V
International Conference
„ACTUAL PROBLEMS IN MODERN PHYCOLOGY"

3 – 5 November, 2014
Chisinau, Moldova

CZU 582.26(082)=135.1=111=161.1
A 16

ORGANIZING COMMITTEES

Chairman **Victor Salaru**, prof., Moldova State University, Chisinau;
Co-Chair **Solomon Vaser**, corr. mb. NAS of Ukraine, prof., University of Haifa, Israel;
Co-Chair **Valeriu Rudic,** acad. ASM, prof., Institute of Microbiology and Biotechnology of the ASM, Chisinau;
Tsarenko Petro, prof., Institute of Botany NAS of Ukraine, Kiev;
Secretary **Natalia Donţu**, PhD, Moldova State University, Laboratory "Phycology ", Chisinau.

ORGANIZING COMMITTEE MEMBERS

Dobrojan Sergiu, PhD, State University of Moldova, Chisinau;
Trofim Alina, PhD, State University of Moldova, Chisinau;
Zosim Liliana, PhD, State University of Moldova, Chisinau;
Gheorghiţă Cristina, Researcher, State University of Moldova, Chisinau;
Semeniuc Eugen, Researcher, State University of Moldova, Chisinau;
Stratulat Irina, Researcher, State University of Moldova, Chisinau.

SCIENTIFIC COMMITTEE

Salaru Vasile, Corr. mb. ASM, prof., Moldova State University, Chisinau;
Cărăuş Ion, prof., Bacău University, Romania;
Lesanu Mihai, PhD, Assoc. prof., Dean of the Faculty of Biology and Soil Science, State University of Moldova, Chisinau;
Ungureanu Laurentia, prof. - Institute of Zoology of the ASM, Chisinau;
Vinogradova Oxana, prof., Institute of Botany of NAS of Ukraine, Kiev;
Kostikov Igor, prof., Kiev National University. "T. Shevchenko" Kiev;
Klocenko Petru, prof., Institute of Hydrobiology National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev;
Voloshko Ludmila, prof., Institute of Botany Academy of Sciences, St. Petersburg;
Tkacenko Fedor, prof., Odessa State University in Ukraine;
Birsan Ana, PhD, Assoc. prof., State University of Moldova, Chisinau;
Grabco Nadejda, PhD, Assoc. prof., State University of Moldova, Chisinau;
Nedbaliuc Boris, PhD, Assoc. prof., Tiraspol State University, Chisinau;
Cepoi Liliana, PhD, Institute of Microbiology and Biotechnology of the ASM, Chisinau.

Descrierea CIP a Camerei Naţionale a Cărţii

„Actual problems in modern phycology", Conferinţă Internaţională (5; 2014; Chişinău).
V International Conference „Actual problems in modern phycology", 3-5 nov., 2014 Chisinau, Moldova / org. com.: Victor Salaru [et al.]; scientific com.: Salaru Vasile [et al.]. – Chişinău: CEP USM, 2014. – 272 p.
Antetit.: Moldova State Univ., Acad. of Sci. of Moldova, Fac. of Biology and Soil Science. – Texte: lb. rom., engl., rusă. – Bibliogr. la sfârşitul art. – 50 ex.

ISBN 978-9975-71-577-5.

582.26(082)=135.1=111=161.1

A 16

ISBN 978-9975-71-577-5

© USM, 2014

CUPRINS

Iurie BACALOV, Sergiu DOBROJAN, Aurelia CRIVOI, Irina BACALOV
INFLUENȚA *SPIRULINEI PLATENSIS* CULTIVATĂ PE APE REZIDUALE DE LA COMPLEXELE DE BOVINE ASUPRA TIROIDEI ÎN DEREGLĂRILE IODDEFICITARE.....7

Elena BORYSOVA
SOME FEATURES OF DIVERSITY AND DISTRIBUTION OF THE *CHARALES* SPECIES IN UKRAINE.....15

Valentina BULIMAGA, Liliana ZOSIM, Maria PISOVA, Vasile ŞALARU, Olga ŢURCANU, Alina TROFIM
ELABORAREA SCHEMEI TEHNOLOGICE DE OBTINERE A UNOR PRINCIPII BIOACTIVE DIN BIOMASA DE ALGE CIANOFITE.....20

Ioan CĂRĂUŞ
ASPECTS FROM THE ALGOLOGICAL RESEARCH IN ROMANIA.....23

Liliana CEPOI
STATUTUL ANTIOXIDANT ÎN CORELARE CU COMPONENȚA BIOCHIMICĂ A BIOMASEI UNOR MICROALGE ÎN CONDIȚII DE TEHNOLOGII INTENSIVE.....30

Natalia CIUBUC, Nadejda GRABCO
STUDIERIA POSIBILITĂȚII DE UTILIZARE A CULTURILOR DE ALGE ÎN CALITATE DE STIMULATORI AI RIZOGENEZEI LA PLANTELE DECORATIVE 38

Sergiu DOBROJAN, Irina STRATULAT, Vasile ŞALARU, Alina TROFIM, Galina DOBROJAN
THE INFLUENCE OF LIGHT ON MORPHOLOGICAL CHANGES OF BLUE-GREEN ALGAE *NOSTOC GELATINOSUM* (SCHOUSB) ELENKAND *CYLINDROSPERMUM LICHENIFORME* (BORY) KÜTZ. (CYANOPHYTA).....45

Sergiu DOBROJAN, Irina STRATULAT, Victor ŞALARU, Galina DOBROJAN
EFFECT OF LIGHT ON THE PROCESS OF BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION IN BLUE-GREEN ALGAE *NOSTOC GELATINOSUM* (SCHOUSB) ELENK.AND *CYLINDROSPERMUM LICHENIFORME* (BORY) KÜTZ. (CYANOPHYTA).....50

Natalia DONŢU, Vasile ŞALARU, Victor ŞALARU, Irina STRATULAT, Alina TROFIM, Sergiu DOBROJAN
SELECTAREA MEDIULUI OPTIMAL PENTRU CULTIVAREA SPECIEI *NOSTOC GELATINOSUM* (SCHOUSB.) ELENK. 56

Boris NEDBALIUC
CARACTERISTICA ECOLOGICĂ A ALGOFLOREI RÂULUI ICHEL 62

Tudor POPESCU, Vasile ŞALARU, Victor ŞALARU, Sergiu DOBROJAN, Baghdad OUDDANE, Andruh NELEA, Suzanah RABODONORINA
UTILIZAREA ALGEI *CYLINDROSPERMUM LICHENIFORME* ÎN PROCESUL DE EPURARE A APELOR REZIDUALE ORĂŞENEŞTI 69

Valeriu RUDIC, V. CUŞNIR, Serghei ANDRONIC, Lilia DUMBRĂVEANU, Vitalie CUŞNIR
EFICIENŢA TRATAMENTULUI DEGENERESCEŢEI MACULARE LEGATE DE VÂRSTĂ LA ADMINISTRAREA PREPARATULUI BIOR 79

Valeriu RUDIC, Svetlana DJUR, Liliana CEPOI, Tatiana CHIRIAC, Ludmila RUDI, Svetlana CODREANU, Viorica GHELBET
NOI PREMIXURI FURAJERE ÎN BAZA BIOMASEI DE SPIRULINĂ CU SELEN 82

Daniela SADOVNIC, Liliana CEPOI, Ludmila RUDI, Ana VALUŢA, Tatiana CHIRIAC, Svetlana CODREANU, Vera MISCU, Angela COJOCARI
ACTIVITATEA ANTIOXIDANTĂ A PREPARATULUI ETANOLIC ÎN BAZA BIOMASEI *DE PORPHYRIDIUM CRUENTUM*.....89

Victor ŞALARU, Victor MELNIC
DEPENDENŢA STRUCTURII TAXONOMICE A ALGELOR EDAFICE PĂSTRATE TIMP ÎNDELUNGAT ÎN CONDIŢII DE ANHIDROBIOZĂ DE PARTICULARITĂŢILE ECOLOGICE A BIOTOPULUI.....95

Irina STRATULAT, Sergiu DOBROJAN, Victor ŞALARU
CULTIVAREA ALGEI *NOSTOC FLAGELLIFORME* (BERK ET. CURT) ELENK. DUPĂ METODA SEMICONTINUĂ 102

Alina TROFIM, Victor ŞALARU
STRUCTURA TAXONOMICĂ ŞI MODIFICAREA COMUNITĂŢILOR DE ALGE EDAFICE DIN SOLURILE DE SERĂ ALGALIZATE CU *ANABAENOPSIS* SP 108

Petro TSARENKO, Elena BORYSOVA
THE IBASU-A COLLECTION OF ALGAL STRAINS AS BIORESOURCES FOR BIODIESEL PRODUCTION 114

Laurentia UNGUREANU, Ion TODERAS, Daria TUMANOVA, Grigore UNGUREANU
DIVERSITY AND FUNCTIONING OF PHYTOPLANKTON IN THE DUBASARI WATER ACCUMULATION RESERVOIR 118

Елена БЕЛОУС, София БАРИНОВА
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ НИЖНЕГО УЧАСТКА р. ЮЖНЫЙ БУГ ПО ФИТОПЛАНКТОНУ 127

Инна БИВОЛ, Анна БЫРСАН, Виктор ШАЛАРУ
ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ВОДОРОСЛЕЙ МОЛДОВЫ.....132

Анастасия БЛАГОДАТНОВА, Алла КУЛЯТИНА
СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНО-ВОДОРОСЛЕВЫХ ЦЕНОЗОВ ПРИ ОСВОЕНИИ ПЕРВИЧНЫХ СУБСТРАТОВ (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ СЕЛО КАРАМ).....140

