

五倍子对铜绿微囊藻的化感作用

聂江力, 裴毅

(天津农学院 园艺园林学院, 天津 300384)

摘要:以五倍子水提液和五倍子主要成分没食子酸水溶液为试材,将其配制成不同浓度后,分别对铜绿微囊藻(*Microcystic aeruginosa*)连续处理 168 h,测定其对藻液中叶绿素 a 含量的影响。结果表明:随着五倍子和没食子酸浓度的增加和处理时间的延长,藻液中叶绿素 a 含量均显著降低,具有明显量-效关系和时间-效应关系;五倍子水提液能显著抑制铜绿微囊藻的生长,五倍子的主要成分没食子酸可能是其主要化感物质。

关键词:化感物质;五倍子;没食子酸;抑制作用;铜绿微囊藻

中图分类号:S 567.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)24-0139-05

铜绿微囊藻(*Microcystic aeruginosa*)是我国湖泊、水库及其它水域生态系统水体富营养化蓝藻水华的主要藻类^[1]。水体富营养化是目前突出的水环境问题之一,其直接后果之一是引发蓝藻水华,蓝藻水华爆发时,会

在水面形成一层蓝绿色带腥臭味的浮沫,也有人称为“绿潮”,铜绿微囊藻水华爆发率极高,而且能产生一种环状七肽的微囊藻毒素(Microcystins),对水生动物肝脏损伤较为严重,并可在水生动物性腺中积累,使水生生物大量死亡,不仅严重恶化水质,而且破坏水域生态景观,破坏生态系统的平衡和自我调节能力,影响渔业生产,甚至会通过食物链传递,威胁人类的健康^[2-5]。因此,人们对新型高效、生态安全的藻类控制技术的探索一直没有停止,化感作用和化感物质的发现为解决以上问题提供了一种新的思路。相关研究受到国内外的普遍关注^[6]。

“化感作用”(allelopathy)是由科学家 Molisch 在

第一作者简介:聂江力(1972-),女,辽宁兴城人,博士,副教授,现主要从事植物学与药用植物及植物资源学等研究工作。E-mail: njlnie@126.com.

责任作者:裴毅(1971-),男,辽宁锦州人,博士,副教授,现主要从事药用植物学与生药学等研究工作。E-mail: peiyee@126.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31100401)。

收稿日期:2014-09-02

[7] 芦菲,李波,程远渡,等.喷雾干燥法制备平菇精粉的工艺研究[J].食用菌,2012(6):57-58.

[8] 李应彪,李开雄.大豆蛋白在火腿肠生产中的应用[J].肉类研究,1999(4):44-45.

[9] 朱婵婵,丁文平.几种淀粉在火腿肠中的应用研究[J].食品科技,2006,36(2):121-124.

[10] 庄沛锐,杨园媛,孙为正,等.卡拉胶/刺槐豆胶对猪肉糜品质的影响研究[J].现代食品科技,2013,29(5):986-988.

Effect of Accessory Addition on Sensory and Textural Properties of *Pleurotus ostreatus* Sausage

LU Fei, KANG Fang-fang, ZHANG Jin-jin, LI Bo, SUN Jun-liang

(School of Food Science, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, Henan 453003)

Abstract: Taking *Pleurotus ostreatus* as the main material, the effect of accessory additions on sensory quality and textural property of *P. ostreatus* sausage were studied by single experiment. The results showed that using 100 g of mushroom pulp as the benchmark, 12% soybean protein, 12% corn starch, 0.6% carrageenan and suitable seasonings were added into the pulp and mixed thoroughly. After filling the paste into the casing and heating, *P. ostreatus* sausage with rich nutrient and special taste was prepared. If adding 30% chicken, the taste and flavor of sausage would be better. *P. ostreatus* sausage was convenient and high nutrition and had a good development prospect.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*; sausage; sensory; texture

