

鱼菜共生系统矿物元素对蔬菜生长的影响

王冰^{1,2}, 张凯¹, 华向美³, 杨玉鹏^{1,2}, 龙翰威^{1*} (1. 重庆市农业科学院, 重庆 401329; 2. 农业废弃物资源化利用技术与设备研发重庆市重点实验室, 重庆 401329; 3. 漯河出入境检验检疫局, 河南漯河 462600)

摘要 [目的]探索鱼菜共生系统中矿物元素对蔬菜生长以及品质的影响。[方法]向传统鱼菜共生系统中,逐步投放麦饭石、火山石以及陶粒,定期测定蔬菜水培营养液中矿物元素以及重金属含量,并在蔬菜收获时测定其高度、叶片数、重量以及叶绿素含量等指标。[结果]在鱼菜共生系统中投放麦饭石等可提高水培营养液中矿物元素含量,对照组蔬菜根长对比空白组增长 15.60%,株高增高 19.68%,质量和生物产量分别增长 18.64%和 34.38%。[结论]麦饭石等的投放可增加水体中矿物元素含量,促进鱼菜共生系统中蔬菜的生长,并可提高蔬菜叶绿素含量,且不会造成重金属超标,但火山石、麦饭石以及陶粒的投放比例、投放方式和投放量还需要进一步研究。

关键词 鱼菜共生;矿物元素;蔬菜

中图分类号 S181 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)13-0076-02

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.13.024

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Mineral Elements on Vegetable Growth in Aquaponics System

WANG Bing^{1,2}, ZHANG Kai¹, HUA Xiang-mei³ et al (1. Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 401329; 2. Key Laboratory of Agricultural Waste Recycling Technology and Equipment R&D, Chongqing 401329; 3. Luohe Entry-exit Inspection and Quarantine Bureau of R. P. China, Luohe, Henan 462600)

Abstract [Objective] To find out the effects of mineral elements on vegetable growth and quality in aquaponics system. [Method] The vesuvianite, maifanite and ceramicsite were added to the system, the concentrations of Fe, Mn, Mg, K and Ca were determined, as well as the height, weight, leaves and chlorophyll content, et al. of the vegetable. [Result] The concentrations of Fe, Mn, Mg, K and Ca were higher after adding the vesuvianite, maifanite and ceramicsite compared to the blank, the growth and quality of vegetable were also better, i. e., the length of root was increased by 15.60%, the height of the whole vegetable was increased by 19.68%, and the weight and production were increased by 18.64% and 34.38% respectively. [Conclusion] Adding vesuvianite, maifanite and ceramicsite is an approach to increase the mineral elements in aquaponics system, which promotes the growth and quality of vegetable, however, the proportion, the way of addition and the amount are needed for further research.

Key words Aquaponics system; Mineral elements; Vegetable

我国是世界第一渔业大国,年产量占世界总产量的68%,但传统养鱼模式是以牺牲环境为代价的。每公斤鱼每天向水体排放氨氮 1~2 g,耗去水中溶解氧 5~6 g,污染 1.5 m³ 水体^[1]。另外,随着人们生活水平的提高,农产品品质已不能满足人们的需求。在传统水产养殖中,伴随着鱼类排泄物的积累,水体中氨氮及亚硝酸盐浓度逐渐增加,过高的氨氮及亚硝酸盐浓度直接影响鱼类生长^[2-3]。水体中氨氮及亚硝酸盐可被微生物转化为易被作物吸收利用的硝酸盐^[4]。另外,水产养殖残饵中富含的 N、P、K 等元素均是作物生长所必需的。鱼菜共生作为一种新型复合耕作体系,可将水产养殖和水耕栽培有机结合,进而实现“水产养殖不换水,蔬菜栽培不施肥”的生态共生效应而逐渐受到推崇。

鱼菜共生系统中,不可施用任何农药,否则会造成水产类和有益微生物种群死亡,从而导致整个系统崩溃,因而该系统可以“自证清白”;水耕栽培又可避免土壤中的重金属污染,提高农作物品质。鱼菜共生是可持续循环型无排放的低碳生产模式,更是解决由农业发展引起的生态危机的有效

