

典型农田生态系统水源涵养服务流量过程研究

李士美^{1,2}, 谢高地²

(1. 青岛农业大学 园林与林学院, 山东 青岛 266109; 2. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘 要:以中国生态系统研究网络定位监测数据为基础,比较分析了典型农田生态系统水源涵养服务流量过程。结果表明:农田生态系统的水源涵养服务可以分为现实水源涵养服务和潜在水源涵养服务;栾城和禹城农田生态系统的水源涵养服务流量均呈现显著性的季节变异;栾城和禹城农田生态系统的现实水源涵养量分别在 70.02~136.99 mm 和 70.10~142.02 mm 之间波动;栾城农田的潜在水源涵养量在 0.05~67.02 mm 之间波动,而禹城农田的潜在水源涵养量变异较大。

关键词:农田;水源涵养服务;流量过程

中图分类号:Q 149 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)04-0193-04

农田生态系统是地球上重要的生态系统之一。随着全球生态环境的恶化,农田生态系统的功能已经从单

第一作者简介:李士美(1981-),男,山东鄄城人,博士,讲师,研究方向为生态系统功能与服务。E-mail:li_shimei@163.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30770410,31070384);国家重点基础研究发展计划资助项目(2009CB421106)。

收稿日期:2013-10-24

纯的农业生产拓展为除农业生产外,还为当地和周边居民提供必不可少的生态系统服务,如气体调节、涵养水分、净化水质、保持土壤、维持生物多样性等^[1-2]。1997年 Costanza 等《全球生态系统服务与自然资本的价值》在 Nature 发表以来,越来越多研究者开始重视生态系统服务价值的研究,其中涉及农田生态系统服务价值的研究越来越多,主要集中于农产品供给、碳汇、土壤保持与

[12] 张振贤. 蔬菜栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.

[13] 王雅丽,苏淑芳,程爱荣,等. 观赏蔬菜在温室园景中的应用探讨[C]. 濮阳市首届学术年会论文,2006:181-183.

[14] 王化. 美国蔬菜无土栽培技术[J]. 中国蔬菜,1989(1):49-51.

[15] 张建国,贾晓航. 蔬菜无土栽培概述[J]. 北方园艺,1993(2):2-29.

[16] Dayan E, Van Keulen H, Jones J W, et al. Development, calibration and validation of a greenhouse tomato growth model [J]. Agricultural

Systems, 1993, 43:145-163.

[17] Calvert A, Hussey G. Growth and development in the young tomato [J]. Exp Bot, 1963, 14:316-325.

[18] Hevelink E. Growth, development and yield of a tomato crop: Periodic destructive measurements in a greenhouse [J]. Science Horticulture, 1995, 10 (61):77-99.

Study on Efficient Pipeline Cultivation Technology and Production Mode of Cherry Tomato in Urban Roof Environment

ZHAO Ying-lei¹, SHI Lu², WANG Hua-sen³, WU Li-jun³, WEI Fang-fang²

(1. Vegetable Institute, Hangzhou Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou, Zhejiang 311300; 2. Agriculture and Food Science School, Zhejiang Agricultural and Forestry University, Lin'an, Zhejiang 311300; 3. Station for Detection of Agricultural Products, Agriculture Technology Extension Center of Lin'an City, Lin'an, Zhejiang 311300)

Abstract: Taking PVC pipeline with solid substrates on idle urban roof as material, with 'Jintong' cherry tomato as object, the efficient pipeline cultivation technology and the best production mode of cherry tomato in urban roof environment were studied. The results showed that in the PVC pipeline (2 m length, 200 mm diameter, 300 mm distance from the planting holes) with solid substrates containing 20 g Ca(NO₃)₂, 10 g KNO₃, 14 g KH₂PO₄, 10 g urea and 100 mL trace elements at one time, the growth vigor, quality, fertilizer and water use efficiency could reach the best, and the output could reach 23 211.6 yuan per 667 m².

Key words: cherry tomato; urban roof; PVC pipeline cultivation; mode

养分循环、水份调节等功能与价值的静态评价^[2]。生态系统服务是一个流量过程,即生态系统服务随着时间呈动态变化。然而,迄今为止,对生态系统服务流量过程的研究工作仍然较薄弱^[3-5],正是由于在局地 and 区域尺度上对生态系统服务流量过程的认知不足,导致无法形成一套系统方法来规划生态系统服务^[5]。因此,局地尺度上的生态系统服务流量过程研究意义重大,有利于加强生态系统服务形成机理的认知,同时为生态系统服务保护工作提供依据。

