

水葫芦沼液浸种对苗期青菜品质影响初探

薛延丰^{1,2,3}, 冯慧芳^{1,4}, 石志琦^{1,2,3}, 严少华⁵

(1. 江苏省农业科学院食品质量安全检测研究所, 江苏 南京 210094;

2. 江苏省食品质量安全重点实验室—省部共建国家重点实验室培育基地, 江苏 南京 210094;

3. 农业部食品安全监控重点开放实验室, 江苏 南京 210094; 4. 南京师范大学生命科学学院, 江苏 南京 210097;

5. 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所, 江苏 南京 210014)

摘要:以青菜(*Brassica rapa*)为材料,研究不同剂量水葫芦(*Eichhornia crassipes*)沼液对青菜生物量、根系活力、蛋白质含量、亚硝酸盐、可溶性糖及 Vc 含量的影响。结果表明,沼液浸种可以显著提高青菜根系活力($P < 0.05$),进而促进生物量增加,鲜质量、干质量和根系活力的变化趋势相似。随着沼液处理剂量的增加,鲜质量、干质量和根系活力的增加幅度也随之增大,当使用全沼液进行处理后各参数虽然有所降低,但与对照相比仍然显著增加;使用沼液浸种后,青菜品质得到显著改善,其体内蛋白质含量、可溶性糖和抗坏血酸含量随着沼液处理剂量的增加显著增加,其中以蒸馏水与沼液比例为 1:2 的处理效果最好,在全沼液处理下这些指标均有所降低,但与对照相比显著增加;亚硝酸盐含量在蒸馏水与沼液比例为 1:1 的处理和全沼液处理下与对照差异均不显著($P > 0.05$),但在蒸馏水与沼液比例为 1:1.5 和蒸馏水的处理与沼液比例为 1:2 的处理下,青菜体内亚硝酸盐含量与对照相比均显著降低。这说明,适宜剂量的沼液浸种可以有效改善作物的品质。

关键词:水葫芦;沼液;青菜;品质;浸种

中图分类号:S636-33;S555+.5

文献标识码:A

文章编号:1001-0629(2011)04-0687-06

随着工业的快速发展,水体富营养化现象加剧^[1-2]。我国淡水水体的富营养化状况更加广泛和严重,约占淡水水体的 60%^[3],其中滇池、太湖、巢湖等已经遭受严重的富营养化危害。研究表明^[4-5],自 20 世纪 80 年代以来,入湖污染物不断增加,富营养化日趋严重,导致湖内蓝藻大量繁殖,形成严重的蓝藻“水华”现象。研究发现水生植物净化系统具有净化效果佳、造价低、运行管理方便、景观和生态效益好等优点^[6]。其中,水葫芦(*Eichhornia crassipes*)是研究最早、最深入,也是实际生态修复工程中应用较广的水生植物^[7]。

水葫芦,学名凤眼莲,原产于南美洲,属雨久花科,具有发达的水下根系。水葫芦庞大的根须能够持续地吸收水中的污染物,其惊人的繁殖速度造就了超强的净化水质的本领。水葫芦的资源化利用已经成为人们关注的热点,研究发现水葫芦体内富含氮、磷、钾,其植株干物质中含氮 6.56%,磷 0.84%,钾 12.32%,钙 4.58%,镁 1.58%,铁 0.671%,锰 0.446%,碳氮比接近 15,其发酵液几乎含有植物生长的所有营养元素^[8]。水葫芦发酵液具有促进作物生长、抗病虫害等功效,利用生物厌氧发酵形成的发酵液是一种优质的有机肥料和广谱性的生物农药。

同时,本研究测定发现其发酵液中重金属的含量分别为汞 0.011 mg/kg、镉 0.004 mg/kg、砷 0.002 mg/kg、汞 0.000 1 mg/kg,达到国家有关生物肥料的标准和要求^[9]。但有关水葫芦发酵后的沼液如何进行合理利用,目前相关研究的报道较少。本研究选取青菜(*Brassica rapa*)为研究对象,分析被水葫芦沼液浸种后青菜根系活力、蛋白质含量、亚硝酸盐含量、可溶性糖以及抗坏血酸含量的变化,以期进一步为水葫芦沼液浸种的可行性提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 植物材料 供试蔬菜为青菜(绿领矮抗 1 号);供试沼液取自江苏省农业科学院水葫芦发酵后产生的沼液,其 pH 值为 7.06,全氮 0.75 g/kg,全磷 0.22 g/kg,全钾 0.15 g/kg。

