

№	ФИО/ Название сборников	Формы реализации научно-исследовательской деятельности	Ссылка
1	Aniket Saraf1,2, Archana Suradkar2, Himanshu G Dawda1, Lira A Gaysina3, Yunir Gabidullin4, Ankita Kumat2, Isha Behere2, Manasi Kotulkar2, Priyanka Batule2 and Prashant Singh2,5 06.04.01 БИОЛ Экология	Phylogenetic complexities of the members of Rivulariaceae with the re-creation of the family Calotrichaceae and description of <i>Dulcicalothrix necridiiformans</i> gen nov., sp nov., and reclassification of <i>Calothrix desertica</i>	<i>FEMS Microbiology Letters</i> , 366, 2019, fnz219 doi: <a href="https://doi.org/10.1093/femsle/fnz219">10.1093/femsle/fnz219</a> Advance Access Publication Date: 21 October 2019 Research Letter
2	Кадырова Ю.И.1, Чумак В.А.1, Сафиуллина Л.М.2 06.04.01 БИОЛ Экология	Современные аспекты изучения экологии растений: материалы VII Международной молодежной конкурс-конференции. – Уфа : ООО «Первая типография», 2019. – 100 с.	<a href="https://www.biosoil.ru/Files/00018683.pdf">https://www.biosoil.ru/Files/00018683.pdf</a>
3	Краснова В.В. 1, Губайдуллина Г.М. 1, Мухина О.Н. 1, Ахмадеева Л.Ф.1, Аллагуватова Р.З. 2, Габидуллин Ю.З. 3, Гайсина Л.А., 06.04.01 БИОЛ Экология	Современные аспекты изучения экологии растений: материалы VII Международной молодежной конкурс-конференции. – Уфа : ООО «Первая типография», 2019. – 100 с.	<a href="https://www.biosoil.ru/Files/00018683.pdf">https://www.biosoil.ru/Files/00018683.pdf</a>
4	Олейникова Д.В.1, Суханова Н.В.2 06.04.01 БИОЛ Экология	Современные аспекты изучения экологии растений: материалы VII Международной молодежной конкурс-конференции. – Уфа : ООО «Первая типография», 2019. – 100 с.	<a href="https://www.biosoil.ru/Files/00018683.pdf">https://www.biosoil.ru/Files/00018683.pdf</a>
5	Хабирова З.Р.1 , Суханова Н.В.2 06.04.01 БИОЛ Экология	Современные аспекты изучения экологии растений: материалы VII Международной молодежной конкурс-конференции. – Уфа : ООО «Первая типография», 2019. – 100 с.	<a href="https://www.biosoil.ru/Files/00018683.pdf">https://www.biosoil.ru/Files/00018683.pdf</a>
6	Олейникова Д.В., 06.04.01 БИОЛ Экология	Обучение по курсу Экология	Сертификат
		Обучение по курсу Экономика природопользования	Сертификат

RESEARCH LETTER – Taxonomy &amp; Systematics

# Phylogenetic complexities of the members of Rivulariaceae with the re-creation of the family Calotrichaceae and description of *Dulcicalothrix necridiiformans* gen nov., sp nov., and reclassification of *Calothrix desertica*

Aniket Saraf<sup>1,2</sup>, Archana Suradkar<sup>2</sup>, Himanshu G Dawda<sup>1</sup>, Lira A Gaysina<sup>3</sup>, Yunir Gabidullin<sup>4</sup>, Ankita Kumat<sup>2</sup>, Isha Behere<sup>2</sup>, Manasi Kotulkar<sup>2</sup>, Priyanka Batule<sup>2</sup> and Prashant Singh<sup>2,5,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biological Science, Ramniranjan Jhunjhunwala College, Station Road, Ghatkopar, Mumbai 400086, India, <sup>2</sup>National Centre for Microbial Resource (NCMR), National Centre for Cell Science (NCCS), Pashan-Sus Road, Pune 411021, India, <sup>3</sup>Department of Bioecology and Biological Education, M. Akmullah Bashkir State Pedagogical University, Oktyabr'skoy revolyutsii, 3A, Ufa 450000, Russia, <sup>4</sup>Department of Information Systems and Technologies, M. Akmullah Bashkir State Pedagogical University, Oktyabr'skoy revolyutsii, 3A, Ufa 450000, Russia and <sup>5</sup>Department of Botany, Institute of Science, Banaras Hindu University, BHU Road, Varanasi 221005, India

\*Corresponding author: Department of Botany, Institute of Science, Banaras Hindu University, Varanasi 221005, India. Tel: +91-7755830009; E-mail: [sps.bhu@gmail.com](mailto:sps.bhu@gmail.com)

One sentence summary: This paper attempts to solve taxonomic problems in the family Rivulariaceae.

Editor: Aharon Oren

Accession Numbers generated through this study: KY863521-KY863523

## ABSTRACT

A freshwater dwelling, tapering, heterocytous cyanobacterium (strain V13) was isolated from an oligotrophic pond in the Shrirampur taluka, Ahmednagar district of Maharashtra in India. Initial morphological examination indicated that strain V13 belonged to the genus *Calothrix*. Subsequent molecular and phylogenetic assessment based on 16S rRNA gene, led us to describe the freshwater/terrestrial clade of *Calothrix* strains without terminal hairs as a new genus *Dulcicalothrix* gen. nov., with the type species *Dulcicalothrix necridiiformans* sp. nov. (Strain V13) on the basis of the necridia forming ability of the strain. Also, the 16S-23S ITS secondary structure analysis clearly differentiated strain V13 from the other members of the clade. Past studies and the current state of knowledge makes it imperative to separate the groups *Calothrix* (marine/freshwater *Calothrix*), *Macrochaete* and *Dulcicalothrix* (freshwater/terrestrial *Calothrix*) into separate genera in accordance with the International Code of Nomenclature for Algae, Fungi and Plants. Robust phylogenetic evidence and

Received: 11 June 2019; Accepted: 18 October 2019

© FEMS 2019. All rights reserved. For permissions, please e-mail: [journals.permissions@oup.com](mailto:journals.permissions@oup.com)

previous reports strongly support the re-erection of the family Calotrichaceae distinct from the existing family Rivulariaceae.

**Keywords:** cyanobacteria; 16S rRNA; 16S-23S ITS; *Calothrix*; Rivulariaceae; necridia

## INTRODUCTION

The order Nostocales represent a large monophyletic clade with distinct phenotypic characters that are unique to this order. However, recent studies have indicated considerable phylogenetic inconsistencies existing within the order at the genus and family levels (Hauer et al. 2014; Komárek et al. 2014; Berrendero et al. 2016; Saraf et al. 2018). The advent of the polyphasic approach has led to many taxonomic revisions with the description of new families: Gloeotrichiaceae (Komárek et al. 2014), Tolyptothrichaceae (Hauer et al. 2014), Godleyaceae (Hauer et al. 2014) and the newly erected Cyanomargaritaceae (Shalygin et al. 2017). Moreover, many new genera such as *Mojavia* (Řeháková et al. 2007), *Desmonostoc* (Hrouzek et al. 2013), *Calochaete* (Hauer, Bohunická and Mühlsteinová 2013), *Roholtiella* (Bohunická et al. 2015), *Macrochaete* (Berrendero et al. 2016), *Cyanomargarita* (Shalygin et al. 2017), *Aliinostoc* (Bagchi, Dubey and Singh 2017), *Komarekiella* (Hentschke et al. 2017) and *Desikacharya* (Saraf, Dawda and Singh 2018) etc. have been recently described. The family Rivulariaceae is reported to be morphologically complex and highly polyphyletic in previous studies (Berrendero, Perona and Mateo 2008; Berrendero et al. 2016; León-Tejera et al. 2016; Shalygin et al. 2017; González-Resendiz et al. 2018). At present the family consists of 11 genera: *Rivularia*, *Calothrix*, *Dichothrix*, *Gardnerula*, *Isactis*, *Sacconema*, *Microchaete* (Komárek et al. 2014), *Phyllonema* (Alvarenga et al. 2016), *Macrochaete* (Berrendero et al. 2016), *Kyrthutrix* (León-Tejera et al. 2016) and *Nunduva* (González-Resendiz et al. 2018). Traditionally, the genera *Calothrix* and *Rivularia* were classified under Mastichotricheae and Rivulariaceae, respectively (Bornet and Flahault 1886). Alternatively, Bennett and Murray (1889) in their work mentioned two different families for tapering cyanobacteria, which placed *Rivularia* and *Calothrix* into the families Rivulariaceae and Calotrichaceae, respectively. However, this scheme of classification was not widely accepted and researchers persisted with Bornet and Flahault's classification for a brief period of time. Later Mastichotricheae along with some non-heterocytous tapering cyanobacteria were merged into Rivulariaceae (Fremy 1929 and Geitler 1932). Subsequently, the non-heterocytous forms were removed from this family (Komárek and Anagnostidis 1989). This plan of classification was followed until the conceptualization of the recent scheme of classification proposed by Komárek et al. (2014). The authors created the new family Gloeotrichiaceae from the Rivulariaceae consisting of *Gloeotrichia* as the only genus within the family. In their work, the authors indicated the possibility of more taxonomic revisions taking place in the future at the genus level within Rivulariaceae. Berrendero et al. 2016, in their study have shown that *Calothrix* and *Macrochaete* form a phylogenetically distant cluster from the other members of the family Rivulariaceae. Similar phylogenetic clustering was also observed in later studies e.g. Shalygin et al. (2017) and González-Resendiz et al. (2018). Even in our previous study, we had also observed similar clustering wherein *Calothrix* and *Macrochaete* clustered distantly (Saraf et al. 2018). It must be noted that even though the taxon sampling in all the studies was different, similar patterns of clustering in several genera indicated the need for a taxonomic revision of family Rivulariaceae.

The genus *Calothrix* was described by Bornet and Flahault in 1886 with the type species *Calothrix confervicola*. The members

of this genus are characterized by the presence of heteropolar filaments with spherical or hemi-spherical heterocytes present usually at the basal end. The trichomes are surrounded by firm sheaths that may be colorless or yellow-brownish in color. The apical cells are usually hyaline, narrow and long, creating a hair-like appearance (Bornet and Flahault 1886). However, there are a few reports of *Calothrix* strains which do not form terminal hairs (Schwabe 1960; Berrendero, Perona and Mateo 2008; Villanueva et al. 2019). The *Calothrix* strains without the ability to develop terminal hairs were repeatedly observed to form a separate cluster from the *Calothrix* strains with hairs (Berrendero et al. 2016; Shalygin et al. 2017; González-Resendiz et al. 2018; Villanueva et al. 2019). The members within the cluster have been found to have specific ecological preferences and are reported from freshwater or terrestrial habitats (Schwabe 1960; Berrendero, Perona and Mateo 2008; Villanueva et al. 2019). Many researchers consider that the *Calothrix* strains without hairs isolated from freshwater/terrestrial habitats belong to a different evolutionary lineage (e.g. Komárek et al. 2014; Berrendero et al. 2016). This makes *Calothrix* an interesting but challenging genus to study in taxonomic perspectives.

In this study we performed an in-depth phylogenetic analysis of the members of the family Rivulariaceae in order to get insights into the higher level taxonomic status of *Calothrix*. Further, the taxonomic position of the *Calothrix* strains reported from freshwater or terrestrial habitats which do not form terminal hairs were also assessed in detail. Through this study we propose to re-erect the family Calotrichaceae and reclassify the *Calothrix* strains without terminal hairs into a new genus *Dulcicalothrix*. Furthermore, a freshwater strain from India has been characterized by the polyphasic approach and is described as a novel species of *Dulcicalothrix*. The species name *Dulcicalothrix necridiiformans* is proposed in accordance with the International Code of Nomenclature for Algae, Fungi and Plants.

## MATERIAL AND METHODS

### Sampling, isolation and culturing

The water sample was collected from an oligotrophic stagnant pond located in the Shirampur taluka, Ahmednagar district of Maharashtra. The samples were immediately put in sterilized 50 ml falcon tubes having BG11<sub>0</sub> media. The general evaluation of the landscape of the entire habitat was documented at the time of sample collection. Within a few hours of collection, the sample was analyzed microscopically to estimate cyanobacterial diversity. Purification of the sample and isolation of cyanobacteria was performed by the enrichment spread plate method using 1.2% solidified BG-11<sub>0</sub> medium and the pH was adjusted to 7.2 (Rippka et al. 1979). The culture was maintained in a culture room under illumination of approximately 50–55  $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$  with a photoperiod of 14/10 hours light/dark cycle at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ . The culture was also grown in low concentrations of phosphorous for testing the ability of hair formation.

### Phenotypic analysis

Intensive morphological characterization of strain V13 was performed, with attention to the shape and size of apical cell,

intermediate vegetative cells, basal cell and heterocytes. Further, the occurrence of sheath, akinetes and necridia were also examined carefully. The microscopic studies were performed using a Nikon YS100 microscope (Nikon, Minato, Tokyo, Japan) and the micrographs were taken using Olympus BX53 (Olympus Corporation, Shinjuku, Tokyo, Japan) fitted with ProgRes C5 camera (Jenoptik, Jena, Thuringia, Germany) under 400X and 1000X magnifications.

### DNA extraction, PCR and sequencing

Genomic DNA was extracted from 10 to 14-day-old log phase culture using HiPurA™ Bacterial Genomic DNA Purification Kit (MB505–250PR) with some modifications (Suradkar et al. 2017). Amplification of 16S rRNA gene and 16S-23S ITS region was achieved by using primers pA (Edwards et al. 1989) and cyanobacteria specific B23S (Gkelis et al. 2005). Direct sequencing of the amplified products was performed by Sanger's method using a 3730xl DNA analyzer (Applied BioSystems, USA). The pairwise similarity search for 16S rRNA gene (NCBI accession number KY863521) for the subsequent phylogenetic analyzes was conducted using both the EzBiocloud and NCBI database.

### Phylogenetic analysis

The phylogenetic tree was constructed by Bayesian inference (BI), Maximum likelihood (ML) and Maximum parsimony (MP) methods. The BI tree was constructed using MrBayes 3.2.6 (Ronquist et al. 2012) and the best fit model was selected using jModelTest (Darriba et al. 2012). The analysis was executed using GTR + I + G model. In the analysis, two runs of eight Markov chains were applied for 10 million generations and sampling was done every 1000th generation. The diagnostic was calculated after every 1000 generations and 25% of the samples from the beginning of the chain were discarded. The phylogenetic analysis using ML and MP was performed with MEGA 5.2.2 (Tamura et al. 2011). The suitable model of phylogeny for ML was selected using MEGA 5.2.2, which led to the selection of K2 + G + I. The reliability of the ML and MP tree was tested using bootstrap re-sampling method with 1000 replications (Felsenstein 1985). All the phylogenetic trees constructed in this study based on 16S rRNA gene involved 277 nucleotide sequences and the length of the alignment was 1000 nucleotides.