目前,关于农田生态系统服务评估中,核算水源涵养价值的成果较多,但是缺少基于小尺度上的农田水源涵养服务的动态机理和过程研究。关于农田生态系统水源涵养服务的计量主要有土壤蓄水能力法^[6]、水量平衡法^[7]、差值法^[8]等方法,其中,以土壤蓄水能力法的应用最为普遍。然而,现有的土壤蓄水能力法核算的只是农田土壤非毛管空隙涵养水分的最大能力,不能反映农田生态系统的涵养水分能力的动态过程。据此,基于农田生态系统的典型性和数据状况,现依据中国生态系统研究网络(CERN)所属 2 个农田站的土壤水分监测动态资料,分析了农田生态系统水源涵养服务的动态过程,以期揭示农田生态系统水源涵养服务的形成机理提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在山东省禹城农业综合试验站(YCA)、河北省栾城农业生态试验站(LCA)进行。禹城综合试验站,位于山东省禹城市,北纬 36°40′~37°12′,东经 116°22′~116°45′。该站所在地区的自然条件和农业生产水平在黄淮海平原(华北平原)具有代表性和典型性。禹城站作物种植制度以冬小麦/夏玉米轮作“一年两熟”制。从自然条件和种植制度看,该站所在地在华北平原具有典型性。河北省栾城农业生态试验站,地处河北省栾城县,北纬 37°53′,东经 114°40′,位于太行山山前平原,为华北地区典型高产农区,种植制度为冬小麦-夏玉米“一年两熟”制,该站代表了华北平原北部典型潮褐土高产农

业生态类型。

1.2 试验材料

基础数据由中国生态系统研究网络(CERN)提供,数据生产者为禹城农业综合试验站(YCA)、栾城农业生态试验站(LCA)。数据项目为 0~60 cm 农田中子仪土壤含水量。农田土壤水分特征参数为文献数据^[9-10]。

1.3 试验方法

农田土壤中的水分,并不是全部能被植物的根系吸收利用,只有介于凋萎系数和田间持水量的部分才能被作物利用,这部分水分称之为农田生态系统有效涵养水源量。其中,农田生态系统有效涵养水源量可以细分为现实水源涵养量和潜在水源涵养量。分别用下式计算:

$$W_r = W_i - W_w \quad (\text{公式 1}),$$

$$W_p = W_c - W_i \quad (\text{公式 2}).$$

式中, W_r 为农田生态系统现实水源涵养量(mm); W_i 为*i*时期的农田土壤自然含水量(mm); W_w 为凋萎系数(mm),即当植物产生永久凋萎时的土壤含水量; W_p 为农田生态系统的潜在水源涵养量(mm); W_c 为农田田间持水量(mm),即土壤所能稳定保持的最高土壤含水量,是对作物有效的最高的土壤水含量。

由于农田生态系统水源涵养服务的主要是当地实现,该研究将农业灌溉用水的价格作为农田生态系统水源涵养服务的基准影子价格,并根据作物的需水规律对此价格予以浮动。

2 结果与分析

2.1 农田生态系统水源涵养服务流量过程

由图 1 农田生态系统逐旬现实水源涵养量流量过程可以看出,栾城和禹城农田生态系统的水源涵养服务流量均呈现显著性的季节变异。栾城冬小麦-夏玉米农田生态系统的凋萎系数和田间持水量分别为 11.85% 和 34.69%,对应的现实水源涵养量的最大值为 136.99 mm,最小值为 70.02 mm。在作物关键生育期,由于农田灌溉水分的输入,农田生态系统的现实水源涵养量骤增,农田土壤含水量接近田间持水量。禹城冬小麦-夏玉米农田生态系统的凋萎系数和田间持水量

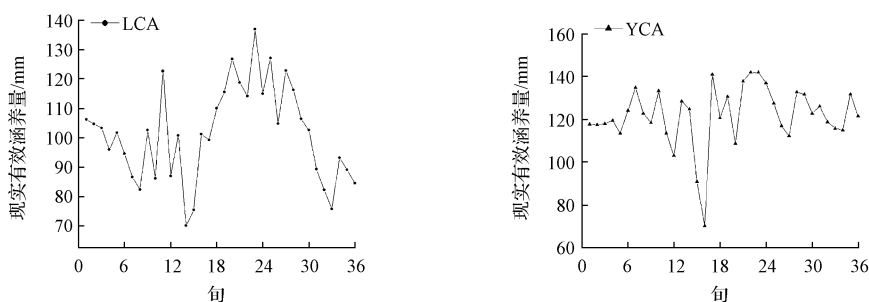


图 1 农田生态系统现实水源涵养量流量过程

均小于栾城农田生态系统。禹城农田生态系统的现实水源涵养量在 70.10~142.02 mm 之间波动,需要注意的是,8 月上、中旬,禹城农田土壤自然含水量大于田间持水量,这主要是由于禹城 8 月 2 日和 8 月 7 日的 2 次强降雨,造成农田土壤毛管全部饱和。