1937 年首次提出的。用以表达包括微生物在内的所有植物间生物化学方面的相互作用。Rice^[7] 在 1984 年将化感作用定义为“一种植物通过向环境释放化学物质影响其它生物生长的现象。

五倍子(*Galla chinensis*)是我国传统中草药,为瘿绵蚜科(Pemphigidae)的蚜虫在其寄主植物漆树科(Anacardiaceae)盐肤木属(*Rhus*)的盐肤木(*R. chinensis* Mill)、青麸杨(*R. potaninii* Maxim)等树上形成的虫瘿。我国除东北三省、内蒙古和新疆外,其他省份均有分布,资源丰富。具有敛肺、涩肠、止血、解毒的功效,还是水产养殖业细菌性疾病的常用药^[8]。没食子酸又名五倍子酸,是五倍子的主要成分,化学名为 3,4,5-三羟基苯甲酸,是一种化学有机原料,广泛的应用于化工、医药、食品、染料、轻工及电子等行业^[9]。该研究通过五倍子和五倍子主要成分没食子酸对铜绿微囊藻生长的影响,探讨其对铜绿微囊藻的化感作用,以期在传统中草药开发为新型抑藻剂提供参考思路。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料:藻种铜绿微囊藻(*Microcystic aeruginosa*)购自武汉中国科学院水生生物研究所。仪器与试剂:紫外可见分光光度计(UV-1800)、光照培养箱(中兴 GZX)、超声波清洗仪、五倍子(购自天津大药房)、没食子酸(购自国药集团化学试剂有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 藻细胞培养 铜绿微囊藻采用 BG11 培养基,在温度 25~30℃,光照强度(2 000±200)lx,光照比 1:1 的光照培养箱中进行培养。每天振摇 4 次,并随机调换位置,使铜绿微囊藻处于对数生长期。

1.2.2 五倍子水提液的制备及抑藻试验 精密称取五倍子粉(80 目)5.0 g,置 250 mL 容量瓶中,加 100 mL 蒸馏水超声提取 30 min,再加蒸馏水 100 mL,避光浸提过

夜,临用前定容、摇匀,作五倍子提取母液,备用。将五倍子水提母液配制成不同浓度梯度的水溶液,用水系 0.45 μm 微孔滤膜过滤,分别加入处于对数生长期的铜绿微囊藻液中,设 8 个不同浓度处理:0、9.1、18.2、45.5、90.9、181.8、454.6、909.2 mg/L,每组 3 个平行样。分别于 0、3、6、9、24、48、72、96、120、144、168 h 测定各处理组和空白对照组藻液的叶绿素 a 的含量。

1.2.3 没食子酸水溶液的制备及抑藻试验 精密称取没食子酸 1.0 g,加蒸馏水溶解(适当加热),配制成不同浓度梯度水溶液,用水系 0.45 μm 微孔滤膜过滤,分别加入到处于对数生长期的铜绿微囊藻液中,设 7 个不同浓度处理组:0、4.6、9.1、22.8、45.6、91.1、227.9 mg/L,每组有 3 个平行样。分别于 0、3、6、9、24、48、72、96、120、144、168 h 测定各处理组和空白对照组藻液的叶绿素 a 的含量。

1.3 项目测定

1.3.1 叶绿素 a 含量(ρ_a)测定 将藻液摇匀,各取 5 mL,用液体过滤装置抽滤到有机相滤膜上,将滤膜卷成筒状,放入 10 mL 的塑料离心管中,加入 80%丙酮 8 mL,避光过夜浸提,振摇后,离心 5 min(4 000 r/min),取上清液,测其光密度,以 80%丙酮溶液作为空白,分别在 750、663、645、630 nm 处测藻液提取液的吸光度 A,按下式计算叶绿素 a 含量($\mu\text{g/L}$): $\rho_a = 11.64(A_{663} - A_{750}) - 2.16(A_{645} - A_{750}) + 0.1(A_{630} - A_{750})$ ^[10-11]。

