

腐植酸在水培蔬菜中的研究进展与展望

李兴杰, 胡笑涛*, 王文娥

(西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 腐植酸凭借其诸多优点, 已广泛应用于农业生产领域。近年来, 随着对腐植酸和无机-有机营养液的深入研究, 一些学者开始将腐植酸这一传统有机肥料用于水培蔬菜栽培中。本文介绍了腐植酸生产机理和特征, 综述了腐植酸在水培蔬菜中的研究现状, 并对腐植酸在蔬菜水培中需要进一步研究的科学问题进行了展望。

关键词: 无机-有机营养液; 腐植酸; 水培蔬菜

中图分类号: S141 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6257 (2016) 05-0001-04

蔬菜水培中, 营养液是植株的主要营养来源, 营养液配置是确保蔬菜正常生长的关键环节和核心技术。目前, 蔬菜水培中的营养液多使用无机营养液, 如 Hoagland、日本园式、日本山崎等根据蔬菜的生长发育需求设计的纯无机营养液。但近年来, 为了达到节肥省水, 生产无公害蔬菜, 实现低耗、高产、高效等目的, 越来越多的学者开始在无机营养液的基础上, 添加沼液、腐植酸等有机肥料制成了高级无机-有机营养液, 将其用于蔬菜水培的研究中。腐植酸不仅具有成本低、无污染、抗病虫害等优点, 而且凭借自身独特的物理、生理和化学特性, 能够提高养分利用效率, 提高蔬菜产量和改善品质。因此被认为是蔬菜水培无机-有机营养液中的一种有效的有机添加剂。腐植酸类肥料在土壤栽培领域的研究较多, 而将腐植酸用于水培尤其是蔬菜水培领域的基础研究比较少, 但随着对腐植酸和无机-有机营养液的研究不断深入, 腐植酸在蔬菜水培中的作用将越来越受到人们的重视。现就近年来腐植酸在蔬菜水培中的研究现状和研究展望进行综述, 为今后蔬菜水培研究的发展提供借鉴。

1 腐植酸的生产机理和特征

1.1 腐植酸的生产机理

腐植酸 (Humic acid, HA) 是由动植物残体经

过微生物的分解和合成以及地球化学的一系列过程形成的由芳香族及其多种官能团构成的天然有机高分子聚合物^[1]。按腐植酸的分子量大小和溶解性能可分为棕腐酸 (又称胡敏酸)、黑腐酸 (又称真腐酸) 和黄腐酸 (又称富里酸) 三大类^[2]。由于其自身含有复杂的酸基、羧基、酚羟基、醌基等多种官能团, 以及少量的氨基酸、维生素、酶类和多种微量元素, 故可以和各种离子发生吸附、离子交换、络合、氧化还原等反应, 以此来改善土壤理化性质, 提高养分利用率, 提高植物光合作用效率, 改善作物品质^[3]。

1.2 腐植酸的基本特征

腐植酸凭借其自身独特的物理、生理和化学特性, 目前广泛应用于土壤栽培领域。与禽畜粪便、新型有机复合肥等有机肥料相比, 腐植酸的优势在于: (1) 提高作物抗旱能力; (2) 保水保肥能力强; (3) 促进作物的呼吸作用; (4) 增强根系活力; (5) 提高作物体内多种酶的活性^[4-5]。同时, 腐植酸能够有效防治土壤污染, 与大化肥以及其他高能耗、高污染、高排放行业联手, 是这些产业转型升级、发展节能环保产业的有利途径^[3]。与尿素、磷肥、复合肥等无机肥料相比, 腐植酸作为一种高效的有机肥料, 不但能改良土壤理化特性, 促进土壤微生物的活动, 而且能提高作物产量和品质^[5-6]。

1.3 腐植酸在无土栽培领域的应用

无土栽培中, 营养液为作物提供水分、养分和氧气等, 只要遵守“四大平衡”理论 (营养平衡、酸碱平衡、激素平衡和微生物平衡) 配置出适宜的营养液配方, 就能保证作物正常生长发育^[7]。近年