1.1.2 材料处理 青菜种子采用 0.3% 的 H₂O₂ 消毒 12 h,用蒸馏水洗净后将种子平铺于干燥的培养

收稿日期:2010-09-01 接受日期:2010-11-20
基金项目:国家科技支撑项目“水葫芦安全种养与资源化利用成套技术研究及工程示范”(2009BAC63B02)
作者简介:薛延丰(1978-),男,河南孟州人,助理研究员,博士,主要从事产地环境与食物链安全研究。
E-mail: hnnxdxyf@163.com.
通信作者:石志琦 E-mail: shizhiqi@jaas.ac.cn
严少华 E-mail: shyan@jaas.ac.cn

皿中,晒种 2 d,每天晒 6 h,不定时翻动 3~4 次。将晒好的种子进行浸种处理,浸种 6 h 后将种子捞出,清水洗净,晾干^[10],挑选均一、形态正常、晒好的种子置于铺 3 层滤纸的培养皿(直径 15 cm)中,每皿 100 粒,设置 3 个重复,发芽后光照时间 12 h,温度(19±1)℃。第 1 天向各培养皿中加入 20 mL 不同剂量处理液,使滤纸完全浸湿,每日补充等量蒸发掉的溶液以保持滤纸湿润。处理 7 d 后收获,用于生理生化指标测定。具体浸种处理为对照(CK),蒸馏水;Z1,蒸馏水:沼液=1:1;Z2,蒸馏水:沼液=1:1.5;Z3,蒸馏水:沼液=1:2;Z4,全沼液。

1.2 试验方法

1.2.1 鲜质量和干质量测定 试验结束后,每皿随机挑取 6 棵生长状况较一致的幼苗,用去离子水洗净吸干后测其鲜质量,之后样品经 110℃ 杀青 30 min,75℃ 烘干至质量不变,称其干质量^[11-12]。

1.2.2 根系活力测定 称取植物新鲜根系 0.15 g,将根浸没于含 0.2% 氯化三苯基四氮唑(TTC)的 66.7 mmol/L 的磷酸缓冲液,避光 37℃ 保温 1 h 后加入 1 mol/L 的硫酸终止反应。取出根研磨后用乙酸乙酯反复提取红色的 TTC 还原产物三苯甲基(TTF),485 nm 波长下测定提取液的 OD 值。根据标准曲线计算 TTC 还原量。以单位时间内单位鲜根还原 TTC 的量[mg/(g·h)]表示根系还原力,以此反映植株的根系活力^[13]。

1.2.3 亚硝酸离子(NO₂⁻)含量测定 参照李鸿恩等^[14]方法测定,取青菜样品 2~3 g,研磨至匀浆状,在弱碱性条件下,用热水从样品中提取 NO₂⁻,用亚铁氰化钾和乙酸锌沉淀蛋白,过滤得透明无色溶液,再加入磺胺和萘乙二胺盐酸盐,在波长 538 nm 处测量生成的红色复合物的吸光度,计算样品中原有的 NO₂⁻ 含量。

1.2.4 蛋白质含量测定 可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝染色法测定,具体参考 Bradford^[15] 的方法,以牛血清蛋白作为标准蛋白。

1.2.5 可溶性糖含量测定 可溶性糖测定采用蒽酮比色法^[16]。

1.2.6 抗坏血酸含量测定 还原型抗坏血酸(AsA)、脱氢抗坏血酸(DHA)和总抗坏血酸(AsA+DHA)含量参照 Turcsányi 等^[17] 的方法测定。称取 1 g 青菜叶片在 4℃ 下于 5% 的偏磷酸中研磨成匀浆,然后于 4℃ 下 22 000×g 离心 15 min,