途径^[5]。

但传统的鱼菜共生系统中,依然存在营养元素不足导致蔬菜长势不佳的现象。蔬菜生长所必需的 N、P 可以通过增大养殖密度以及投饵量实现,但过高的养殖密度也易导致水体缺氧,严重时造成鱼死亡^[6-7]。另外,通过文献调研,蔬菜生长所必需的其他矿物元素,如 Mg、Mn、Ca 等,可以通过向养殖水体投放火山石、麦饭石等来提高其含量。有研究表明,在鱼池内投放麦饭石或火山石可以吸附鱼池中的微量有毒物质从而净化养殖水质,且可向水体释放多种微量元素,降低鱼类死亡率^[8];此外,火山石和陶粒表面粗糙、多孔,且布水布气均匀,可被微生物附着,是微生物良好的生长载体,具有显著去除水中氮和磷的效果^[9-10]。为了优化鱼菜共生系统水处理工艺,从而提高蔬菜水培营养液中营养元素含量,笔者拟在传统的鱼菜共生系统水处理工艺基础上,添加投放火山石、麦饭石以及陶粒,并定期测定蔬菜水培营养液中 Fe、Mn、Mg、K 等 5 种矿物元素以及重金属含量,同时对该系统中整个蔬菜生长周期进行监测,并在蔬菜收获时测定其高度、叶片数、重量以及叶绿素含量等指标。

1 材料与方法

1.1 试验场地 该试验在工厂化鱼菜共生中试基地开展,该系统位于玻璃温室内,采用的是“工厂化循环水养殖+垂直旋转立体栽培”模式,利用养鱼尾水替代传统营养液作为蔬菜的养分供给经过蔬菜吸收后回到鱼池,进行绿色安全蔬菜的生产;4 m 高的垂直旋转立体栽培架,可有效解决立体栽培

基金项目 重庆市科院所绩效激励引导专项(cstc2018jxj180049);重庆市社会民生重点项目(csts2017shms-zdyfX0052);重庆市技术创新与应用示范专项(cstc2018jszx-zdyfX0009)。

作者简介 王冰(1986—),女,河南漯河人,助理研究员,博士,从事农业废弃物资源化利用技术研究与相关设备研发工作。*通信作者,高级工程师,从事设施农业工程技术与设备开发工作。

收稿日期 2019-02-18

中光照不足的问题,较平层相比提高单位面积产量 5 倍以上,整个系统基本实现了自动化智能控制,整个工艺流程如图 1 所示。该鱼菜共生系统养殖有加州鲈鱼、胭脂鱼和鲫鱼,养殖密度约 30 kg/m³,蔬菜栽培品种为汉菜,又名苋菜。

1.2 试验方法 试验从 2018 年 7 月 2 日开始,周期为 30 d。每 7 d 向图 1 所示的生化池中投放陶粒、麦饭石和火山石(体积比为 5:2:1)若干,每次投放之前抽取水样,测定 pH,溶解氧(DO),Mn、Fe 等微量元素和重金属元素含量。生化池出水用于水培汉菜,汉菜的种植密度为 10 cm×10 cm,试验终止时,测定汉菜的高度、叶片数、根长、质量及叶绿素含量。

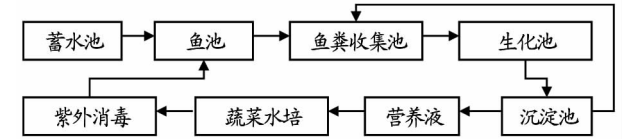
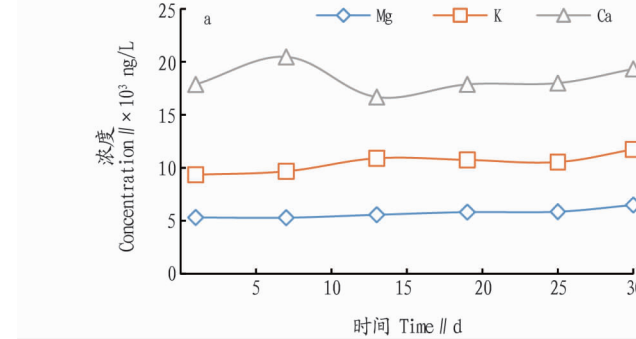


图 1 鱼菜共生系统工艺流程

Fig. 1 Technological process of aquaponics system

1.3 测定方法 水样的 pH 使用便携式 pH 计(上海仪电科学仪器股份有限公司,PHB-4)测定,DO 使用便携式溶解氧测定仪(美国维赛仪器公司,Pro-DO)测定,微量元素和重金