收稿日期: 2015-05-25; 最后修订日期: 2015-07-26

基金项目: 国家“863”计划课题 (2013AA103004); 植物工厂营养液管理与蔬菜品质调控技术装备研究。

作者简介: 李兴杰 (1991-), 女, 河南郑州人, 在读硕士研究生, 主要从事节水灌溉理论与技术研究。E-mail: lxj33843356@163.com。

通讯作者: 胡笑涛, E-mail: huxiaotao11@nwsuaf.edu.cn。

来,随着腐植酸组分构成和作用机理研究的不断深入,使其在蔬菜水培领域的应用成为可能。腐植酸来源较广,可以从土壤中提取获得,也可以从低级煤炭中利用化学方法提取出来,煤炭腐植酸在组成、构成、化学性能等诸多方面与土壤腐植酸极其相似,且具有稳定的化学结构^[8]。将腐植酸这种来源广、成本低、富含多种活性官能团的有机肥料添加到无机营养液中来实现高产优质生态生产,具有广阔的应用前景和较高的经济价值。由于目前对无机-有机营养液这一高级营养液配方的研究不多,在蔬菜水培领域的推广研究还需要一个过程。但是随着对腐植酸和无机-有机营养液的深入研究,腐植酸作为有机添加剂在蔬菜水培领域的研究将越来越多。

2 腐植酸在水培蔬菜中的研究现状

2.1 无机-有机营养液在水培蔬菜中的研究

蔬菜水培是将蔬菜根系与营养液直接接触进行的生产,是无土栽培中较为先进的一种栽培技术,营养液是植株的主要营养来源,水培蔬菜正常生长的关键环节和核心技术是营养液配置,不同的蔬菜所需的营养液配方不同^[9]。近年来,蔬菜水培有两种不同的营养液技术并行发展。一种是根据植物的养分需求比例设计而成的纯无机营养液,如 Hoagland、日本园式、日本山崎等著名的营养液配方;另一种是在纯无机营养液的基础上,添加沼液、腐植酸等有机成分制成的高级无机-有机营养液^[7]。目前,对无机营养液的研究较多,对高级无机-有机营养液的研究还处于起始阶段。与纯无机营养液相比,无机-有机营养液在降低投资成本、促进植株生长和改善蔬菜品质方面有着明显的优势,但操作复杂,缺少有经验的营养液配方。因此,选择优质的有机添加成分和适宜的无机-有机营养液浓度组合是有机水培研究中一个重要的课题。目前,有机蔬菜水培研究中的有机成分主要有氨基酸和沼液,其中,氨基酸种类多,使用成本高;沼液又极易出现根系供氧不足和缺铁现象,加大了实际操作难度,这些都不利于蔬菜水培在实际生产中的推广应用^[10-11]。因此,有不少学者开始探索采用腐植酸作为蔬菜水培中的有机添加物质。

2.2 腐植酸在水培蔬菜中的研究

2.2.1 腐植酸在防治重金属毒害方面的研究

腐植酸不仅可以通过自身的吸附性和氧化还原

作用移除土壤中的重金属,也可以和重金属发生络合来富集和回收重金属,被认为是防治和修复污染土壤,提高农业质量的优选材料^[12-15]。国内最早将腐植酸用于水培就是为了试图提供一种缓解蔬菜可食用部分汞含量超标现象的新方法。姚爱军等^[16]在 Hoagland 营养液的基础上,分别添加 3 种不同种类但含碳量相同的腐植酸溶液和 5 种含汞量一致的矿物结合态汞,来探讨腐植酸对地葵苗植物活性的影响。结果表明,腐植酸能有效抑制地葵苗对汞的吸收,不同种类的腐植酸对不同状态的矿物结合态汞的抑制作用有差异。李波等^[17]通过“密闭箱中的水培实验”研究表明,腐植酸能俘获大气环境中的气态汞,提高了莴笋苗抵御汞污染的能力。