### 16S-23S ITS secondary structure analysis

The nucleotide sequences corresponding to the D1-D1' helix region and BoxB region of 16S-23S Internal Transcribed Spacer (ITS) were transcribed and folded using Mfold web server (Zuker 2003) and compared with the phylogenetically nearest members. In case of D1-D1', seven structures within the *Dulcicalothrix* clade were available for comparison, however, in case of BoxB only six structures were available for comparisons.

## RESULTS

### Habitat description

The sampling was done in the month of June from a freshwater stagnant pond located on an isolated agricultural field in Shirirampur, Maharashtra, India. The general ecology of the habitat indicated it to be an oligotrophic system. The climatic conditions were hot and dry and temperature at the time of sample collection was 38.2°C, pH recorded was 7.3 and the humidity was

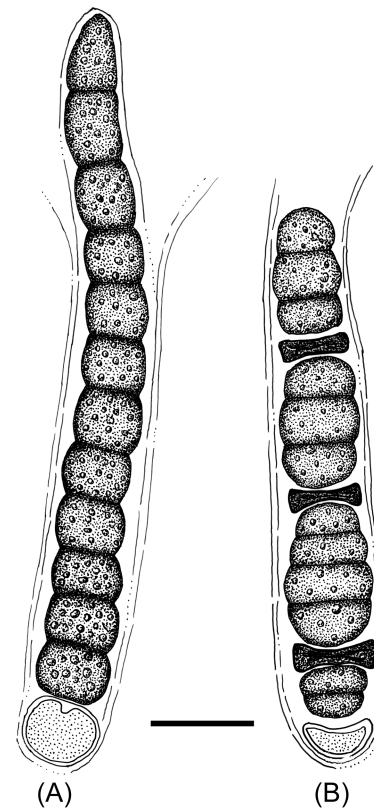


Figure 1. Line drawing of *Dulcicalothrix necridiformans*. Scale bar 10  $\mu$ m, (A), Young trichome with basal heterocyte and clear lamellation. (B), Old trichome with bow shaped necridia and formation of potential hormogones

measured at 32%. The area surrounding the water body had deep black soil along with distinctly stratified rocks.

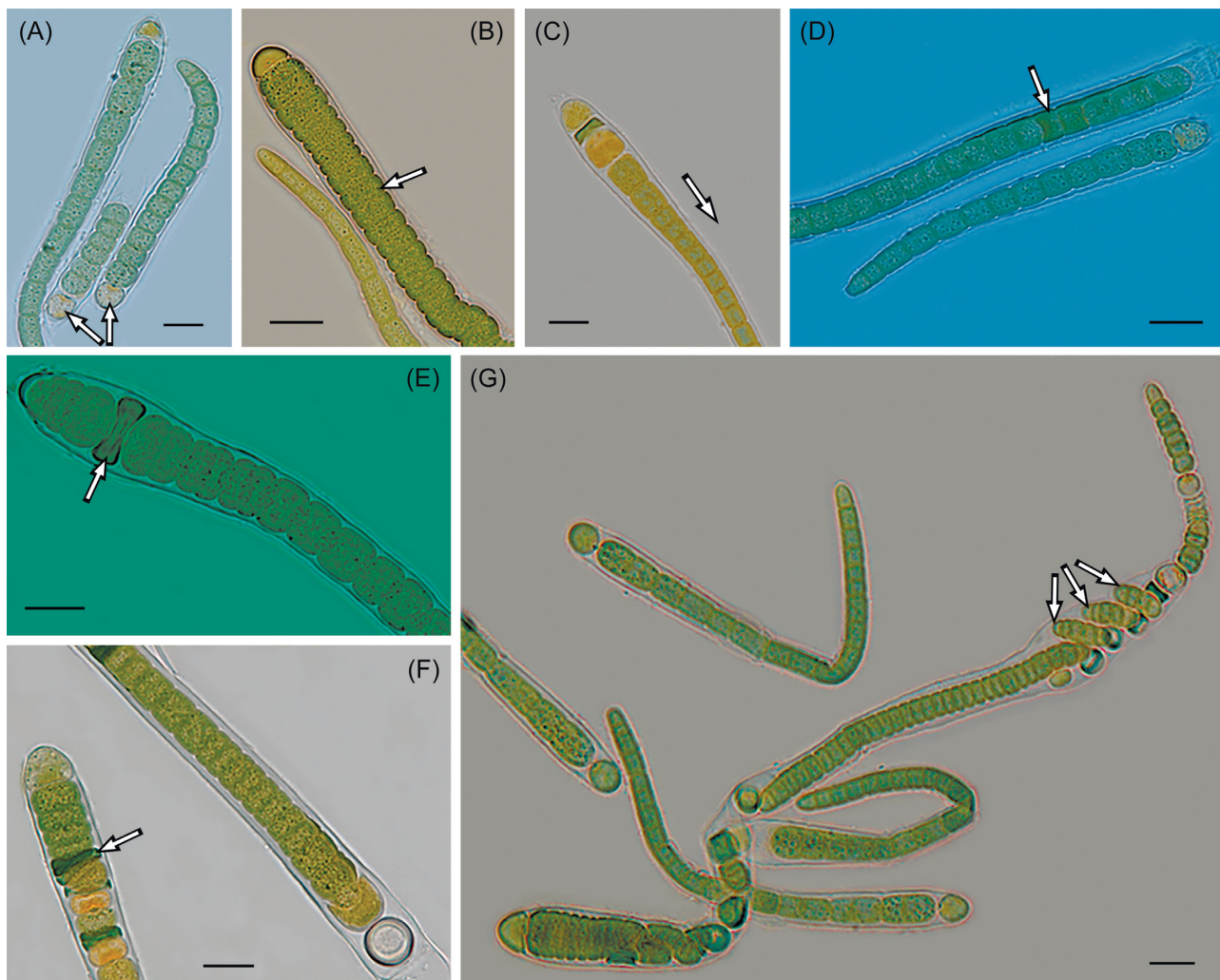
### Phenotypic evaluation

In-depth morphological characterization of strain V13 was performed and recorded in minute detail (Figs 1–2; Table S1, Supporting Information). A unique morphological feature of strain V13 was the formation of bow shaped necridia or separation discs that were found to be occurring in almost every filament (Figs 1–2). Heterocytes were present at the basal end and were usually spherical or sometimes elongated. Akinetes were not observed. Strain V13 did not show any terminal hair formation even at very low phosphate concentrations.

### Phylogenetic analysis

In the 16S rRNA gene tree, strain V13 clustered within the clade comprising of *Calothrix* strains reported from freshwater and terrestrial habitats with strong probability/bootstrap support (Fig. 3). Strain V13 along with *Calothrix* sp. YK 03 clustered at a completely different node within the freshwater/terrestrial clade (clade C1) and the clustering was supported in all the different trees (BI, ML and MP). This freshwater/terrestrial clade was found to be phylogenetically near to *Macrochaete* and other *Calothrix* strains isolated mainly from marine habitats including few freshwater strains (clade C2) (Table S2, Supporting Information). The robustness of the entire clade comprising of *Calothrix* and *Macrochaete* strains was supported by strong probability/bootstrap values (Fig. 3). The percentage similarity





**Figure 2.** Morphological characteristic of *Dulcicalothrix necridiformans*. Scale bar 5  $\mu\text{m}$ . Arrows in the Figures 2A-G indicates: (A) Young trichome with basal heterocyte, (B) Constricted older trichome, (C) Narrowing trichome, (D) Initiation of necridia formation, (E) Trichome with bow shaped necridia, (F) Necridia/separation disc, (G) Trichome with necridia formation and development of hormogonia.

among the strains of the Clade 1 ranged from 96.8% to 100% (Table S3, Supporting Information), above the identity threshold of 94.5% recommended for separation of different genera (Yarza et al. 2014). However, strain V13 was < 98.7% similar in 16S rRNA gene sequence to all other members of Clade 1, evidence that it was a species unique from the other members of the clade (Yarza et al. 2014). Further, the other members of the family Rivulariaceae including *Rivularia*, *Phyllonema*, *Kyrtuthrix* and *Nunduva* along with one sequence of *Microchaete* were grouped distantly from *Calothrix* and *Macrochaete* (Fig. 4). Surprisingly, some *Calothrix* and *Microchaete* sequences were phylogenetically close to the members of Nostocaceae rather than Rivulariaceae (Fig. 4). Similar clustering of the members of Rivulariaceae was observed in all the phylogenetic trees constructed in this study. Further, the sequences representing other genera like *Nostoc sensu stricto*, *Aliinostoc*, *Desikacharya*, *Scytonema sensu stricto*, *Brasilonema*, etc. clustered with good probability/bootstrap support.

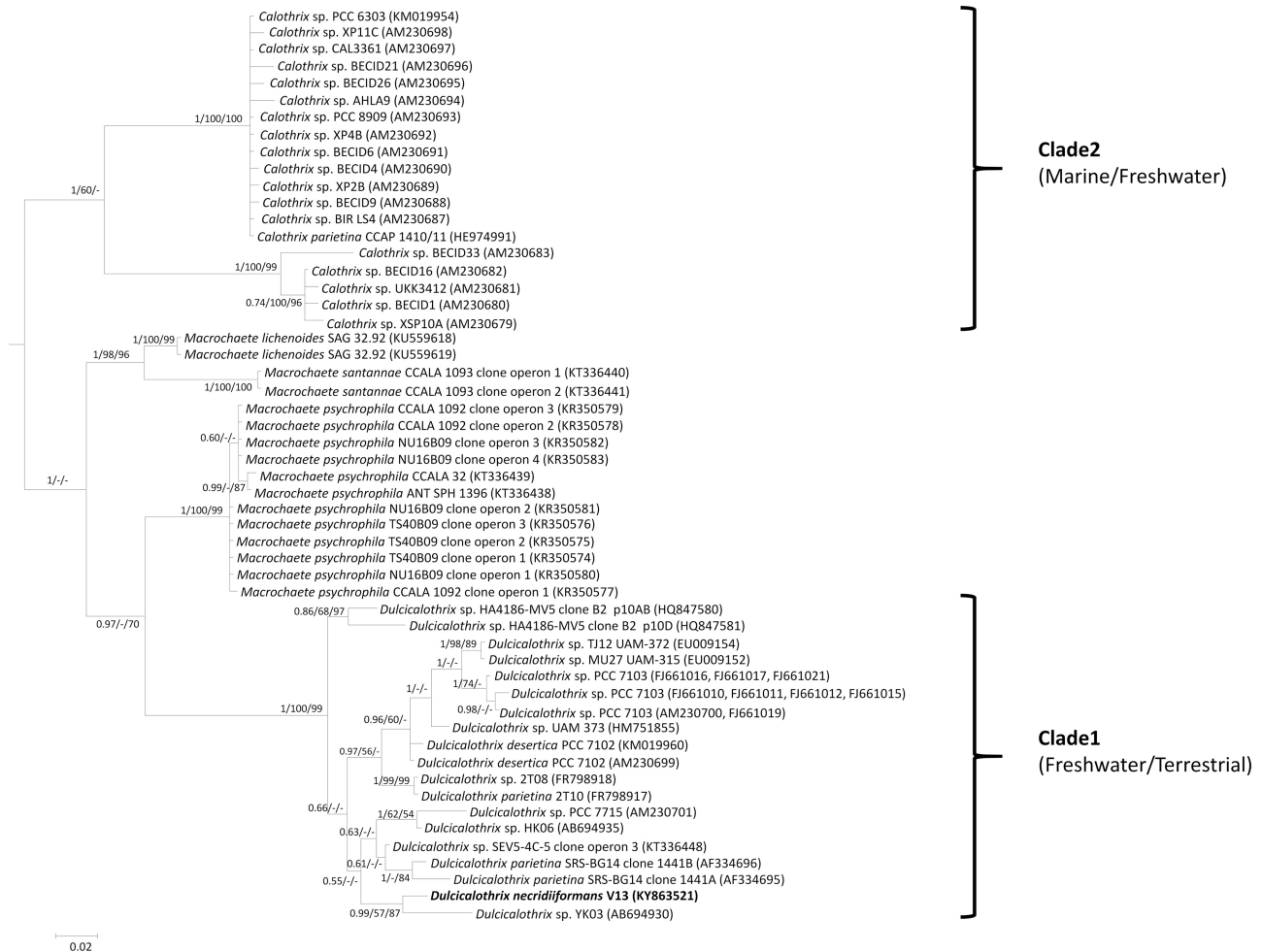
### 16S-23S ITS secondary structure analysis

The secondary structures corresponding to D1-D1' helix region and BoxB region of 16S-23S ITS region were obtained for strain

V13 and compared with selected secondary structures of phylogenetically related strains. Genus-consistent features of the D1-D1' helix include a 5 bp basal clamp with a bilateral bulge 2–3 bp above the basal 3' unilateral bulge, the later consisting of 3–8 nucleotides. Several strains were distinctive in the presence of a second, often large, bilateral bulge below the terminal loop (e.g. V13, PCC 7103, SEV5-4-C5 and MU27-UAM315). The D1-D1' helices were quite variable between strains, ranging from 65 to 100 nucleotides in length and differing in both sequence and structure. The D1-D1' helix region of strain V13 was most similar to that of PCC 7103 (Fig. 5) but clearly differed in sequence and structure. The BoxB helices had a common basal clamp (5'-AGCA-TGCT-3') but differed significantly in the remainder of the helix, with strain V13 being especially set apart by a large sub-basal bilateral bulge (Fig. 6).

