



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104098183 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 13

(21) 申请号 201410373169. 1

审查员 殷晶

(22) 申请日 2014. 07. 31

(73) 专利权人 北京林业大学

地址 100083 北京市海淀区清华东路 35 号

(72) 发明人 梁文艳 郑丽丽 胡绍杰 李俊清

(74) 专利代理机构 北京法思腾知识产权代理有限公司 11318

代理人 高宇

(51) Int. Cl.

G02F 3/32(2006. 01)

E02B 3/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1927736 A, 2007. 03. 14,

CN 1927737 A, 2007. 03. 14,

CN 102251459 A, 2011. 11. 23,

WO 2007138058 A1, 2007. 12. 06,

权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

通过优化景观改善地表径流水质的系统

(57) 摘要

本发明涉及环境治理领域,具体涉及通过优化景观改善地表径流水质的系统,包括(1)生态景观蓄水池;(2)叠水净化;(3)景观滤池;(4)卵石池,该系统融合多种景观工程的景观效果、水循环的美学效果并分析影响水质的内在机理,在保持和改善水质的同时能够极大结合自然界多种生物的优势,合理调配植物、动物及微生物的协同作用,并注重工程周边景观协调性和统筹运用,使其在发挥最大生态效益的同时维持此工艺系统地动态平衡。

1. 通过优化景观改善地表径流水质的系统,其特征在于,所述系统依地势由高到低依次包含以下景观:

(1) 生态景观蓄水池;(2) 叠水净化;(3) 景观滤池;(4) 卵石池,组合方式为:(1) (2) (3) (4)、(1) (3) (2) (4) 或 (1) (2) (4) (3),

其中,

(1) 生态景观蓄水池,水深 $<1.5\text{m}$,水力停留时间 $\geq 1\text{h}$,水力负荷 $<360\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$,池底用混凝土掺杂粗沙构筑,植物以盆栽浮水植物睡莲、荇菜置于池正中,占池表面积的 $1/3$,生态景观蓄水池池周以硬质化铺设;

(2) 叠水净化,包含至少有一级 $\geq 1.5\text{m}$ 的叠水;

(3) 景观滤池,长宽比在 $1 \sim 4$,水力停留时间 $\geq 5\text{h}$,池底包含不同基质:最下部是夯实土层,防止土壤颗粒被击溅导致二次悬浮,上面铺设 $20\text{cm} \sim 30\text{cm}$ 厚粒径 $10 \sim 20\text{mm}$ 的砾石层,去除磷,最上部以沸石为基质,去除氮,粒径为 $10 \sim 20\text{mm}$,深度 $10 \sim 15\text{cm}$,最上部是粒径 $30 \sim 50\text{mm}$ 的卵石;

(4) 卵石池,水深在 $25 \sim 60\text{cm}$ 之间,水力停留时间 $\geq 3\text{h}$,水力负荷 $<30\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$,池底铺设一层粒径 $50\text{mm} \sim 200\text{mm}$ 的卵石,卵石层厚度为 $10 \sim 30\text{cm}$,

景观滤池和卵石池的池周搭配美人蕉、芦竹、棕竹,株距在 $0.4 \sim 0.6\text{m}$,池与周边道路之间的边坡为植被缓冲带,植被缓冲带种植簇生的芦竹、棕竹,按每平方米 $6 \sim 8$ 株的密度分散混搭,并在间隙处密植草坪草,种植规格为 $12 \sim 18\text{g}/\text{m}^2$ 。

2. 根据权利要求1所述的通过优化景观改善地表径流水质的系统,其特征在于,景观滤池中混合搭配种植植物浮水植物、挺水植物和沉水植物,以同心圆方式栽植,由内到外选用挺水植物、浮水植物,靠近池周处搭配沉水植物。

通过优化景观改善地表径流水质的系统

技术领域

[0001] 本发明涉及环境治理领域,具体涉及通过优化景观改善地表径流水质的系统。

背景技术

[0002] 随着城市化进程的加速,不透水面积逐年增加。这不仅加大了暴雨径流量,而且缩短了汇流时间。大量雨洪径流通过城市雨洪管道在短时期内大量汇集,一方面增加了城市排水管网的压力,另一方面也浪费了本可以补给到城区地下水的雨水资源。此外,由于城市雨水径流中含有大量从空气和地面淋洗出的污染物,使其成为地表水体污染的重要来源。城市雨水径流具有随机性强、污染量大,分布面积较广的特点,控制起来十分困难。