1.3.2 生长抑制率(IR) $IR(\%) = (No - N_s) / No \times 100\%$,其中 IR 为生长抑制率,No 为对照组藻液叶绿素 a 含量,Ns 为处理组叶绿素 a 含量。

1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 17.0 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 五倍子水提液对铜绿微囊藻生长的影响

由表 1 可知,第 1 组藻液叶绿素 a 含量从 0.437 μg/L(0 h)持续增加到 1.156 μg/L(168 h)。各处理组随浓度

表 1 不同浓度五倍子水提液不同处理时间对铜绿微囊藻生长的影响

Table 1 Effect of different times and concentrations of extract from *G. chinensis* on the growth of *M. aeruginosa*

五倍子处理浓度 (mg·L ⁻¹)		叶绿素 a 含量/(μg·L ⁻¹)										
		0 h	3 h	6 h	9 h	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h	144 h	168 h
第 1 组	CK	0.437	0.458aA	0.482aA	0.482aA	0.537aA	0.648aA	0.756aA	0.838aA	0.950aA	1.060aA	1.156aA
第 2 组	9.1	0.432	0.412aA	0.414aA	0.409abA	0.481abA	0.544abAB	0.612bAB	0.665bB	0.774bB	0.823bB	0.892bB
第 3 组	18.2	0.437	0.430aA	0.449aA	0.410abA	0.499abAB	0.542abAB	0.614bAB	0.657bB	0.745bB	0.752bB	0.701cB
第 4 组	45.5	0.436	0.432aA	0.448aA	0.407abA	0.462abAB	0.455bBC	0.460cBC	0.451cC	0.479cC	0.439cC	0.364dC
第 5 组	90.9	0.430	0.415aA	0.410aA	0.396bA	0.420bcAB	0.406bcBC	0.395cdC	0.361cdCD	0.388cdC	0.353cdC	0.330dC
第 6 组	181.8	0.434	0.424aA	0.409aA	0.433abA	0.431abcAB	0.408bcBC	0.372cdC	0.336cdCD	0.360cdC	0.353cdC	0.338dC
第 7 组	454.6	0.438	0.441aA	0.436aA	0.435abA	0.396bcAB	0.405bcBC	0.399cdC	0.344cdCD	0.355cdC	0.320cdC	0.338dC
第 8 组	909.2	0.436	0.426aA	0.414aA	0.412abA	0.346cC	0.279cC	0.268dC	0.238dD	0.270dC	0.229dC	0.204dC

注:不同小写字母表明差异显著性, $P<0.05$;不同大写字母表明差异极显著性, $P<0.01$ 。

Note: Different lowercase letters show significant differences at 0.05 level; different capital letters show very significant differences at 0.01 level.

的增加,藻液叶绿素 a 含量显著下降。处理 72 h,各处理组叶绿素 a 含量低于第 1 组且达显著水平,处理 96 h,各处理组低于第 1 组且达极显著水平。观察藻液颜色变化,随着五倍子浓度的增加和处理时间的延长,藻液明显从绿色变成黄色或黄褐色;显微镜观察,藻细胞失去活力,且聚集成团,大多聚集在瓶底,细胞的颜色变浅,变黄,这与表 1 中各处理组随五倍子浓度增加和处理时间的延长藻液中叶绿素 a 含量变化的结果相一致。

由表 2 可知,五倍子浓度各水平对铜绿微囊藻藻液中叶绿素 a 含量的影响差异极显著;处理时间各水平对铜绿微囊藻藻液中叶绿素 a 含量影响差异极显著;处理浓度与处理时间各水平交互对铜绿微囊藻藻液中叶绿素 a 含量影响差异极显著。校正模型 $F=35.885$, $P=0.000<0.01$,表明所用模型有统计学意义。

表 2 五倍子浓度对铜绿微囊藻抑制效应的方差分析

Table 2 Analysis of variance of different concentrations of *G. chinensis* on the inhibition of *M. aeruginosa*

