

蓝藻有机无机复混肥对几种作物的增效试验

沈银武 刘永定 吴国樵 敖鸿毅 丘昌强

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘要:研究了几种专用蓝藻有机无机复混肥,并对农作物进行了田间肥效试验。结果表明,施用蓝藻有机无机复混肥与普通 N、P、K 复合肥相比较,对烟草、西芹、韭菜、康乃馨等都有增产和改良土壤的效果。烟草试验表明,蓝藻复混肥的施用量以 $900\text{kg}/\text{hm}^2$ 效果最好,烟草产量、产值、上等烟比例分别比对照增加 7.28%、5.04%、19.81%;西芹试验表明,施用蓝藻有机无机复混肥的各处理比对照高,其中以 $900\text{kg}/\text{hm}^2$ 和 $1200\text{kg}/\text{hm}^2$ 最高;其次是 $600\text{kg}/\text{hm}^2$;分别比对照高 17.1%、16.3% 和 9.5%;而施用蓝藻有机无机复混肥 $900\text{kg}/\text{hm}^2$ 和 $1200\text{kg}/\text{hm}^2$,韭菜的株高、叶宽和产量比对照分别提高了 12.21% 和 13.32%;康乃馨产花量则以施肥量为 $1200\text{kg}/\text{hm}^2$ 的最高,产花量为 4865 枝/ 100m^2 ,比对照高 11.6%。韭菜和土壤样品中未检测出藻毒素含量,表明使用蓝藻有机无机复混肥对植物和土壤是安全的。利用水华蓝藻生产有机无机复混肥,既解决了富营养化湖泊大量暴发的水华蓝藻的巨大生物量处置难题,又达到了改善环境、增加了经济和社会效益。

关键词: 蓝藻;有机无机复混肥;烟草;西芹;韭菜;康乃馨

中图分类号: X171.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2005)04-0399-07

随着工业迅速发展,人口剧增,城市化加重,环境受到严重污染,许多水体的富营养化程度加剧,引起蓝藻、特别是微囊藻 (*Microcystis*) 的大量增殖,常常形成堆积飘浮性水华。蓝藻水华产生的毒素是细胞内毒素,当细胞腐败死亡后,毒素释放到水中^[1,2],直接影响了水体的质量和利用,并危害着水生动物、植物生长、牲畜和人类的健康等^[3-5]。从环境问题而言,富营养化水体中失控疯长蓝藻可以称为“绿色灾害”。但从另一个角度,富营养化水体中蓝藻高效吸收和消纳污染水体中大量的氮、磷及有机污染物,也能起到净化水质的作用。因此,不及时将这些藻类水华从湖泊中取出和进行处置,将会造成更严重的污染危害。而及时将其从水体中移出,则可以降低水体的富营养化程度,消除其污染危害。作者对昆明市滇池大量暴发的水华蓝藻采用机械方法进行收获、脱水、浓缩和干燥,可以获得大量的蓝藻干粉^[6]。采用机械方法大量收获水华蓝藻,大大降低了湖泊严重污染的问题。但所收获的巨大蓝藻生物量如何进行

处置或进行资源化利用,却是一个有待解决的难题,如不解决确会造成较为严重的二次污染。利用蓝藻作为肥源在国内外虽有许多报道,但这些报道多是人工接种的固氮种类蓝藻^[7-9]。国内曾有人直接将水华蓝藻直接施入稻田作为肥料^[10],尽管取得了一定的效果,但是,这些有毒的水华蓝藻将会在稻田中继续生长繁殖、腐烂并释放出有毒物质(藻毒素)造成第二次污染。为了解决巨量水华蓝藻生物量的处置难题,作者成功地开展了水华蓝藻资源化利用与研究,其中包括藻蓝蛋白、藻多糖、-亚麻酸的提取^[11]、蓝藻有机无机复混肥的研制。本文报道所研制的专用蓝藻有机复混肥对烟草、西芹、韭菜、和花卉(康乃馨)的肥效试验结果,及对这几种作物产量和品质的影响,并对水华蓝藻有机无机复混肥工业性生产的经济有效性和开发的可行性进行评价。

1 材料与方法

1.1 供试肥料 根据不同农作物对养分(N、P、K)