属元素分别使用电感耦合等离子体质谱仪(安捷伦,7700)和原子荧光光度计(北京吉天仪器有限公司,AFS-930)测定;蔬菜高度使用游标卡尺测定,质量使用万分之一天平测定,叶绿素含量使用便携式叶绿素仪(Konica minolta,SPAD-502 Plus)测定。

1.4 数据分析 使用 Excel 2010 进行数据分析与制图,单因素方差分析显著性($P \leq 0.05$),使用 Grubb's test 去除异常值。

2 结果与分析

2.1 水质测定结果 经测定,水样 pH 以及 DO 变化不大,pH 维持在 7.3~7.9,DO 维持在 4.1~4.9 mg/L。重金属元素 Hg、Cr、Cd、Pb 均未检出,低于检测下线 0.01 ng/L,砷含量约 1.3 ng/L,基本维持恒定,远低于渔业水质标准(GB11607-89)。元素 Mg、K、Ca、Mn 随着时间推移,麦饭石、火山石以及陶粒的增加,呈现缓慢上升趋势(图 2a,b);但 Fe 浓度变化较大(图 2b),呈现先下降后上升的趋势,可能是因为蔬菜生长前期至旺盛期对 Fe 的需求和吸收较多,导致 Fe 浓度下降,而蔬菜后生长期对 Fe 的需求减少,加之火山石等对 Fe 的释放,水体 Fe 又呈现上升的趋势。

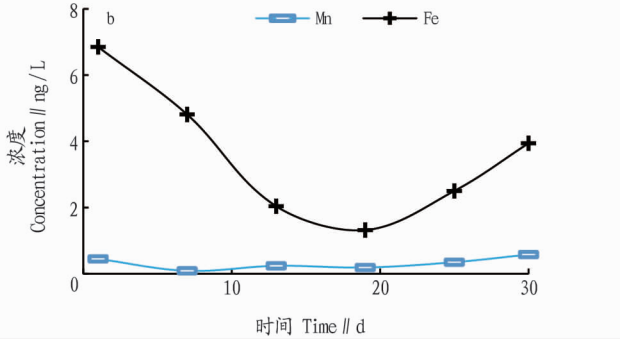


图 2 鱼菜共生系统矿物元素变化趋势

Fig. 2 Trend of mineral elements in aquaponics system

2.2 蔬菜长势及品质 为检测麦饭石、火山石和陶粒添加对蔬菜长势及品质的影响,设置空白组与对照组。其中,空白组未添加麦饭石、火山石和陶粒,对照组添加麦饭石、火山石和陶粒。从表 1 可以看出,对照组汉菜经过一个生长周期(30 d)后,根长、株高、质量、生物产量、叶片数以及叶绿素含

量均高于空白组,其中对照组蔬菜根长对比空白组增长 15.60%,株高增高 19.68%,质量和生物产量分别增长 18.64%和 34.38%。结合“2.1”中水质测定的结果,说明投放麦饭石、火山石以及陶粒,向水体释放矿物元素可有效被蔬菜吸收,促进蔬菜生长^[11-12]。

表 1 鱼菜共生系统中汉菜指标

Table 1 Index of amaranth in aquaponics system

处理 Treatment	根长 Root length cm	株高 Plant height cm	质量 Mass g	生物产量 Production g	叶片数 Leaf number	叶绿素含量 SPAD
空白 Blank	21.35±5.01	28.20±4.87	29.50±4.85	16.00±4.85	14.86±0.98	29.57±4.85
对照 Control	24.68±3.72	33.75±4.36	35.00±5.59	21.50±5.59	15.84±1.38	31.78±5.18

3 讨论

工厂化鱼菜共生是现代循环农业模式,可大幅度减少农业用水以及耕地面积,生产高品质水产以及蔬菜。笔者针对鱼菜共生系统蔬菜生长所需的矿物元素做了相关试验,将火山石、麦饭石等按比例混合之后,放置于金属网框,并悬挂于生化池中,结果表明火山石等的投放可以提高水体矿物元素

含量,对蔬菜长势以及品质均有促进作用,但研究尚不系统全面,后续需继续开展相关试验,研究投放不同配比的火山石、麦饭石等以及投放方式、投放量等对鱼和菜的影响。

4 结论

(1) 鱼菜共生系统投放火山石、麦饭石与陶粒可作为该
(下转第 81 页)

(3):238-247.