### DISCUSSION

The aim of the present study was identification and taxonomic characterization of the freshwater strain V13 using the polyphasic approach. The morphological characterization indicated that the strain belonged to the family Rivulariaceae and probably

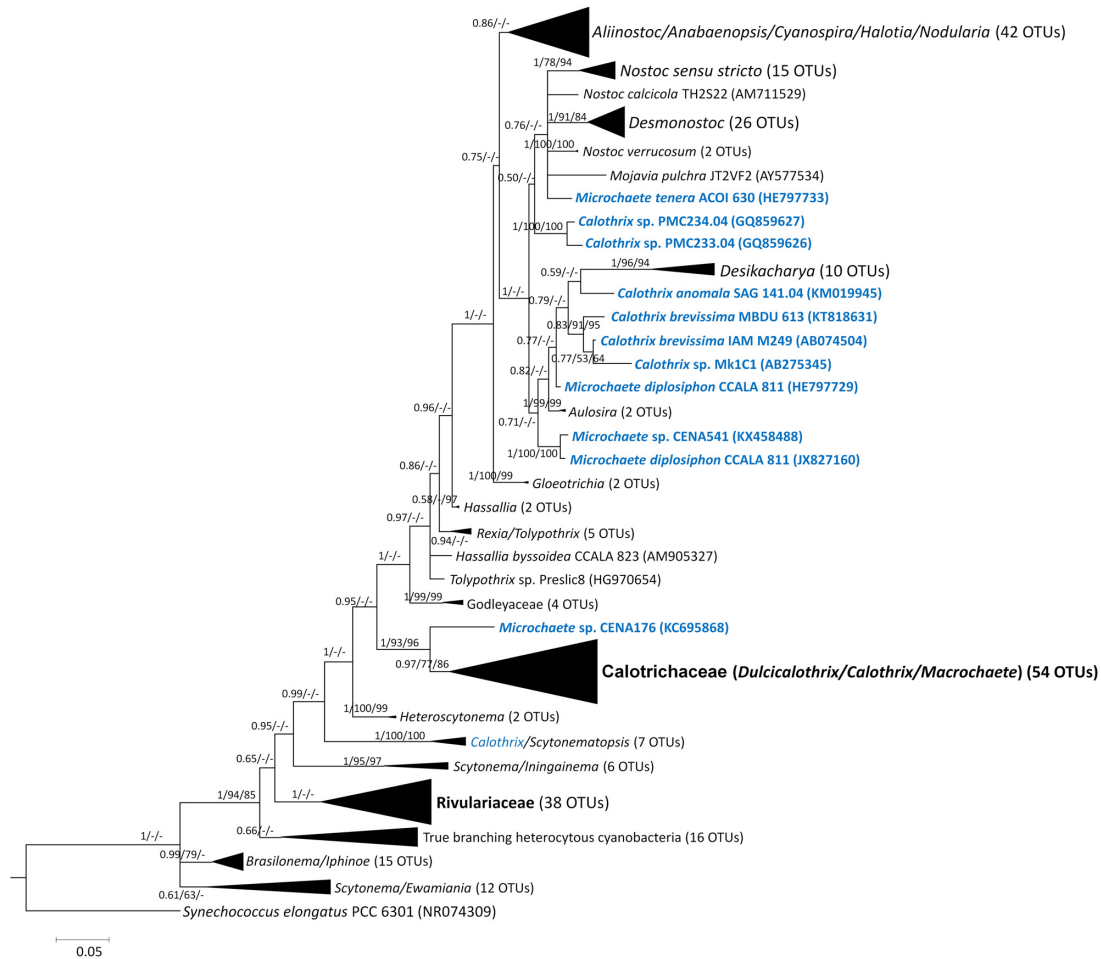


**Figure 3.** Complete Calotrichaceae clade showing the phylogenetic positioning of the genus *Dulcicalothrix* and *Dulcicalothrix necridiformans* based on 16S rRNA gene tree inferred by Bayesian inference with probability/bootstrap values representing BI, ML and MP, respectively. Bar 0.02 changes per nucleotide position. The total number of OTUs within the clade are 54 and the length of the 16S rRNA gene of strain V13 is 1480 bp.

to the genus *Calothrix*. Strain V13 exhibited heteropolar filaments without development of terminal hairs even at very low phosphate concentration. One of the characteristic features of the strain is the formation of necridic cells with hormogonia formed adjacent to the necridia. This unique feature indicates the possible role of necridia in vegetative propagation (Figs 1–2; Table S1, Supporting Information). Further, to ascertain the taxonomic status of our strain we reconstructed the phylogeny based on the 16S rRNA gene and certain important observations were made that are discussed hereafter. In the 16S rRNA gene tree, it was found that strain V13 clustered within the *Calothrix* clade consisting of strains isolated from freshwater/terrestrial habitat (clade C1) (Fig. 3; Table S2, Supporting Information). It must be noted that according to the available morphological descriptions for the members of the clade C1, no strain has been observed to form terminal hairs (Schwabe 1960; Berrendero et al. 2016; Villanueva et al. 2019). Further, clade C1 formed a phylogenetically distinct cluster separating it from the other *Calothrix* strains (clade C2). Most of the strains in clade C2 are reported to form terminal hairs and are isolated from marine habitat except *Calothrix* sp. PCC 6303 and *Calothrix parietina* CCAP 1410/11 (Fig. 3; Table S2, Supporting Information). This phylogenetic positioning was consistent in all the trees constructed in this study. Similar observations were also made in previous studies where the

possibility of a different evolutionary lineage for the *Calothrix* strains without hairs was also discussed (Komárek et al. 2014; Berrendero et al. 2016). The two *Calothrix* clades were separated by the *Macrochaete* cluster and a similar result was also observed in the phylogenetic tree represented in Villanueva et al. (2019). It was in fact surprising that the authors decided to describe their strain as a new member of *Calothrix* even though there was clear evidence of the polyphyly within *Calothrix*. We believe that characterizing our strain as a new species of *Calothrix* would be incorrect as it would counteract the basic idea on which the current classification system is based. It should be mentioned that *Calothrix dumus* (Villanueva et al. 2019) was not included in our analysis even though it falls within the freshwater/terrestrial clade, as it formed a very long branch in the 16S rRNA gene tree. Also the percentage similarity of *Calothrix dumus* with the other members of the clade was found to be very low. This observation is in agreement with Villanueva et al. (2019). The phylogenetic positioning of *Calothrix dumus* in our analysis and also in Villanueva et al. (2019) may be attributed to the long-branch attraction or possible sequence error, and we excluded it from our study.

Non-existence of *Calothrix sensu stricto* clade is one of the major reasons responsible for the phylogenetic inconsistency and attendant taxonomic confusion surrounding *Calothrix*.

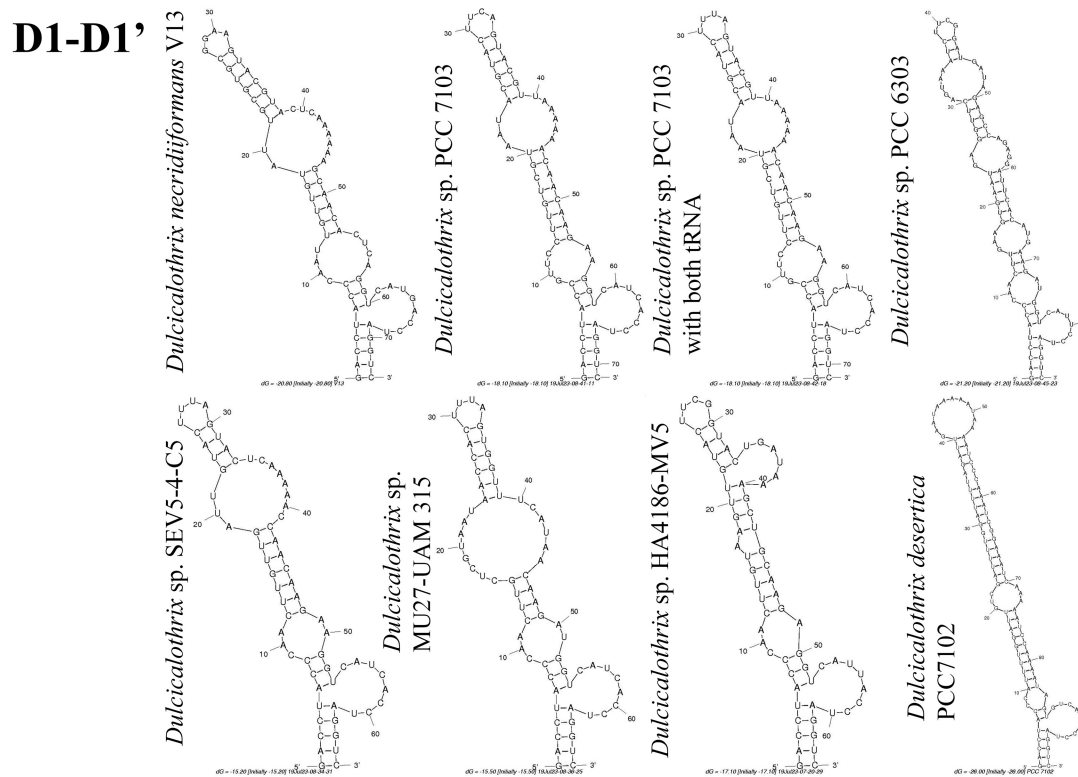


**Figure 4.** 16S rRNA gene tree indicating the phylogenetic complexity within the members of the family Rivulariaceae inferred by Bayesian inference with probability/bootstrap values representing BI, ML and MP, respectively. Bar 0.05 changes per nucleotide position. The length of the 16S rRNA gene of strain V13 is 1480 bp long and a total of 276 nucleotide sequences were included in the analysis. Blue Color indicates the *Calothrix* and *Microchaete* species whose taxonomic status must be revised in future.

However, determining *Calothrix sensu stricto* is also difficult as the type species of *Calothrix* i.e. *Calothrix confervicola* is not yet sequenced. *Calothrix confervicola* is a marine cyanobacterium characterized by cylindrical trichomes that abruptly narrow into hairs, non-lamellated sheath that may be colorless or yellowish-brown and heterocytes at basal position which are usually solitary or rarely in pairs (Bornet and Flahault 1886). Therefore, absence of terminal hairs and ecological preference for freshwater or terrestrial habitats could be considered as the distinguishing factors for the creation of a new genus. Initially the development of terminal hairs was not perceived to be a diagnostic feature for *Calothrix* as it was found to be dependent on environmental conditions (Berrendero et al. 2016). However, the ability to produce hairs is genetically determined and its expression is dependent on environmental conditions (Berrendero et al. 2016). Berrendero et al. (2016) in their study have discussed this issue in detail and the authors have recommended that the development of terminal hairs should be regarded as a distinguishing trait. Thus, unique morphological and ecological features together with the phylogenetic evidence allowed us to reclassify the *Calothrix* strains of clade C1 into a new genus *Dulcicalothrix*. The creation of *Dulcicalothrix* would further contribute in resolving the ongoing taxonomic dispute. At present, we cannot predict the exact clade of *Calothrix sensu stricto*. But

we believe that if and when *Calothrix confervicola* is sequenced it will fall into one of the sub-clades of marine/freshwater cluster as also suggested by Berrendero et al. 2016. Further, the phylogenetic position and the branch length of strain V13 in the 16S rRNA gene tree indicates that our strain is a new species belonging to the genus *Dulcicalothrix* (Fig. 3). The 16S-23S ITS secondary structure analysis also supported the above result. The folded secondary structure of D1-D1' helix region of strain V13 was similar to the secondary structures of strain PCC 7103 (Fig. 5). However, the number of nucleotides forming the bilateral bulge varied among the structures. In case of the bilateral bulge above the 3' unilateral bulge, strain V13 had 8 nucleotides whereas the structures formed using both the operons of PCC 7103 had 6 nucleotides. The difference in the number of nucleotides was also seen in the second bilateral bulge below the terminal loop where strain V13 had 11 nucleotides whereas PCC 7103 had only 9 nucleotides. The secondary structures of the other members in the analysis could be easily distinguished from strain V13 and PCC 7103 (Fig. 5). As D1-D1' helix region did not provide enough conclusive evidence, we further performed the comparative analysis by obtaining the folded secondary structures of BoxB region. The comparative analysis using BoxB region clearly differentiated strain V13 from PCC 7103 along with the other members of the genus *Dulcicalothrix* (Fig. 6). The shape and the





**Figure 5.** Comparative secondary structure analysis of D1-D1' helix region of *Dulcicalothrix necridiiformans* with the phylogenetically related strains based on 16S rRNA gene phylogenetic analysis.

number of nucleotides in the sub-basal bilateral bulge of strain V13 was found to be different from the other strains involved in the analysis (Fig. 6). The V3 region could not be sequenced as the direct sequencing strategy employed here did not amplify those regions. Still, the results obtained and the critical differences observed in the BoxB region and also the D1-D1' region are sufficient to support our interpretations.

From the 16S rRNA gene tree constructed in this study, it can be clearly observed that the family Rivulariaceae as recently defined (Komárek et al. 2014) is polyphyletic (Fig. 4). *Rivularia* along with *Nunduva*, *Kyrtuthrix*, *Phyllonema* and one sequence of *Microchaete* clustered together, whereas *Calothrix* and *Macrochaete* formed a separate cluster (Fig. 4). Similar results have also been observed in different phylogenetic trees represented in different studies (Berrendero et al. 2016; Shaligyn et al. 2017; Saraf et al. 2018). In the phylogenetic tree represented in Villanueva et al. (2019) it can be observed that the sequences corresponding to *Rivularia* were phylogenetically more related to *Scytonematopsis* and *Tolypothrix* rather than *Calothrix* and *Macrochaete* (Villanueva et al. 2019). Alternatively, in two instances the members of Rivulariaceae formed a monophyletic clade but the node was not supported in both the cases (León-Tejera et al. 2016; González-Resendiz et al. 2018). In the case of *Dichothrix* there is only a single 393 bp sequence available in the database, whereas at present there is no sequence data for *Gardnerula*, *Isactis* and *Sacconema*. To make the situation even more complex a few sequences of *Microchaete* and *Calothrix* were phylogenetically in proximity to the members of Nostocaceae rather than Rivulariaceae (Fig. 4: All problematic clusters have been colored). Two strains of *Calothrix brevisissima* MBDU613 and IAM M249 are repeatedly clustered together with the members of Nostocaceae and this observation is consistent with the earlier study

(Berrendero et al. 2016). Also, *Calothrix* sp. UAM 342 and *Calothrix* sp. CYN89 are clustered with five sequences of *Scytonematopsis contorta* with strong support. This pattern was also observed in our previous study (Saraf et al. 2018). We strongly recommend the revision of the taxonomic status of all the *Calothrix* and *Microchaete* strains that are phylogenetically distant from Rivulariaceae. These strains may possibly indicate a new evolutionary lineage. The polyphyletic nature of Rivulariaceae has been under constant debate and Berrendero et al. (2016) in their study discussed the possibility of separating *Calothrix* and *Macrochaete* from the existing Rivulariaceae. However, no formal reclassification was made in their study. It is necessary to note that similar revisions at the family level have been made in recent times with the creation of Gloeotrichaceae from Rivulariaceae and Tolypotrachaceae and Godleyaceae from Microchaetaceae. Considering the earlier recommendations and the current trends observed in this study we propose re-erection of the family Calotrichaceae. At present, the family would include *Calothrix*, *Macrochaete* and *Dulcicalothrix*, with *Calothrix* being the type for the family. Rivulariaceae would include *Rivularia*, *Microchaete*, *Phyllonema*, *Kyrtuthrix*, *Nunduva*, *Dichothrix*, *Gardnerula*, *Isactis* and *Sacconema*. Creation of *Dulcicalothrix* and Calotrichaceae would serve to resolve some of the taxonomic confusion surrounding the tapering heterocytous cyanobacteria.

