

Study on Several Methods of Ecological Algae Removal and Its Application

Zhongqun He, Chao Zhong*

Horticulture College of Sichuan Agricultural University, Ya'an Sichuan
Email: 546892485@qq.com, 1792171663@qq.com

Received: Nov. 14th, 2018; accepted: Nov. 26th, 2018; published: Dec. 3rd, 2018

Abstract

To explore ecological algae removal methods under hydroponic conditions, compared with Hoagland nutrient solution, using lettuce, the influence of yeast extracellular substances, aging extracts of Ginkgo leaves, water hyacinth root exudates, *Bacillus subtilis* extracellular substances on algae growth inhibition and lettuce growth in hydroponic lettuce container was studied. Five days later, the results showed that the pH and EC value of the nutrient solution were close to the normal range by adding 1 ml Ginkgo Biloba Leaves Extract Tablets, and 1 ml extracellular substance of *Bacillus subtilis* made them deviate most from the normal range. The growth of lettuce was the best in the nutrient solution by adding 1, 2, 4 ml old Ginkgo Biloba Leaves Extract Tablets extract or not adding foreign substances. The growth of lettuce was the worst in the 2 ml extracellular substance of *Bacillus subtilis*. The inhibitory effects of algae are shown as follows: water hyacinth root exudates > extracellular substance from *Bacillus subtilis* > yeast extracellular substances > aging extracts of Ginkgo leaf > control group. On the whole, the growth of the plant was in good condition, and the growth of algae was inhibited by the addition of 1 ml Ginkgo Biloba Leaves Extract Tablets.

Keywords

Ecological Algae Removal, Saccharomyces, Ginkgo Leaf, Water Hyacinth, *Bacillus subtilis*

几种生态除藻方法探索及其应用效果研究

贺忠群, 钟超*

四川农业大学园艺学院, 四川 雅安
Email: 546892485@qq.com, 1792171663@qq.com

收稿日期: 2018年11月14日; 录用日期: 2018年11月26日; 发布日期: 2018年12月3日

*第一作者。

摘要

为探索水培条件下生态除藻方法,以霍格兰营养液为对照,采用生菜研究了酵母菌胞外物质,衰老银杏叶片提取液,水葫芦根系分泌物,枯草芽孢杆菌胞外物质对水培生菜容器内藻类的生长抑制和生菜生长的影响。5天后测量,结果表明:在营养液中加入衰老银杏叶片提取液1 ml,营养液的pH和EC值最接近正常范围,枯草芽孢杆菌胞外物质1 ml偏离正常范围最远;在营养液中加入衰老银杏叶片提取液1, 2, 4 ml或者不加入外来物质,生菜生长最好,枯草芽孢杆菌胞外物质2 ml生菜生长最差;对藻类的抑制效果表现为:水葫芦根系分泌物 > 枯草芽孢杆菌胞外物质 > 酵母菌胞外物质 > 衰老银杏叶片提取液 > 对照组。综合来看,加入衰老银杏叶片提取液1 ml,植株生长情况良好,藻类生长受到一定抑制。

关键词

生态除藻, 酵母菌, 银杏叶, 水葫芦, 枯草芽孢杆菌

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水培蔬菜是无土栽培的一种形式,是指用营养液来进行的一种新的蔬菜栽培技术。水培蔬菜不单只为提供优质的蔬菜,而且还可以做成观赏盆景美化环境[1]。可用于做观赏盆景的多为叶菜类蔬菜,这类蔬菜具有生长速度快,观赏性强,种类丰富等特点[2]。营养液配制是水培蔬菜正常生长的核心技术,同时也是无土栽培的基础和关键[3]。营养液在为水培蔬菜提供营养的同时,也为藻类的滋生营造了良好的条件。藻类的出现不但影响整体美观而且附着在根系表面的藻类也对植物根系吸收营养造成了一定的抑制。目前市场上已有的除藻剂存在化学污染,价格贵,不适于鱼菜共养体系等诸多问题,开发一种新的简单环保除藻技术是非常有市场价值和生产意义的。

