

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 7 月 30 日 (30.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/151216 A1

(51) 国际专利分类号:
A01C 23/04 (2006.01) A01B 77/00 (2006.01)
A01G 25/02 (2006.01) G05D 27/02 (2006.01)
A01G 25/16 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/099155

(22) 国际申请日: 2019 年 8 月 3 日 (03.08.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910063616.6 2019 年 1 月 23 日 (23.01.2019) CN

(71) 申请人: 浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路
866 号, Zhejiang 310058 (CN)。

(72) 发明人: 齐振宇 (QI, Zhenyu); 中国浙江省杭州市
西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。
周艳虹 (ZHOU, Yanhong); 中国浙江省杭州市西
湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。任
艳云 (REN, Yanyun); 中国浙江省杭州市西湖
区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。张
龙平 (ZHANG, Longping); 中国浙江省杭州市
西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。
蔡盼 (CAI, Pan); 中国浙江省杭州市西湖区
余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。邵淑
君 (SHAO, Shujun); 中国浙江省杭州市西湖区
余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。边武
英 (BIAN, Wuying); 中国浙江省杭州市西湖区
余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。周杰

(54) Title: WATER AND FERTILIZER INTEGRATED IRRIGATION SYSTEM FOR GARLIC, AND CONTROL METHOD

(54) 发明名称: 一种大蒜水肥一体化灌溉系统及控制方法

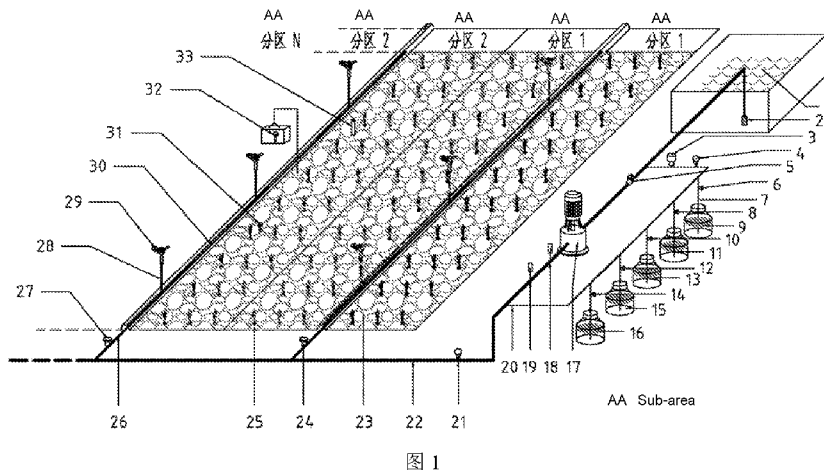


图 1

(57) Abstract: A water and fertilizer integrated irrigation system for garlic (25), and a control method. According to the irrigation system, by using a biodegradable mulch (23), at an early growing stage of garlic (25), the requirements for temperature increase and moisture preservation before the period of seedling establishment of the garlic (25) are met, and after the biodegradable mulch (23) is degraded, the requirement for supply of a large amount of water and fertilizer at a middle and later growing stage of the garlic (25) is met through spray irrigation. In terms of control, different growing stages of the garlic (25) are represented by a mean value of an accumulated atmospheric temperature and an accumulated soil temperature, and a fertilization formula and a fertilization amount are dynamically designed according to a law of absorption of different mineral nutrients at the different growing stages of the garlic (25).

(57) 摘要: 一种大蒜 (25) 水肥一体化灌溉系统及控制方法, 灌溉系统通过采用生物降解地膜 (23), 在大蒜 (25) 的生育前期, 满足大蒜 (25) 返青期以前需要增温保湿的要求, 生物降解地膜 (23) 降解后, 通过喷灌, 满足大蒜 (25) 生育中后期大量水肥供应的需要。在控制方面, 用气积温与地积温的均值代表大蒜 (25) 的不同生育期, 并根据大蒜 (25) 不同生育期对不同矿质营养的吸收规律动态设计施肥配方与施肥量。

(ZHOU, Jie); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号, Zhejiang 310058 (CN)。

(74) 代理人: 杭州求是专利事务有限公司 (HANGZHOU QIUSHI PATENT OFFICE CO., LTD.); 中国浙江省杭州市西湖区玉古路147号黄鸿年科技综合大楼215室/应孔月, Zhejiang 310013 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种大蒜水肥一体化灌溉系统及控制方法

技术领域

本发明属于灌溉领域，特别涉及了一种大蒜水肥一体化灌溉系统及控制方法，可实现大蒜规模化生产过程中的水肥一体化、自动化管理。

背景技术

大蒜是一种越冬作物，在规模化生产的过程中，一般覆盖透明地膜栽培，以提高土壤温度，保持土壤水分，维持土壤结构，减少害虫侵袭作物和某些微生物引起的病害，促进大蒜的健康生长。如不使用地膜，容易造成冻死、干旱等生产问题。目前，大蒜的这种生产方式，有利于大蒜产量与品质的形成，但是，不利于大蒜规模化生产过程中的水肥一体化精确管理。在灌溉方法上，如采用喷灌，因覆盖传统的不透水的地膜，导致灌溉水不能均匀的渗透到膜下土壤，使得喷灌方式不能在传统大蒜覆地膜生产模式上使用。采用膜下滴管，能够保证灌溉水渗透到土壤，并保持较好的灌溉均匀性，但大蒜过高的种植密度，一般行距20cm，株距15cm，栽培密度达到2.2~2.7万株/亩，需要在大蒜播种后安装大量的管道，而管道的成本、安装与拆除工作量，以及后期的生产维护都是生产过程中的不利因素，导致膜下滴管也不能在大蒜的规模化生产上使用。