由图 2 农田生态系统潜在水源涵养量的流量过程可以看出,潜在水源涵养量呈现与现实水源涵养量相反的变化趋势,栾城农田的潜在水源涵养量在 0.05~

67.02 mm 之间波动,而禹城农田的潜在水源涵养量变异较大,8 月上、中旬由于农田灌溉,土壤水分含量大于田间持水量,农田生态系统的潜在水源涵养量为 0。而在 6 月上旬,农田生态系统的潜在水源涵养量为 71.92 mm,这主要由于 5 月下旬至 6 月上旬,农田蒸散量大,而降水较少,造成 6 月上旬的农田土壤体积含水量仅为 19.68%。

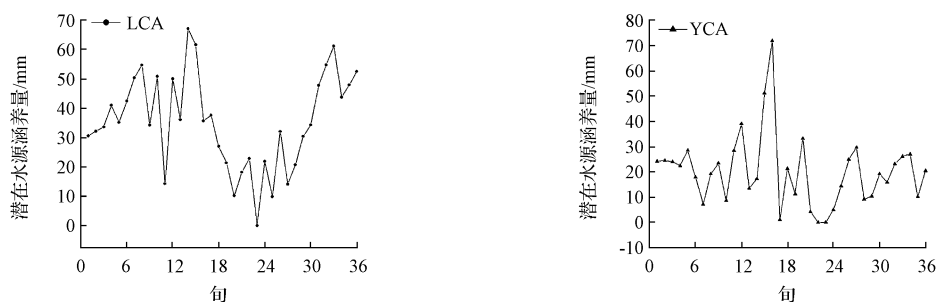


图 2 农田生态系统潜在水源涵养量流量过程

2.2 农田生态系统水源涵养服务价值流量过程

农田生态系统水源涵养服务直接影响作物对土壤水分的吸收和利用。冬小麦全生育期中有 2 个水分最敏感时期,即拔节-孕穗期和扬花-灌浆期,夏玉米的关键生育期为拔节-抽雄和灌浆到成熟。该研究将关键生育期的农田生态系统水源涵养服务价格上浮 20%,并将农业灌溉用水的价格作为基准价格。河北、山东 2 省农业灌溉用水价格分别为 0.17、0.15 元/m³[11]。

图 3 表明,栾城和禹城冬小麦-夏玉米农田生态系

统的现实水源涵养服务价值均呈现显著性的季节变化,且与现实水源涵养服务(物理量)流量过程曲线存在显著差异。其中,栾城农田生态系统最小的现实水源涵养服务价值在 11 月下旬实现,为 129.03 元/hm²,而现实水源涵养服务价值的在 8 月中旬达到最大值,为 279.46 元/hm²。禹城农田生态系统的现实水源涵养服务价值在 126.18~255.64 元/hm² 之间波动,其现实水源涵养服务价值的中值为 187.82 元/hm²。

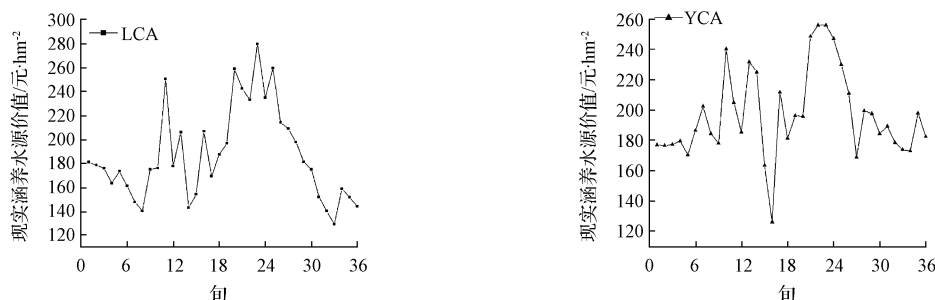


图 3 农田生态系统现实水源涵养价值流量过程

由图 4 农田生态系统潜在水源涵养服务流量过程可以看出,栾城和禹城农田生态系统潜在水源涵养服务价值流量过程曲线均存在显著性的季节变化。其中,栾城和禹城农田生态潜在水源涵养服务的最大值分别为 136.72 元/hm² 和 129.46 元/hm²,二者差异不显著。然而,二者的潜在水源涵养服务价值中值差异显著,分别为 61.92 元/hm² 和 30.72 元/hm²。

3 结论与讨论

农田生态系统的水源涵养服务可以分为现实水源涵养服务、潜在水源涵养服务和剩余水源涵养服务。农田生态系统有效水源涵养服务的下限为凋萎系数,上限为田间持水量。栾城和禹城农田生态系统的水源涵养服务流量均呈现显著性的季节变异。栾城和禹城农田生态系统的现实水源涵养量分别在 70.02~136.99 mm

