

基于海绵城市理论的下沉式绿地选址及设计要点研究

吴胜兰¹, 文斌², 周晨², 周兵²

(1. 湖南农业大学东方科技学院, 湖南长沙 410128; 2. 湖南农业大学园艺园林学院, 湖南长沙 410128)

摘要 下沉式绿地是海绵城市理论下解决城市水问题的一个有效途径, 但个别城市盲目推行下沉式绿地带来了新一轮的生态破坏。通过文献研究和实践总结, 探讨了下沉式绿地的概念、功能等, 提出了城市下沉式绿地的相地原则及要求, 为科学建设具有城市雨洪系统的调控功能、城市水资源的收集利用功能的海绵城市提供了有力的理论基础。

关键词 下沉式绿地; 选址原则; 设计要点

中图分类号 S731.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)31-0097-04

Research on Site Selection and Design Points of Sunken Green Space Based on Sponge City Theory

WU Sheng-lan¹, WEN Bin², ZHOU Chen² et al (1. Orient Science & Technology College, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128; 2. Horticulture & Landscape College, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128)

Abstract Sunken green space is an effective way to solve urban water problems under the theory of sponge city. However, blindly promoting the sunken green space in some cities has brought about a serious of environment damage. We reviewed the current concept and functions of the sunken green space. Moreover, principles and requirements of the sunken green space construction were also proposed based on the literature and practice. The present study provided a strong theoretical basis for the scientific construction of sponge city, which had the multi-functions of regulating and controlling urban rainwater, collecting and utilizing urban water resources.

Key words Sunken green space; Location selection principles; Design points

海绵城市是指城市如同海绵一样, 在蓄水方面可以体现出良好的弹性, 该理念是在 2012 年低碳城市论坛上首次被提出。俞孔坚^[1]曾指出我国古代的陂塘系统、三角洲的桑基鱼塘系统等体现了人类的生存智慧: 将水作为财, 就地蓄留、就地消化旱涝问题, “海绵”的哲学即是就地调节旱涝。开展海绵城市建设是解决目前我国城市水环境面临的“逢雨必涝、雨停即旱”、雨水径流污染、水资源短缺等问题的有效途径^[2]。

2014 年海绵的概念引起了全国相关专家的重视, 在各种声音的推动下, 国土资源部印发了《海绵城市建设技术指南(试行)》(以下简称《指南》)。海绵城市在《指南》中有明确定义: 指城市在应对自然灾害等方面问题时, 能够像海绵那样发挥其“弹性”功能。海绵城市能够对雨水进行吸收、积蓄、下渗、净化, 在必要时释放利用^[3]。海绵城市的建设通过实现对雨水的“渗、滞、蓄、净、用、排”, 充分利用原始地形地貌对降雨的积存作用, 恢复自然下垫面对雨水的滞纳渗透作用, 充分利用植被、土壤、微生物对水质的自然净化作用, 紧密结合雨水的渗透、滞留、集蓄、净化、再利用、排水, 最终综合实现城市内涝防治、径流污染控制、雨水资源化利用、缓解城市热岛、水生态修复等多个目标。海绵城市的目的是构建低影响开发的雨水系统, 《指南》中提出了行之有效的低影响开发设施及其组合系统, 如“下沉式绿地、植草沟、雨水湿地、透水铺装、多功能调蓄”等。下沉式绿地是海绵城市理论下解决城市水问题的一个有效途径, 但个别城市盲目推行下沉式绿地带来了新一轮的生态破坏。通过文献研究和实践总结, 探讨了下沉式绿地的概念、功能等, 提出了城市下沉式绿地的相地原则及要求, 以期科学建设具有城市雨洪系统的

调控功能、城市水资源的收集利用功能的海绵城市提供有力的理论基础。

1 下沉式绿地概述

1.1 下沉式绿地概念 下沉式绿地的概念曾有争议, 主要是集中在广义的下沉式绿地和狭义的下沉式绿地上。广义的下沉式绿地, 有专家认为是处在道路路面以下^[4]的绿地, 也有专家认为绿地低于周边地面 5~30 cm 乃至 50~100 cm, 蓄积来自相邻地面的径流^[5]; 狭义的下沉式绿地也有不同的看法, 主要集中在下沉量上, 有的专家认为下沉量为 5~25 cm, 也有专家认为绿地的下沉量在 10~20 cm 且雨水溢流口设在绿地中或绿地和硬化地面交界处, 雨水口高程高于绿地高程且低于硬化地面高程^[6-7]。