因此，目前大蒜的规模化生产过程中，在水分的管理上，只能通过水沟大水漫灌，这样往往造成灌水过多，土壤板结缺氧和灌溉水的浪费。肥料的管理上，只能基肥为主、追肥为辅，追肥的方法也只能以沟灌冲施为主，这样也导致在大蒜的种植过程中，造成施肥不足或一次性施肥过多，很难根据大蒜在不同生育期、生长阶段对不同矿质营养的实际需要，进行科学、精准的施肥管理。同时，也阻碍了大蒜规模化生产过程中，水分与肥料的自动化、智能化管理。

发明内容

为了克服现有大蒜水肥一体化灌溉上的不足，本发明提供了一种适用于大蒜水肥一体化的灌溉系统与控制方法。

为了达到上述目的，本发明所采用的技术方案如下：一种大蒜水肥一体化灌溉系统，该系统包括水源、电动流量调节阀、第一电磁流量计、文丘里管、水泵、PH传感器、EC传感器、循环配肥管道、第二电磁流量计、主输水管道、生物降解地膜、分支输水管道、喷灌立管、喷灌头、土壤温度传感器、气温传感器、土壤墒情传感器和控制器；

所述主输水管道的进水口通入水源，水泵、PH传感器、EC传感器和第二电磁流量计依次

接在主输水管道上，循环配肥管道的两端并联接入到主输水管道上，循环配肥管道的两端跨越水泵、PH传感器和EC传感器；电动流量调节阀、第一电磁流量计和多个文丘里管依次接入到循环配肥管道上，每个文丘里管上接有配肥电磁阀且通入料罐；

主输水管道上还接入若干分支输水管道，每个分支输水管道的上游均接有轮灌电磁阀，每个分支输水管道上还接有若干喷灌立管，喷灌立管上安装喷灌头，

生物降解地膜覆盖在大蒜栽培地，生物降解膜下设有土壤温度传感器与土壤墒情传感器，生物降解膜上设有气温传感器；

所述电动流量调节阀、第一电磁流量计、水泵、PH传感器、EC传感器、第二电磁流量计、所有配肥电磁阀、土壤温度传感器、气温传感器和土壤墒情传感器均与控制器相连。

进一步的，将大蒜栽培地划分为多个分区，每个分区上对应布置一根分支输水管道。

进一步的，所述分支输水管道上做垄。

进一步的，所述文丘里管的数量为五个，五个文丘里管上分别安装第一配肥电磁阀、第二配肥电磁阀、第三配肥电磁阀、第四配肥电磁阀、第五配肥电磁阀；五个文丘里管分别通入第一肥料灌、第二肥料灌、第三肥料灌、储酸罐、储碱罐。

进一步的，所述第一肥料灌、第二肥料灌、第三肥料灌分别存放N、P、K水溶肥，储酸罐存放标准浓度的硝酸或盐酸溶液，储碱罐存放标准浓度的氢氧化钠或氢氧化钾水溶液。

进一步的，所述水泵的进水口端安装网式过滤器，所述主输水管道的进水口上安装水底止回阀。

进一步的，所述主输水管道、分支输水管道、配肥管道可采用 PPR 材质或 PVC 材质，优选 PPR 材质。其中，分支管道直径可选用 $\Phi 25$ 或 $\Phi 32$ ，分支管道之间的间距为 8~20 m，可采用 360 度摇臂喷头，喷头间距 4~10 m，工作压力 0.3~0.6 MPa。

进一步的，所述生物降解地膜为生物降解高分子材料，由聚乳酸(PLA)、聚己内酯(PCL)、聚碳酸亚丙酯树脂(PPC)等材料一种或多种组合吹塑而成，可根据材料成分配比，精确设计生物降解地膜的降解周期，并以生物地膜降解质量损失25%作为生物地膜的降解周期。需要说明的是，生物降解地膜的生产工艺目前已经非常成熟，只需要告诉厂家相关降解的周期，即可获得所需的生物降解地膜。

进一步的，所述生物降解地膜的非降解期与大蒜生育期的发芽期、幼苗期、越冬期对应一致；生物降解地膜的降解期与大蒜生育期的返青期、烂母期、花芽及鳞芽分化期、抽薹期、鳞茎膨大期对应一致。