实验主要通过以下方面进行着手。1) 目前研究结果表明,有效微生物群(EM 菌)对藻类的生长有抑制效果[4]。2) C3 途径是植物光合作用积累有机物的唯一途径, C3 途径最重要的酶是 rubisco 酶, rubisco 酶广泛存在于植物光合部位[5]。随着植物的衰老, rubisco 酶也会被植物所降解,降解 rubisco 的物质主要是高活性氧和蛋白水解酶。活性氧改变 rubisco 构象,使活性氧更容易降解 rubisco [6]。3) 水葫芦又名凤眼莲。有研究表明,水葫芦的分泌物可以有效的抑制藻类的生长[7]。4) 枯草芽孢杆菌是广泛存在于自然界的一种非致命性细菌。在控藻方面尚未见报道[8]。本实验将取 EM 菌含有的酵母菌进行实验,看酵母菌是否能作为一种有效的除藻方法。在衰老叶片中,可以尝试通过衰老植物叶片的提取液来抑制藻类的生长。关于水葫芦,将用水葫芦根系分泌物来进行试验。另外还会对枯草芽孢杆菌分泌物进行探索,了解其对藻类生长的抑制作用。实验将会从以上这几种不同的方法中不断探索和筛选出最适合防治藻类的处理方法。

2. 材料与方法

2.1. 实验材料

生菜种子(“芳妮”耐抽苔大速生菜,北京鼎丰现代农业发展有限公司),酵母菌(安琪酵母股份有限

公司, 产品标准号: GB/T 20886), 枯草芽孢杆菌(品牌: 农达水产, 含量: 有效菌数 200 亿/克, 规格: 500 g/袋), 水葫芦, 银杏衰老叶片。

2.2. 主要试剂与仪器

2.2.1. 试剂

霍格兰培养液, 蔗糖, $0.1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ 磷酸缓冲液, $0.5 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ NaOH 溶液, 磷酸二氢钾, 硫酸铵, 蛋白胨, 碳酸钙, 酵母膏, 80%丙酮, 碳酸钙, 石英砂, 乙酸乙酯(分析纯), 保险粉(次硫酸钠)粉末, $1 \text{ mol}\cdot\text{ml}^{-1}$ TTC, $1/15 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ 磷酸缓冲液, $1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ 硫酸。

2.2.2. 仪器

高压灭菌锅, 研钵, 电子秤(感量百分之一), 分光光度计, 容量瓶(10 ml, 25 ml, 50 ml), 漏斗, 玻璃棒, 定性滤纸(中速 7 cm), pH 计, 电导率测定仪, 温箱, 移液管(1 ml, 10 ml), 锥形瓶(250 ml)。

2.3. 实验方法

2.3.1. 材料准备

1) 生菜培养

结合生菜的标准化管理和实验室现有的条件, 采用锥形瓶(250 ml, 39 个)培养的方法, 具体如下: 在同容积的锥形瓶中加入等量的大约容积三分之一(80 ml)的霍格兰培养液, 然后植入生长情况大致相同的生菜幼苗, 并固定在锥形瓶口(让根系处于瓶中, 根上部分处于瓶外部)。加入等量的蒸馏水至根系能正常吸水的水位, 在气温约 $15^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$, 通风避雨条件下进行培养[9] [10]。每隔两天进行一次 10 分钟的通气处理, 以保证根系的正常需氧量。

2) 酵母菌胞外物质获取

酵母菌繁殖, 结合最适合的酵母菌繁殖方法和实验室的现有条件, 采用蔗糖培养的方法, 具体如下: 在 250 ml 烧杯中分别加入 100 ml 蒸馏水和 4 g 蔗糖, 加热至沸腾状。然后等待溶液自然冷却, 待溶液冷却至室温时加入 1 g 酵母菌, 在锥形瓶瓶口塞上棉花室温条件下进行培养。培养 5 h, 对培养液进行过滤处理[11]。取滤液 50 ml 进行灭菌处理, 将滤液分成 9 份, 其中三份每份 1 ml; 其中三份每份 2 ml; 最后三份每份 4 ml。其余滤液留作备用。

