

黄河中游土壤藻类的种类组成 与土壤肥力的关系*

刘永定 沈银武 宋立荣 朱运芝 庄惠如¹ 钦绳武²

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

(¹ 福建师范大学生物系, 福州 350007)

(² 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要 在中国科学院封丘农业实验站研究了粘土、沙壤土、轻壤土等土壤中的藻类组成、分布和营养需求。结果表明共有 56 个种, 其中分离纯化了 33 个种。藻类物种多样性随土壤中有机肥料或无机 N.P.K 肥的增多而增加。相同的种类在不同时间有不同的营养需求, 可以据此阐明土壤藻类群落组成变化与土壤肥力的关系。

关键词 土壤藻类, 种类组成, 黄河中游, 土壤肥力

藻类是分布最广泛、结构最简单的光合生物。同时, 藻类又是生物量生产潜力极大、生物化学产物极丰富的自养型光合生物, 随着科学技术的飞快发展, 人们对藻类在自然界的的意义和藻类与人类生存发展的关系越来越重视。在世界上许多地方的不同生境中都可以找到藻类, 土壤藻类更是普遍发生, 可以说“有土壤的地方, 就有藻类生长”。陆生藻的研究自 18 世纪(1850)始于欧洲, 至今在各方面取得很大发展^[1]。许多国家都有藻类学家从事土壤微生态系统的区系调查, 藻类的分离和纯化, 并进一步研究土壤藻类的生物学, 包括生理学、生物化学、遗传学、生态学问题^[2,3]。近年来, 微藻生物技术的发展不仅使藻类土壤调节剂和生物肥料得到应用^[4-6], 而且土壤藻类的特殊代谢产物更吸引人们进行探索。我国藻类学的研究已经历数十年, 有了几代人的科学积累。其中对土壤藻类及其生物学的研究, 过去主要侧重调查了中国不同地区稻田的土壤藻, 且在实验室和田间对其生理生态方面进行过大量研究和应用^[7-10], 对旱地土壤藻类的系列研究, 则未见报道。本文报道黄河中游封丘实验站不同类型土壤的藻类种类组成和分布及与土壤肥力的关系。

1 材料和方法

1.1 试验地点 河南省封丘县境内的中国科学院封丘农业生态试验站, $114.4^{\circ}\text{E}, 35^{\circ}\text{N}$, 位于黄河中游, 平均海拔 65.5m, 属中温带气候, 年平均日照时间 2300–2500h, 总日照光强 $4731\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, 降水 600mm, 年蒸发量 1875mm, 年平均温度 13.9°C , 无霜期 220d。

* 中国科学院封丘农业生态试验站基金资助项目
1999-08-06 收到; 1999-09-12 修回

1.2 试验小区设置 按照封丘实验站已有的土壤肥料试验布置,大田作物试验区设置不同肥力和不同施肥条件的试验小区,7个处理,4次重复,计28个试验小区,各处理分别是:有机肥、氮磷钾肥、氮钾肥、氮磷肥、磷钾肥、1/2有机肥+1/2氮磷钾肥、对照(CK);同时还设置了不同土壤(土质)的试验小区,粘土、沙壤土、黄壤土3个处理,4次重复,计12个试验小区;合计40个试验小区。

1.3 土壤样品采集 各小区分别按季节在2、4、6、8、10、12月采取土壤表层至耕作层20cm深度范围,划分为0~5,5~10,10~20,20~50,50~100,100~150,150~200mm共7个层次的土样。土样从各小区田间五点采集,同一层次样品混合后按四分法逐步淘汰,最后获取所需的量。现场用经灭菌处理的工具和容器将得到的各土样分别接种土粒于琼脂平皿上,并同时留取余下部分,带回实验室。

1.4 实验室培养 带回实验室的土样接种入液体培养基,进行液体保持培养和加富培养。所用培养基为Chu's 10, BG11和HB111;培养光强在3000~4000lx之间,温度为25±2℃。田间现场接种的琼脂平皿亦在相同条件下培养。