进一步的，所述大蒜生育期包括发芽期、幼苗期、越冬期、返青期、烂母期、花芽及鳞芽分化期、抽薹期、鳞茎膨大期，并采用气积温和地积温的平均值，代表大蒜不同的生育期

指标。

进一步的，所述生物降解地膜采用气积温和地积温的平均值，来代表生物降解地膜降解周期指标。

本发明的另一目的是提供一种大蒜水肥一体化灌溉系统的控制方法，该方法包括如下步骤：

步骤一、根据大蒜生长的生育期，包括发芽期、幼苗期、越冬期、返青期、烂母期、花芽及鳞芽分化期、抽薹期、鳞茎膨大期和休眠期，并采用气积温和地积温的平均值 B ，代表大蒜不同的生育时期的指标；根据越冬期后、返青期前积温平均值 B 作为开始灌溉的积温阈值 B_0 ；

$$B_0 = \frac{1}{2} \sum_{x=1}^z (T_x + E_x)$$

式中 x 为大蒜栽培地，从播种开始，生长的天数； T_x 为大蒜栽培地从播种开始，第 x 天气温的平均值； E_x 为大蒜栽培地从播种开始，覆盖生物地膜后，第 x 天土壤温度的平均值； z 为大蒜从播种到返青期的总天数； B_0 为大蒜开始灌溉时的积温阈值。

步骤二、根据大蒜不同生育期对矿质营养的吸收规律，建立起大蒜积温和与各矿质营养元素吸收量的对应函数关系，并根据建立的对应函数关系，设计大蒜各时期的施肥配方与施肥量，计算方法如下：

根据每 Z 天大蒜生长期间气积温和地积温的平均值 B ，并取样检测大蒜各个生育期 N、P、K 营养元素的含量与变化情况，建立起大蒜积温和与矿质营养吸收量的函数关系 $N(B)$ 、 $P(B)$ 、 $K(B)$ ，设定施肥间隔周期积温阈值 B_1 ，即积温增加 B_1 ，进行一次施肥，获得施肥次数与 N、P、K 总施肥量的函数关系 $D(i)$ 、 $L(i)$ 、 $J(i)$ ；第 i 次的施肥量与施肥配方计算如下：

$$R_N = D(i) - D(i-1)$$

$$R_P = L(i) - L(i-1)$$

$$R_K = J(i) - J(i-1)$$

$$N:P:K = [D(i) - D(i-1)] : [L(i) - L(i-1)] : [J(i) - J(i-1)]$$

步骤三、根据大蒜生长的生育期和代表相应生育期的气积温和地积温的平均值 B ，设定不同生育期条件下的施肥浓度，控制器通过调节配肥管道电动流量调节阀的开启比例与配肥

电磁阀开启的频率，控制每次的施肥配方与施肥量；

步骤四、土壤墒情传感器将测得土壤墒情值 H 实时传输到控制器，控制器根据设定的阈值范围 H_0 控制水泵启动或停止灌溉，当测得 $H > H_0$ 时，系统不进行灌溉；当测得 $H \leq H_0$ 时，控制器控制循环配肥管道上的电动流量调节阀的完全关闭，关闭配肥电磁阀，启动水泵开始灌溉，每次的灌溉量根据测得的土壤墒情值 H 与 H_0 比例调节；第 y 次的灌水量计算如下：

$$W(y) = k_0 \times (H_y - H_0) + W_0$$

式中 W_0 为设定的标准灌溉量； H_y 为第 y 次测得的土壤墒情值； H_0 为启动灌溉的土壤墒情阈值； k_0 为土壤墒情对灌溉水量的比例系数；

通过步骤一至步骤四，控制器控制系统中水泵的启动或停止、电动流量调节阀的开启比例、配肥电磁阀的开启与关闭、各个分区轮灌电磁阀的开启与关闭，进行大蒜的水肥一体化灌溉。

本发明的有益效果是：系统设计上，通过设置循环配肥管道，减少了配肥动力，并且便利了配肥单元的空间布局，使得占用空间很大的肥料桶、酸碱桶等器物可以不用直接布局在主输水管道旁。该系统将生物降解地膜与喷灌结合，可以实现大蒜规模化生产过程中的水肥一体化精确管理与智能化控制，解决多年来大蒜规模化生产中覆膜栽培与水肥一体化的矛盾。与传统的水沟大水漫灌相比，本发明能够减少灌溉水量，缓解土壤板结缺氧和灌溉水浪费等问题。同时，在肥料的管理上，能够改变过去大蒜规模化栽培，只能基肥为主、追肥为辅的施肥方法，能够根据大蒜在不同生育期、生长阶段对不同矿质营养的实际需要，进行科学、精准的施肥管理。

大蒜栽培生产过程中采用生物降解膜，一方面可以在降解的前期起到较好的保水、保温与保肥作用，另一方面，在大蒜的鳞茎膨大期，地膜会出现降解裂口，增加膜下土壤的通风透气性，使得土壤温度环境与疏松的土壤环境更加有利于大蒜鳞茎的膨大。同时，在后期，生物降解地膜能降低土壤的含水量，降低烂蒜的发生，大蒜收获时，不用揭膜，可以直接进行机械收获，提高大蒜收获效率。此外，与普通塑料地膜相比，生物降解地膜可减少白色污染、保护土壤结构，提升环境质量，维护整个农田生态环境。

本发明控制方法上，通过将大蒜种植地块的气积温和地积温的平均值代表大蒜的生育期，建立起大蒜积温和与各矿质营养元素吸收量的对应关系，并根据大蒜不同生育期与建立的对应关系，动态设计施肥配方与施肥量，能够根据大蒜在不同生育期、生长阶段对不同矿质营养的实际需要，进行科学、精准的施肥管理，同时，也实现了大蒜栽培过程中，水分与肥料