目前行业内最为认可的下沉式绿地概念为《指南》中的概念: 下沉式绿地有狭义和广义之分, 狭义的下沉式绿地指低于周边铺砌地面或道路在 20 cm 以内的绿地; 广义的下沉式绿地泛指具有一定的调蓄容积, 且可用于调蓄和净化径流雨水的绿地, 包括生物滞留设施、渗透塘、湿塘、雨水湿地、调节塘等^[3]。该研究对象是狭义的下沉式绿地。

1.2 下沉式绿地功能 下沉式绿地具有渗水性能, 周围硬化地面上的雨水无法渗透到地表之下时, 可以汇聚到下沉式绿地上再渗透到地表之下, 起到削减径流量、减轻城市洪涝灾害的作用; 下沉式绿地通过减少地表径流, 有组织地汇集雨水, 有利于城市地表污水的集中排放和处理, 绿地植被也可以吸收雨水中的各种矿物质元素, 再结合微生物的分解作用, 能够对雨水起到净化作用; 下沉式绿地可以将超出土壤吸收能力的那部分雨水流入人为设置的蓄水管网中, 将雨水存储起来, 当水资源稀缺的时候, 可以利用绿地蓄渗的雨水; 下沉式绿地蓄积降水时的地表径流可以补充和节约绿地灌溉用水, 从而有助于城市节水^[5,8-11]。

下沉式绿地不仅具有渗水、净水、蓄水、节水四大功能,

基金项目 湖南农业大学青年科学基金项目(15QN04)。

作者简介 吴胜兰(1988—), 女, 贵州福泉人, 讲师, 硕士, 从事风景园林规划设计研究。

收稿日期 2018-08-28; **修回日期** 2018-09-06

还可以营造不同生境,通过不同植物的配置以增加景观和物种的多样性。因此,它是海绵城市理论中解决城市水问题的一个有效途径,可以保证海绵城市理论的有效实施,也能提升城市绿地的复合生态功能。

2 下沉式绿地研究存在的问题

下沉式绿地是海绵城市建设的一种关键措施,然而下沉式绿地对城市防涝的功能有限,盲目推行下沉式绿地会出现一系列问题。

2.1 城市海绵体系不够完善 海绵城市的实施是一个复杂的过程,它需要对城市的给排水现状、水文环境、城市绿地现状等进行全盘分析,并经过严密计算才能进行合理的规划,此外还需要长时间的可行性研究。在这之前,城市公共绿地建设不可能停滞,只能依据海绵城市的设计理念适当做出下沉式绿地的设计,但是这些设计不一定符合海绵城市规划的雨水要求,若为了达到要求而进行重新建设必然造成大量人力、物力、财力的浪费。

2.2 部分地区难以推行下沉式绿地 不是所有城市所有位置都适合建设下沉式绿地,有些城市若盲目推行下沉式绿地反而会对环境造成更大影响。比如在广州西关等南方地区,雨量较大,再加上该地土壤本身含水量高,吸水蓄水的能力有限,若建设下沉式绿地,则易出现地面滞水,无法有效缓解洪涝^[4]。

2.3 下沉区域常规植被长势不佳 在建设下沉式绿地的过程中,有些城市为了能够达到海绵城市建设50%下沉式绿地的标准,直接在现有道牙下方开设孔洞,方便雨水尽快流入下沉式绿地,而有些绿地并未考虑设置溢水口或使用耐淹植物,一旦出现长时间暴雨,则会使常规植物被长时间淹没,影响植物生长,甚至死亡。

2.4 盲目推行下沉式绿地会带来生态破坏 盲目推行下沉式绿地,若排水不当,植物长时间积水,不仅会影响大片植被生长,也会损害生物多样性和景观多样性;若大面积下沉式绿地积水,绿地很难在短期内为市民提供活动的空间,同时,绿地的避灾救灾功能、防灾减灾功能、游憩娱乐功能都无法在短期内实现。