1.5 分离鉴定 形成藻落后检查并分离制作光镜观察玻片。按藻类分类常规鉴定^[11]。通过综合几种保持培养和加富培养方法分离鉴定的结果,分析比较不同田间条件下土壤藻类的种类组成和分布。

2 结果

2.1 土壤藻的分布 调查结果表明三种土壤含藻量都较高,表层土壤尤其丰富(表1)。通过运用三种培养基发现,30%的种(12种)能在所有培养基中生长(表2)。不同类型土壤中藻类种类数的比较见表1。

表1 不同深度土壤含藻类数量

Tab. 1 Species number of algae in three kinds of soil

深度(cm) Depth from soil surface	粘土中的种类 Species number in clay	砂壤土中的种类 Species number in sandy soil	黄壤土中的种类 Species number in loam
0~5	22	16	16
5~10	12	9	16
10~20	15	10	9

表 2 不同类型土壤表层(0~5cm)分离的藻类

Tab. 2 Isolates of algae from the upper layer of 0~5cm in different soil

(培养基 Media: A - 111 B - BBM Chu's 10)

土壤类型 Soil type	粘土 clay						砂土 sandy soil						壤土 loam					
	2月	4月	6月	8月	10月	12月	2月	4月	6月	8月	10月	12月	2月	4月	6月	8月	10月	12月
<i>Nostoc minutum</i>	ABC	AB	C		C	ABC	C	B	C	AC		B	ABC	C				
<i>Nostoc punctiforme</i>	B		AC	C	AC								AB	C		AB	ABC	
<i>Nostoc sp.</i>		AB	AC											A		AC		
<i>Anabaena anomala</i>		B	C		C	ABC			A	AC								
<i>Anabaena sp.</i>									A									A
<i>Calothrix membranacea</i>	C	A	C	AC	AC	BC		AB	AC	AC			C		AC	AC	B	AB
<i>Calothrix marchia</i>		A	ABC		C								A		C			BC
<i>Calothrix braunii</i>			C															
<i>Oscillatoria formosa</i>							B		C	BC	A							
<i>Phormidium rubrotinctum</i>	BC	A	AC		AC	C	AC	B	BC	BC	B	B		BC			B	
<i>Phormidium angustissimum</i>						C				C	C	C						
<i>Phormidium foetidum</i>					C			A	ABC	B	B		C	A	BC		B	
<i>Phormidium corium</i>		A	C		C		C						BC		C			
<i>Phormidium autumnale</i>	C																	
<i>P. mucosum</i>						BC												
<i>P. papyraceum</i>			BC			C				B								
<i>Phormidium monile</i>			B	B	C													
<i>L. martensiana</i>		C	A	A					BC				AC		B			
<i>var. minor</i>																		
<i>L. limnetica</i>					A								AC	A			A	
<i>Fischerella ambiguua</i>																		A
<i>Fischerella muscicola</i>													A					
<i>Synechococcus aeruginosus</i>							A											
<i>S. parvus</i>				B														
<i>Synechococcus elongatus</i>						A												
<i>Synechocystis pavalekii</i>					A													
<i>Chroococcus turgidus</i>							C	B				C		B				
<i>var. solitarius</i>																		
<i>Gloeocapsa minutula</i>					AC	B	AC			C	C			BC				
<i>Gloeocapsa punctata</i>							A											
<i>Gloeocapsa sp.</i>	AC	AB	A	AC	C	BC		BC	B				AC		A	BC		
<i>Dactylococcopsis rhabdoides</i>					A													
<i>Navicula sp.</i>									BC									
<i>Cymbella perpusilla</i>				B														
<i>Amphora ovalis</i>			B															

2.2 表层土壤中的种类组成 表3表明了表层土中藻的种类组成,粘土和砂土中均有蓝藻和硅藻,而壤土中仅有蓝藻,显然粘土有最大的生物多样性,而沙土最少.表4中列出了不同月份的粘土、沙土、壤土样品中藻类种类和种数的季节分布.