管理的自动化、智能化，且该系统符合大蒜的机械化播种、采收等生产过程，适合大蒜的规模化生产与推广使用。

附图说明

图 1 是本发明的原理图；

图中，水源 1、水底止回阀 2、电动流量调节阀 3、第一电磁流量计 4、网式过滤器 5、第一配肥电磁阀 6、文丘里管 7、第二配肥电磁阀 8、第一肥料灌 9、第三配肥电磁阀 10、第二肥料灌 11、第四配肥电磁阀 12、第三肥料灌 13、第五配肥电磁阀 14、储酸罐 15、储碱罐 16、水泵 17、PH 传感器 18、EC 传感器 19、配肥管道 20、第二电磁流量计 21、主输水管道 22、生物降解地膜 23、第六电磁阀 24、大蒜 25、分支输水管道 26、第七电磁阀 27、喷灌立管 28、喷灌头 29、垄 30、土壤温度传感器 31、气温传感器 32、土壤墒情传感器 33。

具体实施方式

下面结合附图对本发明做进一步的说明。

如图1所示，一种大蒜水肥一体化灌溉系统，该系统包括水源1、电动流量调节阀3、第一电磁流量计4、文丘里管7、水泵17、PH传感器18、EC传感器19、循环配肥管道20、第二电磁流量计21、主输水管道22、生物降解地膜23、分支输水管道26、喷灌立管28、喷灌头29、土壤温度传感器31、气温传感器32、土壤墒情传感器33和控制器；

所述主输水管道22的进水口通入水源1，水泵17、PH传感器18、EC传感器19和第二电磁流量计21依次接在主输水管道22上，循环配肥管道20的两端并联接入到主输水管道22上，循环配肥管道20的两端跨越水泵17、PH传感器18和EC传感器19；电动流量调节阀3、第一电磁流量计4和多个文丘里管7依次接入到循环配肥管道20上，每个文丘里管7上接有配肥电磁阀且通入料罐；

主输水管道22上还接入若干分支输水管道26，每个分支输水管道26的上游均接有轮灌电磁阀，每个分支输水管道26上还接有若干喷灌立管28，喷灌立管28上安装喷灌头29，

所述电动流量调节阀 3、第一电磁流量计 4、水泵 17、PH 传感器 18、EC 传感器 19、第二电磁流量计 21、所有配肥电磁阀、土壤温度传感器 31、气温传感器 32 和土壤墒情传感器 33 均与控制器相连。所述控制器可以采用浙江大学 ZJU-AES-09 型号的产品，但不限于此。

将大蒜栽培地划分为多个分区，每个分区上对应布置一根分支输水管道26。

所述分支输水管道26上做垄30。不同垄30之间为大蒜种植轮灌分区，大蒜种植区上种植大蒜25，生物降解地膜23覆盖在大蒜种植区上，生物降解膜23下设有土壤温度传感器31与土壤墒情传感器33，生物降解膜上设有气温传感器32；

所述文丘里管7的数量为五个，五个文丘里管7上分别安装第一配肥电磁阀6、第二配肥电

磁阀8、第三配肥电磁阀10、第四配肥电磁阀12、第五配肥电磁阀14；五个文丘里管7分别通入第一肥料灌9、第二肥料灌11、第三肥料灌13、储酸罐15、储碱罐16。

所述第一肥料灌、第二肥料灌、第三肥料灌分别存放N、P、K水溶肥，储酸罐存放标准浓度的硝酸或盐酸溶液，储碱罐存放标准浓度的氢氧化钠或氢氧化钾水溶液。

所述水泵17的进水口端安装网式过滤器5，所述主输水管道22的进水口上安装水底止回阀2，保持管道与水泵间的管道为充水状态。

所述主输水管道22、分支输水管道26、配肥管道20可采用 PPR 材质或 PVC 材质，优选 PPR 材质。其中，分支输水管道26直径可选用 $\Phi 25$ 或 $\Phi 32$ ，相邻两个分支输水管道26之间的间距为 8~20 m，可采用 360 度摇臂喷头，喷头间距 4~10 m，工作压力 0.3~0.6 MPa。

进一步的，所述生物降解地膜23为生物降解高分子材料，由聚乳酸(PLA)、聚己内酯(PCL)、聚碳酸亚丙酯树脂(PPC)等材料一种或多种组合吹塑而成，可根据材料成分配比，精确设计生物降解地膜(23)的降解周期，并以生物地膜降解质量损失25%作为生物地膜的降解周期。

大蒜生育期包括发芽期、幼苗期、越冬期、返青期、烂母期、花芽及鳞芽分化期、抽薹期、鳞茎膨大期，所述生物降解地膜23的非降解期与大蒜生育期的发芽期、幼苗期、越冬期对应一致；生物降解地膜23的降解期与大蒜生育期的返青期、烂母期、花芽及鳞芽分化期、抽薹期、鳞茎膨大期对应一致。并采用气积温和地积温的平均值，代表大蒜不同的生育时期的指标，并将返青期作为大蒜开始需要水肥灌溉供应的时期，此时的气积温和地积温的平均值作为生物降解地膜的降解积温阈值。