收集上清液用于测定 AsA+DHA 和 AsA 的含量。测定 AsA+DHA 时,取 0.3 mL 上清液,加入 0.75 mL 含 5 mmol/L EDTA 的磷酸缓冲液(150 mmol/L,pH 值 7.4)和 0.15 mL 10 mmol/L 的 DTT。室温下放置 10 min 后,加入 0.15 mL 0.5% N-乙基马来酰亚胺以消除多余的 DTT。然后加入 0.6 mL 的 10% 三氯乙酸(TCA)、0.6 mL 的 44% 正磷酸溶液、0.6 mL 的 4% 双吡啶酒精(70%)溶液和 0.15 mL 的 0.3% (w/v) FeCl₃ 溶液。混匀后 40℃ 水浴 40 min,测 525 nm 处的吸光值。AsA 的测定过程中以 0.3 mL 水代替 DTT 和 N-乙基马来酰亚胺,其余操作步骤如上所述。DHA 为总抗坏血酸与 AsA 的差值。

2 结果与分析

2.1 沼液对青菜生长的影响 在非全沼液处理下,植株的生物量随着沼液施用量的增加而增加(表 1);当为全沼液时,植株的生物量有所降低。就鲜质量而言,Z1 处理的鲜质量是对照的 1.06 倍,与对比如差异不显著($P>0.05$);Z2 和 Z3 处理下的鲜质量分别是对照的 1.20 倍和 1.31 倍,与对照差异均显著($P<0.05$);在全沼液 Z4 处理下,鲜质量与 Z3 相比显著降低,但显著大于对照($P<0.05$),是对照的 1.16 倍。干质量的变化趋势与鲜质量相似。说明用适量的水葫芦沼液对青菜种子进行浸种处理,有助于植株的生长。

表 1 不同浸种处理对青菜生物量的影响

处理	鲜质量(g)	干质量(g)
CK	20.50±2.50c	1.43±0.11c
Z1	21.80±1.20c	1.53±0.19c
Z2	24.60±3.00ab	1.79±0.19ab
Z3	26.90±5.10a	1.84±0.32a
Z4	23.70±4.50b	1.65±0.19b

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

2.2 沼液对青菜根系活力影响 随着沼液处理剂量的增加青菜根系活力呈现先增加后降低的趋势(图 1)。在低剂量 Z1 处理下,根系活力是对照的 1.13 倍,显著大于对照($P<0.05$);随着沼液处理浓度的增加根系活力增加,Z2 和 Z3 根系活力分别是对照的 1.33 倍和 1.38 倍,均显著大于对照($P<0.05$),但 Z2 和 Z3 差异不显著;在全沼液 Z4 处理

下,根系活力是对照的 1.28 倍,显著大于对照($P < 0.05$)。

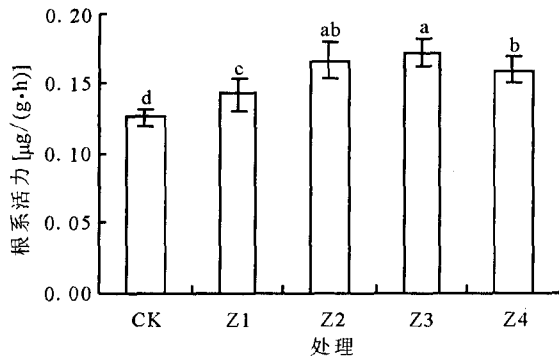


图1 不同浸种处理对青菜根系活力的影响

2.3 沼液对青菜体内 NO_2^- 含量的影响 亚硝酸盐含量是评价蔬菜品质的重要指标之一。不同处理对青菜体内亚硝酸盐含量影响不同(图2)。在低剂量 Z1 处理下,亚硝酸盐含量有所增加,是对照的 1.03 倍,但与对照差异不显著($P > 0.05$);随着沼液处理剂量的增加,青菜体内亚硝酸盐含量与对照相比显著降低,Z2 和 Z3 体内亚硝酸盐含量分别是对照的 91.2% ($P < 0.05$) 和 87.6% ($P < 0.05$);在全沼液 Z4 处理下,亚硝酸盐含量与对照相比差异不显著。