[0003] 近年来,随着BMPs(Best Management Practices)的提出,常用的雨水径流处理设施一般分为滞留塘(包括微型延时滞留塘、湿式滞留塘、多单元滞留塘等)、湿地(包括表面流人工湿地、垂直流人工湿地等)、渗透设施(包括渗透沟、渗透洼地等)、过滤设施(包括表面砂滤、有机滤池等)、植草沟等,并在各地得到了实际运用,取得了一定成效。但是这些景观设置随意性强,同时忽略了长久保持水质的综合考虑,这就急需一种与自然景观建设相结合的暴雨径流控制与污染治理方法来削减城市雨洪径流,净化雨水水质,并能保持水质长久清澈。

[0004] 因此本发明提出了一种生态景观处理工艺系统,包括生态景观蓄水池进行前期沉降、叠水净化池曝气增氧、砾石景观池好氧净化、澄净卵石生态池深度除污四个各具特色的工艺模块,结合池底基质吸附、植物吸收以及营养物被微生物降解等反应过程实现雨水径流的水质净化作为景观水,并能保持景观水持久澄清。

发明内容

[0005] 因此,本发明的目的是提供一种通过优化景观改善地表径流水质的方法。

[0006] 本发明的再一目的是提供一种通过优化景观改善地表径流水质的系统。

[0007] 本发明针对以上技术问题,提出一种生态景观工艺系统,既适用于削减洪峰改善地表径流、去除径流中的污染物质,并作为景观水回用,而且对水景中的水质有一定的保持及改善效果。该系统融合多种景观工程的景观效果、水循环的美学效果并分析影响水质的内在机理,在保持和改善水质的同时能够极大结合自然界多种生物的优势,合理调配植物、动物及微生物的协同作用,并注重工程周边景观协调性和统筹运用,使其在发挥最大生态效益的同时维持此工艺系统地动态平衡。

[0008] 根据本发明的通过优化景观改善地表径流水质的系统依地势由高到低依次包含以下景观:

[0009] (1) 生态景观蓄水池;(2) 叠水净化;(3) 景观滤池;(4) 卵石池,组合方式为:(1)(2)(3)(4)、(1)(3)(2)(4)、(1)(2)(4)(3),

[0010] 其中,

[0011] (1) 生态景观蓄水池,水深 $<1.5\text{m}$,水力停留时间 $\geq 1\text{h}$,水力负荷 $<360\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$,池

底用混凝土掺杂粗沙构筑,植物以盆栽浮水植物睡莲、荇菜置于池正中,占池表面积的 1/3,生态景观蓄水池池周以硬化铺设;

[0012] (2) 叠水净化,包含至少有一级 $\geq 1.5\text{m}$ 的叠水;

[0013] (3) 景观滤池,长宽比在 1~4,水力停留时间 $\geq 5\text{h}$,池底包含不同基质:最下部是夯实土层,防止土壤颗粒被击溅导致二次悬浮,上面铺设 20cm~30cm 厚粒径 10~20mm 的砾石层,对磷具有较好的去除效果,最上部以沸石为基质,对氮具有较好的去除效果,粒径为 10~20mm,深度约 10~15cm,最上部是粒径 30~50mm 的卵石;

[0014] (4) 卵石池,水深最好在 25~60cm 之间,水力停留时间 $\geq 3\text{h}$,水力负荷 $<30\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$,池底铺设一层粒径 50mm~200mm 的卵石,卵石层厚度在 10~30cm,

[0015] 景观滤池和卵石池的池周搭配美人蕉、芦竹、棕竹,株距在 0.4~0.6m,池与周边道路之间的边坡为植被缓冲带,不采用硬化护坡,植被缓冲带种植簇生的芦竹、棕竹,按每平方米 6~8 株的密度分散混搭,并在间隙处密植草坪草,种植规格为 12~18g/m²。

[0016] 根据本发明的具体实施方式,通过优化景观改善地表径流水质的系统依地势由高到低依次包含以下景观:

[0017] (1) 生态景观蓄水池;(2) 叠水净化池;(3) 景观滤池;(4) 卵石池;组合方式为:(1)(2)(3)(4)、(1)(3)(2)(4)、(1)(2)(4)(3) 三种组合,

[0018] 其中,各景观的功能如下:

[0019] 生态景观蓄水池:形状可因地制宜,为圆形、方形、长方形或其它不规则形状,水深 $<1.5\text{m}$,水力停留时间 $\geq 1\text{h}$,水力负荷 $<360\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$,其作用是去除径流水中的悬浮颗粒物和可吸附态含磷污染物,水中总悬浮性颗粒物(TSS)去除率可达进水的 60%以上,化学性需氧量(COD)去除率可达进水的 30%以上,总磷(TP)达 60%以上。同时蓄积雨水或景观用水,并能保证后续除污工艺的顺利实现。可根据建造地实际高差来决定此蓄水池与地面的高差。池底用混凝土掺杂粗沙构筑,池底要尽量粗糙,以防沉降的颗粒再次悬浮。根据当地的降雨多少做调整。在大雨或暴雨形成的径流也能使颗粒物得到很好沉降。植物以盆栽浮水植物睡莲、荇菜置于池正中,占池表面积的 1/3 为好,可达到良好的视觉效果并有助于泥沙的沉降。

[0020] 叠水净化:以景观协调性为目的,形式各异,可以是假山叠水,瀑布击溅、水墙帘幕等,包含的叠水的高度根据地势适当调整,但必须包含至少有一级 $\geq 1.5\text{m}$ 的叠水,通过叠水净化,可使水体中的溶解氧增加 50%以上,达到 4mg/L 以上。若高差不够可用简易抽水泵为动力,使其由生态蓄水池进入叠水净化,实现顺流。优选地,在沿池边 1m²混合种植芦竹、美人蕉和棕竹,可达到固土和美化效果。

[0021] 景观滤池,形状亦可因地制宜,但是尽量减小长宽比,以便充分发挥池底基质与植物的除污作用,建议长宽比在 1~4 为宜,水力停留时间 $\geq 5\text{h}$,足够的水力停留时间使 TSS 继续减少 20%以上, COD 再去除 25%以上左右, TP 去除 30%以上,总氮(TN)去除 20%以上。池底包含不同基质:最下部是夯实土层,防止土壤颗粒被击溅导致二次悬浮,上面铺设 20cm~30cm 厚粒径 10~20mm 的砾石层,对磷具有较好的去除效果,最上部以沸石为基质,对氮具有较好的去除效果,粒径为 10~20mm,深度约 10~15cm,最上部是粒径 30~50mm 的卵石,散置池中,附着的微生物对有机物有一定的去除效果。植物浮水植物(睡莲、浮萍等)、挺水植物(石菖蒲、风车草、水竹芋等)和沉水植物(狐尾藻等)混合搭配,不同层次

参差搭配的植物能够综合的去掉不同深度、不同种类的污染物,以同心圆方式栽植,由内到外选用挺水植物风车草、水竹芋、石菖蒲,浮水植物睡莲和浮萍,靠近池周处搭配沉水植物狐尾藻。对于蓄水池的来水进行生态过滤,利用景观植物及池底基质对悬浮物及 TN、总磷 TP、TSS、COD 等水质评价指标进行一定程度的改善。

[0022] 卵石池:形状各异,根据建造地点地势及面积适当调整,水深最好在 25 ~ 60cm 之间,水力停留时间 $\geq 3h$,水力负荷 $< 30m^3/m^2 \cdot d$ 。此环节顾名思义,池底需铺设一层粒径 50mm ~ 200mm 的卵石,卵石层厚度在 10 ~ 30cm,经此环节处理后,使得 TSS 总去除率达 90% 以上, COD 总去除率达 70% 以上, TP 总去除率达 80% 以上, TN 总去除率达 50% 以上。因为足够大的卵石表面可以为微生物繁殖提供附着点,形成生物膜,生物膜是由细菌、真菌、藻类、原生动物和后生动物组成的膜状生物群落,构成的食物链可进一步澄清水质。植物以盆栽睡莲、石菖蒲和水竹芋散置其中,里面放置观赏鱼类 50 ~ 100 条,动静结合,相映成辉。良好的微生物能使流经的径流或是景观水质有明显改善。这一环节能够进一步去除水中残留的 TN、TP、COD。