所述生物降解地膜23采用气积温和地积温的平均值，来代表生物降解地膜23降解周期指标。

需要说明的是，生物降解地膜23的生产工艺目前已经非常成熟，只需要告诉厂家相关降解的周期，即可获得所需的生物降解地膜。

本发明提供一种大蒜水肥一体化灌溉系统的控制原理如下：

首先，根据大蒜生育期，包括发芽期、幼苗期、越冬期、返青期、烂母期、花芽及鳞芽分化期、抽薹期、鳞茎膨大期，采用气积温和地积温的平均值，代表大蒜不同的生育时期的指标，并将返青期作为大蒜开始需要大量水肥灌溉供应的时期，此时的气积温和地积温的平均值作为生物降解地膜的降解积温阈值。然后，采用气积温和地积温的平均值，来代表生物降解地膜的降解周期。并以气积温和地积温的平均值达到生物降解地膜的降解积温阈值，生物降解地膜降解25%，设计生物降解地膜的降解周期与合成配方。配方可由聚乳酸(PLA)、聚己内酯(PCL)、聚碳酸亚丙酯树脂(PPC)等材料一种或多种组合而成。最后，根据大蒜不同生育期对矿质营养的吸收规律，建立起大蒜气积温和地积温的平均值与各矿质营养元素吸收量

的对应关系与函数模型。

控制器接受土壤温度传感器31、气温传感器32检测到的气温、土壤温度、土壤墒情判断大蒜的不同生育期，并根据不同生育期对肥料的需求，生成施肥配方与施肥量，启动水泵17、开启分区1中的轮罐电磁阀24，开始水肥灌溉。水源1中的灌溉水通过水底止回阀2，进入主输水管道22，并分别通过网式过滤器5与水泵后，控制器根据第一电磁流量计4测得的流量值，调节电动流量调节阀3的开启比例，一部分灌溉水进入循环配肥管道20，控制器根据生成的施肥配方与设置的生育期施肥浓度，通过改变第一配肥电磁阀6、第二配肥电磁阀8和第三配肥电磁阀10的开启频率，分别控制第一肥料灌9、第二肥料灌11和第三肥料灌13通过文丘里管注入灌溉系统N、P、K肥的量，控制器通过EC传感器19测得EC值，监控灌溉水的EC值在设定的范围内。通过PH传感器18测得混合水肥的PH值，控制第四配肥电磁阀12和第五配肥电磁阀14的开启频率，控制储酸罐15和储碱罐16通过文丘里管注入灌溉系统酸或碱量，调节混合水肥的PH值。混合水肥进入主输水管道22，与灌溉水混合，再次通过网式过滤器5、水泵17、PH传感器18、EC传感器19、第二电磁流量计21，并通过分区轮罐第六电磁阀24、分支输水管道26、喷灌立管28和喷灌头29进行喷灌。控制器通过生成的施肥配方与设定的施肥浓度和第二电磁流量计21的流量值，控制分区的施肥量。分区一完成后，第六电磁阀24关闭，第七电磁阀27开启，进行分区二的灌溉施肥，并依此进行各个分区的轮罐施肥，至全部完成一次灌溉施肥停止。

控制器根据土壤墒情传感器33将测得的土壤墒情值实时传输到控制器，控制器根据设定的阈值范围控制水泵启动灌溉，并根据测得的土壤墒情值，比例控制灌溉水量。启动灌溉时，调节电动流量调节阀完全关闭，关闭配肥电磁阀，控制器通过EC传感器19测得的EC值，监控灌溉水的EC值在设定的范围内。通过PH传感器18测得灌溉水的PH值，调节电动流量调节阀的开启比例，控制第四配肥电磁阀12和第五配肥电磁阀14的开启频率，控制储酸罐15和储碱罐16通过文丘里管注入灌溉系统酸或碱量，调节灌溉水的PH值。

具体包括以下步骤：

步骤一、根据大蒜生长的生育期，包括发芽期、幼苗期、越冬期、返青期、烂母期、花芽及鳞芽分化期、抽薹期、鳞茎膨大期和休眠期，并采用气积温和地积温的平均值 B ，代表大蒜不同的生育时期的指标。根据越冬期后、返青期前气积温和地积温的平均值 B 作为开始灌溉的积温阈值 B_0 。

$$B_0 = \frac{1}{2} \sum_{x=1}^z (T_x + E_x)$$

式中 T_x 为大蒜栽培地从播种开始, 第 x 天气温的平均值; E_x 为大蒜栽培地从播种开始, 覆盖生物地膜后, 第 x 天土壤温度的平均值; x 为大蒜栽培地, 从播种开始, 生长的天数; z 为大蒜从播种到返青期的总天数; B_0 为大蒜开始灌溉时的积温阈值。

步骤二、根据大蒜不同生育期对矿质营养的吸收规律, 建立起大蒜积温和与各矿质营养元素吸收量的对应函数关系, 并根据建立的对应函数关系, 设计大蒜各时期的施肥配方与施肥量, 计算方法如下:

根据每 Z 天 (这里 Z 优选 5 天) 大蒜生长期间气积温和地积温的平均值 B , 并取样检测大蒜各个生育期 N、P、K 等营养元素的含量与变化情况, 建立起大蒜积温和与矿质营养吸收量的函数关系 $N(B)$ 、 $P(B)$ 、 $K(B)$, 设定施肥间隔周期积温阈值 B_1 , 即积温增加 B_1 , 进行一次施肥, 获得施肥次数与 N、P、K 总施肥量的函数关系 $D(i)$ 、 $L(i)$ 、 $J(i)$ 。第 i 次的施肥量与施肥配方计算如下:

$$R_N = D(i) - D(i-1)$$

$$R_P = L(i) - L(i-1)$$

$$R_K = J(i) - J(i-1)$$

$$N:P:K = [D(i) - D(i-1)] : [L(i) - L(i-1)] : [J(i) - J(i-1)]$$

步骤三、根据大蒜生长的生育期和代表相应生育期的气积温和地积温的平均值 B , 设定不同生育期条件下的施肥浓度, 控制器通过调节配肥管道电动流量调节阀的开启比例与配肥电磁阀开启的频率, 控制每次的施肥配方与施肥量。

步骤四、土壤墒情传感器每隔 1h 将测得土壤墒情值 H 实时传输到控制器, 控制器根据设定的阈值范围 H_0 控制水泵启动或停止灌溉, 当测得 $H > H_0$ 时, 系统不进行灌溉。当测得 $H \leq H_0$ 时, 控制器开启配肥管道上的电动流量调节阀的开启比例, 关闭配肥电磁阀, 启动水泵开始灌溉, 每次的灌溉量根据测得的土壤墒情值 H 与 H_0 比例调节。第 y 次的灌水量计算如下:

$$W(y) = k_0 \times (H_y - H_0) + W_0$$

式中 W_0 为设定的标准灌溉量; H_y 为第 y 次测得的土壤墒情值; H_0 为启动灌溉的土壤墒情阈值; k_0 为土壤墒情对灌溉水量的比例系数。

通过步骤一至步骤四, 控制器根据检测到的气温、土壤温度、土壤墒情、PH/EC 值, 判

断大蒜的不同生育期与不同生育期对肥料与水分的需求，控制系统中水泵的启动或停止、电动流量调节阀的开启比例、配肥电磁阀的开启与关闭、轮灌电池的开启与关闭，进行大蒜的水肥一体化灌溉。

权 利 要 求 书

1. 一种大蒜水肥一体化灌溉系统，其特征在于，该系统包括水源（1）、电动流量调节阀（3）、第一电磁流量计（4）、文丘里管（7）、水泵（17）、PH传感器（18）、EC传感器（19）、循环配肥管道（20）、第二电磁流量计（21）、主输水管道（22）、生物降解地膜（23）、分支输水管道（26）、喷灌立管（28）、喷灌头（29）、土壤温度传感器（31）、气温传感器（32）、土壤墒情传感器（33）和控制器等；

所述主输水管道（22）的进水口通入水源（1），水泵（17）、PH传感器（18）、EC传感器（19）和第二电磁流量计（21）依次接在主输水管道（22）上，循环配肥管道（20）的两端并联接入到主输水管道（22）上，循环配肥管道（20）的两端跨越水泵（17）、PH传感器（18）和EC传感器（19）；电动流量调节阀（3）、第一电磁流量计（4）和多个文丘里管（7）依次接入到循环配肥管道（20）上，每个文丘里管（7）上接有配肥电磁阀且通入料罐；

主输水管道（22）上还接入若干分支输水管道（26），每个分支输水管道（26）的上游均接有轮灌电磁阀，每个分支输水管道（26）上还接有若干喷灌立管（28），喷灌立管（28）上安装喷灌头（29），

生物降解地膜（23）覆盖在大蒜栽培地，生物降解膜（23）下设有土壤温度传感器（31）与土壤墒情传感器（33），生物降解膜上设有气温传感器（32）；

所述电动流量调节阀（3）、第一电磁流量计（4）、水泵（17）、PH传感器（18）、EC传感器（19）、第二电磁流量计（21）、所有配肥电磁阀、土壤温度传感器（31）、气温传感器（32）和土壤墒情传感器（33）均与控制器相连。

2. 根据权利要求1所述的一种大蒜水肥一体化灌溉系统，其特征在于，将大蒜栽培地划分为多个分区，每个分区上对应布置一根分支输水管道（26）。

3. 根据权利要求1所述的一种大蒜水肥一体化灌溉系统，其特征在于，所述分支输水管道（26）上做垄（30）。

4. 根据权利要求1或2所述的一种大蒜水肥一体化灌溉系统，其特征在于，所述文丘里管（7）的数量为五个，五个文丘里管（7）上分别安装第一配肥电磁阀（6）、第二配肥电磁阀（8）、第三配肥电磁阀（10）、第四配肥电磁阀（12）、第五配肥电磁阀（14）；五个文丘里管（7）分别通入第一肥料灌（9）、第二肥料灌（11）、第三肥料灌（13）、储酸罐（15）、储碱罐（16）。

5. 根据权利要求4所述的一种大蒜水肥一体化灌溉系统，其特征在于，所述第一肥料灌、第二肥料灌、第三肥料灌分别存放N、P、K水溶肥，储酸罐存放标准浓度的硝酸或盐酸溶

液，储碱罐存放标准浓度的氢氧化钠或氢氧化钾水溶液。

6. 根据权利要求5所述的大蒜水肥一体化灌溉系统，其特征在于，所述生物降解地膜（23）以生物地膜降解质量损失25%作为生物地膜的降解周期。

7. 根据权利要求6所述的大蒜水肥一体化灌溉系统，其特征在于，大蒜生育期包括发芽期、幼苗期、越冬期、返青期、烂母期、花芽及鳞芽分化期、抽薹期、鳞茎膨大期，所述生物降解地膜（23）的非降解期与大蒜生育期的发芽期、幼苗期、越冬期对应一致；生物降解地膜（23）的降解期与大蒜生育期的返青期、烂母期、花芽及鳞芽分化期、抽薹期、鳞茎膨大期对应一致。

