨,张一平. 西双版纳热带季节雨林与橡胶林林冠的持水能力[J]. 应用生态学报, 2006, 17(10): 1782-1788.
- [5] 何明珠,王辉,陈智平. 荒漠植物持水力研究[J]. 中国沙漠, 2006, 26(3): 403-408.

(下转第 108 页)

表 4 不同比例再生水滴灌对黄瓜的瓜长、单瓜重和产量的影响

处理	瓜长/cm	单瓜重/g	产量/(kg·hm ⁻²)
T ₁	23.07±1.62a	172.37±7.95a	37 138.95±180.14a
T ₂	20.80±1.31ab	170.20±2.89a	35 545.50±56.56ab
T ₃	20.73±1.79ab	168.67±1.76a	32 846.55±182.78bc
T ₄	19.80±2.45b	167.53±4.51a	30 577.50±55.27c
C	20.43±1.03ab	168.30±9.27a	33 658.95±156.77abc

3 结论

结合以往研究结果,再生水滴灌的优势除提高土壤有机质和植物必需的全氮、全磷等基础营养外,更重要的可能是其丰富的微量营养元素,为作物生长和产量形成提供更为适宜的土壤生物环境^[12]。因此在本研究中,和正常施肥的全部地下水灌溉的对照处理相比,在不施肥的情况下,全部采用再生水滴灌处理对黄瓜的生长发育和产量形成,均表现出一定的促进作用,这与前人研究结果类似^[6]。而其他较小比例的再生水滴灌处理,由于也不进行施肥,所以黄瓜生长指标和产量表现出和对照相当或者略低的水平。由此可以得出,只要农艺措施、灌溉制度适当,可以采取全部再生水滴灌,或者采用一定比例再生水灌溉和适当施肥相结合的方式,进行黄瓜的种植。

同时,值得注意的是,再生水中的污染物在土壤中还是有一定的富集,尤其是全部采用再生水滴灌灌溉的情况下,其对土壤环境和植物生长发育、产量和品质形成也存在一定的负面影响^[12-13],至于其影响程度和时效还需通过长期的试验做进一步的观察和研究。

[参 考 文 献]

[1] 焦志华,黄占斌,李勇,等.再生水灌溉对土壤性能和土

壤微生物的影响研究[J].农业环境科学学报,2010,29(2):319-323.

- [2] 裴亮,刘慧明,王理明.农业再生水灌溉现状及发展对策分析[J].生态经济,2012(1):152-155.
- [3] 裴亮,颜明,陈永莲,等.再生水灌溉环境生态效应研究进展[J].水资源与水工程学报,2012,23(3):5-21.
- [4] 彭致功,杨培岭,王勇,等.再生水灌溉对草坪土壤速效养分及盐碱化的效应[J].水土保持学报,2006,20(6):84-88.
- [5] 宝哲,杨培岭,任树梅,等.模拟再生水灌溉下污灌土壤中盐分离子交换运移的试验研究[J].农业环境科学学报,2009,28(1):101-106.
- [6] 吴文勇,许翠平,刘洪禄,等.再生水灌溉对果菜类蔬菜产量及品质的影响[J].农业工程学报,2010,6(1):36-40.
- [7] Munir J, Mohammad R, Hinnawi S, et al. Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters[J]. Desalination, 2007,215(1/3):143-152.
- [8] Oron G, Campos C, Gillerman L, et al. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities[J]. Agricultural Water Management, 1999,38(3):223-234.
- [9] 万书勤,康跃虎,刘士平.华北平原滴灌灌溉频率对萝卜生长的影响[J].灌溉排水学报,2003,22(2):26-30.
- [10] 刘洪禄,吴文勇,师彦武,等.北京市再生水利用潜力与配置方案研究[J].农业工程学报,2006(S2):289-291.
- [11] 裴亮,张体彬,陈永莲,等.农村生活污水再生水滴灌对根际土壤特性的影响研究[J].灌溉排水学报,2012,31(4):42-45.
- [12] 吴文勇,刘洪禄,郝仲勇,等.再生水灌溉技术研究现状与展望[J].农业工程学报,2008,24(5):302-306.
- [13] 裴亮,蒋树芳,刘士平,等.再生水灌溉水处理工艺及灌溉技术要求研究[J].水利水电技术,2012,43(1):93-97.

(上接第 95 页)

- [6] 杨跃军,孙向阳,王保平,等.泡桐叶片的水分特征研究[J].北京林业大学学报,1999,21(6):28-34.
- [7] 王孟本,李洪建,柴宝峰.晋西北小叶杨林水分生态的研究[J].生态学报,1996,16(3):232-237.
- [8] 刘文杰,张一平,马友鑫,等.森林内雾水的水文和化学效应研究现状[J].林业科学,2005,41(2):141-146.
- [9] 郑玉龙,冯玉龙.西双版纳地区附生与非附生植物叶片对雾水的吸收[J].应用生态学报,2006,17(6):977-981.
- [10] 李晶晶,白岗柱,张蕊.陕北丘陵沟壑区常见树种叶片吸水性能研究[J].中国水土保持科学,2013,11(1):99-102.
- [11] 郑征,刘宏茂,刘伦辉,等.西双版纳原始热带季节雨林生物量研究[J].广西植物,1999,19(4):309-314.
- [12] 卢洪健,李金涛,刘文杰.西双版纳橡胶林枯落物的持水性能与截留特征[J].南京林业大学学报:自然科学版,2011,35(4):67-73.