Through this study, we formally reclassify *Calothrix desertica* to *Dulcicalothrix desertica*. However, we would like to mention that even though *Calothrix parietina* 2T10 and *Calothrix parietina* SRS-BG14 fall within the *Dulcicalothrix* clade we have not reclassified *Calothrix parietina* to *Dulcicalothrix* due to the following reasons. From the phylogenetic tree it can be observed that there are in total three strains of *Calothrix parietina*, of which two strains 2T10 and SRS-BG14 clustered within the



## boxB

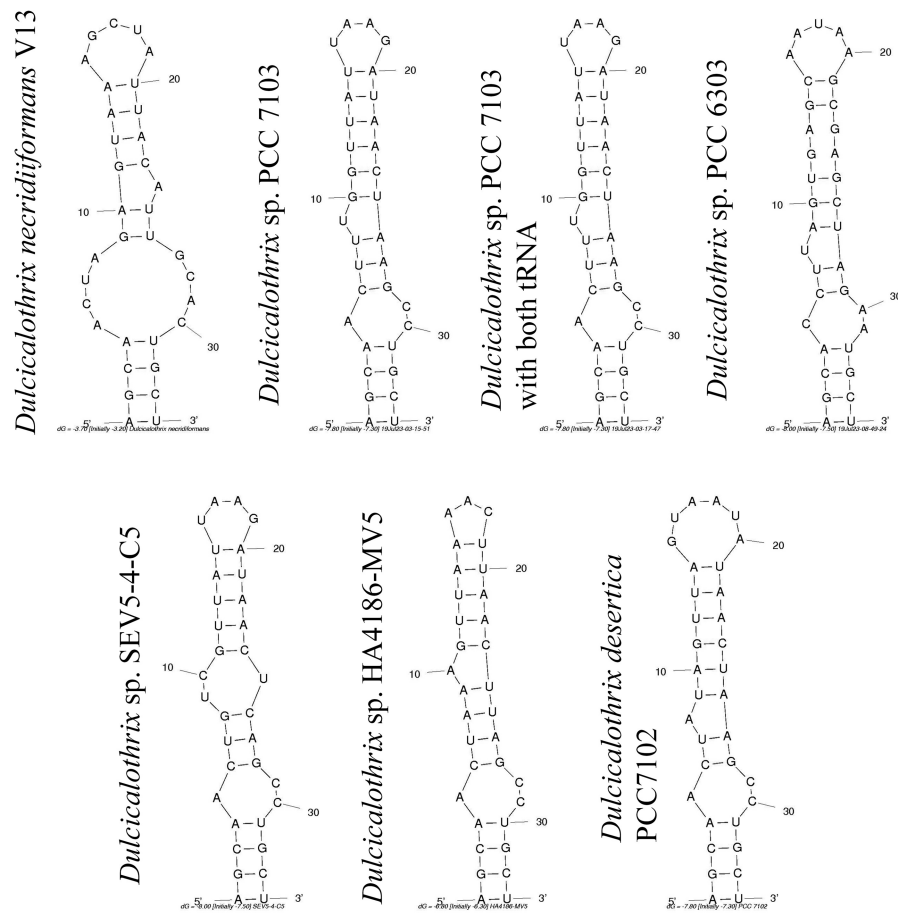


Figure 6. Comparative secondary structure analysis of boxB region of *Dulcicalothrix necridiformans* with the phylogenetically related strains based on 16S rRNA gene phylogenetic analysis.

*Dulcicalothrix* clade (C1) whereas strain CCAP 1410/11 clustered within the clade C2 (Fig. 3). Also the 16S rRNA gene similarity among the three strains is < 98.7% indicating that they may represent different species (Table S3, Supporting Information). Furthermore, there is lack of morphological data for strains 2T10 and SRS-BG14 regarding the hair forming ability (Flechtner et al. 2014; Cuzman et al. 2010), which is one of the important morphological trait of *Calothrix parietina* (Bornet and Flahault 1886). It must be noted that Berrendero et al. (2016) in their study had mentioned that, *Calothrix parietina* SAG 1410-3 forms terminal hair, thus satisfying the morphological description of *Calothrix parietina*. Also in their phylogenetic tree, it can be observed that strain SAG 1410-3 clustered distantly from strains 2T10 and SRS-BG14. This suggests that strains 2T10 and SRS-BG14 may be identified incorrectly as *Calothrix parietina*. Therefore, we recommend that both strains should be further studied before making any conclusions.

#### Description and proposal for re-erection of the family Calotrichaceae (Bennet and Murray 1889)

In spite of an overall morphological similarity with the family Rivulariaceae, the proposal for the re-erection of this family is based on strong and exhaustive phylogenetic evidence along with clear support from previous published works by other taxonomists.

Type genus: *Calothrix* Agardh ex Bornet et Flahault, 1886. *Ann des Sci Nat Bot Septième* S:323–81.

#### Description of *Dulcicalothrix Saraf et al. gen. nov.*

**Etymology:** *Dulcicalothrix* (Dul.ci.ca'lo.thrix. L. adj. *dulcis* sweet; N.L. fem. n. *Calothrix* a cyanobacterial genus; N.L. fem. n. *Dulcicalothrix* *Calothrix* from freshwater).

**Description:** Tapering heterocytous cyanobacteria found in freshwater and terrestrial habitats. No hair formation evident even after reducing phosphorous concentration. Morphologically similar to the genus *Calothrix* in having tapering trichomes but differing very clearly in habitat. 16S rRNA gene phylogeny clearly separates *Dulcicalothrix* from the morphologically similar genera *Calothrix*, *Rivularia* and *Macrochaete*.

Type species: *Dulcicalothrix necridiformans*

#### Description of *Dulcicalothrix necridiformans Saraf et al. sp. nov.*

**Etymology:** *necridiformans* (ne.cri.di.i.for'mans. N.L. neut. n. *necridium* nectridium; L. pres. part. *formans* forming; N.L. part. adj. *necridiformans* producing necridia).

**Description:** Bluish green macroscopic appearance in nature, found submerged in shallow water. Trichomes prominently tapering at one end with the broad base having a basal heterocyte. The attenuation is continuous and regular with the apical/distal ends being distinctly attenuated. Sheath surrounding the filament is colorless and has clear lamellation. Cells usually constricted at the ends with the older filaments having more prominent constrictions. Bow shaped necridia

formation is the diagnostic feature of the species, often with hormogonia formation adjacent to the necridia. Vegetative cells are wider near the basal heterocyte and continue to narrow towards the distal end. In older filaments, width of the vegetative cells is prominently more than the length. In younger filaments the length of the vegetative cells is more than the width. Distal vegetative cells are 5.20–5.26  $\mu\text{m}$  in length to 3.63–3.69  $\mu\text{m}$  in width. Intercalary vegetative cells with sheath are 6.20–6.26  $\mu\text{m}$  in length to 8.16–8.21  $\mu\text{m}$  in width. Intercalary vegetative cells without sheath are 6.27–6.37  $\mu\text{m}$  in length to 6.46–6.54  $\mu\text{m}$  in width. Heterocytes are always basal and solitary with the shape being usually spherical although sometimes with a slightly elongated end. Basal heterocytes are 5.80–5.90  $\mu\text{m}$  in length to 6.0–6.60  $\mu\text{m}$  in width. Akinetes were not observed.

Type locality: Shrirampur, Ahmednagar, Maharashtra, India (19.62°N, 74.65°E).

Habitat: In an oligotrophic water body as bluish green macroscopic colonies found submerged in shallow water. The water temperature at the time of collection was 38.2°C while the pH was recorded as 7.3.

Holotype (here designated): portion of a culture of *Dulcicalothrix necridiiformans* preserved in metabolically inactive form in National Centre for Microbial Resource (NCMR) formerly Microbial Culture Collection (MCC), National Centre for Cell Science, Pune, India and is available under the accession number MCC 3314.

#### *Dulcicalothrix desertica* (Schwabe) Saraf et al. comb. nov.

Basionym: *Calothrix desertica* Schwabe GH. Zur autotrophen Vegetation in ariden Böden. Blaualgen und Lebensraum IV. *Österreichische Botanische Zeitschrift* 1960;107:282, Figs 1–5.

### SUPPLEMENTARY DATA

Supplementary data are available at [FEMSLE](https://femsle.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/femsle.12706) online.

### ACKNOWLEDGMENTS

We thank the Head, Department of Botany, BHU and Director, NCCS for providing the necessary facilities and encouragement. We thank the Principal, Ramniranjan Jhunjhunwala College, Mumbai for support. We thank Professor Aharon Oren for help in the scientific names and etymology. We thank Dr Esther Berrendero Gómez for the useful discussions. The authors thank the anonymous reviewers for the thorough critical review of the work. AS is thankful to Council of Scientific & Industrial Research (CSIR-HRDG) for providing the financial assistance.

### FUNDING

PS is thankful to the Department of Science and Technology (DST), India for the project YSS/2014/000879. A part of the work was supported by the Department of Biotechnology (DBT; Grant No. BT/Coord.II/01/03 2016), Government of India, under the project 'Establishment of Centre of Excellence for National Centre for Microbial Resource (NCMR)'. The study was also supported by an internal grant of M. Akmullah Bashkir State Pedagogical University for the year 2019.

**Conflict of interest.** None declared.

### REFERENCES

- Alvarenga DO, Rigonato J, Henrique J et al. *Phyllonema avicenicola* gen. nov., sp. nov. and *Foliisarcina bertiogensis* gen. nov., sp. nov., epiphyllic cyanobacteria associated with *Avicennia schaueriana* leaves. *Int J Syst Evol Microbiol* 2016;66:689–700.
- Bagchi SN, Dubey N, Singh P. Phylogenetically distant clade of Nostoc-like taxa with the description of *Aliinostoc* gen. nov. and *Aliinostoc morphoplasticum* sp. nov. *Int J Syst Evol Microbiol* 2017;67:3329–38.
- Bennet A, Murray G. *A handbook of Cryptogamic Botany*. London: Longmans, Green and Co, 1889.
- Berrendero E, Johansen JR, Kaštovský J et al. *Macrochaete* gen. nov. (Nostocales, Cyanobacteria), a taxon morphologically and molecularly distinct from *Calothrix*. *J Phycol* 2016;52:638–55.
- Berrendero E, Perona E, Mateo P. Genetic and morphological characterization of *Rivularia* and *Calothrix* (Nostocales, Cyanobacteria) from running water. *Int J Syst Evol Microbiol* 2008;58:447–60.
- Bohunická M, Pietrasiak N, Johansen JR et al. *Roholtiella*, gen. nov. (Nostocales, Cyanobacteria) – a tapering and branching cyanobacteria of the family Nostocaceae. *Phytotaxa* 2015;197:084–103.
- Bornet E, Flahault C. Revision des Nostocacées hétérocystées contenues dans les principaux herbiers de France. *Ann des Sci Nat Bot* 1886;Septième S:323–81.
- Cuzman OA, Ventura S, Sili C et al. Biodiversity of phototrophic biofilms dwelling on monumental fountains. *Microb Ecol* 2010; 60:81–95. 10.1007/s00248-010-9672-z20446084
- Darriba D, Taboada GL, Doallo R et al. JModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nat Methods* 2012;9:772.
- Edwards U, Rogall T, Blöcker H et al. Isolation and direct complete nucleotide determination of entire genes. Characterization of a gene coding for 16S ribosomal RNA. *Nucleic Acids Res* 1989;17:7843–53.
- Felsenstein J. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution* 1985;39:783.
- Flechtner VR, Boyer SL, Johansen JR et al. *Spirirestis rafaensis* gen. et sp. nov. (Cyanophyceae), a new cyanobacterial genus from arid soils. *Nova Hedwigia* 2014; 74:1–24.
- Frémy P. Les Nostocacées de la Normandie. *Not Mem Doc Soc Agric Archéol Hist nat Manche* 1929;41:197–228.
- Geitler L. Cyanophyceae. In Rabenhorst L (ed). *Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., 1932, 1196.
- Gkelis S, Rajaniemi P, Vardaka E et al. *Limnothrix redekei* (Van Goor) Meffert (Cyanobacteria) strains from Lake Kastoria, Greece form a separate phylogenetic group. *Microb Ecol* 2005;49:176–82.
- González-Resendiz L, Johansen JR, Alba-Lois L et al. *Nunduva*, a new marine genus of Rivulariaceae (Nostocales, Cyanobacteria) from marine rocky shores. *Fottea Olomouc* 2018;18:86–105.
- Hauer T, Bohunická M, Johansen JR et al. Reassessment of the cyanobacterial family Microchaetaceae and establishment of new families Tolypothrichaceae and Godleyaceae. *J Phycol* 2014;50:1089–100.
- Hauer T, Bohunická M, Mühlsteinová R. *Calochaete* gen. nov. (Cyanobacteria, Nostocales), a new cyanobacterial type from the “páramo” zone in Costa Rica. *Phytotaxa* 2013;109:36–44.
- Hentschke GS, Johansen JR, Pietrasiak N et al. *Komarekiella atlantica* gen. et sp. nov. (Nostocaceae, Cyanobacteria): a

- new subaerial taxon from the Atlantic Rainforest and Kausi, Hawaii. *Fottea* 2017;17:178–90.
- Hrouzek P, Lukešová A, Mareš J et al. Description of the cyanobacterial genus *Desmonostoc* gen. nov. including *D. muscorum* comb. nov. as a distinct, phylogenetically coherent taxon related to the genus *Nostoc*. *Fottea* 2013;13:201–13.
- Komárek J, Anagnostidis K. Modern approach to the classification system of the cyanophytes 4. Nostocales. *Algol Stud* 1989;56:247–345.
- Komárek J, Kaštovský J, Mareš J et al. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia* 2014;86:295–335.
- León-Tejera H, González-Resendiz L, Johansen JR et al. Phylogenetic position reevaluation of *Kyrtothrix* and description of a new species *K. huatulcensis* from Mexico's Pacific coast. *Phytotaxa* 2016;278:1–18.
- Řeháková K, Johansen JR, Casamatta DA et al. Morphological and molecular characterization of selected desert soil cyanobacteria: three species new to science including *Mojavia pulchra* gen. et sp. nov. *Phycologia* 2007;46:481–502.
- Rippka R, Deruelles J, Waterbury J et al. Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *Microbiology* 1979;111:1–61.
- Ronquist F, Teslenko M, Van Der Mark P et al. MrBayes 3.2: efficient bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Syst Biol* 2012;61:539–42.
- Saraf A, Dawda HG, Singh P. *Desikacharya* gen. nov., a phylogenetically distinct genus of Cyanobacteria along with the description of *Desikacharya nostocoides* sp. nov. and *Desikacharya soli* sp. nov. and reclassification of *Nostoc thermotolerans* to *Desikacharya thermotolerans* comb. nov. *Int J Syst Evol Microbiol* 2018;69:307–15.
- Saraf A, Dawda HG, Suradkar A et al. Insights into the phylogeny of false-branching heterocytous cyanobacteria with the description of *Scytonema pachmarhiense* sp. nov. isolated from Pachmarhi Biosphere Reserve, India. *FEMS Microbiol Lett* 2018;365:fny160
- Schwabe GH. Zur autotrophen Vegetation in ariden Böden. Blaualgen und Lebensraum IV. *Österreichische Botanische Zeitschrift* 1960;107:281–309.
- Shalygin S, Shalygina R, Johansen JR et al. *Cyanomargarita* gen. nov. (Nostocales, Cyanobacteria): convergent evolution resulting in a cryptic genus. *J Phycol* 2017;53:762–77.
- Suradkar A, Villanueva C, Gaysina LA et al. *Nostoc thermotolerans* sp. nov., a soil-dwelling species of *Nostoc* (Cyanobacteria). *Int J Syst Evol Microbiol* 2017;67:1296–305.
- Tamura K, Peterson D, Peterson N et al. MEGA5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Mol Biol Evol* 2011;28:2731–9.
- Villanueva C, Garvey A, Petr H et al. Descriptions of *Brasilonema geniculatum* and *Calothrix dumus* (Nostocales, Cyanobacteria): two new taxa isolated from cemetery tombstones. *Phytotaxa* 2019;387:001–20.
- Yarza P, Yilma Z P, Pruesse E et al. Uniting the classification of cultured and uncultured bacteria and archaea using 16S rRNA gene sequences. *Nat Rev Microbiol* 2014;12:635–45.
- Zuker M. Mfold web server for nucleic acid folding and hybridization prediction. *Nucleic Acids Res* 2003;31:3406–15.

**МИНОБРНАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АКМУЛЛЫ»**

# **СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
VII МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ КОНКУРС-КОНФЕРЕНЦИИ**

**Уфа - 2019 г.**



УДК 581.5  
ББК 28.58  
С 56

**Современные аспекты изучения экологии растений:** материалы VII Международной молодежной конкурс-конференции. – Уфа : ООО «Первая типография», 2019. – 100 с.



Печатается при поддержке Благотворительного фонда «УРАЛ»

**Знак информационной продукции 10+**

**ISBN 978-5-6042678-5-1**

*В сборнике размещены статьи участников конкурса-конференции. Опубликованные работы содержат сведения об экологии высших растений, цианобактерий и водорослей, рассмотрены вопросы фитомониторинга окружающей среды, использования растений для приготовления функциональных напитков. Сборник представляет интерес для ботаников, альгологов, микробиологов, биотехнологов, экологов. Будет полезен бакалаврам, магистрантам, аспирантам биологических специальностей в своей учебно-исследовательской деятельности.*

Ответственный редактор: Н.В.Суханова, д.б.н., доцент кафедры биоэкологии и биологического образования БГПУ им. М.Акмуллы.

Технический редактор: С.Р. Ходжазода, магистрант 2-го курса кафедры биоэкологии и биологического образования БГПУ им. М.Акмуллы.

Сборник зарегистрирован в системе РИНЦ.

УДК 581.5  
ББК 28.58

**ISBN 978-5-6042678-5-1**

Департамент непрерывного педагогического образования БГПУ им. М. Акмуллы, 2019

**Кадырова Ю.И.<sup>1</sup>, Чумак В.А.<sup>1</sup>, Сафиуллина Л.М.<sup>2</sup>**

*1 – студенты ФГБОУ ВО БГПУ, г. Уфа, Россия*

*2 – научный руководитель, к.б.н., доцент БГПУ им. М.Акмуллы*

## **ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ И ЦИАНОБАКТЕРИИ ОТВАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ АО «СЫРЬЕВАЯ КОМПАНИЯ», СТЕРЛИТАМАКСКИЙ И ИШИМБАЙСКИЙ РАЙОНЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**

Под влиянием мощного антропогенного процесса на урбанизированных территориях формируется особая искусственная среда. Почвенные водоросли и цианобактерии являются обязательным компонентом наземных экосистем. В экстремальных местообитаниях с высокой степенью загрязнения и нарушением почвенно-растительного покрова, водоросли и цианобактерии играют важную роль в поддержании стабильности экосистем [4, 7-11].

Исследования проводились на территории промышленного предприятия АО «Сырьевая компания», ранее ОАО «Сода», расположенного на границе Стерлитамакского и Ишимбайского района Республики Башкортостан [5].

Район исследования представляет собой увалистую и грядовохолмистую равнину. Климат теплый со среднегодовым количеством осадков 500 мм и среднегодовой температурой 2-2,5° С. В почвенном покрове преобладают типичные, карбонатные выщелоченные черноземы, имеющие слабокислую или

щелочную реакцию среды. Отбор проб производился непосредственно на территории самого предприятия в его центральной части, где располагается отвал пустых пород добываемых открытым способом (рисунок 1).



Рисунок 1. Общий вид карьера АО «Сырьевая компания».

Отбор проб осуществлялся типическим образом. При выборе однотипных площадей обращали внимание на положение пробной площади в рельефе (плакор, нижние, верхние, средние части склонов), учитывали уклон экспозицию склона, степень увлажнения, идентичность типа почв, флористического состава, обилия, структура фитоценозов, а также стадии сукцессии и общности происхождения [4].

Образцы проб были отобраны в августе и сентябре 2018 года. С поверхности участка с однородной растительностью размером 5x5 м производили случайный отбор. Собрали 32 образца, каждая весом 20-50 г и объемом 5-10 см<sup>3</sup> и обозначили их условно индексами С-01 – С-32.

Участок отвала был подвержен сильному прессингу со стороны действующего предприятия. Почвы сильно деградированы под действием вредных выбросов, в которых преобладают аммиак, пыль цемента и пыль кварца [6], в сочетании с разливами техногенных жидкостей, тока атмосферных осадков [5].

Видовой состав и обилие водорослей и цианобактерий анализировались с использованием классических почвенно-альгологических методов [2,3].

В ходе работы было рассмотрено 7 проб (С-01 – С-07). Для выделения водорослей и цианобактерий с последующим получением монокультур использовали методы:

1. Метод рассыпание мелкозёма.
2. Метод разбавления.

В двух повторностях. Получили 28 чашек Петри (рисунок 2).



Рисунок 2. Чашки Петри с пробами С-01 – С-07.

В ходе исследования были выявлены следующие виды водорослей:

В пробе С-01 найдены представители отделов:

1. Cyanobacteria: *Microcoleus vaginatus*;
2. Chlorophyta: *Chlorella vulgaris*, *Palmellopsis gelatinosa*, *Mychonastes homosphaera*, *Desmodesmus sp.*, *Parietochloris alveolaris*, *Pseudococcomyxa simplex*.

В пробе С-02 найдены представители отделов:

1. Cyanobacteria: *Nostoc punctiforme*, *Leptolyngbya voronichiniana*, *Phormidium boryanum*, *Tolypothrix tenuis*;
2. Chlorophyta: *Scotiellopsis rubescens*.

В пробе С-03 найдены представители отделов:

1. Streptophyta: *Klebsormidium flaccidum* ;
2. Chlorophyta: *Parietochloris alveolaris*, *Mychonastes homosphaera*;
3. Cyanobacteria: *Leptolyngbya boryana*, *Pheudanabaena catenata*, *Microcoleus sp.*

В пробе С-04 найдены представители отделов:

1. Cyanobacteria: *Pheudanabaena catenata*, *Leptolyngbya foreolarum*;
2. Chlorophyta: *Chlorella vulgaris*, *Bracteacoccus minor*.

В пробе С-05 найдены представители отделов:

1. Cyanobacteria: *Pheudanabaena catenata*, *Microcoleus vaginatus*, *Nostoc linckia f. Muscorum*, *Nostoc punctiforme*;
2. Chlorophyta: *Chlorella vulgaris*, *Bracteacoccus minor*, *Chlorococcum sp.*, *Coccomyxa simplex*;
3. Bacillariophyta: *Hantzschia amphioxys*.

В пробе С-06 найдены представители отделов:

1. Chlorophyta: *Chlorella vulgaris*, *Bracteacoccus minor*, *Coccomyxa simplex*;
2. Cyanobacteria: *Microcoleus vaginatus*, *Trichocoleus cf hospitus*.

В пробе С-07 найдены представители отделов:

1. Cyanobacteria: *Microcoleus vaginatus*.



Нестабильность альгологической систематики и недоступность в широкой печати серий современных определителей вынудили нас придерживаться совершенно разных систем водорослевых таксонов. Такая ситуация характерна для альгологии в целом [4].

Выводы:

1. Нами были отобраны пробы с техногенно-нарушенных территорий.
2. Определен видовой состав почвенных водорослей и цианобактерий исследованных территорий.
3. Видовой состав почвенной альгофлоры техногенно-засоленной территории АО «Сырьевая компания», ранее ОАО «Сода» отражал зональные и экологические особенности местообитания, выражающиеся в доминировании цианобактерий и диатомовых водорослей и частой встречаемости галофильных видов.

#### Список использованных источников:

1. Семенова И.Н., Рафикова Ю.С., Ильбулова Г.Р. Воздействие предприятий горнорудного комплекса Башкирского Зауралья на состояние природной среды и здоровье населения прилегающих территорий // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 1. С. 29-34.
2. Гайсина Л.А., Фазлутдинова А.И., Кабиров Р.Р. Современные методы выделения и культивирования водорослей: учебное пособие. Уфа: Изд-во БГПУ. 2008. 152 с.
3. Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. Л.: Наука. 1969. 228 с.
4. Хайбуллина Л.С., Суханова Н.В., Кабиров Р.Р. Флора и синтаксономия почвенных водорослей и цианобактерий урбанизированных территорий: научное издание. Уфа: АН РБ, Гилем, 2011. 216 с.
5. Богданова А.В., Гайсина Л.А., Фазлутдинова А.И., Суханова Н.В. Флора почвенных водорослей и цианобактерий техногенно-засоленных территорий Башкирского Предуралья // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2010. Т. 12. № 1-4. С. 989-992.
6. Зейферт Д. В. Растительные сообщества почвенная мезофауна территорий химических предприятий в степной зоне Башкирского Предуралья / Под ред. Б. М. Миркина // Д. В. Зейферт, И. Х. Бикбулатов, К. М. Рудаков, И. Н. Григорьева. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2000. – 166 с.
7. Суханова Н.В., Фазлутдинова А.И., Хайбуллина Л.С. Диатомовые водоросли почв городских парков // *Почвоведение*. 2000. № 7. С. 840-846.
8. Gaysina L., Němcová Y., Škaloud P., Eliáš M., Ševčíková T. CHLOROPYRULA URALIENSIS GEN. ET SP. NOV. (TREBOUXIOPHYCEAE, CHLOROPHYTA), A NEW GREEN COCCOID ALGA WITH A UNIQUE ULTRASTRUCTURE, ISOLATED FROM SOIL IN SOUTH URALS // *Acta Phytotaxonomica Sinica*. 2013. Т. 51. № 4. С. 476-484.
9. Сафиуллина Л.М., Фазлутдинова А.И., Бакиева Г.Р. Толерантность почвенных водорослей EUSTIGMATOS MAGNUS (B.PETERSEN) HIBBERD (EUSTIGMATOPHYTA) и HANTZSCHIA AMPHIOXYS (EHRENBERG) GRUNOW IN CLEVE ET GRUNOW (BACILLARIOPHYTA) к воздействию тяжелых металлов // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2009. № 6 (100). С. 609-610.

10. Фазлутдинова А.И., Суханова Н.В. Состав диатомовых водорослей в зоне влияния нефтепромысловых комплексов // Экология. 2014. № 3. С. 197.

11. Бакиева Г.Р., Гайсина Л.А., Сафиуллина Л.М., Пурина Е.С. Анализ особенностей пространственной организации альгоценозов лесных экосистем Южно-Уральского государственного природного заповедника (ЮУГЗ) // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 6 (100). С. 57- 59.

**МИНОБРНАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АКМУЛЛЫ»**

# **СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
VII МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ КОНКУРС-КОНФЕРЕНЦИИ**

**Уфа - 2019 г.**

УДК 581.5  
ББК 28.58  
С 56

**Современные аспекты изучения экологии растений:** материалы VII Международной молодежной конкурс-конференции. – Уфа : ООО «Первая типография», 2019. – 100 с.



Печатается при поддержке Благотворительного фонда «УРАЛ»

**Знак информационной продукции 10+**

**ISBN 978-5-6042678-5-1**

*В сборнике размещены статьи участников конкурса-конференции. Опубликованные работы содержат сведения об экологии высших растений, цианобактерий и водорослей, рассмотрены вопросы фитомониторинга окружающей среды, использования растений для приготовления функциональных напитков. Сборник представляет интерес для ботаников, альгологов, микробиологов, биотехнологов, экологов. Будет полезен бакалаврам, магистрантам, аспирантам биологических специальностей в своей учебно-исследовательской деятельности.*

Ответственный редактор: Н.В.Суханова, д.б.н., доцент кафедры биоэкологии и биологического образования БГПУ им. М.Акмуллы.

Технический редактор: С.Р. Ходжазода, магистрант 2-го курса кафедры биоэкологии и биологического образования БГПУ им. М.Акмуллы.

Сборник зарегистрирован в системе РИНЦ.

УДК 581.5  
ББК 28.58

**ISBN 978-5-6042678-5-1**

Департамент непрерывного педагогического образования БГПУ им. М. Акмуллы, 2019



**Краснова В.В.<sup>1</sup>, Губайдуллина Г.М.<sup>1</sup>, Мухина О.Н.<sup>1</sup>, Ахмадеева Л.Ф.<sup>1</sup>,  
Аллагуватова Р.З.<sup>2</sup>, Габидуллин Ю.З.<sup>3</sup>, Гайсина Л.А.<sup>4</sup>**

*1 – магистрант ФГБОУ ВПО «БГПУ им. М.Акмуллы»;*

*2 – аспирант ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты  
Юго-Восточной Азии ДВО РАН;*

*3 – научный консультант, преподаватель кафедры информационных систем и технологий ФГБОУ ВПО «БГПУ им. М.Акмуллы»;*

*4 – научный руководитель, д.б.н., заведующий кафедрой биоэкологии и биологического образования ФГБОУ ВПО «БГПУ им. М.Акмуллы»*

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОННОГО КАТАЛОГА КОЛЛЕКЦИИ ВО- ДОРΟΣЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ БАШКОРТОСТАНА (BASHKORTOSTAN COLLECTION OF ALGAE AND CYANOBACTERIA – BCAC)**

Биологические коллекции играют важную роль как в сохранении биоразнообразия, так и являются базой для проведения целого ряда прикладных и фундаментальных исследований [1]. Особую значимость имеют коллекции микроскопических водорослей и цианобактерий [2].