表3 不同土壤类型(表层0-5cm)分离的藻类的季节分布
Tab. 3 Seasonal variances of algal species from the upper layer of soils (0-5cm)

	粘土 Clay	砂土 Sandy soil	壤土 Loam
二月 February	<i>Nostoc minutum</i> <i>N. unctiform</i> <i>Phormidium rubroterrlicola</i> <i>Phormidium autemale</i> <i>P. rubroterrlicola</i> <i>P. angustissimum</i> <i>P. corium</i> <i>Calothrix membranacea</i> <i>Gloeocapsa sp.</i> <i>P. foveolarum</i> ; <i>P. corium</i> <i>Gloeocapsa minutum</i> <i>Chroococcus turgidus</i> <i>var. Solitarius</i> <i>Nostoc punctiforme</i> <i>C. marchia</i> <i>Lyngbya martensiana</i> <i>var. minor</i> <i>L. limnetica</i> <i>Oscillatoria formosa</i>		
四月 April	<i>Nostoc minutum</i> <i>Nostoc sp.</i> <i>Calothrix membranacea</i> <i>C. marchica</i> <i>Phormidium rubroterrlicola</i> <i>P. corium</i> <i>Lyngbya martensiana</i> <i>var. minor</i> <i>Anabaena anomala</i> <i>Gloeocapsa sp.</i>	<i>Nostoc minutum</i> <i>Calothrix membranacea</i> <i>Phormidium rubroterrlicola</i> <i>P. foveolarum</i> <i>Oscillatoria formosa</i> <i>Gloeocapsa minutum</i> <i>Synechococcus aeruginosus</i> <i>Chroococcus turgidus</i> <i>var. solitarius</i>	<i>Nostoc sp.</i> <i>Phormidium foveolarum</i> <i>Lyngbya limnetica</i> <i>Gloeocapsa minutum</i> <i>Chroococcus turgidus</i> <i>var. solitarius</i> <i>Fischerella muscicola</i>
六月 June	<i>Nostoc minutum</i> <i>N. sp.</i> <i>Calothrix membranacea</i> <i>C. marchica</i> <i>C. braunii</i> <i>Phormidium rubroterrlicola</i> <i>P. papyraceum</i> <i>P. monile</i> <i>P. corium</i> <i>Lyngbya martensiana</i> <i>var. minor</i> <i>Anabaena anomala</i> <i>Gloeocapsa sp.</i>	<i>Nostoc minutum</i> <i>Calothrix membranacea</i> <i>Phormidium rubroterrlicola</i> <i>P. foveolarum</i> <i>Oscillatoria formosa</i> <i>Gloeocapsa minutum</i> <i>Gloeocapsa sp.</i> <i>G. punctata</i> <i>Anabaena sp.</i>	<i>Nostoc minutum</i> <i>N. punctiforme</i> <i>Calothrix membranacea</i> <i>C. marchica</i> <i>Phormidium foveolarum</i> <i>P. rubroterrlicola</i> <i>P. corium</i> <i>Lyngbya martensiana</i> <i>var. minor</i> <i>Gloeocapsa sp.</i>