А. Б. БОРОВКОВ, И. Н. ГУДВИЛОВИЧ
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ КАРОТИНОИДОВ ШТАММАМИ IBSS-1 И IBSS-2*DUNALIELLASALINA* TEOD. В ИНТЕНСИВНОЙ КУЛЬТУРЕ.....146

Галина ВИНЯРСКАЯ, Оксана БОДНАР, Анна СТАНИСЛАВЧУК, Василий ГРУБИНКО
НАКОПЛЕНИЕ СЕЛЕНА В ЛИПИДАХ *CHLORELLA VULGARIS* BEIJER. *(CHLOROPHYTA) IN VITRO* 153

Евгений Е. ГАЕВСКИЙ
ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ВОДОРОСЛЕВЫХ СООБЩЕСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ 159

Людмила ГАПОНОВА
ВОДОРОСЛИ КАК ЭНДОСИМБИОНТЫ ЦЕНТРОХЕЛИДНЫХ СОЛНЕЧНИКОВ (CENTROHELEA CAVALIER-SMITH, 1993) 163

В. П. ГЕРАСИМЮК
МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ВОДОРОСЛИ БЕНТОСА ВОДОЕМОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ (УКРАИНА) И ПРИЛЕГАЮЩИХ К НИМ АКВАТОРИЙ ЧЕРНОГО МОРЯ 168

Е. Б. ГОЛЬДИН
ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЦИАНОБАКТЕРИЙ НА КОЛОРАДСКОГО ЖУКА В СВЕТЕ ГИСТОПАТОЛОГИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ 174

Ирина ДУБОВИК
ЭПИФИТНЫЕ ЦИАНОПРОКАРИОТЫ И ВОДОРОСЛИ В СООБЩЕСТВАХ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ 179

Любовь КОНДАКОВА, Людмила ДОМРАЧЕВА
СПЕЦИФИКА ЭКОТОННОГО АЛЬГО-ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА ОПУШКИ ЛЕСА 184

А.Ф. КРАХМАЛЬНЫЙ
DINOPHYTA ВОДОХРАНИЛИЩА «ДЕНЫШИ» (ЖИТОМИРСКАЯ ОБЛАСТЬ, УКРАИНА) 187

Л.К. КУХАЛЕИШВИЛИ
ОБЗОР ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ БАССЕЙНА Р. АРАГВИ 194

Тамара А. МАКАРЕВИЧ, Ирина В. САВИЧ
ФИТОПЛАНКТОН И ФИТОПЕРИФИТОН В РАЗНОВОЗРАСТНЫХ КАРЬЕРНЫХ ВОДОЕМАХ ОТРАБОТАННЫХ МЕЛОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (БЕЛАРУСЬ).....199

Ю. П. МАЛАХОВ
РОД *CHROMULINA* CIENK. В СТРУКТУРЕ АЛЬГОФЛОРЫ УКРАИНЫ.....205

М.А. МАМКАЕВА
ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ХИТРИДИЕВОГО ГРИБА *RHIZOPHYDIUM MAMMILATUM* (BRAUN) FISHER– ПАРАЗИТА ЖЕЛТОЗЕЛЕНОЙ ВОДОРОСЛИ *TRIBONEMA GAYANUMPASH* 209

А. Н. МИРОНЮК, Ткаченко Ф. П. ТКАЧЕНКО
РАСПРОСТРАНЕНИЕ EUGLENOPHYTA В МАЛЫХ РЕКАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ.....214

Ольга ПИРОГОВА
АЛЬГОФЛОРА ПОЙМЕННЫХ БИОЦЕНОЗОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ».....221

Евгений СЕМЕНЮК, Виктор ШАЛАРУ
ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ СЕВЕРНЫХ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА 226

Наталья СУХАНОВА
ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНО-ВОДОРОСЛЕВЫХ ЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ 232

Альфия ФАЗЛУТДИНОВА, Ева СУГАЧКОВА
РАЗНООБРАЗИЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМ 238

П.М. ЦАРЕНКО
СОВРЕМЕННОЕ ПОНЯТИЕ, ТРАКТОВКА И ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СТАТУС ГРУППЫ КОККОИДНЫХ ЗЕЛЕНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ.....246

В.М. ШАЛАРЬ, В.В. ШАЛАРУ, Л. УНГУРЕАНУ
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛЪГОФЛОРЫ МОЛДОВЫ.....251

Марина ШАРИПОВА
ВОДОРОСЛИ ПОЙМ РЕК ГОРНОГО УРАЛА 259

Фаина ШКУНДИНА, Динара САХАБУТДИНОВА
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ФЛОРИСТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИНДИКАТОРНЫХ СООБЩЕСТВ ВОДОРОСЛЕЙ 266

INFLUENŢA *SPIRULINEI PLATENSIS* CULTIVATĂ PE APE REZIDUALE DE LA COMPLEXELE DE BOVINE ASUPRA TIROIDEI ÎN DEREGLĂRILE IODDEFICITARE

Iurie BACALOV, Sergiu DOBROJAN, Aurelia CRIVOI, Irina BACALOV
Universitatea de Stat din Moldova,
str. M. Kogâlniceanu 65A, tel. 022 57 75 71,
E-mail: iurabacalov@mail.ru

Abstract. This study reflects the current status of thyroid diseases in the Republic of Moldova, as well as research of plant preparations with biostimulating action when are in the body. Administration of amino acid extract of spirulina grown on wastewater from bovine complexes in concentration of 5% contributes to the normal functioning of the endocrine system and other organs, particularly have effective action on the functional status of the thyroid gland in insufficientiodinedisorders that are expressed by maintaining the normal limits of triiodothyronine and thyroxine in this pathology.

Introducere

În Republica Moldova patologia glandei tiroide ocupă locul II în rândul patologiilor endocrine şi deţine o pondere de 32% din numărul total de boli endocrine. În perioada 2000-2006 numărul bolnavilor cu patologia glandei tiroide a crescut de două ori. Hipotiroidia primară clinică ocupă o pondere de 5-6% din populaţia feminină şi 1-2% din populaţia masculină.

Două puncte maxime în apariţia acestei patologii sunt perioada de pubertate şi vârsta de 50-80 de ani. Aceste persoane se tratează printr-o terapie combinată, de fiecare dată personalizată, pentru că cauzele hipotiroidiei pot fi diferite. În cazul insuficienţei de iod hipotiroidia se tratează cu preparate care conţin această substanţă. Dar sunt şi cazuri când hipotiroidia este cauzată de hipofiză (în urma traumelor sau hemoragiilor craniene) care îşi reduce producţia de hormoni tireotropi, destinaţi stimulării sintezei hormonilor tiroidieni, precum şi creşterii şi proliferării celulelor tiroidiene. În acest caz, pe lângă preparatele care conţin iod, se administrează şi alte preparate, pentru a reface producţia de hormoni tiroidieni proprii [1, 5].

Există remedii homeopatice excelente atât pentru pacienţii care suferă de hipotiroidie cât şi pentru pacienţii suferinzi de hipertiroidie. Remediile homeopatice sunt preparate dintr-o varietate foarte mare de substanţe din natură, cum ar fi plantele, mineralele, substanţele chimice şi extractele animale. Aceste remedii stimulează sistemul imunitar şi hormonal, astfel permite să-şi regăsească echilibrul şi oferă vindecare de lungă durată, nu doar palierea temporară a simptomelor.

Una din plantele inferioare bogată în iod şi substanţe biologic active este *Spirulina platensis.* Alga *Spirulina platensis* are un conţinut major de proteine (proteide), aminoacizi, vitamine, lipide, glucide, fermenţi, fitohormoni, iod, fer, natriu etc. şi prezintă o sursă medicamentoasă importantă. Spirulina are proprietatea de a consuma micro şi macro elementele introduse în mediu nutritiv acumulându-le în biomasă care, la rândul ei, manifestă o activitate curativă în tratarea celor mai diverse maladii. Pentru obţinerea biomasei algei *Spirulina platensis,* care poate fi utilizată în vaste domenii,trebuie respectate mai multe condiţii tehnologice de cultivare dintre care loc de frunte i se atribuie preparării mediilor nutritive. La cultivarea algei *Spirulina platensis* sunt utilizate medii minerale tradiţionale care sunt costisitoare dar şi medii compuse din ape reziduale de la bovine ce sunt accesibile, ieftine şi cu un conţinut semnificativ de micro şi macroelemente necesare pentru dezvoltarea algei [3].

Astfel, scopul prezentei cercetări este de a analiza influenţa biomasei algei *Spirulina platensis,* cultivată pe ape reziduale de la bovine, asupra glandei tiroide în dereglările ioddeficitare.

Material şi metode

Cercetările au avut loc în cadrul laboratorului „Ecofiziologie Umană şi Animală" şi „Algologie" a Universităţii de Stat din Moldova. Studiile experimentale s-au realizat pe şobolanii albi de laborator, de ambele sexe, cu greutatea corporală cuprinsă între 200-250 g. Investigaţiile s-au montat pe 40 şobolani care au fost divizaţi în mod egal în 4 loturi experimentale: 1 lot fiind de control, lotul 2 – cu administrare de tiocianat, lotul 3 – cu administrare de extract aminoacidic din biomasa algei *Spirulina platensis* şi lotul 4 – cu administrare de tiocianat + extractul aminoacidic din biomasa algei *Spirulina platensis*.

Modelul hipotiroidismului s-a obţinut prin administrarea tiocianatului 20 mg/100g. Testarea hormonilor – prin metoda imunofermentativă.

Extractul aminoacidic din biomasa algei *Spirulina platensis*, colectată de pe mediu compus din ape rezidual de la bovine (în concentraţia de 5% obţinute prin diluţia fecalelor de la bovine cu apa distilată), a fost obţinut conform procedurii chimice de extragere cu etanol (recalculat la doza de 70 mg biomasă algală/1 kg masa corporală).