3) 衰老银杏叶片提取液获取

取正在衰老的银杏叶片 2 g 进行研磨, 用 0.1 mol/l 的磷酸缓冲液做保护(以刚好能研磨成匀浆为宜), 研磨完了之后进行稀释(用 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ 磷酸缓冲液按匀浆:缓冲液 = 1:1 进行)利用定性滤纸(中速 7 cm)过滤[12] [13] [14] (为了试验材料足够, 以上步骤进行多次重复)。将滤液进行混合后分组, 分为 9 组, 分别为 3 组 1 ml、3 组 2 ml、3 组 4 ml。其余滤液留作备用。

4) 水葫芦根系分泌物获取

取水葫芦若干, 分离根系和植株, 对根系进行清洗, 初步清除其中的杂质。然后对根系进行研磨, 过滤[15]。滤液分为 9 组, 分别为 3 组 1 ml、3 组 2 ml、3 组 4 ml。其余滤液留作备用。

5) 枯草芽孢杆菌胞外物质获取

枯草芽孢杆菌的培养, 精确称取蔗糖 7.5 g、磷酸二氢钾 1.2 g、硫酸铵 0.6 g、蛋白胨 2.5 g、碳酸钙 0.5 g、酵母膏 1.2 g, 然后在 250 ml 水中充分溶解, 调节 pH 为 7.0, 再高压灭菌。把灭菌后的培养液 250 ml 锥形瓶, 加入 1 g 枯草芽孢杆菌母菌置于 37°C 恒温条件进行培养。培养 5 h, 对培养液进行过滤处理[16]。取滤液 50 ml 进行灭菌处理, 将滤液分成 9 份, 其中三份每份 1 ml; 其中三份每份 2 ml; 最后三份每份 4 ml。其余滤液留作备用。

2.3.2. 实验处理

用上述的准备材料进行实验。每个不同实验材料分别取培养的生菜 9 瓶(对 9 瓶分别进行编号), 分为 3 份, 每份三瓶。在水培之初(即从开始水培起), 对 3 份进行三个不同浓度处理。第一份每瓶均加入处理液 1 ml, 第二份每瓶均加入处理液 2 ml, 第三份每瓶均加入处理液 4 ml。最后设置 3 瓶霍格兰营养液培养作为对照组。培养一周时间, 比较各处理中藻类的滋生状况和生菜生长情况。

2.3.3. 项目测定

1) 溶液 pH、EC 测定

溶液的 pH、EC 采用 pH 计和电导率测定仪进行测定(实验后第 5 天测量)

2) 生菜叶增长量、根增长量测定

生菜的叶增长量、根增长量用直尺进行测量(实验刚开始测量一次, 第 5 天后再测量一次, 差值即为增长量)

3) 生菜叶绿素含量、根系活力测定

实验后第 5 天, 选取功能叶片 0.5 g, 采用分光光度法进行叶绿素含量测定;

实验后第 5 天, 选取根尖分生区 0~1 cm 切段 0.2~1.0 g, 采用 TTC 法测定[17]

4) 生菜干鲜重百分比测定

用电子秤称取生菜叶片 1.0 g (FW), 装入烧杯中, 放入 110℃温箱中杀青 10 min, 然后把温箱的温度降到 70℃~80℃左右, 烘至恒重。取出烧杯和生菜叶片, 放入干燥器中冷却至室温, 称干重(DW)