Коллекция водорослей и цианобактерий Башкортостана – Bashkortostan Collection of Algae and Cyanobacteria (BCAC) была создана на базе лаборатории экологии водорослей им. Л.С.Хайбуллиной в Башкирском государственном педагогическом университете им. М.Акмуллы (БГПУ им. М.Акмуллы). В 2012 году коллекция была зарегистрирована в World Federation of Culture Collections (WFCC) (WDCM 1023) [3]. В коллекции представлены как аутентичные штаммы (т.е. по ним описаны виды) эукариотических водорослей, так и штаммы водорослей и цианобактерий, выделенные альгологами БГПУ им. М.Акмуллы из разнообразных местообитаний по всему миру: из почв и микробиотических ко-

рочек Южно-Уральского региона, национальных парков Grand Staircase-Escalante National Monument (штат Юта, США) и Great Smoky Mountains (штаты Теннесси – Северная Каролина, США), грунтов острова Короля Георга (Антарктика), вулканических почв и грунтов полуострова Камчатка вблизи вулканов Мутновский и Горелый и др. [6-10].

Для представления информации о коллекции ВСАС российским исследователям была создана русскоязычная версия электронного каталога. Электронный каталог «Коллекция водорослей и цианобактерий Башкортостана (Bashkortostan Collection of Algae and Cyanobacteria)» является информационной системой, содержащей сведения о штаммах и является составной частью веб-ресурса algae.su. Высокая производительность базового веб-ресурса (сайта) обеспечивается хостинг-провайдером, вычислительная площадка которого располагается на одном из крупнейших дата-центров России. Благодаря этому обеспечивается безотказность работы ресурса и возможность обслуживания большого числа пользователей.

Базовый веб-ресурс располагает всеми необходимыми механизмами для полноценной работы каталога, например, такими как авторизация пользователей, работа с базой данных, размещение фотографий и других файлов, а также других необходимых сервисов. Основная задача сводилась к созданию отдельного раздела сайта – каталога.

Титульная страница электронного каталога ВСАС обеспечивает пользователей полной информацией о коллекции с описаниями и фотографиями штаммов. Для перехода на неё в адресной строке браузера необходимо набрать адрес [www.algae.su/bcac](http://www.algae.su/bcac).

Размещение новых данных и редактирование уже имеющейся информации в базе данных каталога возможно, если пользователь обладает учетной записью с правами модератора коллекции. Эта учётная запись предоставляет доступ к той части информационного ресурса, которая связана только с электронным каталогом ВСАС. Для размещения новых фотографий или других типов файлов, используемых в каталоге, необходима учетная запись, которая дополнительно наделена правами на загрузку таких файлов на сервер.

Пользователь с учётной записью модератора коллекции получает доступ к специальной странице, которая располагает удобным для пользователя интерфейсом, необходимой для редактирования и добавления новой информации в базу данных каталога.

Для создания каталога электронный депозитарный комплекс был построен в архитектуре «распределённый сервер», оптимальной для работы с большими базами данных. При разработке системы создана структура базы данных, обладающая избыточностью информации. Одни и те же данные хранятся параллельно в нескольких таблицах. Это способствует увеличению скорости выборки данных при больших объемах запросов и поиска. Вторым достоинством такого подхода является повышение надежности базы данных. Разработанная структура электронного депозитария отражает структуру параметров самой коллекции, в том числе и метаданных, используемых для поддержания и развития коллекции.

При создании каталога ВСАС выполнено описание альгологически чистых культур и выполнены фотографии штаммов в высоком качестве. Штаммы под номерами 1-229 являются аутентичными, номерами 230-357 обозначены штаммы с молекулярно-генетической идентификацией, номерами 367-1220 – остальные штаммы. Для штаммов коллекции имеются фотографии с увеличением в 1000 раз, выполненные на световом микроскопе Axio ImagerA2 с реализацией ДИК-контраста.

На первом этапе создания каталога было проанализировано 258 штаммов, из них 88 штаммов было внесено в электронный депозитарий [4]. Из этих 88 штаммов 62 штамма являются аутентичными (то есть по ним описаны виды). В основном это представители зеленых водорослей (84 штамма), желтозеленые водоросли представлены 2 штаммами и цианобактерии – также 2 штаммами. Каталог содержит следующую информацию (рисунок 1):

1. Номер штамма в ВСАС, название вида и фамилию(-и) автора(-ов).
2. Сведения о базиониме (первоначальном названии), синонимах и предыдущих названиях штамма.
3. Аутентичность.
4. Аббревиатура среды, на которой поддерживается штамм.
5. Способ хранения.
6. Год сбора материала, из которого был выделен данный штамм.
7. Изолятор (исследователь, выделивший штамм).
8. Местообитание с указанием страны и конкретной местности.
9. Субкультуры.
10. Публикации о виде и штамме.
11. Примечания (при необходимости).
12. Фотография.

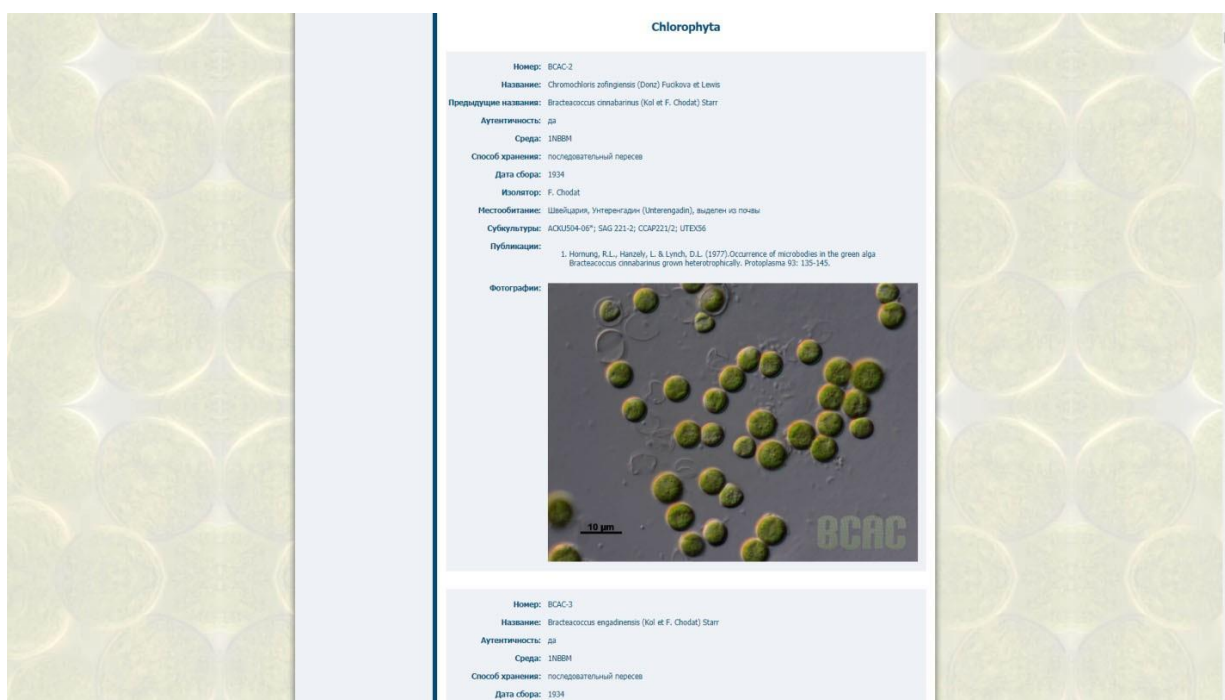


Рисунок 1. Информация о штамме *Chromochloris zofingiensis* на странице каталога ВСАС

В период с 2015 по 2019 годы были выделены штаммы наземных водо- рослей и цианобактерий с территории Приайской увалисто- волнистой равнины Башкирии, Курильских островов (Уруп, Парамушир, Итуруп и Симушир) [5] и вулканических почв Камчатки вблизи вулканов Авачинский, Толбачинский и Шивелуч. В настоящее время идет описание и внесение этих штаммов в кол- лекцию.

В ближайшем будущем предполагается увеличение числа штаммов, вне- сенных в электронный депозитарий ВСАС, а также создание англоязычной вер- сии депозитария. В результате предполагается усиление позиций коллекции как международного научно-образовательного центра и ресурсной базы для био- технологических исследований.

#### Список использованных источников:

1. Гайсина Л.А., Фазлутдинова А.И., Кабиров Р.Р. Современные методы выде- ления и культивирования водорослей: учебное пособие. Уфа: Издательство БГПУ, 2008 а. 152 с.
2. Friedl T., Lorenz M. The Culture Collection of Algae at Göttingen University (SAG): a biological resource for biotechnological and biodiversity research //Procedia Environmental Sciences. 2012.15. P. 110–117.
3. [http://www.wfcc.info/ccinfo/collection/by\\_id/1023](http://www.wfcc.info/ccinfo/collection/by_id/1023)
4. <https://www.algae.su/bcac>
5. Pchibaeva K.V., Kunsbaeva D.F., Allaguvatova R.Z., Fazlutdinova A.I., Polokhin O.V., Sibirina L.A., Gontcharov A.A., Singh P., Gaysina L.A. Preliminary data about algae and cyanobacteria of volcanic soils on Kuril islands //Theoretical and Applied Ecology. Issue 4. P. 119-126. 2018. doi: 10.25750/1995-4301-2018-4-119-126.
6. Суханова Н.В., Фазлутдинова А.И., Хайбуллина Л.С. Диатомовые во- доросли почв городских парков // Почвоведение. 2000. № 7. С. 840-846.
7. Gaysina L., Němcová Y., Škaloud P., Eliáš M., Ševčíková T. CHLOROPYRULA URALIENSIS GEN. ET SP. NOV. (TREBOUXIOPHYCEAE, CHLOROPHYTA), A NEW GREEN COCCOID ALGA WITH A UNIQUE ULTRASTRUCTURE, ISOLATED FROM SOIL IN SOUTH URALS // Acta Phytotaxonomica Sinica. 2013. T. 51. № 4. С. 476-484.
8. Сафиуллина Л.М., Фазлутдинова А.И., Бакиева Г.Р. Толерантность почвенных водорослей EUSTIGMATOS MAGNUS (B.PETERSEN) HIBBERD (EUSTIGMATOPHYTA) и HANTZSCHIA AMPHIOXYS (EHRENBERG) GRUNOW IN CLEVE ET GRUNOW (BACILLARIOPHYTA) к воздействию тяжелых металлов // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 6 (100). С. 609-610.
9. Фазлутдинова А.И., Суханова Н.В. Состав диатомовых водорослей в зоне влияния нефтепромышленных комплексов // Экология. 2014. № 3. С. 197.
10. Бакиева Г.Р., Гайсина Л.А., Сафиуллина Л.М., Пурина Е.С. Анализ особенностей пространственной организации альгоценозов лесных экосистем Южно-Уральского государственного природного

заповедника (ЮУГЗ) // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 6 (100). С. 57- 59.



**МИНОБРНАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АКМУЛЛЫ»**

# **СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
VII МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ КОНКУРС-КОНФЕРЕНЦИИ**

**Уфа - 2019 г.**

УДК 581.5  
ББК 28.58  
С 56

**Современные аспекты изучения экологии растений:** материалы VII Международной молодежной конкурс-конференции. – Уфа : ООО «Первая типография», 2019. – 100 с.



Печатается при поддержке Благотворительного фонда «УРАЛ»

**Знак информационной продукции 10+**

**ISBN 978-5-6042678-5-1**

*В сборнике размещены статьи участников конкурса-конференции. Опубликованные работы содержат сведения об экологии высших растений, цианобактерий и водорослей, рассмотрены вопросы фитомониторинга окружающей среды, использования растений для приготовления функциональных напитков. Сборник представляет интерес для ботаников, альгологов, микробиологов, биотехнологов, экологов. Будет полезен бакалаврам, магистрантам, аспирантам биологических специальностей в своей учебно-исследовательской деятельности.*

Ответственный редактор: Н.В.Суханова, д.б.н., доцент кафедры биоэкологии и биологического образования БГПУ им. М.Акмуллы.

Технический редактор: С.Р. Ходжазода, магистрант 2-го курса кафедры биоэкологии и биологического образования БГПУ им. М.Акмуллы.

Сборник зарегистрирован в системе РИНЦ.

УДК 581.5  
ББК 28.58

**ISBN 978-5-6042678-5-1**

Департамент непрерывного педагогического образования БГПУ им. М. Акмуллы, 2019

**Олейникова Д.В.<sup>1</sup>, Суханова Н.В.<sup>2</sup>**

*1 – студентка ФГБОУ ВО БГПУ им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия*

*2 – научный руководитель, д.б.н., доцент БГПУ им. М. Акмуллы*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУСПЕНЗИИ *CHLORELLA VULGARIS* BEIJER В КАЧЕСТВЕ СТИМУЛЯТОРА РОСТА ТЕПЛИЧНЫХ КУЛЬТУР**

Применение удобрений в сельском хозяйстве имеет важное значение для повышения урожайности и пищевой ценности сельскохозяйственных культур. Удобрение это – химическое или природное вещество, которое вносят в почву для увеличения ее плодородия [4]. Нарушение агрохимических и гигиенических регламентов применения удобрений приводит к накоплению их в почве, растениях, что, также загрязняет продовольственное сырье и пищевые продукты, оказывая тем самым токсическое действие на организм человека.

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства и резкого повышения антропогенного воздействия на окружающую среду, в частности, на почвенный покров, значительно возрастает роль биологических факторов повышения плодородия почв и их рекультивации. Большую роль в этом может сыграть умелое использование и регулирование развития почвенной

биоты, постоянной и существенной составляющей которой являются водоросли и цианобактерии [3, 6].

Способность цианобактерий и зеленых водорослей улучшать физиологическую активность и развитие растений дает перспективы использования их на практике [1, 5]. Важным моментом является также то, что биологические препараты позволяют получать экологически чистую продукцию.

Впервые цианобактерии рода *Nostoc* использовали китайцы 2000 лет назад, чтобы выжить во время голода [2].

В качестве стимулятора роста овощных культур мы использовали суспензию одноклеточной зеленой водоросли *Chlorella vulgaris*, которая имеет широкое распространение в естественных и техногенных местообитаниях и используется в качестве тест-объекта в биомониторинге окружающей среды [7-13]. Для оценки влияния жидкой суспензии *Chlorella vulgaris* на всхожесть, количество и скорость образования завязей, цветков, плодоношения перца овощного (*Capsicum annuum* L.) нами проведено исследование в условиях закрытого грунта в целях установления перспектив использования данной технологии.

Эксперимент проводили в несколько этапов.

Культуру водоросли выращивали на питательной среде Болда следующего состава (к 940 мл дистиллированной воды добавляется по 10 мл каждого из 6 растворов макро- и по 1 мл каждого из 4 растворов микроэлементов): растворы макроэлементов:  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_3\text{HPO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaCl}$ ; растворы микроэлементов: EDTA, KOH,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Накопительную культуру водоросли выращивали в колбах на 250 мл при искусственном свете до достижения плотности суспензии  $2 \times 10^6$  кл/мл среды.