来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
修正模型	8.132	89	0.091	35.885	0.000
截距	59.460	1	59.460	23 353.532	0.000
五倍子浓度/(mg·L ⁻¹)	4.035	7	0.576	226.410	0.000
时间/h	0.533	10	0.053	20.933	0.000
五倍子×时间	3.368	70	0.048	18.896	0.000
误差	0.443	174	0.003		
总计	68.034	264			
修正总计	8.575	263			

注: $R^2=0.533$ (调整 $R^2=0.500$)。

由表 3 可知,第 8 组处理铜绿微囊藻测得叶绿素 a 含量均值;显著低于第 4 组;显著低于第 2、3 组均值;显著低于第 1 组均值。利用抑制率公式分别求出各处理组抑制率变化曲线。由图 1 可知,五倍子水提液加入到铜绿微囊藻藻液后立即开始起作用,先后进行 168 h 的连续测定,3 h 即起作用,随着时间的延长抑制率不断提高,第 2 组 168 h 抑制率为 18.17%;第 3 组 168 h 抑制率为 33.09%;第 4 组 168 h 抑制率为 64.93%;第 5 组到第 8 组 168 h 抑制率均超过 67%。第 4 组 3 h 抑制率为

表 4 不同浓度不同时间没食子酸水溶液对铜绿微囊藻藻液中叶绿素 a 含量的影响

Table 4 Effect of different times and concentrations of gallic acid on chlorophyll a content of *M. aeruginosa*

没食子酸浓度 (mg·L ⁻¹)	0 h	3 h	6 h	9 h	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h	144 h	168 h
第 1 组 (CK)	0.394	0.418aA	0.429aA	0.446aA	0.506aA	0.581aA	0.679aA	0.805aA	0.994aA	1.057aA	1.152aA
第 2 组 (4.6)	0.408	0.395abA	0.418abA	0.420abA	0.475aA	0.559aA	0.687aA	0.776aAB	0.907abA	1.019aA	1.104aA
第 3 组 (9.1)	0.416	0.388abA	0.413abA	0.410abA	0.471aA	0.540aA	0.624aA	0.711bB	0.860bA	0.974aA	1.052aA
第 4 组 (22.8)	0.412	0.383abA	0.382bAB	0.369abAB	0.360bB	0.323bB	0.253cBC	0.220deCD	0.158dB	0.208bB	0.193bB
第 5 组 (45.6)	0.400	0.380abA	0.350cB	0.339bcAB	0.322bB	0.307bB	0.307bB	0.275cdC	0.273cdB	0.276bB	0.265bB
第 6 组 (91.1)	0.399	0.388abA	0.390abAB	0.340bcAB	0.315bB	0.335bB	0.335bB	0.301cC	0.308cB	0.264bB	0.255bB
第 7 组 (227.9)	0.419	0.366bA	0.299dC	0.268cB	0.275bB	0.234cC	0.211cC	0.176eD	0.180dB	0.251bB	0.223bB

5%;9 h 抑制率为 15%;48 h 抑制率为 25%;96 h 抑制率为 40%;168 h 抑制率超过 60%。五倍子水提液对铜绿微囊藻的抑制率随浓度的增加,呈现抑制率提高的现象;且随着处理时间的延长,抑制率也呈现提高的现象,具有非常明显的量-效关系和时间-效应关系。

表 3 各五倍子浓度间对铜绿微囊藻叶绿素 a 组均值的响应(SNK 法, $\alpha=0.05$)

Table 3 Effect of different concentrations treatments of *G. chinensis* on means of chlorophyll a of *M. aeruginosa*