Rezultate şi discuţii

Hormonii tiroidieni sunt singurii compuşi ce conţin iod cu semnificaţie fiziologică bine precizată. Când organismul are nevoie de hormoni tiroidieni, glanda tiroidă captează iodul din sânge şi îl converteşte în hormoni tiroidieni care sunt stocaţi şi eliberaţi în circulaţie la nevoie. Hormonii tiroidieni realizează controlul asupra proceselor vitale de bază ale organismului la toate etapele de ontogeneză. Unul dintre efectele principale ale hormonilor constă în reglarea vitezei şi direcţiei proceselor metabolice, care în ansamblu cu alţi hormoni determină eficacita-

tea modificărilor specifice necesare pentru acomodarea organismului la acţiunea factorilor de diferită natură [7].

Investigaţiile efectuate privind funcţia glandei tiroide au evidenţiat o variabilitate amplă a conţinutului T_3, T_4 la bolnavii cu diferite forme de tiroidită autoimună şi au demonstrat că nu întotdeauna există o concordanţă între nivelul hormonilor tiroidieni şi tabloul clinic. Compararea conţinutului hormonilor tiroidieni cu clinica diverselor forme de tiroidită autoimună permite a considera că hormonii glandei tiroide pot servi ca test diagnostic în cazul:

- micşorării reciproce esenţiale a ambilor hormoni ai glandei tiroide sau a unuia din ei la prezenţa tabloului clinic al hipotiroidiei;
- majorării reciproce a hormonilor glandei tiroide sau a unuia din ei, micşorării nivelului de TSH cu evoluarea tabloului clinic al hipertiroidiei.

Când ambii hormoni tiroidieni sau unul din ei se determină în limitele normale, dacă tabloul clinic al hipotiroidiei nu este exprimat, atunci criteriu pentru diagnosticul diferenţial serveşte TSH-ul.

Conform unor cercetări e posibil că scăderea concentraţiei hormonilor tiroidieni mărturiseşte despre importanţa influenţei nervoase trofice asupra sensibilităţii celulelor foliculare de tip A la acţiunea stimulatoare a tireotropinei. Astfel, nivelul scăzut de hormoni tiroidieni în fluxul sanguin (hipotiroidia) duce la afectarea creierului, a procesului de dezvoltare şi la alte efecte nocive, cunoscute ca maladii ioddeficitare. Principalele măsuri de profilaxie a maladiilor ioddeficitare sunt legate de iodarea sării de bucătărie şi a altor produse alimentare.

Triiodotironina este forma biologică activă de hormon tiroidian a glandei tiroide, 1/3 sau 1/5 din valoarea totală a hormonilor tiroidieni produşi de glanda tiroidă în sânge sunt în formă de triiodtironină.

T_3 traversează organismul prin fluxul sanguin şi ajută celulele să convertească oxigenul şi caloriile în energie. Triiodotironina circulă legată de proteinele serice, fracţiile libere răspunzătoare de efectele biologice fiind de 0,4% pentru T_3. Rata producţiei totale zilnice de T_3 la adult este de 80-200 ng/dl sau 1,23-3,08 nmol/l. Degradarea T_3 se realizează mai ales prin deiodinare, mult mai rapid decât T_4-aproximativ 75% pe zi.

Acest hormon exercită efecte metabolice în diferite ţesuturi ale organismului prin creşterea consumului de oxigen şi a producţiei de căldură ca rol principal, dar are şi efecte specifice pe diferite organe cum ar fi creşterea frecvenţei şi debitului cardiac, creşterea activităţii digestive, efecte scheletice ce contribuie la creşterea şi modelarea oaselor, controlul centrului respirator, efecte pe musculatură, sistem nervos. Toate aceste efecte sunt mărite în hipertiroidism şi diminuate în hipotiroidism, fiind direct răspunzătoare de tabloul clinic specific.

În sistemul hipofizo-tiroidian pot avea loc variaţii în conţinutul hormonilor iodaţi în rezultatul acţiunii unui şir întreg de factori, inclusiv particularităţile individuale ale animalelor (masa, vârsta, sexul), anotimpul, hrana [6].

Analizând nivelul hormonilor tiroidieni în serul sangvin la şobolanii martori, s-a observat că concentraţia hormonilor de tiroxină (T_4), triiodtironină (T_3) determinată în experienţe, corespunde datelor din literatură [2].

Tabelul 1.

Concentraţia triiodtironinei (T_3) în dereglările ioddeficitare la şobolanii albi de laborator pe fondul administrării extrasului din spirulină

Hormonul	**Martor**	**Tiocianat de K^+**	**Extract aminoacidic din *Spirulina platensis***	**Tiocianat de K^+ + extract aminoacidic din *Spirulina platensis***
Numărul (n)	10	10	10	10
T_3 (nmol/l)	2,63 ± 0,12	1,54 ± 0,17	2,3 ± 0,15	2,14 ± 0,17

Concentraţia hormonilor cercetaţi în serul sangvin diferă. Cea mai înaltă a fost concentraţia tiroxinei, iar nivelul triiodtironinei fiind mai mic. Datele obţinute în acest lot corespund cu cantităţile de hormoni secretate zilnic de organismul şobolanilor.

E cunoscut că pentru sinteza acestor hormoni tiroida trebuie să primească, în afara altor constituenţi, cantităţi adecvate de iod exogen.

Concentraţia triiodtironinei în plasma sangvină la şobolanii albi de laborator se micşorează în lotul cu hipotireoză experimentală până la 1,54 ± 0,17 nmol/l, iar în lotul mixt nivelul este de 2,14 nmol/l ± 0,17, comparativ cu martorii care ating valoarea de 2,63 ± 0,12 nmol/l. Rezultatele obţinute de noi sunt comparabile cu rezultatele obţinute conform studiului lui Raddeti G. Unde se observă scăderea concentraţiei triiodtironinei în loturile experimentale, primind denumirea de „sindromul nivelului scăzut al triiodtironinei".

T_3 este în principal responsabil de acţiunile hormonilor tiroidieni la nivelul diverselor organe ţintă. Concentraţia serică de T_3 reflectă mai mult starea funcţională a ţesuturilor periferice, decât performanţa secretorie a glandei tiroide.

După părerea unor specialişti, diminuarea concentraţiei în sânge a hormonilor tiroidieni iodaţi induce amplificarea producţiei şi secreţiei hormonului tireotrop, rezultând evident, activarea glandei tiroide.

Numeroase surse ştiinţifice indică despre faptul că reacţia glandei tiroide la acţiunea de scurtă durată a tiocianatului este instabilă, în general reversibilă, iar după încetarea acţiunii acestuia, glanda tiroidă revine rapid la starea iniţială [7].

Se poate menţiona că extractul aminoacidic din spirulină crescută pe ape reziduale de la bovine are o acţiune evidentă asupra stării funcţionale a tiroidei ce se exprimă printr-o tendinţă de normalizare a statutului hormonal tiroidian.

Tiroxina este un hormon tiroidian care are ca acţiune creşterea metabolismului bazal şi are rol în procesele morfogenetice, de creştere şi diferenţiere celulară şi tisulară. Această acţiune se manifestă foarte pregnant la nivelul sistemului nervos.

Eliberarea T_4 este inhibată în primul rând de iod, mecanism responsabil de îmbunătăţirea rapidă a funcţiei tiroidiene în hipertiroidii, odată cu administrarea acestuia. Prin ingestia unei cantităţi mari de iod, se reduce producţia de tiroxină şi funcţia tiroidiană.

Rata de producţie a T_4 este de 5,4-11,5 mcg/dl sau 57-148 nmol/l pe zi, întreaga cantitate fiind produsă la nivelul tiroidei. Rata de degradare a T_4 este de aproximativ 10% pe zi.

Producerea şi funcţionarea hormonului tiroidian se bazează pe un sistem de feedback al organismului. Atunci când nivelul de T_4 din circulaţie scade, hipotalamusul eliberează tirotropina, care stimulează la rândul ei eliberarea de TSH de către glanda pituitară.

Dacă tiroida nu produce o cantitate suficientă de T_4, atunci pacientul va prezenta simptome ale hipotiroidismului: creşterea în greutate, ten uscat, intoleranţă la frig şi oboseală.

Dacă T_4 se găseşte în exces, ritmul funcţionării organismului va creşte şi vor apărea simptome ale piertiroidismului, precum creşterea pulsului, stare de anxietate, pierderea în greutate, insomnia, tremur a mâinilor, umflături şi iritarea ochilor.

Plantele bogate, precum spirulina în compuşi de iod, vitamine şi alte principii biologic active (elemente de care duc lipsă bolnavii hipotiroidieni) sunt numeroase şi alegerea lor, a modului şi dozei corecte conduc la creşterea nivelului de tiroxină din sânge.

Conform unor cercetări, analiza concentraţiei în plasma sangvină a hormonilor tiroidieni iodaţi a demonstrat că tiocianatul micşorează sinteza şi secreţia lor. Diminuarea concentraţiei T_4 şi T_3 corelează cu doza şi durata acţiunii tiocianatului [4].

Aprecierea activităţii biologice a produselor iodate cercetate a fost efectuată în baza indicilor care reflectă starea funcţională a glandei tiroide a şobolanilor. În acest scop, în serul animalelor experimentale a fost determinat nivelul hormonilor glandei tiroide – triiodtironină (T_3) şi tiroxină (T_4).

Rezultatele cercetărilor indică, că la administrarea cantităţilor majore de iod are loc micşorarea secreţiei hormonilor T_3 şi T_4 în raport cu grupa de şobolani, cărora li s-a administrat o doză de iod. Aceasta poate fi explicată prin capacitatea glandei tiroide de a acumula iod, şi posibil, concentraţiile mari de iod sânt expulzate din organism prin intermediul rinichilor.