В подготовленные чашки Петри помещали по два слоя фильтровальной бумаги и по 25 семян в двух повторностях. В 2 чашки добавили по 10 мл суспензии водорослей концентрации  $2 \times 10^6$  кл/мл среды, в 2 чашки по 10 мл суспензии –  $1 \times 10^6$  кл/мл среды, в 2 чашки по 10 мл среды Болда, которая служила контролем. Всхожесть семян определяли по формуле:

$$A = v/B \times 100\%,$$

где A – всхожесть, энергия прорастания семян,

B – общее количество семян, взятых для проращивания,

v – количество проросших семян.

На 10 день опыта определяли энергию прорастания семян в чашках Петри. В контроле со средой Болда энергия прорастания составила 26%, с суспензией *Chlorella vulgaris* концентрации  $1 \times 10^6$  кл/мл среды – 42%, с суспензией *Chlorella vulgaris* концентрации  $2 \times 10^6$  кл/мл среды – 38% (рис.1). Энергия прорастания семян, обработанных суспензией концентрации  $1 \times 10^6$  кл/мл среды на 16% больше, чем у контрольных, а энергия прорастания семян, обработанных суспензией концентрации  $2 \times 10^6$  кл/мл среды на 12% больше, в сравнении с контролем.

Всхожесть семян определяли на 20 день постановки опыта. Всхожесть составила: контроль – 88%, суспензия концентрации  $1 \times 10^6$  – 90%, суспензия концентрации  $2 \times 10^6$  – 94%. Всхожесть семян, обработанных суспензией в кон-

центрации  $2 \times 10^6$  на 6% больше (рис. 2), чем у контрольных образцов, а всхожесть семян, обработанных суспензией концентрации  $1 \times 10^6$  на 2% больше чем в контроле.

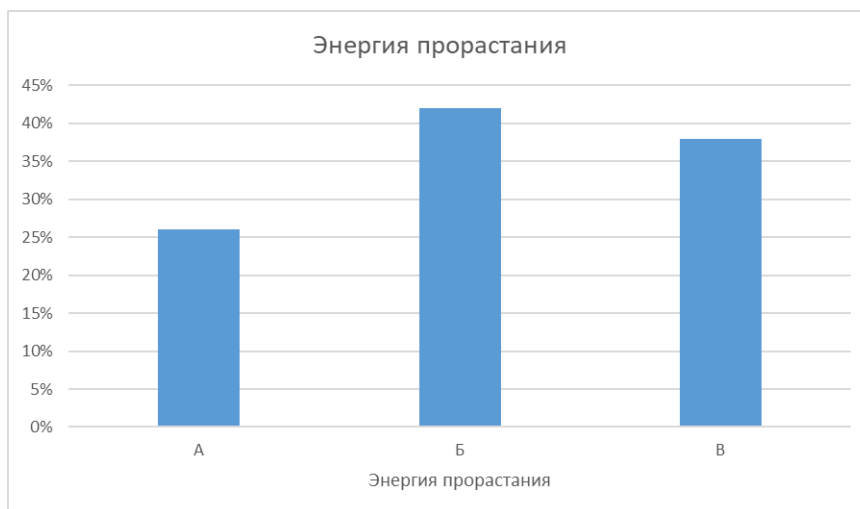


Рисунок 1. Определение энергии прорастания семян перцев, обработанных:

А – средой Болда (контроль), Б – суспензией *Chlorella vulgaris* концентрации  $1 \times 10^6$  кл/мл среды, В – суспензией *Chlorella vulgaris* концентрации  $2 \times 10^6$  кл/мл среды. Еп – энергия прорастания.

Таким образом, можно сделать вывод: хлорелла оказывает стимулирующее действие на энергию прорастания и всхожесть семян растений перца овощного.

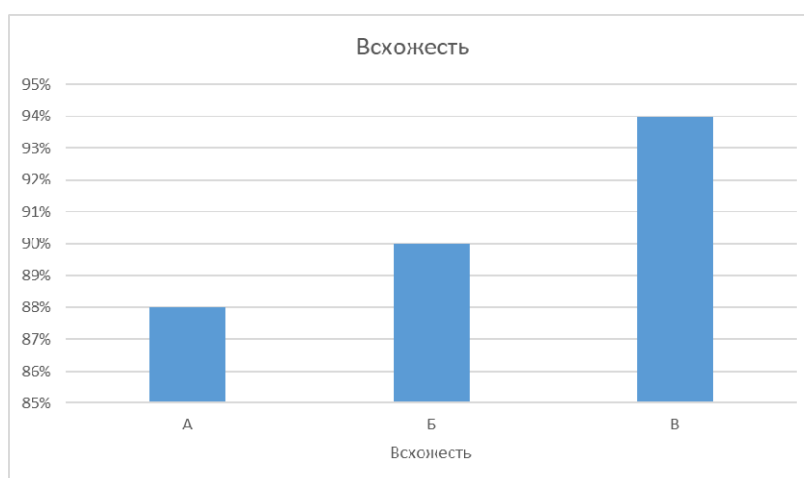


Рисунок 2. Всхожесть семян перцев. Обозначения такие же, как на рис.1.

Рассада перцев была высажена в открытый грунт 5 мая 2018 г., выращивание осуществлялось в теплице на индивидуальном садовом участке в районе станции Юматово Уфимского района Республики Башкортостан. В процессе роста опытные образцы перца подкармливали 2 раза по 1000 мл на корень, путем полива растения суспензией клеток хлореллы, разведенной в воде 1,5 л суспензии на 20 л воды. Контрольные перцы суспензией хлореллы не обрабатывались, но вместо суспензии использовали питательную среду Болда, чтобы исключить влияние макро- и микроэлементов, на которых выращивалась хлорелла. Кроме того, полив опытных и контрольных образцов проводили водопроводной водой с одинаковой периодичностью и объемом.



Опытные растения, обработанные суспензией, из эксперимента, проводимого в теплице, отличались ранним и большим образованием завязей (рис. 3) и цветков (рис. 4) по сравнению с контролем.

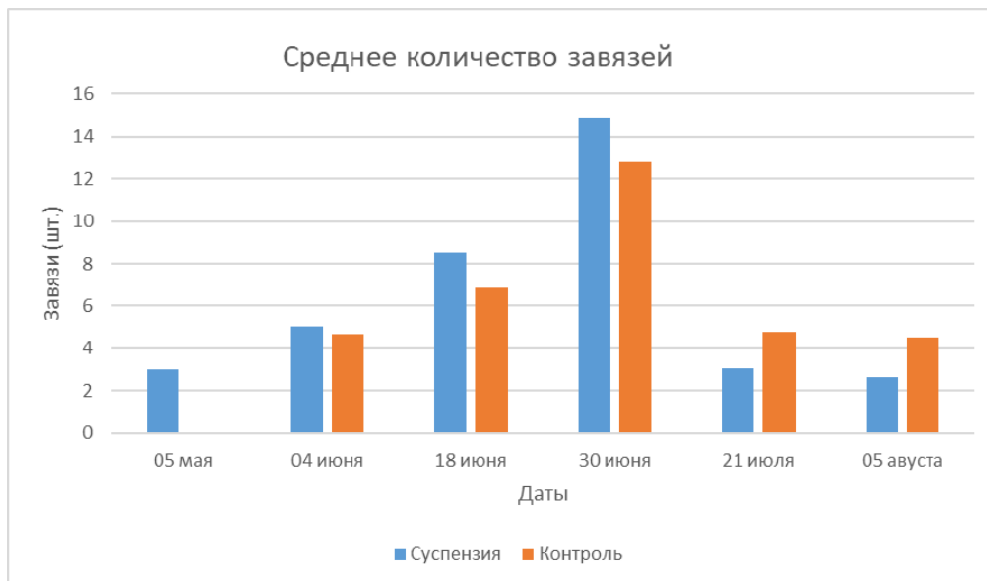


Рисунок 3. Образование завязей перца в зависимости от времени.

Примечание: Суспензия – растения перца, обработанные суспензией *Chlorella vulgaris* в концентрации  $2 \times 10^6$  кл/мл среды, Контроль – средой Болда.

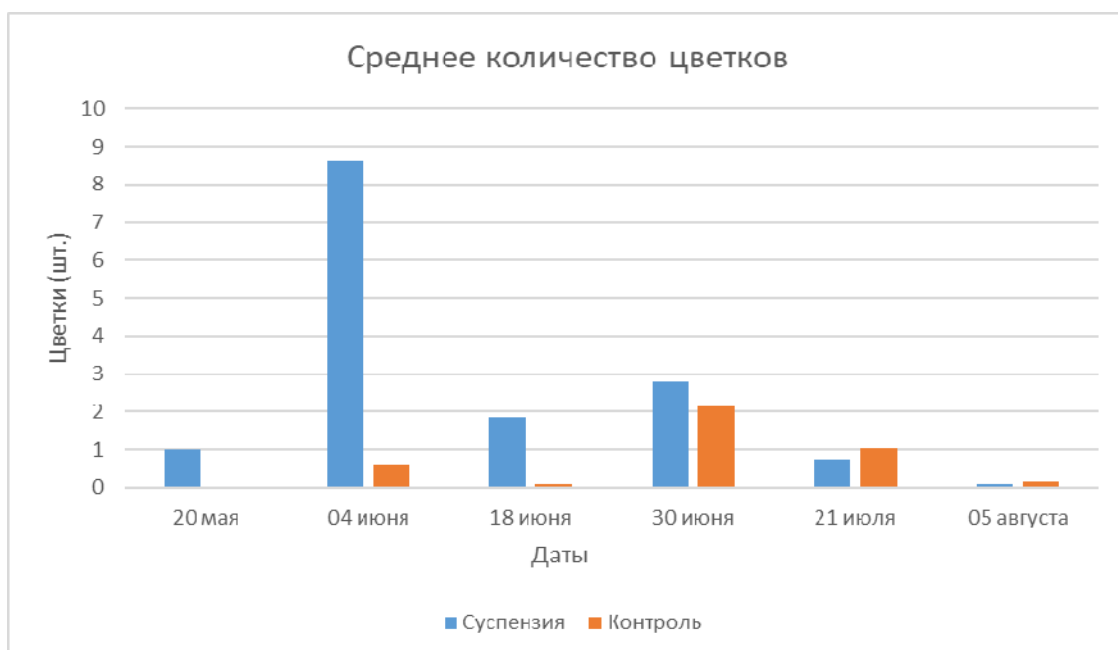


Рисунок 4. Образование цветков перца в зависимости от времени.

Обозначения такие же, как на рис. 3.

Воздействие хлореллы привело также к повышению урожайности (рис. 5). Так, образование плодов первой группы перцев началось на 30 дней раньше (рис. 5), чем у контрольной группы, а конец плодоношения наступил в одно время.



Рисунок 5. Образование плодов перца в зависимости от времени. Обозначения такие же, как на рис. 3.

Урожай перцев опытной группы растений был на 44% выше урожая контрольной группы растений.

Также, у контрольной группы растений 25 августа образовалась гниль на листьях и плодах. На перцах, обработанных суспензией гнили не было, что свидетельствует об укреплении иммунитета растений.

Суспензия *Chlorella vulgaris*, в данном эксперименте, оказала стимулирующее воздействие на семена перца, выраженное в более раннем прорастании семян, в сравнении с контрольной группой перцев, большим образованием завязей и цветков, повышении урожайности. У практического использования хлореллы есть будущее.

Таким образом, использование хлореллы не только в глобальной сельскохозяйственной деятельности, но также в частных приусадебных хозяйствах имеет перспективное значение, так как является источником биологически активных веществ, позволяющих повысить продуктивность, урожайность, иммунитет растений.

#### Список использованных источников:

1. Grzesik1 M., Romanowska-Duda Z. Ability of Cyanobacteria and Green Algae to Improve Metabolic Activity and Development of Willow Plants// Polish Journal of Environmental Studies. 2015. Vol. 24. N 3. P. 1003-1012.
2. Pauline Spolaore, Claire Joannis-Cassan, Elie Duran, Arsène Isambert. Commercial Applications of Microalgae//Journal of Bioscience and Bioengineering. 2006. Vol. 101. N 6. P. 201-211. 1389-1723.
3. Водоросли. Справочник / Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. и др. - Киев: Наук. думка, 1989, - 608 с. ISBN 5-12-000486-5
4. Словарь по географии. 2015. [https://geography\\_ru.academic.ru/7420](https://geography_ru.academic.ru/7420)
5. Кабиров Р.Р., Гайсина Л.А., Суханова Н.В., Краснова В.В. Биотехнологические аспекты использования микроскопических водорослей и циано-

бактерий// Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 7. С. 128-129.

6. Хайбуллина Л.С., Суханова Н.В., Кабиров Р.Р. Флора и синтаксономия почвенных водорослей и цианобактерий урбанизированных территорий. Уфа: АН РБ, Гилем, 2011. 216 с.

7. Суханова Н.В. Сукцессии почвенных водорослей городских свалок твердых бытовых отходов (Уфа) // Ботанический журнал. 1996. Т. 81. № 2. С. 54-60.

8. Суханова Н.В., Зайцев Г.А., Кулагин А.Ю. Вертикальное распределение почвенных водорослей в насаждениях сосны обыкновенной и лиственницы Сукачева в условиях нефтехимического загрязнения // Лесоведение. 2002. № 1. С. 65-69.

9. Суханова Н.В. Цианобактериально-водорослевые ценозы почв урбанизированных территорий Южно-Уральского региона. Автореферат дис. ...

доктора биологических наук. Уфа: Изд-во Башкир. гос. ун-т, 2016. 34 с.

10. Хайбуллина Л.С., Суханова Н.В., Кабиров Р.Р., Соломещ А.И. Синтаксономия сообществ почвенных водорослей Южного Урала // Альгология. 2004. Т. 14. № 3. С. 261-275.

11. Кабиров Р.Р., Гайсина Л.А., Сафиуллина Л.М. Использование универсальных критериев при оценке экологического состояния почвенных альгоценозов // Экология. 2010. № 4. С. 266-270.

12. Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А., Гареева Г.Б., Маркелова Е.М., Кабиров Р.Р., Ханисламова Г.М., Фазлутдинова А.И. Использование многокомпонентной тест-системы для экологической оценки регулятора роста Стифун // Агрехимия. 2013. № 3. С. 65-71.

Кабиров Р.Р., Киреева Н.А., Кабиров Т.Р., Дубовик И.Е., Якупова А.Б., Сафиуллина Л.М. Оценка биологической активности нефтезагрязненных почв с помощью интегрального показателя // Почвоведение. 2012. № 2. С. 184

**МИНОБРНАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АКМУЛЛЫ»**

# **СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
VII МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ КОНКУРС-КОНФЕРЕНЦИИ**

**Уфа - 2019 г.**

УДК 581.5  
ББК 28.58  
С 56

**Современные аспекты изучения экологии растений:** материалы VII Международной молодежной конкурс-конференции. – Уфа : ООО «Первая типография», 2019. – 100 с.