干鲜重百分比 = $DW/FW \times 100\%$

5) 藻类生长情况判定

在培养的第 5 天进行实验图片采集, 对图片进行分析, 判定藻类生长差异。

2.3.4. 统计方法

实验数据采用 SPSS 统计软件进行多重比较, 数据以平均数 ± 标准差表示。

3. 结果与分析

3.1. 不同实验处理间的溶液 pH 和 EC 分析

实验中不同处理间的 pH 范围为 7.54~8.67, EC 范围为 0.58~0.96 $mS \cdot cm^{-1}$, 详见表 1。根据相关资料, 水培系统中最佳 pH 范围为 6.0~7.0, 最佳 EC 范围为 0.83~4.2 $mS \cdot cm^{-1}$ [18]。由表 1 中数据可得, 对照组 pH 相比于其他组更接近最佳范围, 其次是衰老银杏叶片 1 ml, 衰老银杏叶片 2 ml; 枯草芽孢杆菌 1 ml 和衰老银杏叶片 1 ml 处理的 EC 值更接近最佳范围。综合来看, 对营养液的影响, 衰老银杏叶片 1 ml 效果最好。出现这种情况的原因可能是衰老叶片中高活性氧和蛋白水解酶对藻类中的 rubisco 酶产生降解作用, 从而抑制到了藻类的生长, 导致溶液的 pH 和 EC 最接近正常范围。1 ml 的效果好于 2 ml 和 4 ml 的原因可能是浓度过高的活性氧和蛋白水解酶会对生菜的生长产生抑制作用, 溶液的指标受到影响。

3.2. 不同处理间生菜生长指标比较

从表 2 可知, 酵母菌胞外物质 2 ml, 衰老银杏叶片提取液 1, 2, 4 ml 及对照组生菜形态指标优。其他物质可能对溶液的指标影响较大, 导致生菜的生长受到一定影响, 形态指标表现不好。

3.3. 不同处理间生菜生理指标比较

从表 3 可知, 酵母菌 4 ml, 衰老银杏叶片 1, 2, 4 ml, 水葫芦根系分泌物 1 ml, 2 ml, 枯草芽孢杆

菌胞外物质 1 ml 及对照组生菜生理指标优。一般来说, 形态指标好的, 生理指标更优, 根据数据, 这一点得到印证。比较上表, 表现结果里新增加或减少的处理组可能是生菜生长期不同, 即出苗时间不同, 进行实验时长势差不多, 后期发育状况不同所导致。总体来说, 形态指标优的生理指标同样也优; 综合生菜生长各项指标, 衰老银杏叶片 1, 2, 4 ml 和对照组效果好。

Table 1. Comparison of solution pH and EC among different treatments

表 1. 各处理间溶液 pH 和 EC 比较

处理 Treatment	pH	EC/mS·cm ⁻¹
酵母 1 ml	8.51 ± 0.03f	0.78 ± 0.06bc
酵母 2 ml	8.62 ± 0.04f	0.77 ± 0.07bc
酵母 4 ml	8.48 ± 0.04ef	0.79 ± 0.05bc
银杏 1 ml	8.07 ± 0.04b	0.87 ± 0.05cd
银杏 2 ml	8.18 ± 0.03bc	0.74 ± 0.02b
银杏 4 ml	8.28 ± 0.06cd	0.79 ± 0.02bc
水葫芦 1 ml	8.29 ± 0.06cd	0.75 ± 0.04b
水葫芦 2 ml	8.35 ± 0.09de	0.77 ± 0.04bc
水葫芦 4 ml	8.51 ± 0.05f	0.70 ± 0.01b
芽孢 1 ml	8.51 ± 0.05f	0.92 ± 0.04d
芽孢 2 ml	8.57 ± 0.09f	0.74 ± 0.11b
芽孢 4 ml	8.65 ± 0.03f	0.73 ± 0.13b
CK	7.83 ± 0.25a	0.59 ± 0.02a

注: 表内不同小写字母表示 0.05 水平差异显著, n = 3; 处理酵母代表酵母菌胞外物质; 处理银杏代表衰老银杏叶片提取液; 处理水葫芦代表水葫芦根系分泌物; 处理芽孢代表枯草芽孢杆菌胞外物质; 处理 CK 代表对照组。