收稿日期:2003-11-17;修订日期:2005-02-10

基金项目:国家科技部、云南省重大课题“滇池蓝藻水华污染控制技术研究”(K99-05-35-01);中国科学院重大项目(KZCX1-SW-12);973 项目(2002CB412300);863 项目(2002AA601011);中国科学院前沿性创新课题(220316)资助

作者简介:沈银武(1951—),男,湖北仙桃人,从事藻类生物学研究。云南省农科院生物所樊永言、黎其万,参加了田间试验与管理工作;云南省环境科学研究院周如海参加了部分试验工作,作者一并致谢

的需求,用自制的滇池蓝藻(主要是微囊藻,优势度平均 85 % 以上)干粉,采用脱毒技术脱去藻毒素^[12]

后,与无机肥料配制成烟草、叶菜和花卉专用肥料。其配比见表 1。

表 1 处理不同作物的蓝藻有机无机复混肥配方
Tab. 1 Prescriptions of complex organic and inorganic fertilizers for various crops

项目 Sorts	烟草 Tobacco	西芹 Celery	韭菜 Chinese chives	康乃馨 Carnation
尿素 Urea	15	25	15	15
过磷酸钙 uperphosphate	9	9	9	16
磷酸一铵 Ammonium phosphate	6	6	6	9
硫酸钾 Potassium sulfate	20	10	10	10
蓝藻粉 Microcystis powde	50	50	60	50
合计 Total	100	100	100	100
有机质 Organic matter (%)	35	35	35	35
总养分 Total maintain (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O)	26. 27	25. 77	23. 78	24. 27

注:蓝藻所含按 N = 7. 8 %、P = 0. 44 %、K = 0. 5 % ,有机质(organic matter) = 70 % 计算^[6]。

1.2 烟草 (*Nicotiana tobacum* L.) 试验设置四个处理。即 对照(ck):烟草普通复合肥 900kg/ hm²,用硝酸钾,硫酸钾,硝酸铵,普钙配制而成,氮磷钾总养分(N P₂O₅ K₂O = 15 5 15); 施蓝藻有机无机复混肥 600kg/ hm²(处理)比对照养分含量低; 施蓝藻有机无机复混肥 900kg/ hm²(处理),养分基本与对照相等; 施蓝藻有机无机复混肥 1200kg/ hm²(处理),养分含量比对照高。每个处理 3 个重复,12 个小区采用随机区组排列,试验小区面积 33m²。采用飘浮育苗,露地栽培。每小区 50 株,株行距 110 × 60cm,于 4 月 30 日移栽。田间管理方法各小区一致。对各小区分别采摘烘烤,烘烤结束后,按 40 级标准分级扎把,测定产量、级别、上中等烟比例等经济指标,产值按云南省统一烟草收购价格计算。

1.3 西芹 (*Apium graveolens* L.) 试验设置四个处理。 对照(ck):施普通 N、P、K 复合肥 900kg/ hm²; N、P₂O、K₂O 含量分别为:15. 9 %、4. 72 %和 5. 25 %; 总养分 25. 87; 施蓝藻有机无机复混肥 600kg/ hm²(处理)比对照养分含量低; 施蓝藻有机无机复混肥 900kg/ hm²(处理),养分与对照相等; 施蓝藻有机无机复混肥 1200kg/ hm²(处理),养分比对照含量高。每个处理 3 个重复,12 个小区采用随机区组排列,试验小区面积 20m²。试验采用塑料大棚设施栽培。于 2002 年 5 月 11 日定植西芹;每小区 146 株,株行距 30 ×45cm。定植种苗前,按各处理施肥量将肥料沿种植沟均匀撒施,并在种植沟浇水后,立即定植西芹苗。定植后一个月即 6 月 11 日调查西芹株高,评价前期各处理西芹生长速度。在西芹