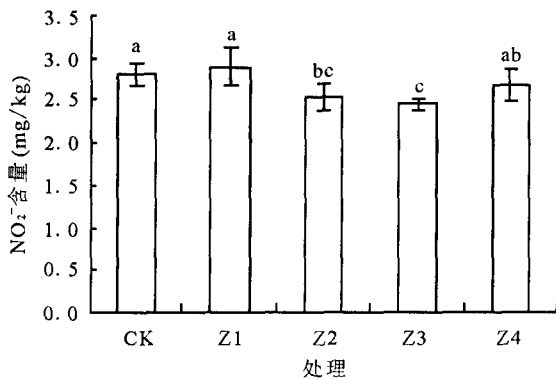


图2 不同浸种处理对青菜体内 NO_2^- 含量的影响

2.4 沼液对青菜体内蛋白质含量的影响 随着沼液处理剂量的增加青菜体内蛋白质含量呈现出先增加后降低的趋势(图3)。在低剂量 Z1 处理下,蛋白质含量是对照的 1.32 倍,显著大于对照($P < 0.05$);随着沼液处理剂量的增加,青菜体内蛋白质含量与对照相比显著增加,Z2 和 Z3 蛋白质含量分

别是对照的 1.51 倍($P < 0.05$) 和 1.59 倍($P < 0.05$),在全沼液 Z4 处理下的蛋白质含量显著低于 Z3 处理的,但显著大于对照($P < 0.05$),是对照的 1.45 倍。

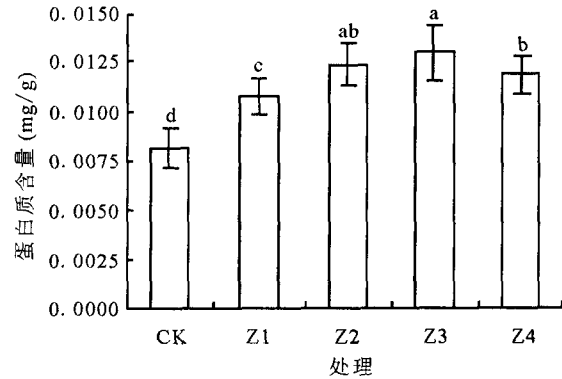


图3 不同浸种处理对青菜体内蛋白质含量的影响

2.5 沼液对青菜体内可溶性糖含量的影响

不同处理对青菜体内可溶性糖含量影响不同,随着沼液施用量的增加可溶性糖含量呈现出先增加后降低的趋势(图4)。当以低剂量沼液 Z1 处理时,可溶性糖含量是对照的 1.05 倍,但与对照差异不显著($P > 0.05$);随着沼液处理剂量的增加,青菜体内可溶性糖含量与对照相比显著增加,其中以 Z3 处理最高,是对照的 1.21 倍($P < 0.05$);当以全沼液 Z4 处理时,可溶性糖含量有所降低,但与对照相比,显著大于对照($P < 0.05$),是对照的 1.14 倍。

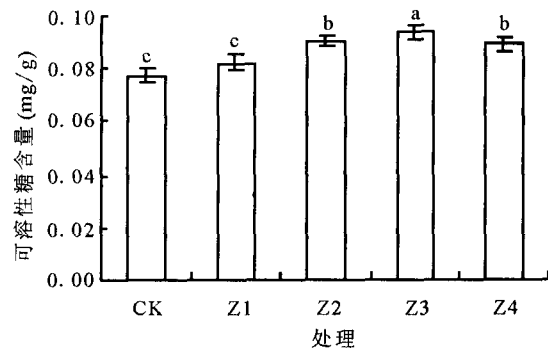


图4 不同浸种处理对青菜体内可溶性糖含量的影响

2.6 沼液对青菜体内抗坏血酸含量的影响

AsA、DHA 和总抗坏血酸变化趋势相同(表2)。AsA 含量随着沼液处理剂量的增加与对照相比呈

现出先增加后降低的趋势,在低剂量 Z1 处理下, AsA 含量与对照相比显著增加,是对照的 1.20 倍 ($P < 0.05$);随着沼液处理剂量的进一步增加,AsA 含量与对照相比显著增加,分别是对照的 1.43 倍 ($P < 0.05$)和 1.52 倍 ($P < 0.05$)。在 Z4 处理下, AsA 含量与 Z3 处理相比显著降低,但显著大于对照。同样在低剂量 Z1 处理下,DHA 含量是对照的 1.09 倍,显著大于对照 ($P < 0.05$);随着沼液剂量的增加,DHA 含量与对照相比显著增加,其中 Z3 处理效果最好,是对照的 1.57 倍 ($P < 0.05$),当以全沼液处理的 DHA 含量显著小于 Z3,但显著大于对照 ($P < 0.05$),是对照的 1.41 倍。抗坏血酸含量的变化趋势与 AsA 含量和 DHA 含量变化趋势相同。