Печатается при поддержке Благотворительного фонда «УРАЛ»

**Знак информационной продукции 10+**

**ISBN 978-5-6042678-5-1**

*В сборнике размещены статьи участников конкурса-конференции. Опубликованные работы содержат сведения об экологии высших растений, цианобактерий и водорослей, рассмотрены вопросы фитомониторинга окружающей среды, использования растений для приготовления функциональных напитков. Сборник представляет интерес для ботаников, альгологов, микробиологов, биотехнологов, экологов. Будет полезен бакалаврам, магистрантам, аспирантам биологических специальностей в своей учебно-исследовательской деятельности.*

Ответственный редактор: Н.В.Суханова, д.б.н., доцент кафедры биоэкологии и биологического образования БГПУ им. М.Акмуллы.

Технический редактор: С.Р. Ходжазода, магистрант 2-го курса кафедры биоэкологии и биологического образования БГПУ им. М.Акмуллы.

Сборник зарегистрирован в системе РИНЦ.

УДК 581.5  
ББК 28.58

**ISBN 978-5-6042678-5-1**

Департамент непрерывного педагогического образования БГПУ им. М. Акмуллы, 2019



Хабирова З.Р.<sup>1</sup>, Суханова Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – студентка ЕГФ Башкирский государственный педагогический университет  
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup> – научный руководитель, д.б.н., доцент БГПУ им. М. Акмуллы

## УСТОЙЧИВОСТЬ *CHLORELLA VULGARIS* BEIJER В ВОДНО-СПИРТОВОМ РАСТВОРЕ

### Введение

В настоящее время культура *Chlorella vulgaris* является лучшим биологическим объектом для изучения. Это обусловлено тем, что культура имеет множество преимуществ перед другими биологическими объектами. *Chlorella vulgaris* распространена почти по всему миру, что делает ее доступным биологическим объектом [1, 7-10]. Для роста и развития достаточно наличие воды с микроэлементами, свет, углекислый газ. В благоприятных условиях хлорелла размножается достаточно быстро, что делает ее прекрасным кандидатом на роль тест-объекта при биотестировании [2, 3, 11-13]. Благодаря таким свойствам *Chlorella vulgaris* хорошо изучена, что позволило использовать ее в различных отраслях. Ее используют в биотехнологии в качестве источника природных белков, жиров, углеводов, витаминов, пигментов и ферментов [3]. Суспензия культуры нашла широкое применение в животноводстве [4]. Клетки данной культуры имеют свойство аккумулировать из воды различные химические элементы, причем коэффициенты их накопления достаточно высоки и поэтому их используют как биологические очистители [5]. Так же при изучении водорослей была выявлена реакция хлореллы на широкий спектр токсикантов. В их числе гербициды, пестициды, соли тяжелых металлов, фосфаты. Способность зеленых водорослей улучшать физиологическую активность и развитие растений, следовательно, культуру можно использовать в качестве стимулятора для растений.

Но влияние спиртов на водоросли до сих пор не была изучена. Поэтому в данной работе проводился эксперимент по влиянию этилового спирта на культуру *Chlorella vulgaris* Beijer.

### Материалы и методы

Культуру *Chlorella vulgaris* выращивали на питательной среде Болда следующего состава (к 940 мл дистиллированной воды добавляется по 10 мл каждого из 6 растворов макро- и по 1 мл каждого из 4 растворов микроэлементов): растворы макроэлементов:  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_3\text{HPO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaCl}$ ; растворы микроэлементов: ЕДТА,  $\text{KOH}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Водоросли выращивали в колбах на 250 мл при искусственном свете на люминистате при комнатной температуре (22-24<sup>0</sup>С).

Для выявления размерных или морфологических изменений, происходящих в клетках *Chlorella vulgaris* под воздействием этилового спирта, оценивали диаметр клеток и состояние протопласта.

Приготовили раствор из суспензии культуры и этилового спирта в разных концентрациях: 0,01%; 0,05%; 0,1%; 0,2%; 0,5%; 1%; 2%, 3%. Контролем служила среда Болда и суспензия *Chlorella vulgaris*.

Просмотр проводили на микроскопе OLYMPUS CX23 через 10 дней после постановки эксперимента. Полученные данные по диаметрам клеток были обработаны в программе Excel.

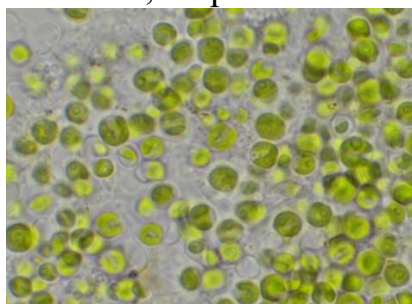
### Результаты и обсуждение

На 10-е сутки наблюдали изменение внутреннего содержимого клеток культуры. При концентрации 0,01% произошло уменьшение размера клетки на 10%; 0,05% – на 1,3%; 0,1% – 11,3%; 0,2% – 13,2%; 0,5% – 19,3%; 1% – 23,5%; 2% – 75,3%. При концентрации спирта 3% в растворе суспензии живых клеток хлореллы обнаружено не было.

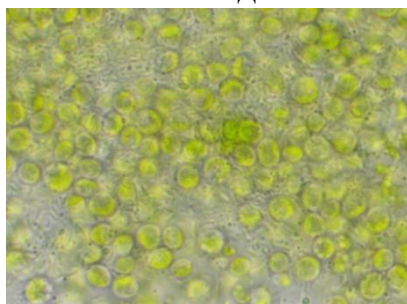
Во всех концентрациях наблюдалось отхождение протопласта от клеточной стенки и обесцвечивание клеток хлореллы (фото 1).

На основании значений средней арифметической диаметра клеток *Chlorella vulgaris* построена гистограмма влияния этилового спирта на морфометрические показатели водоросли (рис 1).

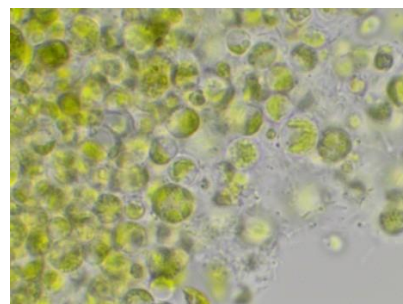
На графике видно, что с увеличением концентрации спирта диаметр клеток уменьшался. Проба концентрации 2% оказала наиболее сильное воздействие на клетки. Концентрация спирта 3% для *Chlorella vulgaris* оказалась летальной, в пробе живых клеток не наблюдалось.



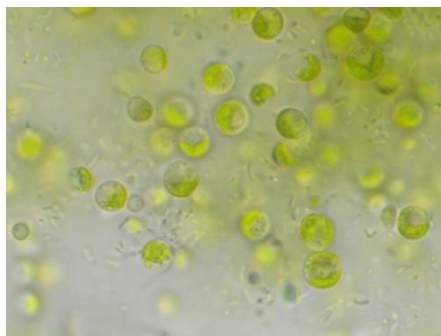
а



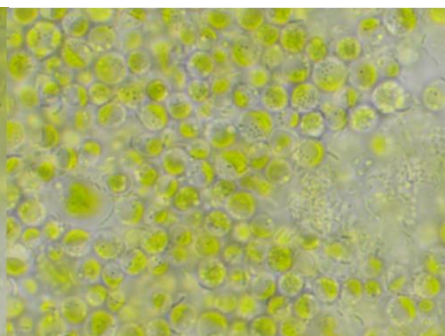
б



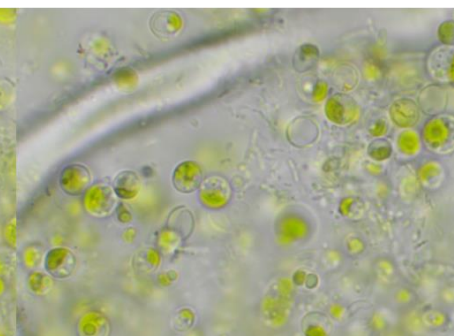
в



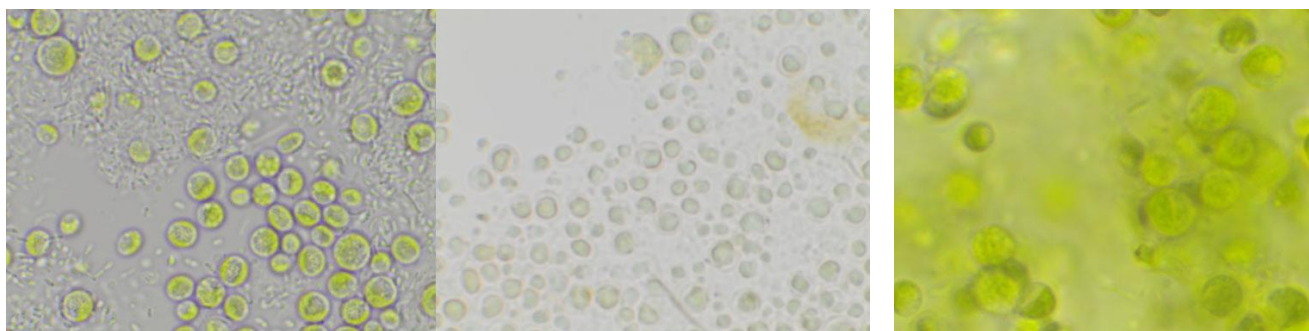
г



д



е



Ж

З

И

Фото 1: Влияние водно-спиртового раствора на структуру клеток хлореллы.

Примечание. а – концентрация спирта 0,01%; б – 0,05%; в – 0,1%; г – 0,2%; д – 0,5%; е – 1%; ж – 2%; з – 3%, и - контроль.

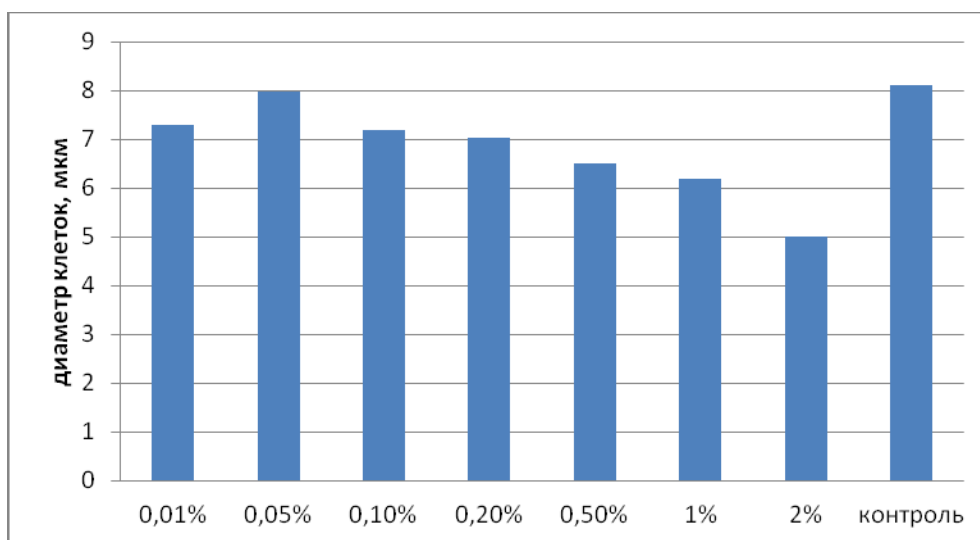


Рисунок 1. Влияние этилового спирта на диаметр клеток *Chlorella vulgaris*.

### Заключение

В ходе проведенного эксперимента было выявлено, что этиловый спирт неблагоприятно влияет на культуру *Chlorella vulgaris*. Губительная концентрация этилового спирта является 3%. Кроме того, во всех образцах с внесением спирта было установлено изменения морфологии клеток *Chlorella vulgaris* (плазмолиз), а также уменьшение размеров клеток и обесцвечивание.

### Список использованной литературы

1. *Chlorella vulgaris* как тест-объект для оценки генотоксичности факторов окружающей среды. Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/2165649/page:16>.
2. Д.С.Дворецкий, С.И.Дворецкий, М.С.Темнов, Е.В.Пешков, Е.И.Акулинин. Технология получения липидов из микроводорослей. Тамбов // Изд. ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. 14 с.

3. Л.А.Гайсина, Р.Р.Кабиров. Биотехнологические аспекты использование микроскопических водорослей и цианобактерии // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 7. С. 129.
4. Н.И.Богданов. Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных. Пенза, 2-е изд.перераб. и доп., 2007. 16 с.
5. Библиотека о водорослях, лишайниках и мохообразных. Режим досту- па: <http://volimo.ru/books/item/f00/s00/z0000018/st064.shtml>
6. Grzesik M., Romanowska-Duda Z. Ability of Cyanobacteria and Green Algae to Improve Metabolic Activity and Development of Willow Plants// Polish Journal of Environmental Studies. 2015. Vol. 24. N 3. P. 1003-1012.
7. Суханова Н.В. Сукцессии почвенных водорослей городских свалок твердых бытовых отходов (Уфа) // Ботанический журнал. 1996. Т. 81. № 2. С. 54-60.
8. Суханова Н.В., Зайцев Г.А., Кулагин А.Ю. Вертикальное распределе- ние почвенных водорослей в насаждениях сосны обыкновенной и лиственницы Сукачева в условиях нефтехимического загрязнения // Лесоведение. 2002. № 1. С. 65-69.
9. Суханова Н.В. Цианобактериально-водорослевые ценозы почв урбани- зированных территорий Южно-Уральского региона. Автореферат дис докто- ра биологических наук. Уфа: Изд-во Башкир. гос. ун-т, 2016. 34 с.
10. Хайбуллина Л.С., Суханова Н.В., Кабиров Р.Р., Соломещ А.И. Син- таксономия сообществ почвенных водорослей Южного Урала // Альгология. 2004. Т. 14. № 3. С. 261-275.
11. Кабиров Р.Р., Гайсина Л.А., Сафиуллина Л.М. Использование универ- сальных критериев при оценке экологического состояния почвенных альгоце- нозов // Экология. 2010. № 4. С. 266-270.
12. Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А., Гареева Г.Б., Маркелова Е.М., Кабиров Р.Р., Ханисламова Г.М., Фазлутдинова А.И. Использование многоком- понентной тест-системы для экологической оценки регулятора роста Стифун // Агрехимия. 2013. № 3. С. 65-71.
13. Кабиров Р.Р., Киреева Н.А., Кабиров Т.Р., Дубовик И.Е., Якупова А.Б., Сафиуллина Л.М. Оценка биологической активности нефтезагрязненных почв с помощью интегрального показателя // Почвоведение. 2012. № 2. С. 184.