旺长期,(7 月上旬)追肥一次,各处理追肥量相等。待西芹基本停滞生长时,于 8 月 21 日全田收获,分区实测小区产量。

1.4 韭菜 (*Allium*) 设置四个试验处理。 对照(ck):施普通复合肥 900kg/ hm²(与西芹相同); 施蓝藻有机无机复混肥 600kg/ hm²(处理),养分比对照含量低; 施蓝藻有机无机复混肥 900kg/ hm²(处理),养分与对照相等; 施蓝藻有机无机复混肥 1200kg/ hm²(处理),养分含量比对照高。每个处理 3 个重复,12 个小区采用随机区组排列,试验小区面积 67m²。于 2002 年 3 月 1 日整地碎土分厢,开好种植沟,布置田间试验小区。韭菜苗移栽,于 3 月 5 日定植;种植密度 6. 6 株/ m²。每小区 440 株,株行距 30 ×45cm。定植种苗前,按各处理施肥量将肥料沿种植沟均匀撒施,并在种植沟浇水后,立即定植韭菜苗。定植后 3 个月即 6 月 5 日收获。采用高效液相色谱法(HPIC)测定韭菜和土壤中的藻毒素含量^[13]。

1.5 康乃馨 (*Caryophyllus*) 设置四个试验处理。 对照(ck):施普通 N、P、K 复合肥 900kg/ hm²,N、P₂O、K₂O 含量分别为:12. 35 %、6. 24 %和 8. 42 %; 总养分 27. 01 %; 施蓝藻有机无机复混肥 600kg/ hm²(处理),养分含量比对照低; 施蓝藻有机无机复混肥 900kg/ hm²(处理),养分含量与对照相等; 施蓝藻有机无机复混肥 1200kg/ hm²(处理)养分含量比对照高。每个处理 3 个重复,12 个小区采用随机区组排列,试验面积 20m²/ 小区。采用塑料大棚栽培,设置田间试验小区,8 月 8 日定植花苗,株行距为 20 ×25cm,每小区种植 3000 株。定植种苗

前,开种植沟,按各处理施肥量将肥料沿种植沟均匀撒施,按株行距定植种苗,立即浇足定根水。在种苗定植后 40—50d,苗向上生长约 15cm 时,即摘除小苗茎尖,促小苗基部腋芽生长,80—100d 后,苗基部长出分蘖 6—7 个时,即开始定株型,每株留分蘖 5—6 个,让其不断生长(每个分蘖长成一枝花)。为使康乃馨直立生长,长出的花枝不致弯曲,用丝膜拉成网格,将每株花苗固定在网格内。2003 年 2 月 25 日开

始收花,3 月底花基本采收完毕。

2 结果与讨论

2.1 烟草(*Nicotiana tobacum* L)

2.1.1 蓝藻有机无机复混肥对烟株生长性状的影响 在封顶打叉后,采烤前,每小区随机抽取有代表性的烟株 10 株,各处理共 30 株烟株进行分析测定,各处理烟株的主要农艺性状见表 2。

表 2 各处理烟株主要农艺性状
Tab. 2 Main agricultural features of Tobacco plants

处理 Treat	株高 Tall (cm)	茎围 Stem round (cm)	有效叶 Efficiency leaf 叶/株	下二棚叶 Down shed leaf 长 long ×width 宽 (cm)	腰叶 Middle leaf 长 long ×width 宽 (cm)	上二棚叶 up shed leaf 长 long ×宽 width (cm)
	86.68	9.02	17.2	76.4 ×27.9	76.4 ×25.0	53.6 ×15.8
	89.34	9.53	18.2	77.8 ×28.6	80.4 ×27.6	56.7 ×17.0
	91.86	9.72	18.6	78.1 ×29.0	82.6 ×28.1	57.8 ×16.6
ck	90.11	9.71	18.4	77.2 ×28.8	79.8 ×26.3	57.3 ×16.1

表 2 结果表明施用蓝藻有机无机复混肥 600kg/hm² 各项指标均低于对照,尤其是腰叶及上二棚叶明显比对照小,而 900kg/hm² 各项指标均与对照相近;1200kg/hm² 各项指标均优于对照。此结果说明蓝藻复混肥用量达到一定量时,对烟株生物学性状有明显效果,而用量过小时会造成烟株生长不正常。

2.1.2 蓝藻有机无机复混肥对烟草产质效益的影响 烟草的产量分析结果表明,施用蓝藻有机无机复合肥 900kg/hm² 和 1200kg/hm² 产量都高于对照,600kg/hm² 产量则低于对照组。产值分析结果表明,