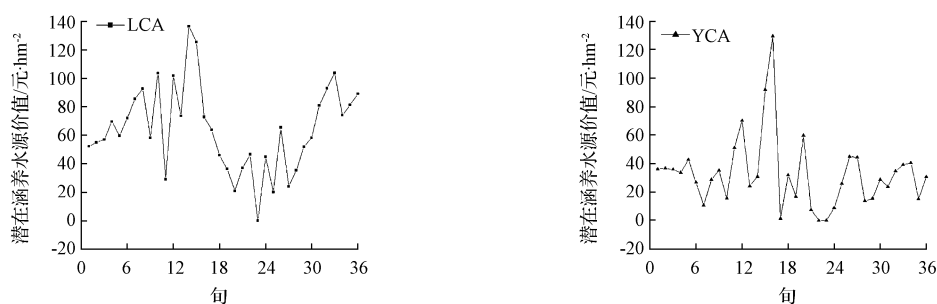


图4 农田生态系统潜在水源涵养价值流量过程

和 70.10~142.02 mm 之间波动。栾城农田的潜在水源涵养量在 0.05~67.02 mm 之间波动,而禹城农田的潜在水源涵养量变异较大。

生态系统服务流量过程是生态过程和经济学因素综合作用的结果,然而目前对生态系统的服务的价值评估案例更多的是从生态学角度测度生态系统服务的物理量(功能量),然后乘以生态系统物品或服务的单位价格,进而得到生态系统服务的价值量。目前,国内对水源涵养服务价值的测算通常是按照水库工程的蓄水成本作为影子价格^[6,12],但是农田生态系统水源涵养服务的主要是当地实现,因而农田生态系统水源涵养的价格应与当地的水资源状况等存在关联,即根据不同地区水资源的稀缺性和经济状况,农业用水价格有所差别,该研究将农业灌溉用水的价格作为农田生态系统水源涵养服务的基准影子价格,并根据作物的需水规律对此价格予以浮动。这种方法能够更为准确地反映农田生态系统水源涵养服务的流量过程。此外,为增进生态系统服务价值评估的科学性,进一步的研究需要考虑生态系统非线性变化及阈值问题、边际成本效益、个人偏好和支付意愿等因素。

参考文献

- [1] 尹飞,毛任钊,傅伯杰,等.农田生态系统服务功能及其形成机制[J].应用生态学报,2006,17(5):929-934.
- [2] 谢高地,肖玉.农田生态系统服务及其价值的研究进展[J].中国生态农业学报,2013,21(6):645-651.
- [3] 李士美,谢高地,张彩霞,等.森林生态系统服务流量过程研究[J].资源科学,2010,32(5):831-837.
- [4] 李士美,谢高地,张彩霞,等.森林生态系统土壤保持价值的年内动态[J].生态学报,2010,30(13):3482-3490.
- [5] 裴厦,谢高地,李士美,等.典型草地的土壤保持价值流量过程比较[J].生态学报,2012,32(13):4025-4033.
- [6] 杨志新,郑大玮,文化.北京郊区农田生态系统服务功能价值的评估研究[J].自然资源学报,2005,20(4):564-571.
- [7] 张彩霞,谢高地,杨勤科,等.黄土丘陵区土壤保持服务价值动态变化及评价-以纸坊沟流域为例[J].自然资源学报,2008,23(6):1035-1043.
- [8] 唐衡,郑渝,陈阜,等.北京地区不同农田类型及种植模式的生态系统服务价值评估[J].生态经济(学术版),2008(7):56-60.
- [9] 王琳,郑有飞,于强,等. APSIM 模型对华北平原小麦-玉米连作系统的适用性[J].应用生态学报,2007,18(11):2480-2486.
- [10] 房全孝.农田生态系统水、氮行为及其产量和环境效应的试验与模拟[D].北京:中国科学院研究生院,2006.
- [11] 冯海昌.德州市农业水价改革回顾与展望[J].山东水利,2007(3):42-46.
- [12] 叶延琼,章家恩,秦钟,等.佛山市农田生态系统的生态损益[J].生态学报,2012,32(14):4593-4604.

Study on Flow Process of Water Conservation Service for Typical Farmland Ecosystem

LI Shi-mei^{1,2}, XIE Gao-di²

(1. College of Landscape Architecture and Forestry, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109; 2. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract: Based on the observation data from Chinese ecosystem research network, the flow process of water conservation service were studied. The results showed that the water conservation service could be subdivided into real water conservation service and potential water conservation service, the flow process of water conservation service Luancheng and Yucheng farmland ecosystem presented significant seasonal variation. The real water conservation varied from 70.02 mm to 136.99 mm and 70.1 mm to 142.02 mm for Luancheng and Yucheng farmland ecosystem, respectively. The potential water conservation service varied from 0.05 mm to 67.02 mm for Luancheng farmland, while greater variation was presented for Yucheng.

Key words: farmland; water conservation service; flow process