五倍子浓度 (mg·L ⁻¹)	N	Student-Newman-Keuls ^{a,b} 子集
第 8 组(909.2)	33	0.32028
第 6 组(181.8)	33	0.39069
第 5 组(90.9)	33	0.39121
第 7 组(454.6)	33	0.39164
第 4 组(45.5)	33	0.43938
第 3 组(18.2)	33	0.56670
第 2 组(9.1)	33	0.58722
第 1 组(CK)	33	0.70950
P 值		1.000 0.943 1.000 0.100 1.000

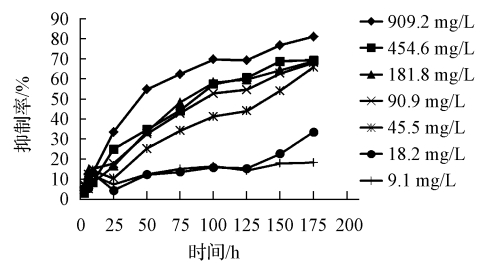


图 1 不同浓度、不同时间五倍子水提液对铜绿微囊藻抑制率的影响

Fig. 1 Effect of different concentrations and times of extract from *G. chinensis* on inhibition rate of *M. aeruginosa*

2.2 没食子酸水溶液对铜绿微囊藻生长的影响

随着没食子酸浓度的增加和处理时间的延长,藻液中叶绿素 a 含量呈下降趋势,结果见表 4。第 1 组藻液叶绿素 a 含量从 0.394 $\mu\text{g/L}$ (0 h)持续增加到 1.152 $\mu\text{g/L}$ (168 h)。各处理组随浓度的增加,藻液叶绿素 a 含量显

著下降。处理时间超过 24 h, 浓度高于 22.8 mg/L 各处理组叶绿素 a 含量极显著低于第 1 组。观察藻液颜色变化, 随着没食子酸浓度的增加和处理时间的延长, 藻液明显从绿色变成黄色或黄褐色; 显微镜观察, 藻细胞失去活力, 且聚集成团, 大多聚集在瓶底, 细胞的颜色变浅, 变黄, 这与表 4 中各处理组随没食子酸浓度增加和处理时间的延长藻液中叶绿素 a 含量变化的结果相一致。

由表 5 可知, 没食子酸浓度的 $F=870.180$, $P=0.000<0.01$, 差异极显著, 处理时间的 $F=106.955$, $P=0.000<0.01$, 差异极显著; 没食子酸浓度与处理时间互作的 $F=65.839$, $P=0.000<0.01$, 差异极显著。说明没食子酸水溶液各浓度水平处理铜绿微囊藻测得藻液中叶绿素 a 含量差异极显著; 处理时间各水平处理铜绿微囊藻测得藻液中叶绿素 a 含量差异极显著; 没食子酸浓度与处理时间各水平互作处理铜绿微囊藻测得藻液中叶绿素 a 含量差异极显著。校正模型 $F=131.696$, $P=0.000<0.01$, 表明所用模型有统计学意义。

表 5 没食子酸浓度对铜绿微囊藻抑制效应的方差分析

Table 5 Analysis of variance of different concentrations of gallic acid on the inhibition of *M. aeruginosa*

来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
校正模型	13.840	78	0.177	131.696	0.000
截距	47.107	1	47.107	34 964.854	0.000
没食子酸浓度/(mg·L ⁻¹)	7.034	6	1.172	870.180	0.000
时间/h	1.441	10	0.144	106.955	0.000
没食子酸×时间	5.322	60	0.089	65.839	0.000
误差	0.205	152	0.001		
总计	61.151	231			
修正总计	14.044	230			