组最高;对照次之; 组略低于对照, 组产值最低。 组上等烟比例最高,占 34.42%,比其他处理约高 7%。从上述数据可得出,适量的蓝藻有机无机复混肥对烟草产量、质量有较好作用。在本试验条件下,蓝藻复混肥的适宜用量为 900kg/hm²,此用量条件下烟草产量、产值、上等烟比例均最高,可以达到较高的经济效益(图 1)。与等养分用量的普通复合肥相比,产量、产值、上等烟比例分别增加 235.05kg/hm²、1414.65 元/hm²、6.82%,增幅分别为 7.28%、5.04%、19.81%。1200kg/hm² 虽然产量比对照略高,但其余指标均比对照低,且养分用量较大,经济效益不高,600kg/hm² 由于养分太低表现均较差,也不能满足烟草较高的产质量需求。由此可知,蓝藻有机无机复混肥作为烟草的肥料用量以 900kg/hm² 较适宜。

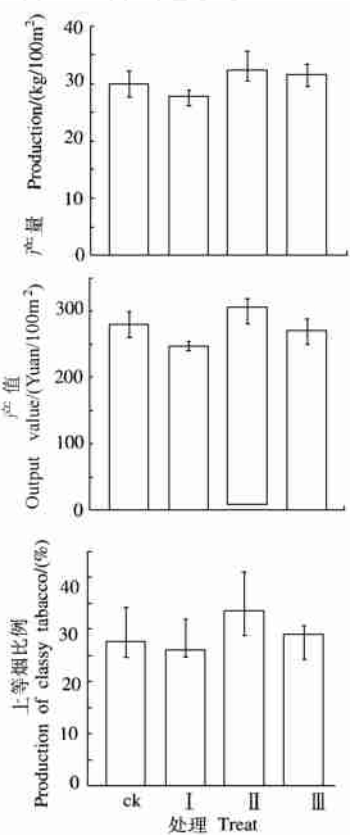


图 1 蓝藻有机无机复混肥对烟草经济性状的影响

Fig. 1 Economic characteristics of the Tobacco with complex fertilizer

2.1.3 施蓝藻复混肥对土壤养分的影响 试验结束后,采集施用蓝藻有机无机复混肥 900kg/ hm² 的 3 个小区的土壤混合样与对照小区土样混合样分析,

比较施用蓝藻复混肥及普通复合肥对土壤常规化学成分的影响。分析结果见表 3。

从表 3 分析结果看出,与试验前相比,不论施用

表 3 施用蓝藻有机无机复混肥对土壤养分的影响
Tab.3 Influences of soil nutrient (mg/ kg)

土壤养分 Soil content	pH	有机质(%) Organic matter	碱解氮 Alkali nitrogen	速效磷 Quick result P	速效钾 Quick result K
试验前 Before treatment	6.42	3.89	161.53	38.15	361.90
试验后 after treatment					
ck	6.48	4.35	175.89	22.81	248.82
处理	6.54	4.44	186.53	19.89	253.01

普通复合肥还是蓝藻复混肥,试验后土壤 pH 值、有机质、碱解氮均呈上升趋势,其中,施用蓝藻有机无机复混肥上升的趋势大于施用普通复合肥。而速效磷及速效钾不论施用普通复合肥还是蓝藻复混肥均比试验前有较大幅度下降,但施用两种肥料的差别不大。此结果表明,由于蓝藻复混肥含有约 40 % 的有机物质,因而施用后使土壤有机质及碱解氮有不同程度的增加。另外,烟草是高需钾作物,对磷的需求也较大,一季烟草收获后,土壤速效磷、钾有一定程度降低应属正常。

2.2 西芹 (*Apium graveolens* L.)

2.2.1 不同处理对西芹前期生长的影响 试验结果表明,施普通 N、P、K 复合肥的对照,前期西芹生长速度比施用蓝藻有机无机复混肥处理较快(表 4)。这可能是因为复合肥中的氮素为氨态氮,而蓝藻有机无机复混肥中的氮素为酰胺态氮和部分有机氮,前者可为西芹直接吸收利用,肥效快,而后者需经尿酶转化成氨态氮才能被植物吸收肥效发挥较慢所致。但到了西芹生长后期收获时,各处理株高趋于一致,基本没有差异,全田生长整齐,株高在 66.7—68.4cm 之间变动。

表 4 蓝藻复混肥施量对西芹株高的影响(cm)