[0023] 池周设计:为避免池周泥沙的混入导致二次污染:(1) 生态景观蓄水池池周以硬质化铺设,以减少池周悬浮颗粒物冲刷入池。(2) 叠水净化以池周以假山造景为主,池边 $1m^2$ 混合种植芦竹、美人蕉和棕竹,近自然的设计以保持景观的协调性。(3) 景观滤池和 (4) 卵石池以彰显自然造景为主,池周搭配美人蕉、芦竹、棕竹等,美人蕉株距在 0.4 ~ 0.6m,池与周边道路之间的边坡必须为植被过滤带,不采用硬质化护坡,植被带可以种植簇生的芦竹、棕竹,按每平方米 6 ~ 8 株的密度分散混搭,并在间隙处密植草坪草,种植规格一般在 $12 \sim 18g/m^2$,尽量杜绝土层裸露,植物边坡除具有景观效果外,还实现对地表径流污染物的去除效果稳中有增,减少其它地表径流的汇入,是保持景观水体水质的关键。经植物护坡,周边道路径流 TSS 的去除率可达 85% 以上, COD 去除率可达 60% 以上, TP 去除率达 85% 以上, TN 达到 40%。

[0024] 本发明经研究发现,景观的选择、组合影响地表径流的水质,根据本发明的技术方案,(1) 生态景观蓄水池;(2) 叠水净化池;(3) 景观滤池;(4) 卵石池;组合方式为:(1) (2) (3) (4) 组合,悬浮物的去除率高达 90%, COD 去除率保持在 72% 以上, TP 去除率达 85% 以上, TN 达到 55% . ;(1) (3) (2) (4) 悬浮物的去除率高达 92%, COD 去除率保持在 68% 以上, TP 去除率达 80% 以上, TN 达到 45% ;(1) (2) (4) (3) 悬浮物的去除率高达 85%, COD 去除率保持在 75% 以上, TP 去除率达 85% 以上, TN 达到 55% . 三种组合。

[0025] 此外,进而发现,根据本发明的技术方案,景观的设计参数显著影响地表径流的水质,例如当生态景观蓄水池的水力停留时间 $< 1h$,水中的悬浮颗粒物不能很好沉降去除,同时以颗粒吸附态存在的污染物一并随水流进入下一环节,给后续景观造成极大的处理压力,导致流经整个工艺的地表径流后,悬浮颗粒物只去除 60%, COD 去除 40%, TP 去除 55%, TN 去除 30%。再比如,景观滤池若是忽略了池底基质与池中植物的搭配,不仅视觉效果欠佳,工艺流程最后的处理效果仅及合理组合搭配的 1/2。由此可见,根据本发明的技术方案,景观的设置不仅仅考虑美化环境的因素,更多关注景观设置与地表径流水质优化之间的关系。

[0026] 根据本发明的通过优化景观改善地表径流水质的方法包括依地势由高到低依次设置以下景观的步骤,

[0027] (1) 生态景观蓄水池 ;(2) 叠水净化池 ;(3) 景观滤池 ;(4) 卵石池 ;(5) 池周设计, 组合方式为 : (1) (2) (3) (4)、(1) (3) (2) (4)、(1) (2) (4) (3) 三种组合。

[0028] 根据本发明的具体实施方式, 在施工前对地势进行测量, 依据地势高差设计工艺水流方向, 高差 $\geq 2\text{m}$, 能够实现全工艺无动力运行, 可以减少日常运行能耗。在高差不允许的条件下, 生态蓄水池可以搭建在地面以下, 以水泵为动力, 使其进入叠水净化工艺, 高差可实现一泵低能耗简约型工艺系统。搭配的植物具有极好的景观效果, 并通过实验研究发现能够很好地吸收水中的氮磷等污染物, 净化径流水质, 并能维持景观水水质澄清。池中搭配的砾石、沸石、卵石以及植物根际能够为微生物繁殖提供附着点, 形成生物膜, 生物膜是由细菌、真菌、藻类、原生动物和后生动物组成的膜状生物群落, 构成的食物链可有效地去除水中的有机污染物。浮水、挺水、沉水植物以及池周植物交相呼应, 观赏鱼类畅游其中, 美景如画, 视觉效果极佳。