表 2 不同浸种处理对青菜体内抗坏血酸含量的影响

处理	抗坏血酸含量(mg/kg)		
	还原型	氧化型	总量
CK	33.3±2.39d	31.9±1.11d	65.2±1.75d
Z1	39.9±2.80c	34.6±0.96c	74.5±1.88c
Z2	47.4±3.84b	46.4±3.47b	93.8±3.65b
Z3	50.7±2.01a	50.3±2.01a	100.9±2.01a
Z4	46.6±1.56b	44.8±3.53b	91.4±2.54b

3 讨论与结论

作物的正常生长需要外部提供营养,本研究表明,种子浸种之后,幼苗的鲜质量和干质量受到不同程度的影响。沼液浸种后青菜的生物量和根系活力逐渐增加,蒸馏水和沼液 1:1 处理,青菜生物量与对照相比,虽然有所增加,但差异不显著;根系活力处理显著大于对照。随着沼液处理剂量的增加,青菜鲜质量、干质量和根系活力的增加幅度也随之增大,当使用全沼液进行处理后生物量和根系活力虽有所降低,但与不处理相比显著增加。沼液浸种后能促进青菜产量提高,是因为沼液中含有丰富的营养物质和生物活性物质^[18],这些活性物质易于被作物吸收,向作物提供营养。同时这些物质还可以提高根系活力,促进植物根系发育^[19-20]。根系活力泛指根系整个代谢的强弱,包括吸收、合成、呼吸作用和氧化力等,能客观地反映根系生命活动,根系活力的大小与整个植株生命活动的强度紧密相关^[21]。而在高剂量沼液处理条件下,其高剂量的复合成分对青菜的生长产生了一定的胁迫作用,导致青菜生长和产量降低^[22-24]。

蔬菜的品质包括维生素、可溶性糖、氨基酸、亚硝酸盐以及蛋白质和矿质元素含量等因子。其中以亚硝酸盐、蛋白质、可溶性糖和抗坏血酸较为重要^[20]。蛋白质含量是衡量作物营养价值的重要指标。可溶性糖在植物的新陈代谢中具有重要的地位,它反映了植物体内碳水化合物的运转情况,也是呼吸作用的基质和光合作用储藏能量的重要形式。维生素 C 作为一种高活性物质,是人体内不可缺少的重要维生素之一^[19]。本研究表明,水葫芦沼液浸种可以有效增加青菜体内蛋白质和可溶性糖含量,而降低亚硝酸盐含量。这是因为沼液中含有较为丰富的氮素,在适宜的范围内,蔬菜糖分含量随着施氮量的增加而增加,同时由于沼液中较多的活性物质对作物的品质改善有促进作用,较高含量的有机质增强植株的光合作用,加速了叶片硝态氮的转化,增加了青菜体内蛋白质含量,调节了青菜体内的氮钾比例,从而降低了植株体内亚硝酸盐的含量^[25]。然而全沼液浸种处理使得青菜体内蛋白质和糖分含量降低^[26],青菜品质受到影响。还原型抗坏血酸、脱氢抗坏血酸和总抗坏血酸含量的变化趋势与蛋白质和可溶性糖含量相似,还原型抗坏血酸和脱氢抗坏血酸在总抗坏血酸代谢循环过程中处于一个动态平衡。本研究发现在适宜剂量的沼液处理下,还原型抗坏血酸和脱氢抗坏血酸与对照相比均显著增加,说明用适量的水葫芦沼液对青菜种子进行浸种处理,不但作物品质得到改善,同时还增加了总抗坏血酸的代谢循环。

本研究和前期工作研究^[27]发现,适宜剂量的水葫芦沼液浸种不仅可以促进种子发芽,提高发芽指数、活力指数、生物量以及叶绿素含量,还可以有效改善作物品质,降低亚硝酸盐含量。表明利用水葫芦沼液浸种从理论上研究证实是可行的,但是是否能够在实际生产上进行推广应用,还需要通过小区试验来进一步证实。