Tab.4 Effect of different fertilize on the tall of Celery

处理 Treat	ck			
前期 prophase	34.5	30.6	31.4	32.3
后期 anaphase	67.1	68.4	67.6	66.7

2.2.2 不同处理对西芹产量的影响 产量测定结果表明,在前期,施用蓝藻有机无机复混肥处理的西芹生长速度较施普通复合肥的缓慢,但中后期西芹旺长时,需肥较多,这时蓝藻有机无机复混肥中的氮

素已充分转化,能充分供应西芹对营养元素的需求,且养分释放平稳,因而施用蓝藻有机无机复混肥的各处理比对照高(图 2),其中以 900kg/ hm² 和 1200kg/ hm² 最高;其次是 600kg/ hm²;分别比对照高 17.1 %、16.3 %和 9.5 %。可看出,施用蓝藻有机无机复混肥作为西芹肥料施用量以 900kg/ hm² 为宜。

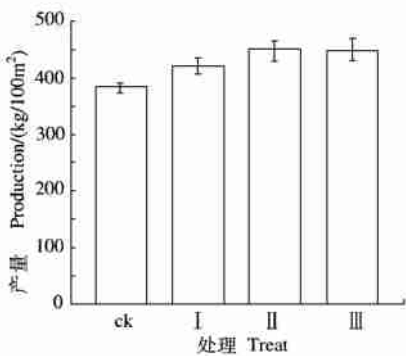


图 2 蓝藻复混肥施量对西芹产量的影响

Fig. 2 Effects of Cyanobacterial complex fertilizer on the production of Celery

2.2.3 不同处理对土壤养分的影响 施用蓝藻有机无机复混肥后土壤有机质较施肥前提高了 0.24 %—0.30 %,与对照相比,有机质相对含量增加 0.06 %。土壤有效氮比施肥前有所增加,而施蓝藻有机无机复混肥比对照增加的量更大,土壤有效磷、钾比施肥前都有所降低,而对照降低的幅度更大(表 5)。

2.3 韭菜 (*Allium*)

2.3.1 蓝藻有机无机复混肥对韭菜的影响 图 3 结果表明,韭菜施蓝藻有机无机复混肥 600kg/ hm² 的较施普通复合肥的对照生长缓慢,株高、叶宽和产量都低于对照。而施用蓝藻有机无机复混肥 900kg/ hm² 和 1200kg/ hm²,韭菜的株高、叶宽和产量比施普通复合肥高,且产量分别提高了 12.21 %和 13.32 %。

表 5 施肥前后土壤养分的变化 (mg/kg)
Tab. 5 Change of soil nutrient before and after fertilization

土壤养分		pH	有机质 (%)	碱解氮	速效磷	速效钾
Soil content			Organic	Alkali	Quick	Quick
			matter	nitrogen	result P	result K
试验前 Before treatment		7.08	4.78	161.48	27.41	125.48
试验后 After treatment	ck	7.18	5.02	185.40	12.60	98.30
	处理	7.21	5.08	192.17	19.10	110.40

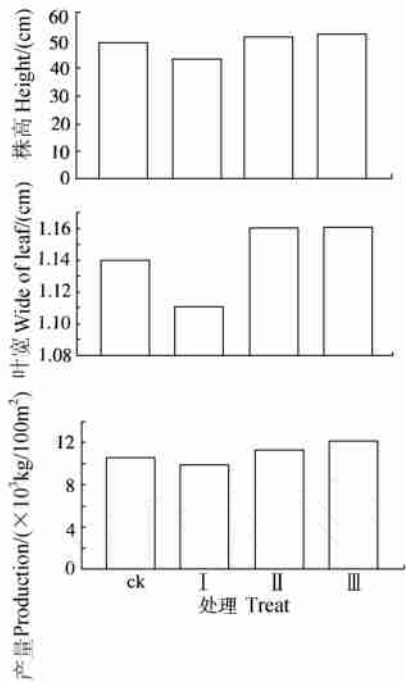


图 3 蓝藻有机无机复混肥对韭菜性状的影响
Fig. 3 Effects of Cyanobacterial complex fertilizer on the Economic characteristics