Tabelul 2.

Concentraţia tiroxinei (T_4) în dereglările ioddeficitare la şobolanii albi de laborator pe fondul administrării extrasului din spirulină

Hormonul	Martor	Tiocianat de K^+	Extract aminoacidic din *Spirulina platensis*	Tiocianat de K^+ + extract aminoacidic din *Spirulina platensis*
Numărul (n)	10	10	10	10
T_4 (nmol/l)	71,51 ± 4,22	56,95 ± 3,21	69,94 ± 2,83	66,29 ± 4,59

Conform rezultatelor obţinute concentraţia tiroxinei în plasma sangvină la şobolanii albi de laborator scade în loturile experimentale comparativ cu lotul martor la care se înregistrează o concentraţie de T_4 egală cu 71,51 ± 4,22 nmol/l, dar totodată rezultatele rămânând în limitele normei ($P<0,05$).

Tiroxina este principalul hormon secretat de glanda tiroidă, provenind din tiroglobulină şi care se obţine de asemenea prin sinteză. Secreţia de tiroxină este crescută în tireotoxicoze şi diminuată în mixedem. Ea deţine un rol important în sistemul hipotalamo-hipofizar de reglare a tiroidei şi are influenţă asupra metabolismului general.

Concentraţia tiroxinei în plasma sangvină a şobolanilor se modifică puţin, aceasta se datorează faptului că glanda tiroidă acumulează rezerve suficient de mari de tireoglobulină iodată în lumenul foliculelor şi poatesecreta hormoni tiroidieni în circuitul sangvin chiar şi după stoparea procesului de organificare aiodului la acţiunea tiocianatului.

Din numeroase surse ştiinţifice aflăm că tiocianaţii inhibă specific captarea iodului şi blochează iodinarea tirozinei şi formarea tironinelor.

Având o rază ionică similară cu cea a iodului, tiocianaţii pot substitui şi deplasa iodul din combinaţiile sale. Ei împiedică în acest mod acumularea iodului în tiroidă, precum şi căutarea iodului marcat. Creşterea aportului de iod restabileşte însă capacitatea funcţională a tiroidei.

Cercetările efectuate pe animale de laborator cu hipotirioză experimentală indusă au demonstrat, că introducerea extractului cercetat de noi contribuie la restabilirea nivelului hormonilor tiroidieni (T_3 şi T_4), a conţinutului de iod în glanda tiroidă şi a activităţii funcţionale a tireocitelor. Penând, la administrarea în raţia alimentară a unei cantităţi înzecite de iod în raport cu norma fiziologică (timp de 42 zile) nu au fost depistate dereglări hormonale, modificări morfologice sau acumulări excesive de iod în glanda tiroidă [8].

De asemenea, se poate de menţionat că iodul este un component esenţial al hormonilor tiroidieni şi insuficienţa lui e urmată de insuficienţă tiroidiană. Fiind implicat în producerea hormonilor tiroidieni, el participă în toate acţiunile acestora: rolul cheie în metabolismul celular, în procesul de creştere şi diferenţiere a tuturor organelor şi în particular a creierului. Tulburări atribuite deficitului de iod sunt guşa, hipotiroidie (activitate diminuată a glandei), creştere în greutate, palpitaţii, scăderea temperaturii corpului şi schimbări de comportament.

Tiroxina (T_4) este principalul hormon secretat de glanda tiroidă, deţine un rol important în sistemul hipotalamo-hipofizar de reglare a tiroidei şi are influenţă asupra metabolismului general, dar reprezintă şi o componentă fiziologică a circuitului de reglare a glandei tiroide. Dacă tiroida nu produce o cantitate suficientă de T_4 , atunci pacientul va prezenta simptome ale hipotiroidismului.

Concluzie:

Extrasul aminoacidic din biomasa alge *Spirulina platensis*, colectată de pe ape reziduale de la bovine, are activitate antioxidantă înaltă, conţine o serie de principii active care contribuie la funcţionarea normală a sistemului endocrin şi a altor organe, în deosebi are o acţiune eficientă asupra stării funcţionale a glandei tiroide în dereglările ioddificitare. Astfel, putem constata că biomasa algei *Spirulina platensis* cultivată pe ape reziduale de la bovine prezintă un adjuvant în terapia hipotiroidismului primar.

Bibliografie

1. Anestiadi Z., Darciuc L. Cu privire la epidemiologia afecţiunilor glandei tiroide în Republica Moldova. În: Materialele conferinţei ştiinţifice a colaboratorilor şi studenţilor, USMF "N.Testemiţanu". Zilele universităţii, Chişinău, 1998, 190 p.
2. Corlăteanu A., Dudnic E., Gaidei N. Starea morfofuncţională a glandei tiroide a şobolanilor albi la administrarea dozelor toxice de tiocianat. În: Conferinţa a X-a Ştiinţifică Internaţională cu genericul Bioetica, Filozofia, Economia şi Medicina în strategia de asigurare a securităţii umane. Universitatea de Stat de Medicină şi Farmacie „N.Testemiţanu". Chişinău. p.296-299.
3. Dobrojan S. Modificările morfofiziologice şi biochimice ale algei *Spirulina platensis* (Nordst.) Geitl.cultivate pe ape reziduale şi utilizarea ei. Teza dr. în biol., Chişinău, 2011, 139 p.
4. Dudnic N. Perspectiva utilizării extractului din Junglas Regia în prevenirea dereglărilor ioddificitare. Autoreferatul tezei de doctor în biologie. Chişinău: Centrul Editorial-Poligrafic al USM, 2009, 30 p.
5. Friptuleac Gr., Şalaru I. Probleme de sănătate determinate de factorii de mediu în Republica Moldova // Materialele Conferinţei Naţionale " Sănătatea în relaţie cu mediul ". Chişinău, 2001. p. 5-11.

6. MelnicB., Gaidei N., Dudnic E., Paladi E., Budeanu L. Caracteristica activităţii secretorie a glandei tiroide la Rattus Norvegicus pe fondul consumului sporit de rodanid. Conferinţa internaţională „Актуальные проблемы современного образования и науки”, Comrat, 2007, c. 41-48.
7. Moşin V. Patologia glandei tiroide. În: Cuplul infertil, baze ştiinţifice şi aspecte clinice. Chisinau, 2001. p.217-224.
8. Туракулов Я. Х. Обмен йода и тиреоидные гормоны в норме и при патологии. В: Проблемы эндокринологии, 1986, т. 32, № 5, с.78 – 85.

SOME FEATURES OF DIVERSITY AND DISTRIBUTION OF THE *CHARALES* SPECIES IN UKRAINE

Elena BORYSOVA
M.G. Kholodny Institute of Botany,
NAS of Ukraine, Tereshchenkivska 2, 01601, Kyiv, Ukraine,
oborysova@yandex.ru

Abstract: The species composition of Ukrainian charophytes is given on the basis of summarized published and original data. At present, there are 41 species from 6 genera known in the flora of Ukraine, namely: Chara L. (25), Nitella C. Agardh (9), Tolypella (A. Braun) A. Braun (4), Lamprothamnium papulosum (Wallr.) J. Groves, Lychnothamnus barbatus (Meyen) Leonh., and Nitellopsis obtusa (Desv. in Loisel.) J. Groves. The distribution pattern of the Charales species is discussed.
Key words: Charales, species diversity, distribution, Ukraine

Introduction

Ukraine is the third largest country in Europe. It borders with Russia in the east and northeast, Belarus in the north, Poland, Slovakia, Hungary, Romania and Moldova in the west and southwest. In the south it is washed by the Black and Azov seas. The present relief of Ukraine is determined by its geological structure, formed over a long geological time and represented by flat lowlands (70%), plateaus (25%), and mountains of low and medium heights (5%). There are more then 72,000 rivers, 27,000 ponds and reservoirs, 8,000 lakes. Dnipro, the biggest river of Ukraine, divides the territory in two parts which are traditionally called right bank and left bank areas. There are such physiographic zones as Mixed-Forest which represented only Ukrainian Polissia including 5 regions: Volyn, Zhytomyr, Kyiv, Chernigiv, Novgorod-Siversk Polissia as well as Forest-Steppe and Steppe [8].

The main types of water bodies of the Ukrainian Polissia are lakes (karsts and post-glacial in the northwestern part, flood-lands everywhere), ponds, reservoirs, bogs, rivers. Mineralization of hydrocarbonate-calcium water is from 100-200 mg/l in west to 233-389 mg/l in east. Forest-Steppe zone is characterized by an alternation of meadow-steppes with forests. Water bodies are transient between the Forest and Steppe ones. Average mineralization is 200-400 up to 3,000 mg/l. The main characters of Steppe zone are lack of humidity, high mineralization of ground water (up to 10-50 mg/l) and sulfate and chloride–sulfate type of water [8]. The main types of water bodies of the zone are rivers and reservoirs, large irrigation systems and estuaries of large rivers, as well as shallow bays and lagoons of Azov and Black seas which we consider as separate natural zone.

The aim of the work is to give an overview of the diversity and distribution of the *Charales* species in Ukraine.

Material and methods.

An analysis of the diversity and distribution of charophytes were conducted on the basis of herbarium materials: 150 samples fixed by 4% formaldehyde and exsiccate collected by Ukrainian botanists throughout Ukraine territory in 1938-1987 [7] and more then 800 ones in 1998-2010 (partly published [2–6,10,]). The material is stored in M.G. Khlodny Institute of Botany of National Academy of Sciences of Ukraine. Charophyte specimens were identified according to Manuals on charopytes of Ukraine [7] and Europe [14].