参考文献

- [1] Crush J R, Briggs L R, Sprosen J M, *et al.* Effect of irrigation with lake water containing microcystins on microcystin content and growth of ryegrass, clover, rape, and lettuce [J]. *Environmental Toxicology*, 2008, 23(2):246-252.
- [2] Leão J C, Geracitano L A, Monserrat J M, *et al.* Micro-

- cystin-induced oxidative stress in *Laonereis acuta* (Polychaeta, Nereididae)[J]. *Marine Environmental Research*, 2008, 66: 92-94.
- [3] 张维昊, 徐晓清, 丘昌强. 水环境中微囊藻毒素研究进展[J]. *环境科学研究*, 2001, 14(2): 57-61.
- [4] 张梅, 李原, 王若南. 滇池浮游植物的生物多样性调查研究[J]. *云南大学学报(自然科学版)*, 2005, 27(2): 170-175.
- [5] 杨苏, 陈朝银, 赵声兰, 等. 滇池蓝藻资源综合利用的研究进展[J]. *云南化工*, 2006, 33(3): 49-53.
- [6] Shutes R B E. Artificial wetlands and water quality improvement[J]. *Environment International*, 2001, 26: 441-447.
- [7] 张文明, 王晓燕. 水葫芦在水生态修复中的研究进展[J]. *江苏环境科技*, 2007, 20(1): 55-58.
- [8] Gunnarsson C C, Petersen C M. Water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: a literature review[J]. *Waste Management*, 2007, 27(1): 117-129.
- [9] 张翔, 余建峰, 刘金盾, 等. 不同接种物对牛粪高温厌氧发酵的影响[J]. *广西师范大学学报(自然科学版)*, 2007, 25(1): 78-81.
- [10] 高义海. 沼液浸种技术[J]. *辽宁农业职业技术学院学报*, 2007, 9(4): 29-30.
- [11] 薛延丰, 李慧明, 易能, 等. 微囊藻毒素(MC-RR)对白三叶种子萌发及幼苗生理生化特性影响[J]. *草业学报*, 2009, 18(6): 180-185.
- [12] 陈柔屹, 冯云超, 唐祈林, 等. 种植密度对玉草1号产量与品质的影响[J]. *草业科学*, 2009, 26(6): 96-100.
- [13] 李剑峰, 师尚礼, 张淑卿. 酸性环境中亚铁离子对紫花苜蓿 WL525 早期生长和生理的影响[J]. *草业学报*, 2009, 18(5): 10-17.
- [14] 李鸿恩, 周聪初, 李亚兰, 等. 水果蔬菜及其制品——亚硝酸盐和硝酸盐含量的测定[S]. 国家技术监督局, 1995.
- [15] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein using the principle of protein-dye binding[J]. *Analytical Biochemistry*, 1976, 72: 248-254.
- [16] 张永锋, 梁正伟, 隋丽, 等. 盐碱胁迫对苗期紫花苜蓿生理特性的影响[J]. *草业学报*, 2009, 18(4): 230-235.
- [17] Turcsányi E, Lyons T, Plochl M, *et al.* Does ascorbate in the mesophyll cell walls form the first line defence against ozone? Testing the concept using broad bean (*Vicia faba* L.)[J]. *Journal of Experimental Botany*, 2000, 51(346): 901-910.
- [18] 王金花. 沼气发酵生态系统与残留物综合利用技术研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [19] 王远远, 沈飞, 刘荣厚, 等. 沼肥对小白菜产量及品质的影响[J]. *可再生能源*, 2007, 25(5): 40-44.
- [20] 薛延丰, 李慧明, 石志琦. 蓝藻发酵沼液对青菜生物学特性和品质影响初探[J]. *江西农业学报*, 2009, 21(10): 59-62.
- [21] 魏道智, 宁书菊, 林文雄. 小麦根系活力变化与叶片衰老的研究[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(9): 1565-1569.
- [22] 杨闯, 徐文修, 李钦钦, 等. 沼液浸种对陆地棉生长及产量的影响[J]. *新疆农业科学*, 2009, 46(1): 138-141.
- [23] 冉启英. 沼液浸种、施肥在生姜生产上的对比试验[J]. *现代农业科技*, 2008, 19: 28-29.
- [24] 张学军, 刘琼, 刘勇. 沼液浸种和追施对辣椒产量影响[J]. *耕作与栽培*, 2008(3): 44-45.
- [25] 赵玲, 栾敬德, 刘荣厚. 沼液对草莓植株性状及果实品质的影响[J]. *北方园艺*, 2004(2): 58-59.
- [26] Abd-el baki G K, Siefert F, Man H M, *et al.* Nitrate reductase in *Zea mays* L. under salinity[J]. *Plant, Cell and Environment*, 2000, 23(5): 512-513.
- [27] 薛延丰, 石志琦, 严少华, 等. 利用生理生化参数评价水葫芦沼液浸种可行性初步研究[J]. *草业学报*, 2010, 19(5): 51-56.