2.3.2 蓝藻藻毒素(MC)在土壤和作物中的残留分析 虽然使用的蓝藻粉经脱毒处理,使用的蓝藻粉是否残留有藻毒素,将其作为肥料使用后是否导致藻毒素在土壤和植物体内的蓄积?为此,在施用蓝藻有机无机复混肥期间,分别对韭菜和土壤中的藻毒素含量进行了检测,结果表明,除施肥后第10d的土壤有一个样品检测到有痕量藻毒素残留外,第20d和第30d的土壤以及第10—30d的韭菜样品中都未检测出藻毒素。此结果表明,使用蓝藻有机无机复混肥对植物是安全的。

2.4 康乃馨(Caryophyllus)

2.4.1 不同处理对康乃馨前期生长的影响 田间调查结果见表明,康乃馨前期生长较缓慢,各处理株高差异相对比较小,施蓝藻有机无机复混肥是900kg/hm²和1200kg/hm²生长比其他处理旺盛,植株健壮;各处理分蘖数基本一致。到中期则以施蓝

藻有机无机复混肥量1200kg/hm²生长发育最好,株高、分蘖和现蕾数都以施1200kg/hm²蓝藻有机无机复混肥的最高,与对照相比株高、花茎数和花蕾数分别增加了6.8、11.3和23.6;其次是900kg/hm²和对照组,600kg/hm²的生长较差。

2.4.2 不同处理对康乃馨产花量的影响 图4结果表明康乃馨产花量以施肥量为1200kg/hm²的最高,3个重复的产花量平均为973枝/小区,折合产花为4865枝/m²;分别比600kg/hm²高25.1%,比对照高11.6%,比900kg/hm²高8.4%。按花枝长度40cm以下、40—60cm和60cm以上3个级别划分花的质量,则施蓝藻有机无机复混肥1200kg/hm²的有60%左右的成花可达60cm,优质花率较高,而其他3个处理的优质花率在40%以下。本试验康乃馨花的产量并不高,主要是整个试验设计的施肥水平偏低,加之土壤肥力又不高所致。施用蓝藻有机无机复混肥作为康乃馨的肥料施用量应在1200kg/hm²以上,可能在1500—1800kg/hm²之间较为宜。

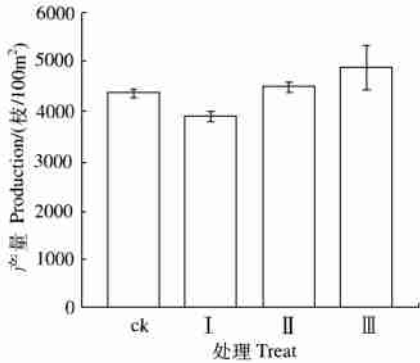


图 4 蓝藻有机无机复混肥对康乃馨花产量的影响
Fig. 4 Effects of Cyanobacterial complex fertilizer on the production of Carnation

2.4.3 等养分施肥对土壤养分的影响 土壤分析结果表明(表6),施用蓝藻有机无机复混肥与施用普通等养分的复合肥相比较,土壤的有机质含量提高了1.11%,氮、磷含量略有增加,钾含量有明显减少。这可能是因为蓝藻有机无机复混肥所含的部分氮磷养分是有机态的,经一季作物,可能还没有完全

转化为作物可吸收的无机态营养,这对培肥土壤是有利的。而钾是矿质态的易被吸收,随施蓝藻有机无机复混肥处理花产量增加,植物可能吸收钾的增加。

表 6 施用蓝藻有机无机复混肥对土壤成分的影响
Tab. 6 Effects of fertilization on the soil nutrient

Content	pH	有机质含量 Organic matter (%)	碱解氮含量 Alkali nitrogen (mg/ 100g)	有效磷含量 Availability P (mg/ 100g)	有效钾含量 Availability K (mg/ 100g)
对照 Control	6. 38	2. 27	11. 40	69. 98	256. 84
处理 Treat	6. 70	3. 38	12. 80	70. 87	137. 68