八月 August	<i>Nostoc punctiforme</i>	<i>Nostoc minutum</i>	<i>Nostoc sp.</i>
	<i>Calothrix membranacea</i>	<i>Calothrix membranacea</i>	<i>Calothrix membranacea</i>
	<i>Gloeocapsa sp.</i>	<i>Anabaena anomala</i>	
	<i>Phormidium monile</i>	<i>Phormidium rubroterricola</i>	
	<i>Synechococcus parvus</i>	<i>P. angustissimum</i>	
	<i>Cymbella perpusilla</i>	<i>P. foveolarum</i>	
	<i>Amphora ovalis</i>	<i>Lyngbya martensiana</i>	
十月 October		<i>var. minor</i>	
		<i>Oscillatoria formosa</i>	
		<i>Gloeocapsa sp.</i>	
		<i>Navicula sp.</i>	
	<i>Nostoc minutum</i>	<i>Phormidium rubroterricola</i>	<i>Nostoc punctiforme</i>
	<i>N. punctiforme</i>	<i>P. foveolarum</i>	<i>Calothrix membranacea</i>
	<i>Calothrix membranacea</i>	<i>P. angustissimum</i>	<i>Gloeocapsa sp.</i>
	<i>C. marchica</i>	<i>P. papyraceum</i>	<i>Fischerella ambigua</i>
	<i>Anabaena anomala</i>	<i>Gloeocapsa minutula</i>	
	<i>Phormidium rubroterricola</i>		
十二月 December	<i>P. foveolarum</i>		
	<i>P. monile</i>		
	<i>Lyngbya limnetica</i>		
	<i>Gloeocapsa sp.</i>		
	<i>Nostoc minutum</i>	<i>Nostoc minutum</i>	<i>N. punctiforme</i>
	<i>N. punctiforme</i>	<i>Phormidium rubroterricola</i>	<i>Calothrix membranacea</i>
	<i>Anabaena anomala</i>	<i>P. angustissimum</i>	<i>C. marchica</i>
	<i>Calothrix membranacea</i>	<i>Gloeocapsa punctata</i>	<i>Phormidium rubroterricola</i>
	<i>Phormidium rubroterricola</i>	<i>Chroococcus turgidus</i>	<i>P. foveolarum</i>
		<i>var. solitarius</i>	
			<i>Gloeocapsa sp.</i>

表 4 不同月份土壤表层的蓝藻种类数目

Tab. 4 Species number of algae from the upper layer of soil (0-5cm)

月份 Month of sampling	粘土 Species number in clay	砂土 Species number in sandy soil	壤土 Species number in loam	总数 Total species
二月(Feb.)	7	6	8	22
四月(Apr.)	9	8	6	17
六月(June)	12	10	9	20
八月(Aug.)	5	9	2	16
十月(Oct.)	12	6	5	16
十二月(Dec.)	10	5	6	15

2.3 肥料对土壤藻类的影响 在不同的施肥试验小区,调查其对土壤藻群落的影响。结果表明缺乏肥料的土壤中,使用肥料有利于提高藻类的群落组成,其中半量使用有机肥料和无机N、P、K的多样性最大。(表5和6)。

表5 施用无机肥土壤表层(0~5cm)的藻类组成

Tab. 5 Soil algae in the upper layer(0~5cm) of soil enriched with inorganic fertilizer