2.2.2 腐植酸对蔬菜生长发育的影响

腐植酸能提高根系和地上部分中吲哚乙酸的含量,从而促进整个植株的生长,植株新陈代谢的加快,导致根系活力的提高^[18-19]。周崇峻等^[20]研究发现,在山崎配方中添加低浓度的腐植酸显著地刺激了生菜根系的生长,而在较高浓度的经验配方 II 中则不利于生菜根系的生长。Elena 等^[21]研究表明,黄瓜根系的生长与三价铁离子还原酶,携氢离子的三磷酸酰胺(ATP)酶等有密切关系,且高浓度的腐植酸能更大程度地刺激这些酶的活性。Mora 等^[22]研究表明,在腐植酸处理下,根系 3 种生物调节物质(吲哚乙酸、乙烯、一氧化氮)浓度的增加对黄瓜幼苗主要根系形态的变化影响不大。

Mora 等^[23]为揭示腐植酸刺激作物生长的机理,在无机营养液的基础上,添加了不同浓度的腐植酸对黄瓜幼苗进行水培,结果表明,在腐植酸处理下,黄瓜根系携氢离子的 ATP 酶活性提高,茎的硝酸盐含量、细胞分裂素和聚胺类物质增加,地下部分的硝酸盐含量、细胞分裂素和聚胺类物质减少,黄瓜的茎生长较快。另外,细胞分裂素的分配与几种矿质元素在茎和根系的含量有着密切的联系。

2.2.3 腐植酸对蔬菜产量和品质的影响

吴玉美^[24]选取了生菜等 3 种典型的食用观赏植物作为水培研究对象,分别采用了 3 种不同的营养液,以期获取最经济适用的营养液配方,结果表明,腐植酸有机复合液肥能有效地提高生菜的生物量。周崇峻等^[20]研究表明,当山崎配方中添加低浓度腐植酸(0.116%~0.348%)的营养液时,生菜的产量和叶绿素的含量获得了大幅度地提高,同时也降低了有机酸的含量,改善了生菜的品质;而在较高

浓度的经验配方中,除了能降低有机酸的含量外,生菜的产量和叶绿素含量都下降,不利于生菜的生长。

3 腐植酸在水培蔬菜中的研究展望

腐植酸作为水培蔬菜中重要的有机添加物质,对于改善蔬菜品质,提高产量具有重要作用,也是有机农业的有益补充,为了降低投资成本,生产出低耗、高产、优质的蔬菜,研究和应用腐植酸势在必行。但水培蔬菜作为一种农业高技术生产形式,需要对生产过程精准控制,因此需要对添加腐植酸的营养液管理进行不断的系统科学研究,为推广应用提供理论和技术基础。应着力以下几方面研究:

(1) 用于农业生产领域的腐植酸产品较多,根据化学性质划分,主要有酸类(纯腐植酸、黄腐酸等)、盐类(腐植酸钠、腐植酸铵等)、复合物(腐植酸尿素、腐植酸硼镁等)和泥炭制品^[25]。一般情况下,水培蔬菜在弱酸性环境下能正常生长,因此选择合适的腐植酸产品,充分发挥腐植酸在水溶液中的生化特性至关重要。

(2) 不同种类蔬菜在不同生育期对腐植酸需求规律不同,需系统地研究腐植酸浓度对蔬菜生长的影响,获得不同蔬菜高产优质需求的动态腐植酸适宜添加浓度,寻求适宜蔬菜生长的无机营养液和腐植酸浓度组合,制定腐植酸水培蔬菜标准,进一步实现营养液的动态管理。

(3) 由于水培不受土壤、微生物、温度等因素的影响,因此,应着力研究腐植酸刺激水培蔬菜根系生长,影响蔬菜产量和品质等的作用机理,为生产出高产、高品质的蔬菜提供理论支撑。

(4) 添加腐植酸进行水培蔬菜,不同营养元素的吸收过程与无机营养液相比可能会发生变化,需要对不同蔬菜添加的不同腐植酸浓度的营养元素需求过程进行研究,获得不同腐植酸浓度处理下各元素相互影响规律,实现营养液的动态精准控制,对降低成本和提高经济效益具有重要研究价值。

参考文献:

[1] 马丙尧,邢尚军,马海林,等. 腐植酸类肥料的特性及其应用展望 [J]. 山东林业科技, 2008, 38 (1): 82-84.
 [2] 李仲谨,李铭杰,王海峰,等. 腐植酸类物质应用研究进展 [J]. 化学研究, 2009, 20 (4): 103-105.
 [3] 曾宪成. 腐植酸本性肥料可持续发展 [J]. 腐植酸, 2013, (4): 1-6.