Table 2. Comparison of growth indexes of lettuce among different treatments

表 2. 各处理间生菜生长指标比较

处理 Treatment	叶增长量(cm)	根增长量(cm)	干鲜重百分比/%
酵母 1 ml	2.69 ± 0.29bcd	3.21 ± 0.27ab	17.15 ± 0.12a
酵母 2 ml	3.14 ± 0.73abcd	2.88 ± 0.86ab	17.31 ± 0.29a
酵母 4 ml	3.46 ± 0.19ab	2.22 ± 0.11b	16.86 ± 0.34a
银杏 1 ml	3.46 ± 0.28ab	2.85 ± 1.06ab	16.74 ± 0.54a
银杏 2 ml	2.85 ± 0.18abcd	2.45 ± 0.17ab	16.82 ± 0.51a
银杏 4 ml	3.71 ± 1.10a	3.12 ± 0.69ab	18.27 ± 0.68a
水葫芦 1 ml	2.84 ± 0.14abcd	2.15 ± 0.68b	17.29 ± 1.01a
水葫芦 2 ml	2.63 ± 0.27bcd	2.56 ± 0.67ab	17.47 ± 0.46a
水葫芦 4 ml	2.26 ± 0.24d	3.54 ± 0.58a	17.95 ± 1.52a
芽孢 1 ml	3.29 ± 0.70abc	2.29 ± 0.44b	18.12 ± 0.54a
芽孢 2 ml	2.39 ± 0.28cd	2.46 ± 0.80ab	17.72 ± 0.91a
芽孢 4 ml	2.74 ± 0.11bcd	2.58 ± 0.32ab	18.07 ± 1.16a
CK	3.23 ± 0.44abc	2.74 ± 0.62ab	17.45 ± 1.07a

Table 3. Comparison of physiological indexes among different treatments
表 3. 各处理间生理指标比较

处理 Treatment	/mg·g ⁻¹	根系活力/ug·g ⁻¹ ·h ⁻¹
酵母 1 ml	0.44 ± 0.04e	53.28 ± 2.66ab
酵母 2 ml	0.45 ± 0.05de	52.63 ± 3.80abc
酵母 4 ml	0.54 ± 0.04abcde	54.66 ± 3.49ab
银杏 1 ml	0.59 ± 0.02ab	61.20 ± 3.10a
银杏 2 ml	0.54 ± 0.03abcde	56.13 ± 1.00ab
银杏 4 ml	0.55 ± 0.05abcd	54.15 ± 4.96ab
水葫芦 1 ml	0.55 ± 0.01abcd	56.72 ± 1.53ab
水葫芦 2 ml	0.56 ± 0.13abc	52.18 ± 13.00abc
水葫芦 4 ml	0.46 ± 0.04cde	41.60 ± 1.45d
芽孢 1 ml	0.63 ± 0.03a	58.17 ± 1.01ab
芽孢 2 ml	0.45 ± 0.04de	44.14 ± 6.08cd
芽孢 4 ml	0.51 ± 0.05bcde	50.00 ± 3.14bcd
CK	0.60 ± 0.08ab	57.22 ± 3.48ab

3.4. 不同实验处理间藻类抑制情况

如表 4, 藻类生长抑制情况通过拍摄图片进行观察对比的形式来确定处理是否有效以及效果的明显程度。图 1~5 为实验开始后 5 天拍摄, 选取各处理最佳效果进行对比拍摄, 从图片来看, 各处理相对于对照组来看均有对藻类生长的抑制效果, 且抑制效果水葫芦根系分泌物 > 枯草芽孢杆菌胞外物质 > 酵母菌胞外物质 > 衰老银杏叶片提取物 > 对照组, 从藻类抑制效果来看, 由于抑制机理不同, 产生结果各有差异。对照组结果明显低于处理组, 说明处理效果显著。

4. 讨论与结论

不对营养液的影响, 衰老银杏叶片提取液 1 ml 处理最佳, 对植物生长的影响, 衰老银杏叶片提取液 1, 2, 4 ml 及 CK 最佳, 结合对于藻类的抑制情况来看, 衰老银杏叶片提取液 1 ml 为本实验的最佳处理。随着时间的增加, 抑制效果减弱。可以加入衰老银杏叶片提取液 1 ml 抑制水培系统中短时间内藻类的生长(5 天内), 往后可以更换营养液来保证植物的正常生长。