[0029] 总之, 生态蓄水池悬浮物沉淀、叠水净化池曝气增氧、景观滤池净化污染物、澄净卵石生态池深度净化, 高低层次镶嵌, 动静搭配融合, 整个环节构成一个良性循环的微型生态系统。

附图说明

[0030] 图 1 为通过优化景观改善地表径流水质的系统的示意图。

[0031] 附图标记 :

[0032] 1—盆栽水生植物 ;2—粗糙混凝土层 ;3—水流方向 ;4—池中植物 ;5—沸石层 ;6—砾石层 ;7—夯实土层 ;8—密集卵石层

具体实施方式

[0033] 实施案例 1

[0034] 依地势由高到低依次包含以下景观 :

[0035] (1) 生态景观蓄水池, 水深 1.2m, 水力停留时间 2h, 水力负荷 $<600\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$; (2) 叠水净化池, 假山叠水高 2m, 池边 1m^2 混合种植芦竹、美人蕉和棕竹 ; (3) 景观滤池, 长宽比约为 3, 水力停留时间 $\geq 6\text{h}$, 水力负荷为 $<48\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 。池底最下部是夯实土层, 上面铺设 20cm ~ 30cm 厚粒径 10 ~ 20mm 的砾石层, 最上部以沸石为基质, 粒径平均约 15mm, 深度约 15cm, 最上部是粒径 30 ~ 50mm 的卵石, 散置池中, 植物浮水植物搭配睡莲, 挺水植物包括石菖蒲、风车草、水竹芋等, 沉水植物主要种植狐尾藻, 以同心圆方式栽植, 由内到外选用挺水植物风车草、水竹芋、石菖蒲, 浮水植物睡莲, 靠近池周处搭配沉水植物狐尾藻 ; (4) 卵石池, 水深 45cm, 水力停留时间 5h, 水力负荷 $45\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 。池底铺设一层粒径 50mm ~ 200mm 的卵石 ; (5) 池周设计, 生态蓄水池池周以混凝土构筑, 叠水净化池以假山周边搭配湿生植物, 景观滤池和卵石池周围密集搭配美人蕉、芦竹、棕竹等, 美人蕉, 方式为 : (1) (2) (3) (4)、(1) (3) (2) (4)、(1) (2) (4) (3) 三种组合, 以 (1) (2) (3) (4) 工艺组合为例。

[0036] 处理步骤为 : 雨水径流或是景观用水先进入生态景观蓄水池, 主要去除水中的杂质和悬浮物, 去除率保证在 70% 以上, 并能去除大约 20 ~ 30% 的化学需氧量 (COD)、30% ~ 50% 的总磷 (TP) 和 10% 左右的总氮 (TN), 以保证充足后续景观用水 ; 随后进入叠水给氧环节, 经过这个环节后, 水中的溶解氧 (DO) 增加 2 ~ 5mg/L, 然后流进景观滤池, 结合植物、微

生物的作用使得水质进一步改善：悬浮物又去除 20% 以上，COD 再去除率 25% 左右，TP 去除 30% 左右，TN 去除 20% 左右，最后进入澄净卵石生态池，这时悬浮物的去除率高达 90% 以上，COD 去除率达到 70% 左右，TP 去除率达 80% 以上，TN 达到 50%。这是一种较为理想的组合方式。整个工艺系统依据地势高差进行设计、施工，高差 $\geq 5\text{m}$ ，能够实现全工艺无动力运行，若高差不够可用简易抽水泵为动力，使其由生态蓄水池进入叠水净化，实现顺流，是一套经济效益和生态效益兼具的工艺系统。