Results and discussions.

At present 41 species of *Charales* are recorded in the flora of Ukraine based on summarized published and original data. These are 25 species of the genus *Chara* L., 9 species of the genus *Nitella* C. Agardh, 4 species of the genus *Tolypella* (A.Braun) A. Braun, and one species of each of the genera *Lamprothamnium* J. Groves, *Lychnothamnus* (Rupr.) Leonh. emend. A. Braun, *Nitellopsis* Hy. All the species are listed below with the types of ecosystems in which they occurred and the number of occurrence (* – species cited from literature records [7, 9, 15]).

Characeae:*Charaarcuatofolia* Vilh. – small lakes, pools (5); *C. aspera* Dethard. ex Willd.– lakes, brackish bays and lagoons of sea (20); *C. braunii* C.C. Gmelin* – shallow ponds (including fish-breeding ponds), rivers (7); *C. canescens* Desv. et Loisel. in Loisel. – shallow brackish lakes (12); *C. connivens* Salzm. ex A. Braun – ponds, rivers (9); *C. contraria* A. Braun in Kütz. – lakes, ponds, rivers (24); *C. dominii* Vilh.*– lake (1); *C. intermedia* A. Braun (=*C. aculeolata* Kütz. in Rchb.) – lakes, ponds, canales, brackish bays and lagoons of sea (34); *C. fischeri* Mig.* – pool, spring (2); *C. fragifera* Durieu* – lakes (2); *C.globularis* Thuill. (=*C. fragilis* Desv. in Loisel.) – lakes, ponds, rivers, ditches (106); *C. galioides* DC.* – salt marsh (1); *C.gymnophylla* A. Braun* – rivers (6); *C. hispida* L. – lakes, ponds, bays, lagoons (12); *C.horrida* Wahlst.* – bays of sea (1); *C. muscosa* J. Groves et Bull.-Webst.* – lakes (2); *C.neglecta* Hollerb. – lakes, bays of sea (3); *C.polyacantha* A. Braun in A. Braun, Rabenh. et Stitzenb.* – lakes (3); *C. rudis* (A. Braun) Leonh. – lake (1); *C. schaffneri* (A. Braun) Allen* – lakes, paddy-fields (4); *C. tenuispina* A. Braun – lake, peat-mire, soil-reclamation canal (4); *Ch. tomentosa* L. (2); *C. uzbekistanica* Hollerb. – lakes, fish-breeding pond (3); *C. vulgaris* L. (including *C. vulgaris* var. *longibracteata* (Kütz.) J. Groves et Bull.-Webst.) – ponds, pools, rivers, old river-beds., lagoon (125); *C. virgata* Kütz. (=*Ch. delicatula* C. Agardh) – lakes, ponds, open pits, ditches (38); *Lamprothamnium papulosum* (Wallr.) J. Groves – bays of sea (12); *Lychnathamnusbarbatus* (Meyen) Leonh. – lakes (2); *Nitellopsis obtusa* (Desv. in Loisel.) J. Groves – lakes, ponds, rivers (25).

Nitelleae: *N. capillaris* (Krock.) J. Groves et Bull.-Webst. – rivers, pond, pool (3); *N. confervacea* (Bréb.) A. Braun ex Leonh. – pools (2); *N.flexilis* (L.) C. Agardh – ponds, rivers (22); *N. gracilis* (Sm.) C. Agardh – ponds, bogs (8); *N.mucronata* (A. Braun) Miq. in C.H. Hall – ponds, rivers (24); *N. opaca* (C. Agardh ex Bruz.) C. Agardh – ponds, lake (4); *N. syncarpa* (Thuill.) Chev. – ponds, lakes, ditches (6); *N. tenuissima* (Desv.) Kütz.* – ponds, river (4); *N. translucens* (Persoon) C. Agardh* – pond (1); *Tolypella glomerata* (Desv.) Leonh. – river (1); *T.intricata* (Trentepolh ex Roth) Leonh. – ditch (1); *T. nidifica* (O. Müll.) A. Braun* – lake, bay of sea (2); *T. prolifera* (Ziz ex A. Braun) Leonh. – lakes (5). Overall, more then 500 locations were revealed.

Some new localities of 31 species have been found after 2005. Four of them (*C. rudis*, *Lychnathamnus barbatus*, *T. glomerata* and *T. intricata*) are indicated as new species for the flora of Ukraine. Presences of the rest 10 species are not confirmed by new findings so far. The sites of some species such as *C. braunii*, *C. fragifera*, *N. tenuissima*, *T. nidifica* revealed in the past in several places have been transformed or become inaccessible, but new ones are expectable. However the existence of *C. dominii*, *C. horrida*, *C. galioides*, *C. gymnophylla*, *C. polyacantha*, *C. schaffneri* and *N. traslucens* is still questionable. Nevertheless, in compare with a number of some European and Asian countries a species diversity of the Ukrainian charophytes is rather rich due to a high variety of geographic, climatic and hydrological conditions [12].

The results of a survey of the each species distribution show that the most widespread species are *Chara vulgaris* and *C. globularis*. But *C. contraria*, *N. flexilis* and *Nitellopsis obtusa* also rather widely distributed in Ukraine occur less frequently. Some species such as *C. aspera*, *C. hispida*, *C. intermedia*, *C. virgata*, *L. papulosum* and *N.mucronata* are common in some separate regions (West or Central Ukraine, Black Sea etc). The rest species are rare to very rare and included in the Red List of *Charales* of Ukraine [15], 9 of them – in the Red Data Book of Ukraine [11].

Diversity of Ukrainian *Charales* algae in terms of numbers is different in some parts of Ukraine. The most number of species is revealed in Steppe (28) and Ukrainian Polissia (25), less in Forest-Steppe (22), the least in Ukrainian Carpathians (8) and the Azov and Black seas (9). It should be noted that the number of species in Ukrainian Polissia decreases from west to east. For example, the number of species is 20 in Volyn Polissia and 11 in Zhytomyr, 8-9 in Kyiv and Chernigiv Polissia. The same pattern of the distribution is observed in Forest-Steppe. There are 16 species of *Charales* in right bank area and 13 species in left bank area. However, the number of species in right bank area of Steppe is less then in left one and reaches 12 and 22, respectively.

The species composition of *Charales* in forest and steppe zones also is rather

different. In Forest-Steppe it shows a transitional character and mainly consists of some species from both forest and steppe zones. The basis of the *Charales* flora of Ukraine is the members of the genera *Chara* and *Nitella* which ratio varies depending on territories under study. Such difference is typical for different regions of Earth [13]. Thus, the ratio of species of the genera *Chara* and *Nitella* in Western Europe is 2:1, in Mediterranean countries – 3:1, in Asia within Holarctic region – 6:1. In the forest and forest-steppe zones of Ukraine this ratio is 2:1 as the most of European countries, in steppe zone – 3:1 as the Mediterranean ones. The members of other genera occur in some regions, e.g. *Tolypella* in Forest-Steppeand Steppe, *Lychnothamnus* – in Ukrainian Polissia and Forest-Steppe, *Lamprothamnium* – in Steppe (in shallow bays and lagoons of the Azov and Black seas). Also, a complex of species which occur most frequently is specific for the physiographic zones of Ukraine. In Ukrainian Polissia it is represented by *C. globularis*, *C. contraria*, *C. vulgaris*, *N. flexelis* and*N. mucronata*; in Forest-Steppe – *C. vulgaris* (including *C. vulgaris* var. *longibracteata*), *C. globularis* and *N. mucronata*; in Steppe – *C. vulgaris* (including *C. vulgaris* var. *longibracteata*), *C. hispida* and *Nitellopsis obtusa*; in the Azov and Black seas – *C. intermedia*, *L. papulosum* and so on. The same pattern of distribution can be noticed in other natural areas, e.g. in five regions of forest zone. In Volyn Polessia this complex includessuch species as *C. virgata*, *C. globularis*, *C. intermedia*, *C. contraria*, *C. aspera* and *C. vulgaris*; in Zytomyr – *C. virgata*, *N. flexilis* and *N. mucronata*; in Kyiv – *C. globularis* and *Nitellopsis obtusa*; in Chernigiv and Novgorod-Siversk Polessia – only *C. globularis*. The centers of *Charales* species diversities have been found. They are the lakes in Volyn Region and on the Black sea coast, the flood-lands of great rivers of Ukraine such as Danube, Dniester, Dnepro, Pivdennyi Bug, Siverskiy Donets, shallow bays and lagoons of the Azov and Black seas etc.

Conclusion

An analysis of summarized published and original data is revealed 41 species of *Charales* recorded in the flora of Ukraine which belongs to *Chara* L. (25), *Nitella* C. Agardh (9), *Tolypella* (A. Braun) A. Braun (4), *Lamprothamnium papulosum* (Wallr.) J. Groves, *Lychnothamnus barbatu*s (Meyen) Leonh. and *Nitellopsis obtusa* (Desv. in Loisel.) J. Groves. The most widespread species are *Chara vulgaris* and *C. globularis*. Also widely distributed in Ukraine *C. contraria* and *N. mucronata* occur less frequently. Some species such as *C. aspera*, *C. hispida*, *C. intermedia*, *C. virgata*, *L. papulosum*, *N. flexilis* and *Nitellopsis obtusa* are common in some separate regions.

The species composition of charophytes in Ukrainian Polissia, forest-steppe and steppe zones and other natural region is different that confirms of the zonal differentiation in distribution of the *Charales* genera and species within Ukrainian territory and a presence of some centers of the species diversity.