[4] 史奕,赵牧秋,王俊,等. 设施菜地土壤-植物系统中有机肥源抗生素的影响研究进展 [J]. 农业环境科学学报, 2010, 29 (z1): 240-244.
 [5] 徐慧. 新型有机复合肥的生产与应用研究进展 [J]. 广州化工, 2012, 40 (13): 32-34.
 [6] 蒋朝晖,曾清如,尹颢斌. 尿素在土壤中的行为研究进展 [J]. 湖南农业科学, 2009, (10): 58-60.
 [7] 黄海波. 对无土栽培营养液平衡理论的提出和探讨 [J]. 吉林农业, 2010, (5): 60, 42.
 [8] 武丽萍,曾宪成. 煤炭腐植酸与土壤腐植酸性能对比研究 [J]. 腐植酸, 2012, (3): 1-10.
 [9] 沈连静. 水培蔬菜的特点与栽培管理 [J]. 吉林蔬菜, 2012, (10): 87-88.
 [10] 周彦峰,邱凌,李自林,等. 沼液用于无土栽培的营养机理与技术优化 [J]. 农机化研究, 2013, (5): 224-227.
 [11] 袁伟,董元华,王辉. 植物对氨基酸态氮吸收和利用的研究进展 [J]. 中国土壤与肥料, 2009, (4): 4-6.
 [12] 卢静,朱琨,赵艳锋,等. 腐植酸在去除水体和土壤中有机污染物的作用 [J]. 环境科学与管理, 2006, 31 (8): 151-154.
 [13] Datta A, Sanyal S K, Saha S. A study on natural and synthetic humic acids and their complexing ability towards cadmium [J]. Plant and Soil, 2001, (235): 115-125.
 [14] 成绍鑫. 修复土壤,腐植酸能做些什么 [J]. 腐植酸, 2007, (1): 1-11.
 [15] 顾志忙,王晓蓉,顾雪元,等. 富里酸对小麦植株积累稀土元素的影响 [J]. 环境科学学报, 2001, 21 (3): 333-337.
 [16] 姚爱军,青长乐,牟树森. 腐植酸对矿物结合汞植物活性的影响 [J]. 中国环境科学, 2000, 20 (3): 215-219.
 [17] 李波,青长乐,魏世强. 腐植酸对土壤挥发汞植物有效性的影响研究 [J]. 重庆环境科学, 2002, 24 (1): 40-42.
 [18] 马志军,杨旭升,郭春景. 腐植酸生物活性影响植物根系发育的研究 [J]. 腐植酸, 2004, (1): 16-20.
 [19] 吕品,于志民,周琳. 稻草提取类腐植酸物质及其对水稻苗生长的影响 [J]. 国土与自然资源研究, 2007, (2): 92-93.
 [20] 周崇峻,张广才. 不同浓度腐植酸对水培生菜生长的影响 [J]. 现代农业科技, 2011, (7): 107-109.
 [21] Elena A, Diane L, Bacaicoa E, et al. The root application of a purified leonardite humic acid modifies the transcriptional regulation of the main physiological root responses to Fe deficiency in Fe-sufficient cucumber plants [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2009, (47): 215-223.
 [22] Mora V, Baigorri R, Bacaicoa E, et al. The humic acid-induced changes in the root concentration of nitric oxide, IAA and ethylene do not explain the changes in root architecture caused by humic acid in cucumber [J]. Environmental and Experimental Botany, 2012, (76): 24-32.
 [23] Mora V, Bacaicoa E, Zamarreño A, et al. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of

- cytokinins polyamines and mineral nutrients [J]. Journal of Plant Physiology, 2010, (167): 633-642.
- [24] 吴玉美. 三种食用观赏植物水培营养液选择 [J]. 北方园艺, 2012, (13): 73-76.
- [25] 成绍鑫. 腐植酸类物质概论 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2007. 281.