3 下沉式绿地选址原则

下沉式绿地可以缓解城市洪涝以及水资源缺乏的问题,但是其他绿地功能很难兼顾。为了避免盲目推行“下沉式绿地”出现的一系列问题,下沉式绿地应该具备一定的选址要求。

3.1 系统性原则 海绵城市建设的目的就是解决水的问题,各地应当将灰色与绿色基础设施有机结合^[12],依据当地降雨规律、降雨量、城市内涝情况、水资源状况等要求,合理确定各地的径流情况,并通过各种模拟计算科学规划布局下沉式绿地、植草沟、雨水湿地设施及其组合系统。下沉式绿地设施的建设不是孤立存在的,它是在海绵城市建设系统规划的指导下,经过相关的数据分析才能得到相对准确的面积、位置、深度等。每个城市应该做出完整的海绵城市规划,通过利用 ArcGIS、STRAHLE^[13] 等软件模拟计算,对每块场地需要滞留雨水进行计算,并得到相应的下沉式绿地的面积、深度,在后续设计中依据需要的面积、深度,再考虑下沉式绿地的位置及形式。

3.2 适宜性原则 下沉式绿地设施的建设应该遵循因地制宜的原则,选择适合的城市和位置来建设下沉式绿地。应选择一些土壤结构合理的且有较好排水系统的城市及区域,避免选择南方降雨量大、暴雨多的城市,地下水位高的城市,盐碱严重的城市^[5],从而避免因地面滞水或长期积水造成的植物死亡及暴雨后绿地空间的使用,避免盐碱严重的地区通过雨水流动污染更多的土壤,使下沉式绿地可以真正起到节水、蓄水、截水等作用。要努力做到“就城论城,就事论事”,在适宜的位置建设下沉式绿地^[5]。另外,下沉式绿地既是公园绿地、城市道路、城市广场、居住小区等绿地的组成部分,又是海绵城市设施的重要部分,因此,下沉式绿地的选址面积不宜过大,城市绿地既要满足人们的文化及休憩需求、防灾减灾需求,又要符合海绵城市整体规划和设计。

3.3 生态性原则 生态性原则即尽可能少地干预自然条件,在必须出现下沉式绿地的地方再考虑进行保护性开发。首先遵循《园冶》中“高阜可培,低方宜挖,高方欲就亭台,低凹可开池沼”的理念,在地势相对较低处进行开挖(图1),尽

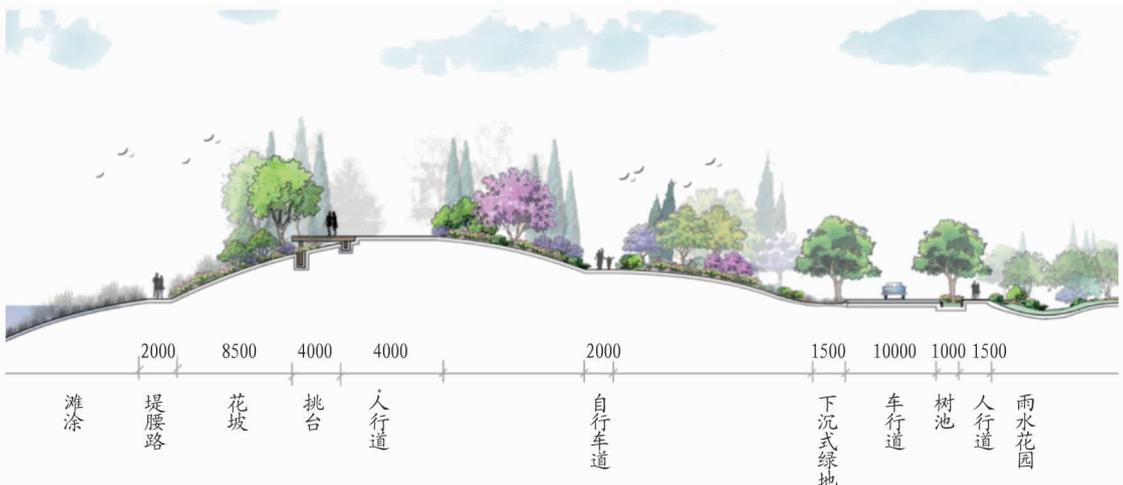


图1 长沙市圭塘河沿岸绿地下沉式绿地选址(迟中杰绘制)

Fig.1 Site selection of sunken green space at green land along the Guitang River in Changsha (drawn by Chi zhongjie)

量用破坏最小的方式保证下沉式绿地的建设及场地的土方平衡。另外,尽量在暴雨易积水路段地势较高处设置下沉式绿地,进行层层截流,在地势低洼处绿地考虑设置面积相对较大的下沉式绿地,容纳部分水量,从而缓解城市洪涝。