注: $R^2=0.603$ (调整 $R^2=0.574$)。

由表 6 可知, 第 7 组显著低于第 1、2、3、5、6 组。利用抑制率公式分别求出各处理组抑制率变化曲线。由图 2 可知, 没食子酸水溶液加入到铜绿微囊藻藻液中具有明显的抑制作用, 先后进行 168 h 的连续测定, 3 h 即起作用, 随着时间的延长抑制率不断提高, 第 2 组 168 h 抑制率为 7.46%; 第 3 组 168 h 抑制率为 13.14%; 第 4 组 168 h 抑制率为 83.99%; 第 5 组到第 7 组 168 h 抑制率均超过 77%。第 4 组 3 h 抑制率为 12.44%; 9 h 抑制率为 20.92%; 48 h 抑制率为 46.83%; 96 h 抑制率为 73.80%; 168 h 抑制率超过 80%。没食子酸水溶液对铜绿微囊藻的抑制率, 总体上呈现随浓度的增加, 抑制率提高的现象; 且随着处理时间的延长, 抑制率也呈现提

高的现象, 具有非常明显的量-效关系和时间-效应关系。同时, 第 4 处理组与第 7 组相比较, 72 h 后抑制率相似, 这与表 4、6 的结果相一致, 即第 4 处理组与第 7 组抑制作用无显著性差异。

表 6 各没食子酸浓度间对铜绿微囊藻叶绿素 a 组均值的响应(SNK 法, $\alpha=0.05$)

Table 6 Effect of different concentration groups of gallic acid on mean of chlorophyll a of *M. aeruginosa*

没食子酸浓度/(mg·L ⁻¹)	N	Student-Newman-Keuls ^{a,b} 子集					
		1	2	3	4	5	6
第 7 组(227.8)	33	0.26357					
第 4 组(22.8)	33		0.29637				
第 5 组(45.6)	33			0.31772			
第 6 组(91.1)	33			0.32992			
第 3 组(9.1)	33				0.62348		
第 2 组(4.6)	33					0.65178	
第 1 组(CK)	33						0.67823
P 值	33	1.000	1.000	0.179	1.000	1.000	1.000

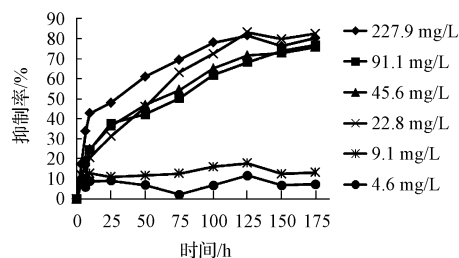


图 2 不同浓度、不同时间没食子酸水溶液对铜绿微囊藻的抑制率的影响

Fig. 2 Effect of different concentrations and times of gallic acid on inhibitions of *M. aeruginosa*

3 讨论与结论

五倍子是我国传统中药材, 具有解毒、抑菌、消炎等功能。铜绿微囊藻属于原核生物和细菌具有相似结构。五倍子抑制铜绿微囊藻的生长, 推断其抑制机理可能与其抗菌作用相似^[12]。该研究通过不同浓度和不同处理时间五倍子水提液和没食子酸水溶液对铜绿微囊藻的处理, 结果表明随浓度的增加, 铜绿微囊藻中的叶绿素 a 的含量明显呈下降趋势; 随着处理时间的延长, 叶绿素 a 的含量明显呈下降趋势, 抑制率呈明显提高的趋势, 呈现出明显的量-效关系和时间-效应关系。

没食子酸是五倍子主要成分。五倍子中除了含有没食子酸外, 还含有大量的五倍子鞣质。五倍子鞣质属可水解鞣质, 水解后会产生没食子酸。没食子酸化学名为 3,4,5-三羟基苯甲酸, 为酚酸类植物化感物质。化感物质是植物生长过程中产生的次生代谢产物, 一般能在

自然条件下降解,不会在生态系统中长期积累,生态安全性好。在养殖水域或大型水库、河流等水域利用化感抑藻技术调控蓝藻水华,无疑是一种极具潜力的可持续发展的良好的生态模式,也是今后环境保护发展的必然趋势^[13-15]。五倍子和五倍子中的主要成分没食子酸可以有效抑制铜绿微囊藻的生长。该研究可为传统中草药开发成新型抑藻剂提供科学依据,为水环境净化及富营养化水体的生态治理提供新途径。