月份 Month	NK	NP	NPK
二月 February	<i>Nostoc minutum</i>	<i>Nostoc punctiforme</i>	<i>Nostoc minutum</i>
	<i>Nostoc punctiforme</i>	<i>Nostoc sp.</i>	<i>Nostoc punctiforme</i>
	<i>Anabaena sp.</i>	<i>Anabaena anomala</i>	<i>Nostoc spongiforme</i>
	<i>Phormidium rubrotterricola</i>	<i>Phormidium rubrotterricola</i>	<i>Anabaena anomala</i>
	<i>Phormidium mucosum</i>	<i>Phormidium foveolarum</i>	<i>Phormidium rubrotterricola</i>
	<i>Phormidium valderianum</i>	<i>Phormidium mucosum</i>	<i>Phormidium foveolarum</i>
	<i>Lyngbya mucicola</i>	<i>Westisllopsis prolific</i>	<i>Calothrix membranacea</i>
	<i>Calothrix membranacea</i>		<i>Aphanthece microscopica</i>
四月 April	<i>Microchaete tenera</i>		
	<i>Lyngbya rubida</i>	<i>Nostoc sp.</i>	<i>Nostoc sp.</i>
	<i>Lyngbya mucicola</i>	<i>Protococcus viridis</i>	<i>Phormidium autemale</i>
			<i>Phormidium monile</i>
			<i>Phormidium laminosum</i>
			<i>Lyngbya mucicola</i>
			<i>Calothrix marchica</i>
			<i>Gloeocapsa sp.</i>
六月 June	<i>Nostoc minutum</i>	<i>Nostoc punctiforme</i>	<i>Nostoc sp.</i>
	<i>Anabaena variabilis</i>	<i>Nostoc sp.</i>	<i>Phormidium autemale</i>
	<i>Phormidium mucosum</i>	<i>Anabaena sp.</i>	<i>Phormidium monile</i>
	<i>Phormidium papyraceum</i>	<i>Phormidium rubrotterricola</i>	<i>Phormidium foveolarum</i>
	<i>Lyngbya mucicola</i>	<i>Phormidium corium</i>	<i>Phormidium mucosum</i>
	<i>Calothrix membranacea</i>	<i>Phormidium mucosum</i>	<i>Oscillatoria cortiana</i>
		<i>Phormidium foveolarum</i>	<i>Hantzschia amphioxys</i>
		<i>Oscillatoria cortiana</i>	<i>Calothrix membranacea</i>
八月 August	<i>Schizothrix rubra</i>		
	<i>Calothrix membranacea</i>		
	<i>Westisllopsis prolific</i>		
	<i>Chroococcus diapersus</i>		
	<i>Protococcus viridis</i>		
	<i>Nostoc minutum</i>	<i>Nostoc sp.</i>	<i>Nostoc minutum</i>
	<i>Phormidium papyraceum</i>	<i>Phormidium foveolarum</i>	<i>Anabaena variabilis</i>
	<i>Lyngbya mucicola</i>	<i>Phormidium rubrotterricola</i>	<i>Anabaena anomala</i>
	<i>Chlorella sp.</i>	<i>Calothrix marchica</i>	<i>Phormidium rubrotterricola</i>
	<i>Navicula sp.</i>	<i>Chroococcus turgidus</i>	<i>Phormidium foveolarum</i>
		<i>var. solitarus</i>	<i>Lyngbya mucicola</i>
		<i>Navicula sp.</i>	<i>Calothrix marchica</i>
			<i>Microchaete tenera</i>
	<i>Nostoc minutum</i>	<i>Nostoc punctiform</i>	<i>Chroococcus indicus</i>
			<i>Synechococcus elongatus</i>
			<i>Navicula sp.</i>

	<i>Nostoc punctiforme</i>	<i>Nostoc sp.</i>	<i>Nostoc punctiforme</i>
	<i>Anabaena variabilis</i>	<i>Anabaena anomala</i>	<i>Phormidium rubroterrificola</i>
	<i>Phormidium rubroterrificola</i>	<i>Anabaena sp.</i>	<i>Calothrix marchica</i>
十月	<i>Phormidium mucosum</i>	<i>Phormidium rubroterrificola</i>	<i>Chroococcus turgidus</i>
	<i>Phormidium corium</i>		<i>var. solitarus</i>
October	<i>Lyngbya mucicola</i>	<i>Phormidium mucosum</i>	<i>Synechocystis pavalekii</i>
	<i>Lyngbya lutea</i>	<i>Westislopsis prolific</i>	<i>Hnatzschia amphioxys</i>
	<i>Calothrix braunii</i>	<i>Synechocystis pavalekii</i>	
	<i>Chroococcus turgidus</i>		
	<i>var. turgidus</i>		
	<i>Chlorella sp.</i>		
	<i>Nostoc minutum</i>	<i>Nostoc punctiforme</i>	<i>Nostoc minutum</i>
	<i>Nostoc punctiforme</i>	<i>Calothrix membranacea</i>	<i>Nostoc punctiforme</i>
	<i>Anabaena sp.</i>		<i>Anabaena anomale</i>
	<i>Phormidium rubroterrificola</i>		<i>Phormidium valderianum</i>
十二月	<i>Phormidium laminosum</i>		<i>Phormidium laminosum</i>
	<i>Phormidium mucosum</i>		<i>Calothrix membranacea</i>
December	<i>Lyngbya lutea</i>		<i>Chroococcus turgidus</i>
	<i>Calothrix braunii</i>		<i>var. turgidus</i>
	<i>Microchaete tenera</i>		<i>Chroococcus turgidus</i>
	<i>Westislopsis prolific</i>		<i>var. marinus</i>
	<i>Chroococcus turgidus</i>		
	<i>var. solitarus</i>		