4 城市下沉式绿地设计要点

4.1 科学的竖向设计 下沉式绿地需要收集周边屋顶、道路、硬化铺装等硬质场地的雨水,因此下沉式绿地必须低于周边硬质或绿地,其下凹深度一般为 10~20 cm^[5],且坡度坡向都指向下沉式绿地。另外,路缘石的高度也很重要,路缘石一般要与地表平齐,并设置入水口,坡度坡向朝向绿地(图 2),若在路缘石高于地面高度的已建成道路或绿地与道路中被人行道隔离,可通过设置缺口(图 3、4)进行补救,径流通

过缺口集中汇入下沉式绿地,以保证雨水的顺利流入^[14-15]。

4.2 合理的土壤结构 下沉式绿地要求土壤含水量低、总孔隙度大、饱和导水率高,尽量避免黏重和被硬化土壤,以保证有较好的缓解洪涝效果。若在土壤渗水力强、吸收雨水径流速度快的粉土和砂土地区,植物可直接种植在原有土壤上^[16]。若绿地土壤黏重、渗透系数低,则应改良土壤结构,在土壤中添加碎小颗粒,如炉渣等物质,以增强土壤水渗透能力,避免绿地滞水和积水^[17]。若是在下沉式绿地施工过程中,对绿地正常土壤过度碾压,出现土壤夯实现象,那么可在土壤中适当添加有机质来改变土壤结构,提高土壤渗水速率^[14,18],实践证明“土:砂:绿化植物废弃物:有机肥=7:5:2:1”的改良土壤配比是较好的改良方案^[19]。

4.3 耐涝耐旱的乡土植物 下沉式绿地植物首先应选用根系发达、净化能力强、耐水淹和耐水湿的多年生乡土植物^[20],一方面这些植物能适应本土环境、抗性强、养护成本低,另一方面能利用植物吸附消纳水中的污染物来净化水质。其次,针对一些地区(如长沙、武汉等城市)降雨充沛期和无降雨期交替的情况,选用不仅能耐涝而且有一定抗旱性的植物。适宜在下沉式绿地的植物有黑麦草、细叶芒、八宝景天、高羊茅、狼尾草、黄菖蒲、香根草、细枝叶下珠、红叶石楠、金边黄杨、美人蕉、萱草等^[19,21]。还有一些北方城市冬季降雪后会在路面上播撒主要成分是醋酸钾和氯盐的融雪剂,易损害植物根系,因此要选用耐碱性的植物,如大叶黄杨、金叶女贞、旱柳、构树等^[22]。

4.4 避免次生危害 下沉式绿地建设的目的是解决城市问题,要尽量避免因为下沉式绿地建设出现滞水、积水、植物死亡、土壤流失等次生危害,不能因为解决老问题而产生新问题。既要在下沉式绿地设置溢流口,且顶部标高一般高于绿地 5~10 cm^[3],以保证暴雨时溢流口及时排放过多雨水,又要在雨水集中入口铺设卵石^[14](图 5)以避免因长期雨水的冲刷而造成土壤流失。还应结合不同汇水面的径流水质分类研究^[23],利用 GIS 技术对雨水处置方案进行规划设计^[24],并设计截污雨水口、截污检查井或截污树池等^[14],以避免污染较重的道路、停车场等场地的雨水将污染物带入绿地,避免次生危害的发生。



图 2 路缘石与地表高度一致

Fig. 2 Curbs are highly consistent with the earth's surface



图 3 路缘石设置缺口

Fig. 3 Setting up gap at curb



图 4 人行道设置缺口

Fig. 4 Setting up gap at sidewalk



图 5 下沉式绿地的雨水口设卵石^[25]

Fig. 5 Setting up pebble at the rainwater outlet of sunken green space^[25]

5 结语

下沉式绿地能够实现绿地多功能化、就地消纳雨水径流、减少外排水量、雨水资源化利用、改善生态环境等多种目标^[26],除了要满足科学性、适宜性、生态性三大原则进行合理选址外,还要有科学的竖向设计、合理的土壤结构、耐涝的乡土植物,尽量避免次生危害。这些选址应当因地制宜,依据不同城市的环境特点进行调整和变化,应针对不同类型城市的选址原则及要求进一步开展研究。