近十多年来,随着工农业的迅速发展,人口剧增,城市化加重,环境受到严重污染,许多水体的富营养化程度不断加剧,引起蓝藻、特别是微囊藻(*Microcystis*)的大量增殖,往往在上面造成大量堆积,严重污染水源,造成对环境的极大危害。因此有必要对大量堆积的蓝藻水华进行有效的清除。采用化学方法必然会对水质带来不同程度的危害^[14];生物学和微生物学的方法被认为是较好的方法^[15-17],但是,在水华蓝藻大量堆积的时候或难以较快发挥作用或在大面积使用时受环境条件影响较大,往往难以达到预料的效果。物理学方法较多,其中机械收获方法能将湖泊蓝藻水华大量收获,并由此降低水体营养水平,在水华蓝藻大量堆积的区域能在短期内达到改善水环境之目的^[6]。但是,采用机械方法量收获蓝藻,其巨大的蓝藻生物量如何进行处置和资源化利用,却是一个亟待解决的难题。从蓝藻中提取藻蓝蛋白、藻多糖及 γ -亚油酸^[11]等虽然可以利用部分蓝藻生物量,但其消耗的生物量十分有限。本试验所研制的烟草、蔬菜和花卉专用蓝藻有机无机复混肥与等量普通复合肥相比较,都具有增加产量、提高质量和改良土壤的效果。且水华蓝藻有机无机复混肥中蓝藻干粉用量占 50 %。本试验既为解决机械收获所得的巨大蓝藻生物量的处置和资源化利用这一难题找到了一条有效途径,又达到了改善环境、增加经济效益和社会效益的目的。

参考文献:

[1] Wang G H, Huang J Q, Li D H, *et al.* The advances in molecular identification for the water-bloom algae[J]. *Acta Hydrobiology Sinica*, 2004, **28**(2): 207—212[王高鸿,黄家权,李敦海,等. 水华藻类的分子鉴定进展. 水生生物学报,2004, **28**(2): 207—212]

[2] Pan H, Song L R, Liu Y D, *et al.* Characterization of toxic water-bloom-forming Cyanobacteria by modified PCR[J]. *Acta Hydrobiology Sinica*, 2001, **25**(2): 159—166

[3] Li X Y, Lui Y D, Song L R, *et al.* Responses of antioxidant systems in the hepatocytes of common carp (*Cyprinus carpio* L) to the toxicity of microcystin-LR[J]. *Toxicon*, 2003, **42**: 85—89

[4] Yin L Y, Huang J Q, Li D H, *et al.* The effect microcystin on the growth and development of submergent macrophyte *Vallisneria spiralis* L. Hara[J]. *Acta Hydrobiology Sinica*, 2004, **28**(2): 147—150[尹黎燕,黄家权,李敦海,等. 微囊藻毒素对沉水植物苦草生长发育的影响. 水生生物学报,2004, **28**(2): 147—150]

[5] Liu Y D, Song L R, Li X Y, *et al.* The toxic effects of microcystin-LR on embryo-larval and juvenile development of loach, *Misgurnus mizolepis* Gunther[J]. *Toxicon*, 2002, **40**(4): 395—399

[6] Shen Y W, Liu Y D, Wu G Q, *et al.* Mechanical Removal of Heavy Cyanobacterial Bloom in the Hyper-eutrophic Lake Dianchi[J]. *Acta Hydrobiology Sinica*, 2004, **28**(2): 131—136[沈银武,刘永定,吴国樵,等. 富营养化湖泊滇池水华蓝藻的机械清除[J]. 水生生物学报,2004, **28**(2): 131—136]

[7] Venkataraman G S. Algal biofertilizers and rice cultivation. New Delhi: Today & Tomorrow's Printers & Publishers. 1972

[8] Li S H. Study of Nitrogen-fixing blue-green algae for a fertilizer in late rice[J]. *Acta Hydrobiology Sinica*, 1981, **7**(3): 417—423[黎尚豪. 固氮蓝藻作为晚稻肥源研究. 水生生物学报,1981, **7**(3): 417—423]

[9] Shen Y W, Li S H. Cultivation and application of the nitrogen fixation blue-green algae: Results and prospects[J]. *Acta Hydrobiology Sinica*, 1993, **17**(3): 357—463[沈银武,黎尚豪. 固氮蓝藻培养与应用的结果与展望. 水生生物学报,1993, **17**(3): 357—463]

[10] Zhou W P, Yu Y S, Xu Z J, *et al.* A study on the fertile efficiency on rice using water blooms of blue-green alae as manure [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1988, **19**(2): 125—132[周万平,余源盛,徐志俊等. 蓝藻湖靛对水稻肥效的研究[J]. 海洋与湖沼,1988, **19**(2): 125—131]