References

1. *Борисова Е.В.* Особенности распространения *Charales* в Украинском Полесье // Альгология. – 2014. – 24, № 3. – С. 363–367.
2. Борисова О.В., Гончаренко В.І. Розподіл видів Charales в озерах Волинського Полісся (Україна) // Вісн. Львів ун-ту. Серія біол. – 2011. – №. 57. – С. 94–101.
3. БорисоваЕ.В., ОрловА.А. Харовые водоросли (Charales) Житомирского Полесья (Украина) // Альгология. – 2009. – 19, № 2. – С. 197–205.
4. Борисова Е.В., Ткаченко Ф.П. Материалы к флоре Charales юго–запада Украины // Альгология. – 2008. – 18, № 3. – С. 278–296.
5. Борисова О.В., Царенко П.М., Паламар-Мордвинцева Г.М., Ліліцька Г.Г. Рідкісні види харових водоростей-макрофітів – потенційні об'єкти для занесення до Червоної книги України // Рослинний світ у Червоній книзі України: впровадження глобальної стратегії збереження рослин. Мат-ли міжнар. наук. конф. (11-12 жовтня 2010 р., м. Київ). – К.: Альтерпрес, 2010. – С. 221–223.
6. Борисова О.В., Чорна Г.А. Матеріали до флори та синтаксономії харових водоростей Лісостепу України // Укр. ботан. журн. – 2011. – 68, № 1. – С. 105–112.
7. Голлербах М.М., Паламар-Мордвинцева Г.М. Харові водорості (Charophyta) // Визначник прісноводних водоростей України. IX. – К.: Наук. думка, 1991. – 196 с.
8. Маринич О.М., Шищенко П.Г. Фізична географія України. – К.: Знання, 2003. – 479 с.
9. Паламарь-Мордвинцева Г.М., Царенко П.М. CharalesВолынского Полесья // Альгология. – 2004. – 14, № 2. – С. 178–184.
10. Ткаченко Ф.П. Новое местонахождение редкого вида для флоры Украины CharauzbekistanicaHollerb // Альгология. – 2005. – 15, № 4. – С. 230–235.
11. Червона книга України. Рослинний світ / За ред. Я.П. Дідуха. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 912 с.
12. Borisova E.V. Species composition and distribution of Charales in the Ukraine // Inter. J. on Algae. – 2005. – 7, № 1. – С. 88–102.
13. Khan M., Sarma Y.S.R.K. Cytogeography and cytosystematics of Charophyta / D.E.G. Irvine, M. John (eds.). Systematics of the green algae. – London: Acad. Press, 1984 – P.303-330.
14. Krause W. Charales (Charophyceae) / H. Ettl et al. (eds.). Süsswasserflora von Mitteleuropa. Bd. 18. – Jena: G. Fischer Verlag, 1997. – 202 p.
15. Palamar-Mordvintseva G.M., TsarenkoP.M. Red list of Charales of the Ukraine // Inter. J. on Algae. – 2004. – 6. – P. 305–318.

ELABORAREA SCHEMEI TEHNOLOGICE DE OBTINERE A UNOR PRINCIPII BIOACTIVE DIN BIOMASA DE ALGE CIANOFITE

Valentina BULIMAGA, Liliana ZOSIM, Maria PISOVA, Vasile ŞALARU, Olga ŢURCANU, Alina TROFIM
LCŞ «Ficobiotehnologie», Universitatea de Stat din Moldova, str. M. Kogălniceanu 65A

The technological scheme of obtaining of phycoerythrin, phycocyanin, microcystins, endo– and exopolysaccharides from the blue green algae biomass in a single technological process has been developed and a sorbent for the separation of microcystins and phycobiliproteins have been proposed.

Microalgele sunt microorganisme care produc circa 60% din oxigenul atmosferic. Ele includ circa 25-30 mii specii, cu o mare diversitate de forme şi dimensiuni microscopice. Aceste microorganisme pot supraviețui în condiții dure, au o viteză de reproducere înaltă şi în condiții favorabile de cultivare ating o pondere înalltă de acumulare a biomasei, bogate în substanţe bioactive: proteine, inclusiv ficobiliproteine, polizaharide acide şi sulfatate, aminoacizi şi alţi compusi biologic activi cu activități antivirale, antibacteriene, antifungice si anti-cancer.

Datorită potențialului lor aplicativ in domeniul biotehnologiei, în ultimii ani algele cianofite atrag atenția numeroşilor cercetători. Cu toate că unele algele cianofite sunt utilizate ca surse energetice, ele pot folosite şi în acvacultură, la tratarea apelor reziduale şi solurilor poluate, în calitate de produse alimentare, îngrăşăminte, ca producători de metaboliți secundari , inclusiv exopolizaharide, vitamine, toxine, enzime şi produse farmaceutice [1-5].

Identificarea şi izolarea unor noi tulpini de alge cianofite autohtone producătoare de produse de mare valoare şi producerea industrială pe scară largă a produselor algale necesită nu doar optimizarea condițiilor de cultivare în scopul sporirii productivității, dar şi elaborarea tehnologiilor de extragere şi purificare a principiilor bioactive din biomasă.

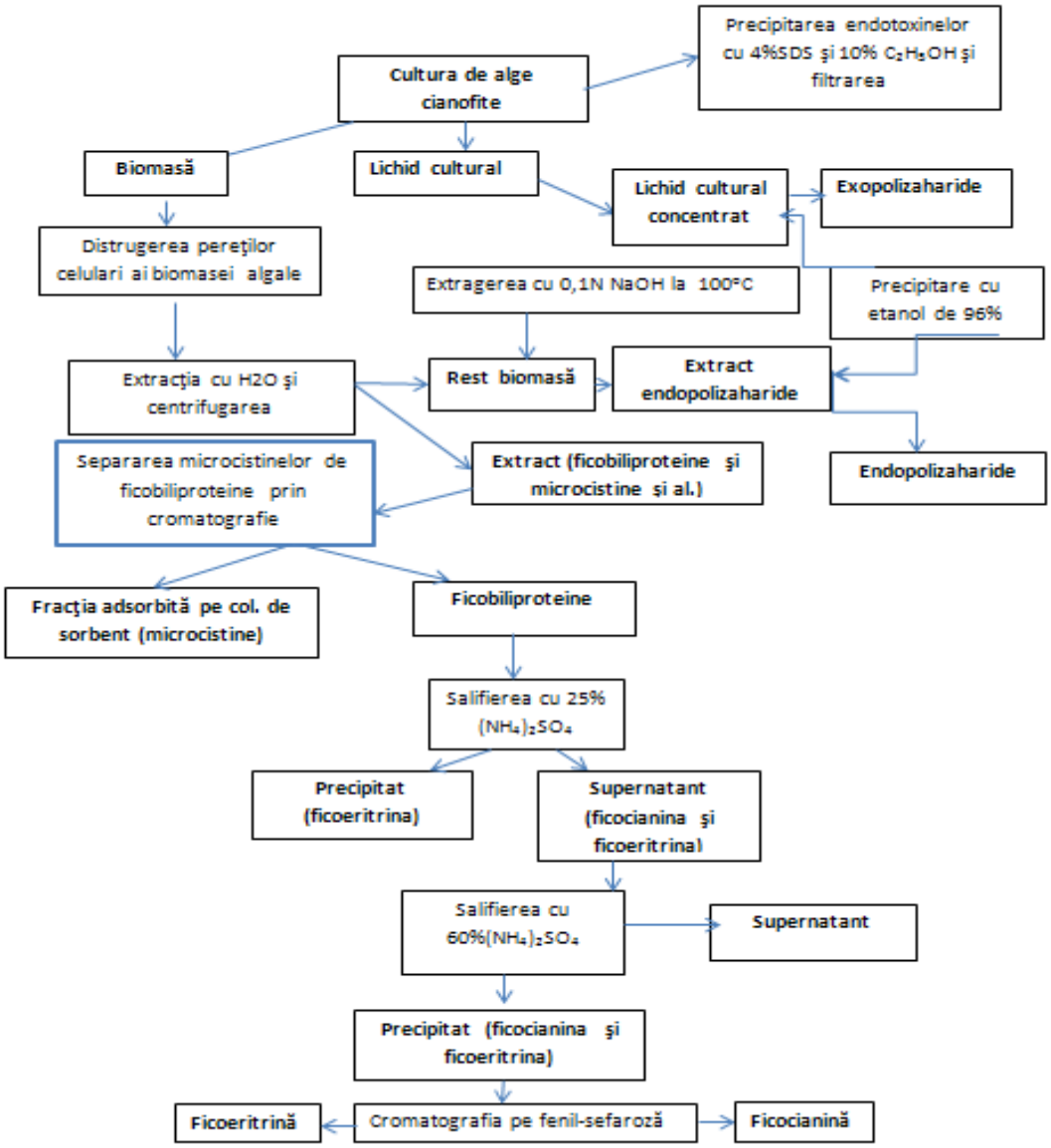
Dat fiind faptul că majoritatea algelor cianofite sunt producători de metaboliţi secundari, unii din ei cu proprietăţi toxice pronunţate, în special microcistinele (substanţe bine solubile în apă), este necesară izolarea lor de alte substanţe bioactive, cum sunt ficobiliproteinele, aminoacizii etc. În acest scop pot fi utilizaţi unii sorbenţi [6].

Scopul prezentei lucrări a constituit elaborarea schemei tehnologice de obţinere din biomasa unor alge cianofite autohtone (*Nostoc flagelliforme, Ana-*

baenopsis sp., *Cylindrospermum licheniforme* şi *Anabaena propinqua*) într-un singur proces tehnologic a câtorva principii bioactive: ficocianină, ficoeritrină, microcistină, endo– şi exopolizaharide.

Schema elaborată este prezentată în figura 1.