表 6 加富有机物土壤表层(0-5cm)的藻类组成

Tab. 6 Soil algae in the upper layer (0-5cm) of soil enriched with organic manure

	有机肥	1/2 有机肥, NPK
	<i>Nostoc punctiforme</i>	<i>Nostoc punctiforme</i>
	<i>Nostoc sp.</i>	<i>Nostoc sp.</i>
	<i>Anabaena variabilis</i>	<i>Anabaena variabilis</i>
	<i>Phormidium rubroterrificola</i>	<i>Anabaena anomala</i>
	<i>Phormidium corium</i>	<i>Anabaena oryzae</i>
二月	<i>Lyngbya martensiana</i>	<i>Phormidium rubroterrificola</i>
	<i>Calothrix marchica</i>	<i>Phormidium corium</i>
February	<i>Chroococcus turgidus var. solitarus</i>	<i>Phormidium mucosum</i>
		<i>Phormidium monile</i>
		<i>Phormidium jadinianum</i>
		<i>Lyngbya martensiana</i>
		<i>Calothrix membranacea</i>
		<i>Mastigocladus laminosus</i>
	<i>Nostoc sp.</i>	<i>Nostoc sp.</i>
四月	<i>Calothrix marchica</i>	<i>Phormidium monile</i>
	<i>Gloeocapsa arenaria</i>	<i>Phormidium mucosum</i>
April		<i>Calothrix marchica</i>
		<i>Calothrix brevissima</i>
		<i>Gloeocapsa arenaria</i>
	<i>Nostoc punctiforme</i>	<i>Anabaena variabilis</i>
	<i>Anabaena variabilis</i>	<i>Phormidium monile</i>

六月 June	<i>Phormidium rubrotterricola</i>	<i>Phormidium mucosum</i>
	<i>Phormidium monile</i>	<i>Phormidium jadinianum</i>
	<i>Phormidium mucosum</i>	<i>Lyngbya marteniana</i>
	<i>Phormidium corium</i>	<i>Calothrix marchica</i>
	<i>Lyngbya marteniana</i>	<i>Gloeocapsa arenaria</i>
	<i>Calothrix membranacea</i>	
八月 August	<i>Fischrella muscicola</i>	
	<i>Gloeocapsa arenaria</i>	
	<i>Hantzschia amphioxys</i>	
	<i>Phormidium monile</i>	<i>Nostoc sp.</i>
	<i>Phormidium corium</i>	<i>Phormidium monile</i>
	<i>Lyngbya marteniana</i>	<i>Phormidium jadinianum</i>
十月 October	<i>Gloeocapsa arenaria</i>	<i>Calothrix brevissima</i>
	<i>Navicula sp.</i>	<i>Calothrix marchica</i>
	<i>Calothrix membranacea</i>	<i>var. intermedia</i>
		<i>Synechocystis pavalekii</i>
		<i>Navicula sp.</i>
	<i>Nostoc sp.</i>	<i>Nostoc Punctiforme</i>
十二月 December		<i>Phormidium monile</i>
		<i>Phormidium mucosum</i>
	<i>Nostoc sp.</i>	<i>Nostoc punctiforme</i>
	<i>Anabaena sp.</i>	<i>Phormidium mucosum</i>
	<i>Phormidium rubrotterricola</i>	<i>Lyngbya marteniana</i>
	<i>Calothrix marchica</i>	<i>Calothrix membranacea</i>
	<i>Gloeocapsa arenaria</i>	<i>Mastigocladus laminosus</i>

3 讨论

在封丘实验站共出现有 56 种土壤藻, 其中, 52 种 (92.8%) 属蓝藻, 2 种为硅藻, 2 种绿藻. 33 种已被分离纯化, 无论砂土、粘土还是壤土, 土壤上层含藻类最丰盛 (0-5cm). 不同质地的土壤有不同的群落组成, 在粘土和沙土中有硅藻, 在砂土、壤土中有绿藻, 而在三种土壤中都有蓝藻. 粘土中的生物多样性最多, 而沙土则较少.