[14] 张毅功,张振元,陆诗雷. 爬山虎绿化荒山作用初步研究[J]. 林业科技通讯,2000(3):26-27.

[15] 胡振华,王电龙. 攀援植物在北方水土保持生态修复中的应用[J]. 水土保持通报,2007,27(1):99-101.

[16] 黄启堂,郑建平,陈世品. 福建省高速公路边坡绿化用藤本植物选择体系的研究[J]. 福建林业科技,2004,31(3):14-16.

[17] 吴易雄,陶抵辉,邓沛怡. 利用藤本植物治理石漠化的成效、存在的问题与对策[J]. 南方林业科学,2015,43(2):50-55.

[18] 曹清尧,潘红星,何绍明. 加快我国石漠化治理刻不容缓[J]. 林业经济,2002(4):18-20.

[19] 蔡永立,宋永昌. 浙江天童常绿阔叶林藤本植物的适应生态学 I. 叶片解剖特征的比较[J]. 植物生态学报,2001,25(1):90-98.

[20] GENTRY A H. The distribution and evolution of climbing plants[M]// PUTZ F E, MOONEY H A. The biology of vines. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1991:3-52.

[21] HU L, LI M G, LI Z. Geographical and environmental gradients of lianas and vines in China[J]. Global ecology and biogeography, 2010, 19(4): 554-561.

[22] 胡亮. 东亚温带藤本植物多样性及其格局[J]. 生物多样性, 2011, 19(5):567-573.

[23] SCHNITZER S A. A mechanistic explanation for global patterns of liana abundance and distribution[J]. The American naturalist, 2005, 166(2): 262-276.

[24] CHEN Y J, CAO K F, SCHNITZER S A, et al. Water-use advantage for lianas over trees in tropi-cal seasonal forests[J]. New phytologist, 2015, 205(1):128-136.

[25] 肖兴艳,刘方,姚斌,等. 中国西南喀斯特土壤水分研究进展[J]. 云南农业大学学报,2015,30(6):958-964.

[26] 杨成华,王进,戴晓勇,等. 贵州喀斯特石漠化地段的植被类型[J]. 贵州林业科技,2007,35(4):7-12.

[27] 王平,秦连岗. 喀斯特石漠化生态治理及树种选择[J]. 农技服,2010,27(7):911-912.

[28] 陈文峰. 中国西南喀斯特地区石漠化现状及防治对策研究:以贵州省镇宁县为例[J]. 商丘师范学院学报,2007,23(6):98-102.

[29] 张仁波,何林,窦全丽,等. 黔北岩生种子植物种类及其在石漠化治理中的应用[J]. 北方园艺,2012(13):77-80.

[30] 吴迪,龙秀琴,唐金刚,等. 干旱胁迫对 3 种藤本植物抗旱生理特性的影响[J]. 贵州农业科学,2013,41(6):69-71.

[31] 袁铁象,张合平,欧正阳,等. 地形对桂西南喀斯特山地森林地表植物多样性及分布格局的影响[J]. 应用生态学报,2014,25(10):2803-2810.

[32] 杨瑞,喻理飞,安明志. 喀斯特区小生境特征现状分析:以茂兰自然保护区为例[J]. 贵州农业科学,2008,36(6):168-169.

[33] 张忠华,胡刚,祝介东,等. 喀斯特森林土壤养分的空间异质性及其对树种分布的影响[J]. 植物生态学报,2011,35(10):1038-1049.

[34] 郭柯,刘长成,董鸣. 我国西南喀斯特植物生态适应性及石漠化治理[J]. 植物生态学报,2011,35(10):991-999.

[35] 郭屹立,王斌,向悟生,等. 广西弄岗北热带喀斯特季节性雨林监测样地种群空间点格局分析[J]. 生物多样性,2015,23(2):183-191.

[36] 黄甫昭,丁涛,李先琨,等. 弄岗喀斯特季节性雨林不同群丛物种多样性随海拔的变化[J]. 生态学报,2016,36(14):4509-4517.