Table 4. Comparison of algae growth
表 4. 藻类生长情况比较

时间(天) Time (Day)	1	2	3	4	5	6	7
酵母菌胞外物质 Extracellular substance of yeast	无	极少	极少	少	一般	多	极多
衰老银杏叶片提取液 Leaf Extract of Aging <i>Ginkgo biloba</i>	无	极少	少	少	一般	多	极多
水葫芦根系分泌物 Root exudates of <i>Eichhornia crassipes</i>	无	无	极少	极少	少	多	极多
枯草芽孢杆菌胞外物质 Extracellular substances of <i>Bacillus subtilis</i>	无	极少	极少	少	少	多	极多
对照组 Control group	无	少	一般	多	多	极多	极多

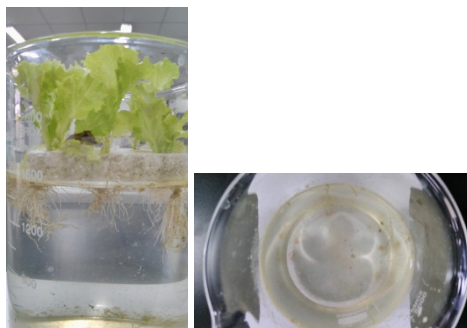


Figure 1. Extracellular substance of yeast
图 1. 酵母菌胞外物质

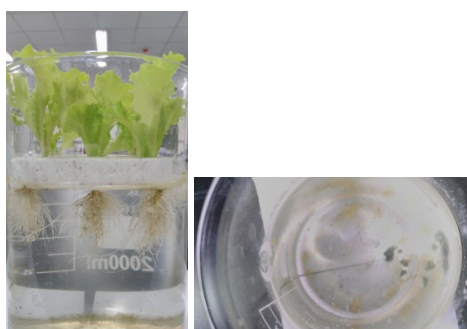


Figure 2. Leaf extract of aging *Ginkgo biloba*
图 2. 银杏叶片提取液

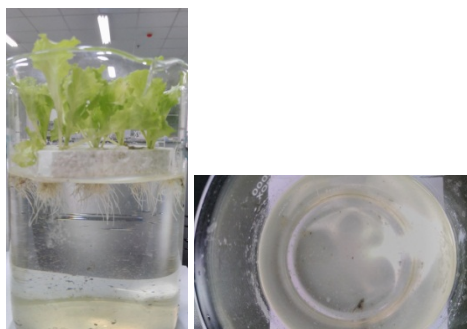


Figure 3. Root exudates of *Eichhornia crassipes*
图 3. 水葫芦根系分泌物

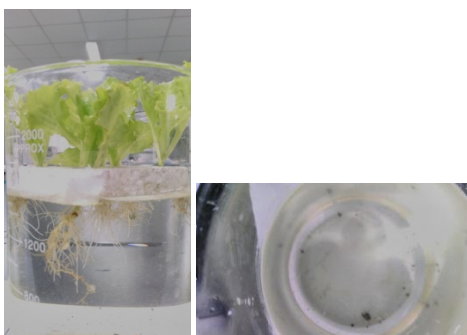


Figure 4. Extracellular substances of *Bacillus subtilis*
图 4. 枯草芽孢杆菌胞外物质

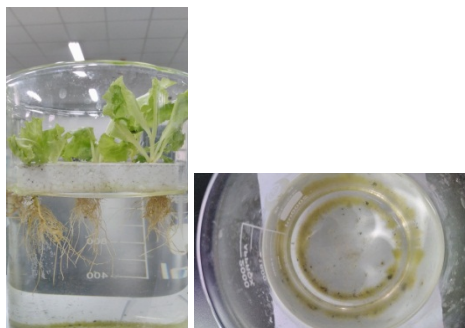


Figure 5. Control group
图 5. 对照组

酵母菌胞外物质, 水葫芦根系分泌物, 枯草芽孢杆菌胞外物质在本实验中对于藻类的抑制效果比较显著, 与叶秋雯用酵母菌抑制水华藻的生长; 朱磊, 胡国梁利用水葫芦净化水质; 汤保贵, 徐中文使用枯草芽孢杆菌抑制铜绿微囊藻的生长研究结果相似。但使用在水培系统中, 由于对植物的生长有不利的影响, 这些物质在这一方面具有局限性。