从土壤中分离和纯化的 33 种藻中, 42% (14) 的种仅在特定培养基和特定时期生长, 36% (12) 种能够在所试验的三种培养基中生长. 这种萌发和生长要求的不同, 以及藻类在单一培养基中不能找到的现象, 表明土壤藻类往往处于不同的生理状态或处于不同的生活史阶段.

肥料能够增加群落组成, 在所有调查过的土壤中, 不施肥土壤仅有 30 种, 12 属; 但施肥土壤有 47 种, 17 属. 在同时半量使用有机肥料和无机肥料 (N、P、K) 的条件下, 藻类多样性最大.

将本实验研究中从土壤分离的固氮蓝藻种类 (*Anabaena*, *Tolyphothrix*, *Calothrix* 等属共 9 种), 混合大量培养, 获得干藻粉在初夏大豆种植地 (沙壤土) 进行土壤藻类田间接扩增试验, 大豆播种后撒播藻粉发现第 3d 藻落、藻层开始形成, 并在 7-10d 藻类可覆盖整个土壤表层 (数据未列出). 提示以藻改土, 以藻培肥的可能性.

参 考 文 献

- [1] Metting B. The systematic and ecology of soil algae. *The botanical Review*, 1981, 47:195-312
- [2] Kulik M. The potential for using cyanobacteria (blue-green algae) and algae in the biological control of plant pathogenic bacteria and fungi. *European Journal of Plant Pathology*, 1995, 101(6):585-599
- [3] Falchini L, Sparvoli E, Tomaselli L. Effect of *Nostoc* (cyanobacteria) inoculation on the structure and stability of clay soils. *Biology and Fertility of Soils*, 1996, 23(3):346-352
- [4] Mazor G et al., The role of cyanobacterial exopolysaccharides in Structuring desert microbial crust. *FEMS-microbiology-ecology*, 1996, 21(2):121-130
- [5] Wang Q L., Liu Y D., Shen Y W et al. Studies on mixed mass cultivation of *Anabaena* spp. (nitrogen-fixing blue-green algae, cyanobacteria) on a large scale. *Bioresource Technology* 1991, 38(1991):221-228
- [6] 沈银武, 刘永定等. 亚硫酸氢钠对鱼腥藻生长的影响. 水生生物学报, 1993, 17(3):211-215
- [7] 刘永定, 黎尚豪. 土壤藻类及其生理生态. 水生生物学报, 1993, 17(3):272-277
- [8] Liu Yongding, Li Shanghao, Species composition and distribution of blue-green algae in rice field soils, Hubei, China. *NovaHedwigia*, 1989, 48(1/2): 55-67
- [9] 刘永定, 黎尚豪等. 多变鱼腥藻半稳定状态连续培养的若干特征. 水生生物学报, 1992, 16(3):224-229
- [10] Sprent J. I. 著, (刘永定译, 黎尚豪校). 固氮微生物学. 北京: 农业出版社, 1985, 196.
- [11] 福迪著, (罗迪安译). 藻类学. 上海: 上海科学技术出版社, 1980, 475.

**SPECIES COMPOSITION OF ALGAE AND
THE RELATIONSHIP WITH FERTILITY OF SOILS
IN THE MIDDLE REACH OF YELLOW RIVER, CHINA**

Liu Yongding, Shen Yinwu, Song Lirong, Zhu Yunzhi, Zhuang Huiru¹ and Qin Shengwu²

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

(¹*Department of Biology, Fujian Normal University, Fuzhou 350007*)

(²*Institute of Soil Science, The Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*)

Abstract The composition, distribution, nutritional requirement of soil algae were studied in Feng-qiu Agricultural Experiment Station of CAS. 56 species of soil algae were identified, of which 33 species were isolated and purified. Species diversity was consistent with the soil nutritional richness. The same species had different nutritional requirement at different time. These results may shed light on the mechanism of the variance of community composition in soil.

Key words Soil algae, Species composition, Middle reach of Yellow River, Soil fertility