Research advances and prospects of humic acid in hydroponic vegetables

LI Xing-jie, HU Xiao-tao*, WANG Wen-e (Key Laboratory of Agricultural Soil and Water Engineering in Arid and Semiarid Areas, Ministry of Education, Northwest A & F University, Yangling Shaanxi 712100)

Abstract: Humic acid (HA) has been applied to agricultural production for its many advantages. HA, the traditional organic fertilizer, has been used in the hydroponic vegetable cropping with the development of HA and inorganic-organic nutrient solution research in recent years. In this paper, the production mechanism and character of HA was introduced, and researches of HA in hydroponic vegetable cropping was summarized. The application prospect and scientific problems in HA further research in the hydroponic vegetable field were also outlined.

Key words: inorganic-organic nutrient solution; humic acid; hydroponic vegetable

欢迎订阅 2017 年期刊

《中国种业》是由农业部主管, 中国农业科学院作物科学研究所和中国种子协会共同主办的全国性、专业性、技术性种业科技期刊。是全国优秀农业期刊、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊。目标定位: 以行业导刊的面目出现, 并做到权威性、真实性和及时性。覆盖行业范围: 大田作物、蔬菜、花卉、林木、果树、草坪、牧草、特种种植、种子机械等, 信息量大, 技术实用。读者对象: 各级种子管理、经营企业的领导和技术人员, 各级农业科研、推广部门人员, 大中专农业院校师生, 农村专业户和广大农业生产经营者。本刊为月刊, 大 16 开, 每期 8 元, 全年 96 元。国内统一刊号: CN 11-4413/S, 国际标准刊号: ISSN 1671-895X, 邮发代号: 82-132, 全国各地邮局均可订阅, 亦可直接汇款至编辑部订阅, 挂号需每期另加 3 元。

地址: (100081) 北京市中关村南大街 12 号 中国种业编辑部

电话: 010-82105796 (编辑部) 010-82105795 (广告发行部)

传真: 010-82105796

网址: www.chinaseedqks.cn E-mail: chinaseedqks@163.com

编辑部 QQ 群: 115872093 微信公众号: zgzy2000

《农业科技通讯》由农业部主管, 中国农业科学院主办, 是全国农业核心期刊。及时报道种植业最新研究成果, 尤其是种子方面的新品种、新技术。侧重大田, 兼顾园艺, 是种植业者首选刊物。主要栏目: 专题论述、试验研究、粮食作物、经济作物、蔬菜、果树、西甜瓜、林木花卉等。内容丰富翔实、信息量大、技术实用。本刊为月刊, 每月 17 日出版, 单价 15.00 元, 全年 180.00 元。刊号: ISSN1000-6400、CN11-2395/S。邮发代号: 2-602, 全国各地邮局及本刊编辑部均可订阅。

地址: 100081 北京中关村南大街 12 号《农业科技通讯》编辑部

电话: 010-82109664 82109665 82106276

传真: 010-82109664 E-mail: tongxun@caas.cn

《现代园艺》是中国核心期刊数据库、中文科技期刊数据库、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊, 中国期刊网、江西省优秀期刊、龙源期刊网收录期刊。聚集当代果树林木、瓜果蔬菜、药材菌菇、花卉园林、景观设计等先进科技信息, 预测市场发展动态, 生产与营销并重, 突出新产品、新技术、新成果、新情况、新观点、新经验, 交流致富信息, 传播成功范例, 信息量大, 针对性强, 引导广大农民发家致富。国内外公开发行, 热忱欢迎广大园艺园林生产企业、科研院所、大中院校、农技推广等工作、管理者、专业户及爱好者赐稿、订阅。国内统一刊号: CN 36-1287/S, 国际标准刊号: ISSN 1006-4958。邮发代号: 44-114, 全年 12 期, 每期定价 6 元 (全年 72 元), 全国各地邮局均可订阅。

汇款地址: 江西省樟树市双金《现代园艺》杂志社

邮编: 331213

电话: 0795-7831008 (编辑部)、7831108 (发行部)

投稿邮箱: xdy008@126.com

广告邮箱: xdy008@163.com

QQ 群: 132644508 206684182

官网: www.xdyyzs.com