参考文献

- [1] 胡豫杰,倪汉文. 硫酸小檗碱对铜绿微囊藻生物活性的评价[J]. 农药,2012,51(5):382-384.
- [2] Carbis C R, Simons J A, Mitchell G F, et al. A biochemical profile for predicting the chronic exposure of sheep to *Microcystis aeruginosa*, a hepatotoxic species of blue-green alga[J]. Res Vet Sci, 1994, 57(1): 310-316.
- [3] Zhang X Z, Xie P, Li D P, et al. Haematological and plasma biochemical responses of crucian carp (*Carassius auratus*) to intraperitoneal injection of extracted microcystins with the possible mechanisms of anemia[J]. Toxicon, 2007, 49: 1150-1157.
- [4] Chen J, Xie P. Tissue distributions and seasonal dynamics of the hepatotoxic microcystins-LR and-RR in two freshwater shrimps, *Palaeomonetes* and *Macrobrachium nipponensis*, from a large shallow, eutrophic lake of the subtropical China[J]. Toxicon, 2005, 45: 615-625.
- [5] 毕相东,林月娇,张波,等. 小檗碱对铜绿微囊藻细胞膜通透性的影响[J]. 江苏农业科学,2012,40(8):229-231.
- [6] 邹华,邓继选,朱银. 植物化感作用在控制水华藻中的应用[J]. 食品与生物技术学报,2012,31(2):134-140.
- [7] Rice E L. Allelopathy[M]. 2nd ed. London: Academic Press, 1984: 1-2.
- [8] 聂江力,王亭,石聪,等. 五倍子水提液对铜绿微囊藻生长抑制效应的研究[J]. 植物研究,2011,31(2):231-234.
- [9] 卢晓,周磊,谢鲲鹏,等. 没食子酸对金黄色葡萄球菌抑菌活性及机制研究[J]. 中国食用菌,2012,31(4):54-56,61.
- [10] 丁慧君,张维昊,马妍. 两种酚酸化感物质对铜绿微囊藻生长的影响[J]. 环境科学与技术,2007,30(7):1-3.
- [11] 周群英,高廷耀. 环境工程微生物学[M]. 北京:高等教育出版社,2000:324-325.
- [12] Zhang S L, Zhang B, Xing K Z, et al. Inhibitory effects of golden thread (*Coptis chinensis*) and berberine on *Microcystis aeruginosa* [J]. Water Science and Technology, 2010, 613: 763-769.
- [13] 顾元,常知州,于建光,等. 外源酚酸对水稻种子和幼苗的化感效应[J]. 江苏农业学报,2013,29(2):240-246.
- [14] 李峰民,胡洪营. 大型水生植物浸出液对藻类的化感抑制作用[J]. 中国给水排水,2004,20(11):18-21.
- [15] 张彬,郭劲松,方芳,等. 植物化感抑藻的作用机理[J]. 生态学杂志,2010,29(9):1846-1851.

Allelopathy of *Galla chinensis* on *Microcystic aeruginosa*

NIE Jiang-li, PEI Yi

(College of Horticulture and Landscape, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384)

Abstract: Algae solution of *Microcystic aeruginosa* was treated respectively and continuously for 168 hours with extract solutions of *Galla chinensis* and gallic acid aqueous solution which were formulated into different concentrations, then changes in the content of chlorophyll a of *M. aeruginosa* were determined. The results showed that with increasing concentrations and treatment time of *Galla chinensis* and gallic acid, content of chlorophyll a of *M. aeruginosa* significantly decreased which had an obvious quantity-effect relationship and time-effect relationship. Extract solution of *Galla chinensis* could effectively inhibit the growth of *M. aeruginosa*, the main component gallic acid of *Galla chinensis* might be the allelochemicals.

Keywords: allelochemicals; *Galla chinensis*; inhibition effect; *Microcystic aeruginosa*