参考文献

- [1] 俞孔坚. 打造“海绵城市”别忽视民间水利工程[J]. 中州建设, 2016(15): 54, 55.
- [2] 章林伟. 海绵城市建设概念[J]. 给水排水, 2015, 41(6): 1-7.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 关于印发《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》的通知: 建城函[2014] 275号[A]. 2014-10-22.
- [4] 张铁锁, 刘九川. 下沉式绿地的应用浅析[C]//河南省科学技术协会. 科技、工程与经济社会协调发展——河南省第四届青年学术年会论文集(下册). 郑州: 河南省科学技术协会, 2004: 3.
- [5] 邱巧玲. “下沉式绿地”的概念、理念与实事求是原则[J]. 中国园林, 2014, 30(6): 51-54.
- [6] 李俊奇, 车伍, 池莲, 等. 住区低势绿地设计的关键参数及其影响因素分析[J]. 给水排水, 2004, 30(9): 41-46.
- [7] 邵洪波. 下沉式绿地的设计和对城市排水的影响分析[J]. 城市建设理论, 2013(9): 1-4.
- [8] 程江, 徐启新, 杨凯, 等. 下凹式绿地雨水渗蓄效应及其影响因素[J]. 给水排水, 2007, 33(5): 45-49.
- [9] 叶睿超, 王秀英. 下沉式绿地在自贡市推广的价值初探[J]. 安徽农学通报, 2014, 20(19): 83-84.
- [10] 游瀚凡, 丁若莹, 万明磊, 等. 城市下沉式绿地雨水调蓄技术探讨及优化[J]. 市政技术, 2017, 35(2): 110-112, 116.

(上接第 91 页)

quences_fastq. pl 或 shuffleSequenc es_fasta. pl 将 paired-end 数据结合在一起。大多数拼接软件使用的算法最初都是为基因组测序设计的,但由于可变剪切的存在,一个基因通常都会编码多个转录本,这给真核生物转录组拼接带来巨大的挑战^[16]。

另外,由于一般实验室计算机内存限制无法一次性完成所有数据的 GO 注释,可以将拼接后得到的转录本大文件(transcript. fa)分成几个大小合适的 fasta 文件进行基因注释及 GO 分类,在查看 annotation 结果图(Statistics -> Annotation Statistics)时可分别将注释结果以 txt 格式输出(save-> export as text),最终将结果汇总即可。

参考文献

- [1] COSTA V, ANGELINI C, DE FIES I, et al. Uncovering the complexity of transcripts with RNA-Seq[J]. Journal of biomedicine and biotechnology, 2010, 2010: 1-19.
- [2] 刘红亮, 郑丽明, 刘青, 等. 非模式生物转录组研究[J]. 遗传, 2013, 35(8): 955-970.
- [3] NAGALAKSHMI U, WANG Z, WAERN K, et al. The transcriptional landscape of the yeast genome defined by RNA sequencing[J]. Science, 2008, 320(5881): 1344-1349.
- [4] ZHANG X M, ZHAO L, LARSON-RABIN Z, et al. De novo sequencing and characterization of the floral transcriptome of *Dendrocalamus latiflorus* (Poaceae: Bambusoideae)[J]. PLoS One, 2012, 7(8): 1-15.
- [5] MUDALKAR S, GOLLA R, GHATTY S, et al. De novo Transcriptome analysis of an imminent biofuel crop, *Camelina sativa* L. using Illumina GAIIX sequencing platform and identification of SSR markers[J]. Plant Mol Biol, 2014, 84(1/2): 159-171.
- [6] UPADHYAY S, PHUKAN U J, MISHRA S, et al. De novo leaf and root transcriptome analysis identified novel genes involved in Steroidal sapon-