8. 根据权利要求9所述的大蒜水肥一体化灌溉系统，其特征在于，所述生物降解地膜（23）采用气积温和地积温的平均值，来代表生物降解地膜（23）降解周期指标。

9. 根据权利要求8所述的一种大蒜水肥一体化灌溉系统，其特征在于，所述水泵（17）的进水口端安装网式过滤器（5），所述主输水管道（22）的进水口上安装水底止回阀（2）。

10. 一种权利要求9所述的一种大蒜水肥一体化灌溉系统的控制方法，其特征在于，该方法包括如下步骤：

步骤一、根据大蒜生长的生育期，包括发芽期、幼苗期、越冬期、返青期、烂母期、花芽及鳞芽分化期、抽薹期、鳞茎膨大期和休眠期，并采用气积温和地积温的平均值 B ，代表大蒜不同的生育时期的指标；根据越冬期后、返青期前积温平均值 B 作为开始灌溉的积温阈值 B_0 ；

$$B_0 = \frac{1}{2} \sum_{x=1}^z (T_x + E_x)$$

式中 x 为大蒜栽培地，从播种开始，生长的天数； T_x 为大蒜栽培地从播种开始，第 x 天气温的平均值； E_x 为大蒜栽培地从播种开始，覆盖生物地膜后，第 x 天土壤温度的平均值； z 为大蒜从播种到返青期的总天数； B_0 为大蒜开始灌溉时的积温阈值。

步骤二、根据大蒜不同生育期对矿质营养的吸收规律，建立起大蒜积温和与各矿质营养元素吸收量的对应函数关系，并根据建立的对应函数关系，设计大蒜各时期的施肥配方与施肥量，计算方法如下：

根据每 Z 天大蒜生长期间气积温和地积温的平均值 B ，并取样检测大蒜各个生育期 N、P、K 营养元素的含量与变化情况，建立起大蒜积温和与矿质营养吸收量的函数关系 $N(B)$ 、 $P(B)$ 、 $K(B)$ ，设定施肥间隔周期积温阈值 B_1 ，即积温增加 B_1 ，进行一次施肥，获得施肥次

数与 N、P、K 总施肥量的函数关系 $D(i)$ 、 $L(i)$ 、 $J(i)$ ；第 i 次的施肥量与施肥配方计算如下：

$$R_N = D(i) - D(i-1)$$

$$R_P = L(i) - L(i-1)$$

$$R_K = J(i) - J(i-1)$$

$$N:P:K = [D(i) - D(i-1)] : [L(i) - L(i-1)] : [J(i) - J(i-1)]$$

步骤三、根据大蒜生长的生育期和代表相应生育期的气积温和地积温的平均值 B ，设定不同生育期条件下的施肥浓度，控制器通过调节配肥管道电动流量调节阀（3）的开启比例与配肥电磁阀开启的频率，控制每次的施肥配方与施肥量；

步骤四、土壤墒情传感器（33）将测得土壤墒情值 H 实时传输到控制器，控制器根据设定的阈值范围 H_0 控制水泵启动或停止灌溉，当测得 $H > H_0$ 时，系统不进行灌溉；当测得 $H \leq H_0$ 时，控制器控制循环配肥管道（20）上的电动流量调节阀（3）的完全关闭，关闭配肥电磁阀，启动水泵开始灌溉，每次的灌溉量根据测的土壤墒情值 H 与 H_0 比例调节；第 y 次的灌水量计算如下：

$$W(y) = k_0 \times (H_y - H_0) + W_0$$

式中 W_0 为设定的标准灌溉量； H_y 为第 y 次测的土壤墒情值； H_0 为启动灌溉的土壤墒情阈值； k_0 为土壤墒情对灌溉水量的比例系数；

通过步骤一至步骤四，控制器控制系统中水泵的启动或停止、电动流量调节阀的开启比例、配肥电磁阀的开启与关闭、各个分区轮灌电磁阀的开启与关闭，进行大蒜的水肥一体化灌溉。