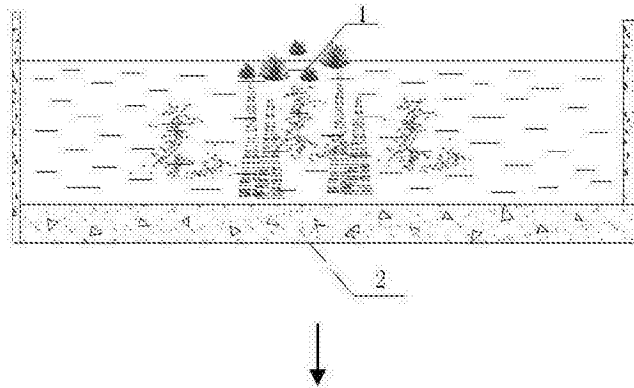
[0037] 水流在通过一整套工艺流程后，径流水质由原来的劣 V 类，维持在 IV 类及以上，景观用水由原来的 V 类，也维持在 IV 类及以上，取得了明显的净化效果。

[0038] 未能采用此完整工艺流程，在缺少叠水净化和卵石池两大重要工艺流程的情况下，对地表径流的去除效果劣势明显，效果如下：悬浮颗粒物只去除了 80%、COD 去除 45%，TP 只去除了 55%，TN 只能去除 35%。

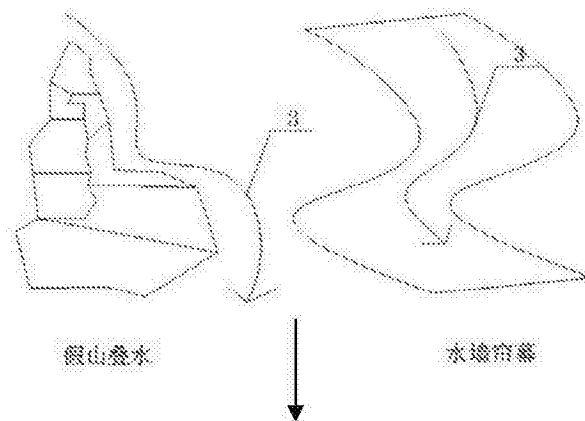
[0039] 采用了蓄水池（水力停留时间仅 0.3h）、叠水净化，和景观滤池（并未采用植物机质优化搭配的景观滤池，只种植带来视觉效果的景观植物，并且水力停留时间 $< 3\text{h}$ ）的情况下，处理效果经测定，悬浮物仅有 78%、COD 只达到 53%，TP 去除效果只有 66%，TN 仅 39%。

[0040] 某园林造景直接将地表径流以景观池的形式收集，并直接流入铺有卵石的后续景观池，该景观池与周边道路之间采用硬质表面进行连接，而未种植有植被过滤带径流中的颗粒物带来了极差的视觉效果，颗粒物得不到充分沉降，以颗粒态形式存在的氮、磷随颗粒漂浮，导致水质变差、长久积累水质黑臭。

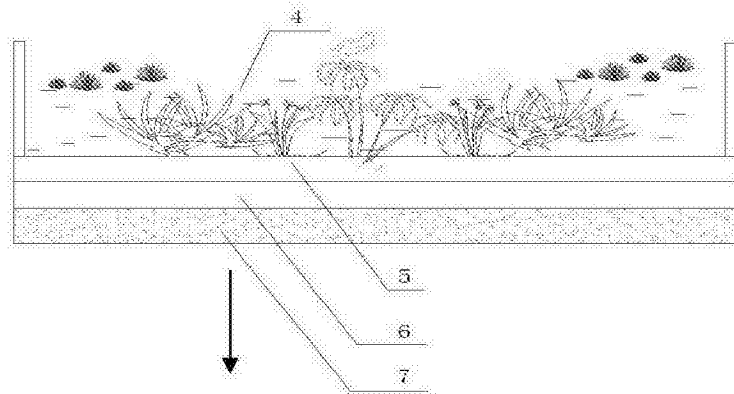
生态蓄水池



叠水净化



景观滤池



卵石池

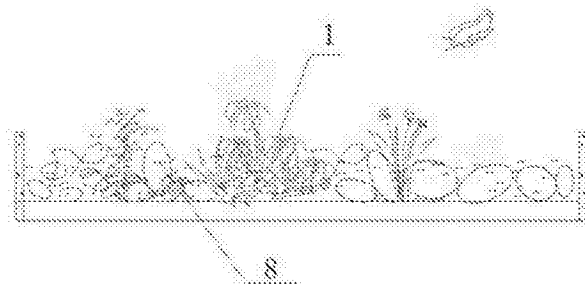


图 1