- [11] 龙春英, 葛嘉浩. 基于海绵城市对下沉式绿地雨水景观的探讨[J]. 安徽建筑, 2016, 23(3): 13-14, 18.
- [12] 车伍, 赵杨, 李俊奇. 海绵城市建设热潮下的冷思考[J]. 南方建筑, 2015(4): 104-107.
- [13] 邹宇, 许乙青, 邱灿红. 南方多雨地区海绵城市建设研究: 以湖南省宁乡县为例[J]. 经济地理, 2015, 35(9): 65-71, 78.
- [14] 苏义敬, 王思思, 车伍, 等. 基于“海绵城市”理念的下沉式绿地优化设计[J]. 南方建筑, 2014(3): 39-43.
- [15] 黎意如. 浅谈海绵城市理论在下沉式绿地中的融合运用[J]. 绿色环保建材, 2017(1): 209.
- [16] 牛志强, 崔鹏飞. 基于“海绵城市”概念的郑州市下沉式绿地优化设计[J]. 科技展望, 2017, 27(28): 26-27.
- [17] 王艳丽, 王园园. 海绵城市理念下的下沉式绿地优化设计分析[J]. 住宅与房地产, 2016(30): 84.
- [18] 危薇. 基于“海绵城市”理念的下沉式绿地优化设计探讨[J]. 城市建筑, 2016(29): 48.
- [19] 林蕊. 海绵城市理念下的下沉式绿地研究与优化: 以西咸新区沣西新城为例[D]. 西安: 长安大学, 2017.
- [20] 沈杨霞, 张建林. 海绵城市中植物景观的品种选择[J]. 现代园艺, 2016(21): 90-91.
- [21] 许铭宇, 卢艺菲. 基于海绵城市视角的下沉式绿地应用[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(8): 1394-1395, 1398.
- [22] 孟颖斌, 李志民. 青岛在海绵城市建设中的植物选择与配置[J]. 广东园林, 2018, 40(1): 65-68.
- [23] Ministerium fuer Umwelt und Naturschutz, Land wirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung[M]. Duisburg: WAZ-DRUCK, 2001.
- [24] GEIGER W, DREISEITL H. Neue Wege fuer das Regenwasser; Handbuch zum Rueckhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten[M]. Muenchen; Muenchen Oldenbourg Industrieverlag GmbH, 2001.
- [25] 暴雨檢視迁安海绵建设效果雨水随下随渗 试点区域积水问题基本消除[EB/OL]. [2018-07-25]. http://ts. hebnews. cn/2018-07/25/content_6966588. htm.
- [26] 王思思, 苏义敬, 车伍, 等. 景观雨水系统修复城市水文循环的技术与案例[J]. 中国园林, 2014, 30(1): 18-22.

- [1] nin biosynthesis in *Asparagus racemosus* [J]. BMC Genomics, 2014, 15: 1-13.
- [2] LOGACHEVA M D, KASIANOV A S, VINOGRADOV D V, et al. De novo sequencing and characterization of floral transcriptome in two species of buckwheat (*Fagopyrum*) [J]. BMC Genomics, 2011, 12: 1-17.
- [3] 井赵斌, 魏琳, 俞靓, 等. 转录组测序及其在牧草基因资源发掘中的应用前景[J]. 草业科学, 2011, 28(7): 1364-1369.
- [4] 周华, 张新, 刘腾云, 等. 高通量转录组测序的数据分析与基因发掘[J]. 江西科学, 2012, 30(5): 607-611.
- [5] 黄子夏, 柯才焕, 陈军. 大规模 GO 注释的生物信息学流程[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2012, 51(1): 139-143.
- [6] WANG Z Y, FANG B P, CHEN J Y, et al. De novo assembly and characterization of root transcriptome using Illumina paired-end sequencing and development of cSSR markers in sweetpotato (*Ipomoea batatas*) [J]. BMC Genomics, 2010, 11(1): 726-739.
- [7] 郝大程, 马培, 穆军, 等. 中药植物虎杖根的高通量转录组测序及转录组特性分析[J]. 中国科学, 2012, 42(5): 398-412.
- [8] HARRIS M A, CLARK J, IRELAND A, et al. The Gene Ontology (GO) database and informatics resource[J]. Nucleic acids research, 2004, 32: 258-261.
- [9] GARG R, PATEL R K, TYAGI A K, et al. De novo assembly of chickpea transcriptome using short reads for gene discovery and marker identification[J]. DNA Research, 2011, 18(1): 53-63.
- [10] COCK P J A, FEILDS C J, GOTO N, et al. The Sanger FASTQ file format for sequences with quality scores, and the Solexa/Illumina FASTQ variants[J]. Nucleic acids research, 2010, 38(6): 1767-1771.
- [11] CLARKE K, YANG Y, MARSH R, et al. Comparative analysis of de novo transcriptome assembly[J]. Science China life science, 2013, 56(2): 156-162.
- [12] CONESA A, GÖTZ S. Blast2Go: A comprehensive suite for functional analysis in plant genomics [J]. International journal of plant genomics, 2008, 2008: 1-12.
- [13] KUMAR S, DUDLEY J. Bioinformatics software for biologist in the genomics era[J]. Bioinformatics, 2007, 23(14): 1713-1717.
- [14] 王成刚, 莫志宏. 整合 BLAST 搜索与 GO 注释的软件 GoBlast[J]. 中国生物化学与分子生物学报, 2006, 22(12): 1003-1006.
- [15] 胡昭军. 蛋白质组学数据库信息资源的开发与利用[J]. 图书馆学研究, 2006(7): 77-82.