Schema tehnologică de obținere a unor preparate bioactive din biomasa de alge cianofite



Concluzii: În premieră a fost elaborată schema tehnologică de obţinere din biomasa algală a ficoeritrinei, ficocianinei, microcistinei, endo– şi exopolizaharidelor într-un singur proces tehnologic şi a fost propus un sorbent pentru separarea microcistinei de ficobiliproteine.

Referinţe

1. DIXIT, R., SUSEELA, M. Cyanobacteria: potential candidates for drug discovery. În: Antonie Van Leeuwenhoek. 2013, Vol. 103, nr.5, p.947-961.
2. ABED, R., DOBRETSOV, S., SUDESH, K.. Applications of cyanobacteria in biotechnology. În: J. Applied Microbial., 2009, vol. 106, p. 1-12.
3. RAO, P., GUPTA, N., BHASKAR, A., JAYARAJ, R. Toxins and bioactive compounds from cyanobacteria and their implications on human health. J Environ Biol 2002, vol. 23, p. 215-224.
4. BULIMAGA, V., ŞALARU, V., ZOSIM, L., PISOV, M., TROFIM, A. Algele cianofite (Cyanophyta) – surse de metaboliti secundari bioactivi. Studia Universitatis, Seria « Ştiinţe reale şi ale naturii, 2014, nr.1 (71), p.96-107.
5. BULIMAGA, V., ZOSIM, L., PISOV, M., RUDIC, V. Metode de separare a metaboliţilor secundari bioactivi din biomasa unor cianobacterii şi proprietăţile lor curative şi toxicologice. Studia Universitatis, Seria " Ştiinţe reale şi ale naturii", 2014, nr.1 (71), p.57-66.
6. EHMANN A., GUTHRIE, J. Methods for removal of microcystins and isolation of phycocyanin from cyanobacteria. United States Patent Application 20140017276. Publication date: 1/16/2014.Filing Date:09/18/2013.

ASPECTS FROM THE ALGOLOGICAL RESEARCH IN ROMANIA

Ioan CĂRĂUŞ
University of Bacău, Romania, RO-610054 Piatra Neamţ,
Dragoş Vodă street, 90; phone 0040233219903;
email carausi@yahoo.com

Abstract. The paper presents some highlights concerning the main topics of algological research in Romania.The studies were begun about 160 years ago. Along this time, the investigations approached different fields of the general knowledge of the algae, as algal flora, physiology, biochemistry, ultrastructure, ecology, laboratory and outdoor culture, use of algae in water bodies management. Last decades, a special attention was paid to the algofloristic investigations, which covered, practically, all the hydrographic basins and, also, the Romanian littoral of the Black Sea.
Keywords: algological research in Romania, historical highlights, algal flora

Introduction

In my opinion, despite its long tradition, the algological research in Romania is far to be well known abroad. This very succinct presentation is an attempt to call general attention to some results of the activity of algologists in past and present.

Results

In Romania, the study of the algae has a relative long history. The first records of algal species in freshwater habitats from Transylvania, the central part of actual territory of Romania, were reported at the middle of XIXth century by F.Schur [17,18]. Later, the investigations on Romanian algal flora developed, that resulting in a gradual and significant increase of the algofloristic knowledge.

Besides these studies, there are to be mentioned other topics approached by Romanian researchers. Even since the beginning of the XXth century a special attention was paid to the algal physiology: Em.Teodorescu studied the influence of different light radiations upon the structure and the morphology of algae. An other botanist – Ioan Grinţescu – defended in Paris, under the guidance of R.Chodat, his PhD thesis entitled "Experimental investigations on the morphology and physiology of *Scenedesmus acutus*". Such studies were continued and developed later. In 1937, the PhD thesis entitled "Contributions to the morphology and physiology of the green alga *Microthamnion kützingianum*" was presented at Cluj University by Ştefan Péterfi. After World War II at the same university there were developed experimental studies concerning the physiology of different species of algae, among them *Botryococcus braunii*, *Spirulina platensis*. Algal physi-

ology was also studied at University of Bucharest, initiated by Professor Nicolae Sălăgeanu and continued by his colleagues/assistants, following the productivity of some algal cultures (*Chlorella vulgaris, Scenedesmus acutiformis*) depending on growth conditions (as temperature, nutrient content) [12], the influence of certain microelements [13], the ultrastructure of *Spirulina* a.o.

At the middle of 70's it was started a national research program, concerning the biochemical and physiological features of *Spirulina platensis*, in order to elaborate optimal methods/devices for large-scale culture, new and suitable growth media; there were also considered the ways of economical use of biomass, as food additive, fodder ingredient (for hens, for fish), as raw material for pharmaceutical industry etc.

Several studies on algal culture were conducted in the Romanian Institute for Marine Research (Constanţa). So, it was investigated the growth characteristics of *Platymonas impellucida* in mono-algal cultures; a special attention was paid to the study of the effects of sublethal cadmium exposure on the metabolism of some marine unicellular algae [9,10,11].

At the beginning of '70s at the Institute of Biological Research Cluj-Napoca it was started the creation of a Culture Collection of Algae; after ten years of efforts, the Culture reached to a number of 600 strains from 260 species of algae. It was – and is – an useful resource of biological material for research purposes and, also, for laboratory activities with students [7].

During the last years there were approached some new, modern, research fields. In this sense there are to be mentioned the thoroughly studies carried on the photosynthesis of algae under laboratory culture conditions. There were studied, for example, effects of microaerobiosis on photosynthesis of different cyanobacteria (*Synechococcus*, *Aphanizomenon elenkinii*), by measuring chlorophyll fluorescence, after their exposure to argon bubbling [8,19], or the effects of anaerobiosis induction on photosystem PS II activity in *Nostoc linckia* and *Cylindrospermum alatosporum* [5].

An other, very interesting field of investigation aims the molecular genetics and taxonomy of algae. From the published results there is to note a paper concerning the genetic variations in *Spirulina* [1]; in an other study [4] deals with the coenobial morphology and molecular taxonomy of different strains of *Desmodesmus communis*.

The subject of one recent Ph.D. thesis [3] referred to the identification of high content of hydrocarbons strains of *Botryococcus braunii* based on morphologic, biochemical and molecular markers.

An other significant achievement of Romanian algologists may be considered the elaboration of a comprehensive "**Treatise of Algology**" in four volumes, totalizing 1700 pages. It was published by Romanian Academy in 1976-1981. 30

authors contributed directly to elaborate the Treatise. The first volume presented the main features concerning the algal morphology, biochemistry, physiology, the multiplication processes, ecology, algal cultivation, economic importance of algae, classification systems and phylogeny. The following volumes were dedicated to main systematic groups of algae: volume II referred to Rhodophyta and Phaeophyta, volume III – to Euglenophyta, Chlorophyta and Xanthophyta and volume IV presented Cyanophyta, Chrysophyta, Cryptophyta, Bacillariophyta and Dinophyta. The general scheme of describing each major group of algae included: Morphology, cell structure, physiology,reproduction, elements of ecology, classification (features of orders, main families and genera). All the volumes are well illustrated, and present a selective literature, for each section.

Finally, I have to mention the studies carried on at the universities in Bucharest and Cluj-Napoca concerning the fossil algae, their presence within different geological deposits.

The studies concerning the **ecology of algae** covered a lot of aspects as the seasonal or multiannual dynamics of algal communities, determined by the changing of environmental conditions or by the impact of human activities, spatial distribution of populations within basins (both on horizontal scale or according to the depth), sedimentation of the phytoplankton in water mass, water-bloom phenomena and their effects upon aquatic ecosystems, contribution of algae to the primary production, ways of algal population of new appeared water bodies, mainly dam reservoirs etc.

There were investigated all types of algal communities – phytoplankton, microphytobenthos, periphyton, even neuston, formations of marine macroalgae, soil algae, etc.

Last, but not least, it must be mentioned the beginning of the use of Diatom Biotic Index in order to evaluate the ecological state of water bodies, a method recommended within European Union.

The most comprehensive and long lasting research efforts aimed to the knowledge of the **algalflora of Romania**, as an important component of the natural capital of this country, and a sensitive feature of global biodiversity, especially in aquatic environments.

This algal flora domain will be presented in some, few, details in this paper.

Among the first larger papers concerning the algal flora of Romania there are the diatomological studies of O.Tömösvary who published in Cluj-Napoca "**Bacillariophyceae in Dacia observatas**" (1879-1880) [24,25], presenting the species identified in a lot of sampling stations in Transylvania. In the same period, Julius Schaarschmidt realized the chapter referring to the Algae, within the synthesis concerning the **Flora of Romania**, edited by A.Kanitz (1879-1881); he listed 270 taxonomic units (species, varieties and forms), identified in locations

from Muntenia, Oltenia and Dobrogea, Danube River and the Black Sea. The same author published three major contributions under the title "**Additamenta ad Algologiam Dacicam**" (1880-1882), presenting the species of algae found by him in Transylvania [14,15,16].

A first comprehensive work on the algal flora of Romania was published in 1907/1908 by Emanoil C. Teodorescu : "**Materiaux pour la flore algologique de la Roumanie**" [23]. The author reported 430 species of algae (except the Diatoms), most of them identified by himself from 54 sampling stations, from various habitats (freshwaters, inland salt waters, marine littoral areas, soils etc.). For the following 50 years, this was the main reference work on the Romanian algae.

In 1956 – 1958, I. Tarnavschi and M. Oltean published a new synthesis on Romanian algal flora: "**Materiale pentru un conspect al algelor din România**" (I-II) [20,21,22]. The authors , based on up-to-date Romanian algological literature (159 sources), listed 1502 species of algae, both freshwater and marine. This work represented for some decades an unique and valuable bibliographical reference, very useful for the developing further algological investigations.