Effect of biogas slurry of *Eichhornia crassipes* on the seedling quality of Chinese cabbage

XUE Yan-feng^{1,2,3}, FENG Hui-fang^{1,4}, SHI Zhi-qi^{1,2,3}, YAN Shao-hua⁵

- (1. Institute of Food Quality and Safety, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Jiangsu Nanjing 210094, China;
 2. Key Laboratory of Food Quality and Safety of Jiangsu Province-State Key Laboratory Breeding Base, Jiangsu Nanjing 210094, China;
 3. Key Laboratory of Agro-Food Safety and Quality, Ministry of Agriculture, Jiangsu Nanjing, 210094, China;
 4. College of Life Science, Nanjing Normal University, Jiangsu Nanjing 210097, China;
 5. Institute of Agricultural Resources and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Jiangsu Nanjing 210094, China)

Abstract: An experiment was conducted to determine the effect of biogas slurry of *Eichhornia crassipes* on the seedling quality of Chinese cabbage by measuring the biomass, the root activity, the protein, the ni-

trite, the soluble sugar content and vitamin C in this study. This study showed that the measured parameters (including the root activity, biomass, protein, soluble sugar and vitamin C) of Chinese cabbage significantly increased when the Chinese cabbage seeds were soaked by biogas slurry. The fresh weight, dry weight and root activity of Chinese cabbage increased with the increase of biogas slurry concentration, and were higher than those treated by purified biogas slurry, which were higher than that of control. The protein, soluble sugar and vitamin C of Chinese cabbage was the best when treatment consisted of distilled water and biogas slurry with ratio of 1 : 2. The nitrite content of Chinese cabbage significantly decreased when compared to the control in the medium ratio and high ratio treatments, whereas it was no significant difference in the low ratio and full biogas slurry treatments. This study suggested that the quality of Chinese cabbage could be improved when the seeds were soaked by the right concentration biogas slurry of Water hyacinth.

Key words: *Eichhornia crassipes*; biogas slurry; Chinese cabbage; quality

关于补贴邮购《钱学森知识密集型草产业及第6次 产业革命的理论与实践》首部专著的启事

钱学森大师是我国伟大的战略科学家。钱学森草产业理论是钱老科学创新思想的重要组成部分,是我国大专院校建立独立的一级草业科学系(科)的理论依据。由钱老称作“草友”的李毓堂先生编著、南志标院士作序的中国首部《钱学森知识密集型草产业及第6次产业革命的理论与实践》专著,已于日前在钱老诞辰九十九周年时正式出版。该书汇集了钱老的有关报告、文章、书信、谈话等第一手文稿文献,并有相关注释,还辑录有任继周等资深专家、学者深入研究与践行草产业理论的重大成果,是理论科学和应用科学的结晶。该书是草业科学教学与研究者的珍贵工作指南和必读教材。

中国系统工程学会草业专业委员会为弘扬传播钱老草产业科学理论思想,培养草业科技人才,特向设有草业科学系(科)的大专院校师生开展补贴优惠购书活动。该书每册定价30元,中国系统工程学会草业专业委员会补贴1/3,现每册收费20元(另收邮寄费2元)。请有关系(科)办公室委托专人登记收款,同中国系统工程学会草业专业委员会办公室联系办理惠购、邮寄等事宜。

中国系统工程学会草业专业委员会

办公(通讯)地址:北京东城区档四14条93号A座211室

电话(传真):010-64045415

联系人:韩霞

邮编:100007

手机:13693393580



钱学森知识密集型
草产业及第六次

产业革命的理论与实践

李毓堂 编著

中国农业出版社