[11] Han Q G, Shen Y W, Hu Z L, *et al.* Studies on γ -linolenic Acid content analysis and Separation Methods from Blue-green Algae in Dianchi Lake[J]. *Biotechnology*, 2004, **14**(5): 50—52[韩庆国,沈银武,胡章立,等. 滇池水华蓝藻 γ -亚麻酸的提取与含量分析. 生物技术,2004, **14**(5): 50—52]

[12] Shen Q, Liu Y D, Song L R, *et al.* Studies on detoxification techniques of toxic algal powder of *microcystis* [J]. *Acta Hydrobiology Sinica*, 2004, **28**(2): 137—140[沈强,刘永定,宋立荣,等. 产毒

- 微囊藻藻粉的脱毒技术研究. 水生生物学报, 2004, 28 (2) : 137—140]
- [13] Kaya K, Sano T. Algicidal compounds in yeast extract as a component of microbial culture media[J]. *Phycologia*, 1996, 35 :117—119
- [14] Zhou L, Chen J. The experimentation on inhibition blue-green algal bloom by using algaecide in the lake [J]. *Environ. Engine.* 1999, 17 (4) :75—77 [周霖, 陈劲. 用杀藻剂抑制湖泊蓝藻水华的尝试[J]. 环境工程, 1999, 17 (4) 75—77]
- [15] Tang X C, Song L R, Shen Y W, *et al.* Study of phycophages from *Microcystis*. sp. in Lake Dianchi, South west China [J]. *Journal of Microbiology*. 2003, 23 (34) :50—55 [汤显春, 宋立荣, 沈银武, 等. 滇池微囊藻病毒溶藻的研究. 微生物学杂志, 2003, 23 (34) :50—55]
- [16] Shi S Y, Liu Y D, Shen Y W, *et al.* The Algae-lytic ability of bacterium DC10 and the influence of environmental factors on the ability [J]. *Science in China (Series C)*, 48 (2) :6—11
- [17] Chen D H, Liu Y D, Song L R. The allelopathy of macrophyte *Potamogeton pectinatus* L on chlorophyta (*Scenedesmus obliquus*) and cyanobacteria (*microcystis aeruginosa*) and calculation of allelopathic parameter [J]. *Acta Hydrobiology Sinica*, 2004, 28 (2) :163—168 [陈德辉, 刘永定, 宋立荣. 篦齿眼子菜对栅藻和微囊藻的他感作用及其参数[J]. 水生生物学报, 2004, 28 (2) :163—168]

EFFICIENCY TEST ON ORGANIC AND INORGANIC FERTILIZES WITH CYANOBACTERIA (*MICROCYSTIS*) IN SEVERAL CROPS

SHEN Yín-Wu, LIU Yóng-Ding, WU Guo-Qiao, AO Hong-Yi and QIU Chang-Qiang

(*Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Science, Wuhan 430072*)

Abstract : In the present paper, the authors studied the efficiency of fertilizers made from bloom-forming cyanobacteria in field. Compared with efficiency of general compound fertilizes on the market, that of the organic and inorganic fertilizes from several Cyanobacteria (*Microcystis*) were higher to the output of tobacco, celery leek and carnation. Dose of 900kg/ hm² is best in tobacco experiments, and tobacco's yield, production value and fine tobacco ratio increased 7.28%, 5.04% and 19.81%, respectively; Treated with three doses of 600kg/ hm², 900kg/ hm² and 1200kg/ hm², Chinese chives' output is higher than the control's, increased 9.5%, 17.1% and 16.3%, respectively; leek's high, leaf broad and yield increased 12.21% and 13.32% respectively, with treatment of 900kg/ hm², 1200 kg/ hm² of Cyanobacterial fertilizer; Output of Carnation arrived to 4865 bunch/ 100m², increased 11.6% compared with the control. No cyanobacterial toxin was determined in leek and soil, suggesting that the safety of cyanobacterial fertilizer. It not only solves the difficult problem on processing the great Cyanobacterial biomass in some eutrophic lakes, but also improves environment, and increases benefits of society and economy.

Key words : Cyanobacterial (*Microcystis*); Organic and inorganic fertilizes; Tobacco; Celery; Chinese chives; Carnation.