

负压灌溉重液式负压阀设计与试验

龙怀玉, 张怀志, 岳现录, 张认连

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要: 为发展负压灌溉中简单实用、高效精确的负压维持方法及其设备, 该文设计了一种重液式负压阀 (heavy liquid-type negative pressure valve, HLNPV), 基本构件包括一个 U 型玻璃管、一个 S 型玻璃控压管、一个空心玻璃球以及能在这三者之间进行循环流动的重液—水银, 利用水银的静压力维持负压, 并且在负压阀和大气之间设计了一个进气速度限制器, 利用石蜡油或水覆盖在水银液面上防止其挥发。实验室检测结果表明, 在-30 kPa 以内的负压下, HLNPV 维持负压的相对误差小于 5%。实际田间条件下, 以石蜡油作为覆盖液时, 大部分 HLNPV 能够在 2~3 个月的试验期间内平稳运行, 有 15.5% 的 HLNPV 在运行了 1~3 个月后发现水银氧化变黑现象, 6.2% 的 HLNPV 因为黑色氧化沉淀物堵塞管道而导致负压维持功能丧失。所有以水作覆盖液的 HLNPV 在 2~4 个月的试验期间内均能够平稳运行。该文详细地介绍了重液式负压阀的原理、结构、实际使用效果以及进一步改进的建议, 以期为促进负压灌溉设备创新研发提供参考。

关键词: 灌溉; 设计; 农业; 重液式负压阀, 负压灌溉, 负压维持

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2018.01.012

中图分类号: S275

文献标志码: B

文章编号: 1002-6819(2018)-01-0085-08

龙怀玉, 张怀志, 岳现录, 张认连. 负压灌溉重液式负压阀设计与试验[J]. 农业工程学报, 2018, 34(1): 85-92. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2018.01.012 <http://www.tcsae.org>

Long Huaiyu, Zhang Huaizhi, Yue Xianlu, Zhang Renlian. Design and experiment of heavy liquid-type negative pressure valve used for negative pressure irrigation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2018, 34(1): 85-92. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2018.01.012 <http://www.tcsae.org>

0 引言

负压灌溉 (negative pressure irrigation, NPI) 是近十多年来在中国比较受关注的一种灌溉技术。它通过土壤水分吸力和植物蒸腾耗水实现了植物对水分的精准、连续和自动获取, 能可靠地根据作物自身需水要求进行土壤水分补充, 极大地提高了灌溉效率和水分生产率^[1]。负压灌溉系统中负压的形成与持续存在是负压灌溉的基础。尽管负压灌溉系统有多种形式, 但在整个系统中一定有一个维持系统负压的装置, 从文献来看, 现有的负压维持方法与装置大体上有 5 种。1) 悬挂水柱法, 即将水源置于一个比灌水器低的位置, 两者的高度差即为所需要的负压, 不存在独立的负压维持器, 由灌水器 and 储水器构成一个虚拟的负压发生器。在早期的负压灌溉研究以及在实验室土柱模拟研究中, 基本上都是采用悬挂水柱法^[2-10], 该法的最大优点就是简单, 但其缺点也是显著的, 因为要将水源置于灌水器的下方, 在实际生产中需要将灌溉水储藏到生长作物的地面以下, 很不方便。更为不利的是, 在负压状态下, 溶解在水中的空气会溢出, 积累到一定量了, 会形成气泡滞留在输水管的上部, 阻断连续的水流, 致使灌水停止。2) 负压泵持续抽气法, Lipiec 等^[11]、Iwama 等^[12]为了排除空气溢出、导致负压灌

溉水流中断的情况, 采用负压泵持续抽气、并保持灌溉水循环的方法维持负压, 这种方法需要额外的动力, 而且负压值容易受循环泵的影响, 在实际生产中是难以运用的, 很少看到采用这种方法的研究文献, 仅看到 Moniruzzaman 等^[13-14]运用这种方法研究了负压灌溉下的土壤水分平衡, 建立了不同负压下土壤水分储量、蒸发量的经验模型。3) 水柱调压法, 耿伟等^[15-16]设计了水柱调压法, 并被许高等^[17]、冀荣华等^[18]所采用。4) 爬升水柱调压法, 邹朝望等^[19]、李邵等^[20]设计了“爬升水柱负压控制装置”, 这种方法不同于水柱法的地方在于, 水柱不仅用来控压, 而且也用来供水, 这种方法被不少研究者所采用^[21-24]。水柱法、爬升水柱法简单可靠, 但是体积庞大, 不利于在田间实际使用。5) 电磁阀开关法, 刘学勇等^[25]利用数字压力开关与电磁阀的组合来控制负压, 此后不少研究者^[26-30]也采用了电磁开关法, 该法的优点是精准度高、能够动态监测、体积小、质量轻, 但是需要电源, 需要价格昂贵的数字压力开关和电池阀, 而且特别容易发生故障, 特别是在雷雨天气下。

从以上阐述中, 可以看出: 目前负压灌溉的负压维持器, 各有优点, 也均有比较明显的缺点。悬挂水柱法需要将水源置于灌水器的下方, 而且容易被从灌溉水中溢出的空气阻断灌溉水流。负压泵循环法需要额外的动力, 而且负压值容易受循环泵的影响。水柱调压法、爬升水柱法的设备体积庞大。电磁阀法需要电源和价格昂贵的数字压力开关和电池阀, 并且容易出故障。为了促进负压灌溉技术实用化, 使其能够得到大面积使用, 就

收稿日期: 2017-05-16 修订日期: 2017-12-10

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (863 计划) (2013AA102901)

作者简介: 龙怀玉, 研究员, 博士, 从事土壤水肥调控研究。

Email: hylong@caas.ac.cn