从衰老银杏叶片提取液 1 ml 的结果来看, 分析原因可能是衰老叶片中高活性氧和蛋白水解酶对藻类中的 rubisco 酶产生降解作用, 从而抑制到了藻类的生长, 同时 1 ml 的含量对植物生长的影响较小, 可作为水培条件下生态除藻的一种方法。抑制时间较短的原因可能是衰老叶片中高活性氧和蛋白水解酶随着时间的推移含量逐步减少, 最后丧失对于藻类的抑制能力, 同时降解藻类中的 rubisco 酶后的产物可能会加速藻类的滋生速度。查阅相关资料, 下一步可结合使用活性炭来提高除藻净水的效果[19]。

基金项目

四川农业大学创新训练计划项目(201610626048)。

参考文献

- [1] 沈连静. 水培蔬菜的特点与栽培管理[J]. 吉林蔬菜, 2012, 10(2): 43.
- [2] 梁磊. 叶菜类观赏蔬菜的评价及应用研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江农林大学, 2011.
- [3] 丁永良, 张明华, 张建华, 等. 鱼菜共生系统的研究[J]. 中国水产科学, 1997, 4(5): 70-75.
- [4] 叶秋雯. 酵母菌对水华藻的竞争性抑制研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2010.
- [5] 李合生. 现代植物生理学[M]. 第三版. 北京: 高等教育出版社, 2012.
- [6] 陈晓. 小麦叶片中与 Rubisco 大亚基降解相关的蛋白酶的生化特性、合成定位及分离纯化研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [7] 朱磊, 胡国梁, 卢剑波, 等. 水葫芦的资源化利用[J]. 浙江农业科学, 2006, 4(4): 460-463.
- [8] 张睿, 王广军, 李志斐, 等. 枯草芽孢杆菌对铜绿微囊藻抑制效果的研究[J]. 中国环境科学, 2015, 6(3): 23
- [9] 桂英. 水培蔬菜简易栽培技术的研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京农业大学, 2009.
- [10] 潘杰. 水培生菜技术研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南农业大学, 2003.
- [11] 郑悦康, 叶志英, 刘洪波. 5 种培养基对酵母菌培养效果的比较[J]. 华南预防医学, 2013, 39(2): 99-100.
- [12] 吴蔚, 陈晓, 张鹏, 等. 小麦叶片中 1 种降解 Rubisco 大亚基的蛋白酶鉴定[J]. 南京农业大学学报, 2015, 38(1): 63-69.
- [13] Trought, M.C.T. and Drew, M.C. (1980) The Development of Satedogging Damage in Wheat Seedling (*Triticum wheat* L.). I. Shoot and Root Growth in Relation to Changes in the Concentrations of Dissolved Gases and Solutes in the Soil Solution. *Plant Soil*, **54**, 77-94.

-
- [14] 高玲, 丁德荣. 蛋白水解酶在叶细胞中的定位以及与 Rubisco 降解的关系[J]. 莱阳农学院学报, 1995, 12(4): 268-271.
- [15] 郑师章, 何敏. 水葫芦根分泌物对若干细菌作用的研究[J]. 生态学杂志, 1990, 9(5): 56-57.
- [16] 汤保贵, 徐中文, 张金燕, 等. 枯草芽孢杆菌的培养条件及对水质的净化作用[J]. 淡水渔业, 2007, 37(3): 45-48.
- [17] 熊庆娥. 植物生理学实验教程[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2015.
- [18] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 第二版. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [19] 罗华建, 郑芝波, 罗诗, 等. 透明花盆水培花卉中藻类抑制技术初探[J]. 亚热带植物科学, 2006(4): 16-18.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: hjas@hanspub.org