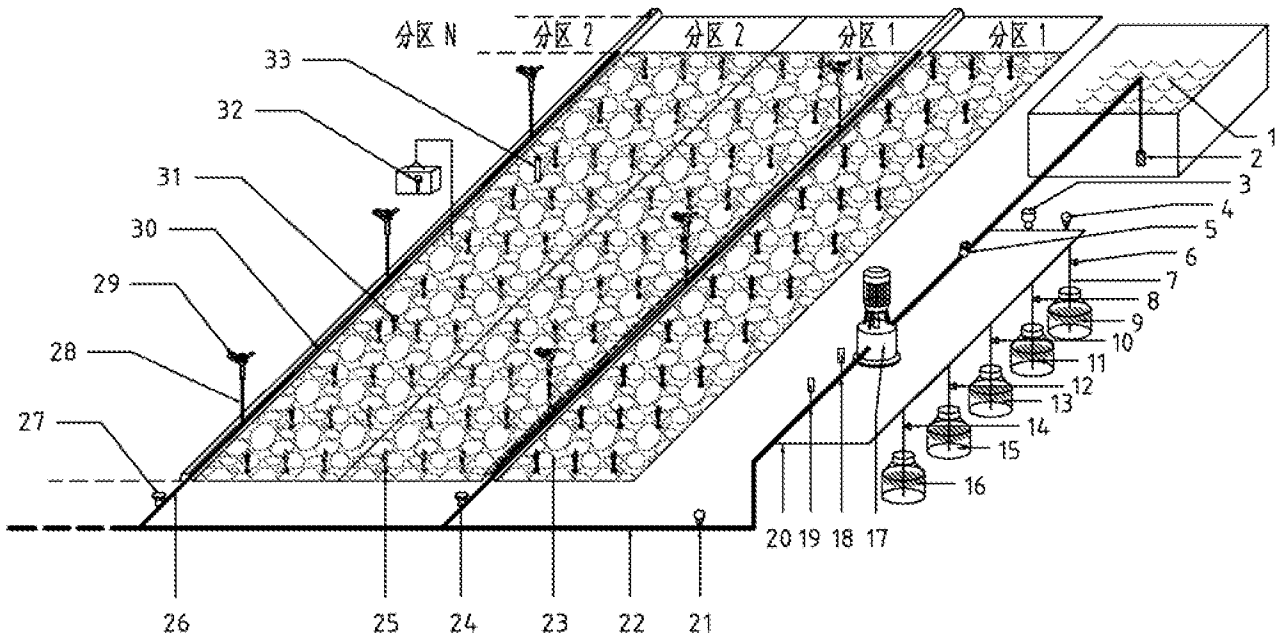


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/099155

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A01C 23/04(2006.01)i; A01G 25/02(2006.01)n; A01G 25/16(2006.01)n; A01B 77/00(2006.01)n; G05D 27/02(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A01C; A01G; A01B; G05D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; DWPI; SIPOABS; WOTXT; USTXT; EPTXT: 浙江大学, 水肥, 灌溉, 施肥, 一体化, 流量, 地膜, 喷洒, 喷灌, 传感器, 监测, 检测, 温度, 湿度, 气温, 墒情, 控制, water, fertilizer, integrat+, flow, mulch+, film, sprinkl+, spray +, sensor+, detect+, monitor+, moisture, control+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109644660 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 19 April 2019 (2019-04-19) claims 1-10	1-10
A	CN 105557463 A (CHONGQING ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES et al.) 11 May 2016 (2016-05-11) description, paragraphs [0034]-[0062], and figures 1 and 2	1-10
A	CN 107950330 A (CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY) 24 April 2018 (2018-04-24) entire document	1-10
A	JP 2018046749 A (KUROKAWA, Y.) 29 March 2018 (2018-03-29) entire document	1-10
A	CN 202941140 U (SHANGHAI HUAWEI WATER SAVING IRRIGATION CORP., LTD.) 22 May 2013 (2013-05-22) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 September 2019

Date of mailing of the international search report

28 October 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/099155

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	109644660	A	19 April 2019	None	
CN	105557463	A	11 May 2016	None	
CN	107950330	A	24 April 2018	None	
JP	2018046749	A	29 March 2018	None	
CN	202941140	U	22 May 2013	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/099155

A. 主题的分类

A01C 23/04(2006.01)i; A01G 25/02(2006.01)n; A01G 25/16(2006.01)n; A01B 77/00(2006.01)n; G05D 27/02(2006.01)n

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

A01C; A01G; A01B; G05D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS;CNTXT;CNKI;DWPI;SIPOABS;WOTXT;USTXT;EPTXT: 浙江大学, 水肥, 灌溉, 施肥, 一体化, 流量, 地膜, 喷洒, 喷灌, 传感器, 监测, 检测, 温度, 湿度, 气温, 墒情, 控制, water, fertilizer, integrat+, flow, mulch+, film, sprinkl+, spray+, sensor+, detect+, monitor+, moisture, control+

C. 相关文件

类 型*

引用文件, 必要时, 指明相关段落

相关的权利要求

PX

CN 109644660 A (浙江大学) 2019年 4月 19日 (2019 - 04 - 19)
权利要求1-10

1-10

A

CN 105557463 A (重庆市农业科学院 等) 2016年 5月 11日 (2016 - 05 - 11)
说明书第[0034]-[0062]段, 附图1、2

1-10

A

CN 107950330 A (中国农业大学) 2018年 4月 24日 (2018 - 04 - 24)
全文

1-10

A

JP 2018046749 A (KUROKAWA YUKIO) 2018年 3月 29日 (2018 - 03 - 29)
全文

1-10

A

CN 202941140 U (上海华维节水灌溉有限公司) 2013年 5月 22日 (2013 - 05 - 22)
全文

1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 9月 23日

国际检索报告邮寄日期

2019年 10月 28日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

受权官员

李永双

传真号 (86-10)62019451

电话号码 86-(512)-88995281

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/099155

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	109644660	A	2019年 4月 19日	无	
CN	105557463	A	2016年 5月 11日	无	
CN	107950330	A	2018年 4月 24日	无	
JP	2018046749	A	2018年 3月 29日	无	
CN	202941140	U	2013年 5月 22日	无	