[37] 陈俊,冯成进,杨义成. 葛藤是石漠化治理的优秀先锋植物[J]. 现代园艺,2014(14):145-147.

[38] 刘周莉,赵明珠,秦娇娇,等. 三种木质藤本植物光合特性比较研究[J]. 生态环境学报,2015,24(6):952-956.

[39] 陇光国. 喀斯特山区生态建设与金银花(黄褐毛忍冬)产业发展[J]. 贵州农业科学,2005,33(2):103-104.

[40] 李文付,黄大勇. 广西喀斯特峰丛地区金银花产业开发与可持续利用[J]. 广西林业科学,2006,35(1):46-48.

[41] 蔡志全. 特种木本油料作物星油藤的研究进展[J]. 中国油脂,2011,36(10):1-6.

[42] SILVERA K, SANTIAGO L S, CUSHMAN J C, et al. Crassulacean acid metabolism and epiphytism linked to adaptive radiations in the Orchidaceae[J]. Plant Physiol, 2009, 149:1838-1847.

[43] GURALNICK L J, TING I P, LORD E M. Crassulacean acid metabolism in the Gesneriaceae[J]. Am J Bot, 1986, 73(3):336-345.

[44] 吕惠珍,余丽莹,黄宝优,等. 广西苦苣苔科药用植物资源[J]. 中国民族民间医药杂志,2010(7):6-10.

[45] 文和群,钟树华,韦毅刚. 广西苦苣苔科观赏植物资源[J]. 广西植物, 1998, 18(3):209-212.

[46] 吴易雄. 藤本植物的生态价值及开发利用对策[J]. 林业科技开发, 2014, 28(2):12-15.

[47] 章仙踪,汤源,罗倩. 湖南生物机电职院利用藤本植物治理湘西石漠化,高职师生协力攻克“地球癌症”[N]. 中国教育报,2012-08-15(2).

(上接第 77 页)

系统增加矿物元素的一种途径,除了为微生物提供附着生长的空间,还可吸附有害物质,减少鱼类疾病。

(2) 火山石等的投放增加了水体中矿物元素含量,进而促进鱼菜共生系统中蔬菜生长,并可提高蔬菜叶绿素含量。

(3) 火山石、麦饭石以及陶粒的投放比例、投放方式和投放量还需要进一步研究。

(4) 火山石以及麦饭石等的投放不会造成鱼菜共生系统重金属超标。

参考文献

[1] 陈爱平. 2002 年我国南美白对虾养殖及病害情况综述(上)[J]. 科学养鱼,2003(10):41-42.

[2] 单丹,范秋惠. 养殖水体氨氮转化形式及调控(下)[J]. 科学养鱼,2016(10):87.

[3] 何义进. 微生态制剂降解养殖水体氨氮及亚硝酸盐的研究[D]. 南京:

南京农业大学,2007.

[4] 张峰峰,谢风行,周可,等. 利用复合微生物降解养殖水体中亚硝酸盐的初步研究[J]. 水产科学,2012,31(10):593-596.

[5] 丁永良,兰泽桥,张明华. 工业化封闭式循环水养鱼污水资源化一种生态循环经济的典范——“鱼菜共生”系统[C]//第一届封闭循环水养殖技术交流会论文集. 北京:中国农业工程学会,2008.

[6] 葛广红. 夏秋高温季节精养高产鱼池水质调节技术要点[J]. 渔业致富指南,2008(18):38-39.

[7] 时春明,高攀,胡建勇,等. 投饵区微孔增氧对水体溶氧含量和鱼体生长性能的影响试验[J]. 科学养鱼,2018(3):81-82.

[8] 严波. 麦饭石能抑制鱼病[J]. 四川畜禽,1994(2):39.

[9] 何文祥,杨扬,乔永民,等. 火山石生物滤床对微囊藻毒素的去除[J]. 环境工程学报,2015,9(6):2607-2613.

[10] 王华,刘长发,秦传新. 用火山石载体生物膜和角叉菜去除水中氮和磷的效果[J]. 大连水产学院学报,2007,22(6):421-425.

[11] 李洁. 一种绿色蔬菜的培养土及其制备方法:CN201410331458. 5[P]. 2014-09-24.

[12] 张保帅,任晓莉. 蔬菜作物上施用水溶性微量元素肥料肥效研究[J]. 农技服务,2016,33(11):72.