During the last decades of XXth century, the investigations on algal flora of Romania developed significantly. A lot of research projects were carried on by the scientists from Cluj Napoca, dealing especially with algae from mountain areas, rivers, pools, fish ponds, polluted waters, peat bogs, mineral springs, cave walls and other wet habitats, mainly from Transylvania. In Bucharest, a special attention was paid by researchers to the algae flora from Danube, Danube floodplain, Danube Delta, other water bodies, soils and rice fields. Marine algae – both microphytic and large ones – were studied by investigators from research units from Agigea, Mamaia and Constanţa (1). Last, but not least, there are to be mentioned the investigations on algal flora carried out at "Stejarul" (Pângăraţi) Research Station, concerning mainly the man-made lakes.

Further on, the accumulation of more and more scientific information, and the diversity of professional journals including algological contributions generated certain difficulties in establishing which of the identified species of algae represent new additions for the algal flora of Romania. There were some cases when different authors reported, separately and not simultaneously, the same species as a new floristic record. The huge amount of published information on algal records in Romania during the last four decades of the 20th century made possibly – and necessary – a new listing of the species of algae found on the territory of Romania.

After analyzing 1388 publications, which referred to about 2000 sampling locations, it was compiled a comprehensive list of the algae identified up to now in Romania [6]. On this base, a synthesis concerning the number of genera, species and infraspecific taxons is presented below.

Group of Algae	Genera	Species	Infraspecific taxons
Cyanophyta – Cyanobacteria	126	653	123
Rhodophyta	43	93	21
Chrysophyta	78	250	34
Prymnesiophyta	1	1	0
Xanthophyta	65	229	24
Bacillariophyta	172	1409	453
Dinophyta	46	166	19
Phaeophyta	25	34	5
Raphidophyceae	1	1	0
Cryptophyta	9	29	0
Euglenophyta	30	296	124
Chlorophyta	324	1648	567
Charophyta	6	37	38
Glaucophyta	1	1	1
TOTAL	**927**	**4847**	**1419**

It may be supposed that the huge information on the list of algae identified in Romania will be useful to the specialists interested to know the geographical distribution of different species.

Conclusions

In principle, the algological investigation has a solid tradition in Romania and it may be developed in future, especially by students, doctoral students, using modern facilities offered by new technologies, by new progresses in algal taxonomy, by access to internet information sources.

References

1. Aldea R., A.Creţu, A,Nicoară, N.Dragoş – Genetic variation of *Arthrospira* (*Spirulina*) strains assessed by PCR technique based on genome repetitive sequences. *Contrib.Botan*., 2002-XXXVII : 126-136
2. Bavaru A., A.S.Bologa, H.V.Skolka – A checklist of the benthic marine algae (except the diatoms) along the Romanian shore of the Black Sea. *Rev.Roum. Biol., Biol.Véget*., 1991, 36, 1-2: 7-22
3. Bica A. – Markeri morfologici, biochimici şi molecular pentru identificarea tulpinilor de *Botryococcus braunii* înalt producătoare de hidrocarburi. Rezuma-

tul Tezei de Doctorat. Univ."Babeş-Bolyai", Facult.Biol.-Geol.,Cluj-Napoca, 2010, 33 p.
4. Bica A., L.Barbu-Tudoran, B.Drugă, C.Coman, A.Nicoară, T.Szöke-Nagy, N.Dragoş – *Desmodesmus communis* (Chlorophyta) from Romanian freshwaters: coenobial morphology and molecular taxonomy based on the ITS2 new isolates. *Annals of RSCB*, 2012, XVII, 1 : 16-28
5. Bercea V., A.Bica, B.Drugă, C.Sicora, N.Dragoş – The effect of argon-induced anaerobiosis on the activity of photosystem PS II in some Nostocales species. *Studia Univ. Babeş-Bolyai, Biologia*, 2011, nr.2
6. Cărăuş I. – Algae of Romania. A distributional checklist of actual algae. *Studii şi Cercetări, Biologie*, Univ.Bacău, 2002, 7; Third revision, 2012, 809 p.
7. Dragoş N., L.St.Péterfi, L.Momeu, C.Popescu – An introduction to the Algae and the Culture Collection of Algae at the Institute of Biological Research Cluj-Napoca. *Cluj University Press*, 1997, 268 p.
8. Hegedüs A., V.Bercea, C.Sicora – The study of Photosystem II (PS II) activity based on chlorophyll fluorescence in *Aphanizomenon elenkinii* AICB 709, under light stress conditions. *Studia Univ.Babeş-Bolyai, Biologia*, 2012, no.2
9. Mihnea P.E. – Notes on *Platymonas impellucida* (McLachlan &Parke) species in mono-algal cultures. *Cercet.Marine IRCM* (Constanţa), 1971, 1 : 83-94
10. Mihnea Pia Elena, Gh.Munteanu, Elena Ghiţescu – Chronic toxicity of sublethal cadmium exposure in marine biota from brackish environments. *Cercet. Marine IRCM* (Constanţa), 1990, 23: 91-105
11. Mihnea Pia Elena, Gh.Munteanu, I.Pecheanu – Effect of Cd^{2+} on the metabolism of the marine unicellular algae *Cercet.Marine IRCM* (Constanţa), 1980, 13: 199-211
12. Sălăgeanu N. L.Ionăşescu – Unele procese fiziologice la algele *Chlorella vulgaris* şi *Scenedesmus acutiformis* cultivate în laborator pe diferite medii nutritive. *An.Univ.Bucureşti, Biol.veget*., 1970, XIX, 117-126
13. Sălăgeanu V. – Influence of NO3 on the synthesis of free aminoacids in *Spirulina platensis* (Gom.) Geitler in the presence and absence of Mo. *Rev.Roum. Biol., Biol.Véget*., 1976, 21, 2, 107-110
14. Schaarschmidt J., A.Támas – Additamenta ad algologiam Dacicam. I. Enumeratio algarum nonnularum in comitatibus Kolos, Torda-Aranyos, Udvarhely et Hunyad lectarum. *Magyar Növenytani Lapok* (Cluj), 1880, IV, 43,44
15. Schaarschmidt J. – Additamenta ad algologiam Dacicam. II. Enumeratio algarum nonnularum in comitatibus Naszod-Beszterce, Doboka, Kolos, Torda-Aranyos, Also-Fehér, Udvarhely, Fogaras, Szeben et Hunyad lectarum. *Magyar Növenytani Lapok* (Cluj), 1880, 46, 4 : 129-137
16. Schaarschmidt J. – Additamenta ad algologiam Dacicam. III. Enumeratio algarum nonnularum in comitatibus Bihar, Kolos, Maros-Torda, Also-Fehér, Hunyad, Háromszék Udvarhely lectarum *Magyar Növenytani Lapok* (Cluj), 1882, VI : 37-47
17. Schur F. – Beitrage zur Kenntniss der Flora von Siebenburgen. *Verh. Mitteil.d.siebenburg.Vereins f.Naturwiss.zu Hermannstadt,* 1852, III, 16 : 84-93
18. Schur F. – Sertum Florae Transsilvaniae. Enumeratio systematica omnium plantarum, quae in Transsilvania spontae crescent et in usum homnium copio-

sius coluntur. *Verh.Mitteil.d.siebenburg.Vereins f.Naturwiss.zu Hermannstadt,* 1853, 4, 12 : 101-108
19. Szekeres E., V.Bercea, N.Dragoş, B.Drugă – Effects of microaerobiosis on photosynthesis in the cyanobecterium *Synechococcus* sp. PCC 7002. *Studia Univ. Babeş-Bolyai, Biologia*, 2014, no.1 : 21-40
20. Tarnavschi I., M.Oltean – Materiale pentru un conspect al algelor din R.P.R. I. *An.Univ.Bucureşti, Ser.Şt.Natur.,* 1956, 12 : 97-149
21. Tarnavschi I., M.Oltean – Materiale pentru un conspect al algelor din R.P.R. II. *Stud.Cercet.Biol., Biol.Veget.*, 1958, X, 3 : 269-290
22. Tarnavschi I., M.Oltean – Materiale pentru un conspect al algelor din R.P.R. II (continuare). *Stud.Cercet.Biol., Biol.Veget.*, 1958, X, 4 : 317-344
23. Teodorescu Em.C. – Matériaux pur la flore algologique de la Roumanie. *Beihefte Botan.Centralblatt*, 1908, XXI, II, 2 : 103-219
24. Tömösvary O. – Bacillariaceas in Dacia observatas. I. *Magyar Növenytani Lapok* (Cluj), 1879, 3, 34 : 145-152
25. Tömösvary O. – Bacillariaceas in Dacia observatas. II. *Magyar Növenytani Lapok* (Cluj), 1880, 4, 38 : 17-20

STATUTUL ANTIOXIDANT ÎN CORELARE CU COMPONENŢA BIOCHIMICĂ A BIOMASEI UNOR MICROALGE ÎN CONDIŢII DE TEHNOLOGII INTENSIVE

Liliana CEPOI
Institutul de Microbiologie şi Biotehnologie al Academiei de Ştiinţe a Moldovei, 2028 MD, mun. Chişinău, str.Academiei, 1, tel/fax +373 22 72 57 54, email: liliana.cepoi@imb.asm.md

Abstract. The coordination compounds of Fe (III) with Schiff bases cause the Porphyridium cruentum biomass reduction and Haematococcus pluvialis biomass increasing in case of application of the mentioned compounds in an amount of 20 mg / l. Between antiradical activity of extracts from biomass and the amount of malonic dialdehyde was detected a moderate inverse correlation to Porphyridium cruentum, and a close correlation to Haematococcus pluvialis. The amount of carotenoids in microalgae biomass correlate with antiradical activity of ethanol extracts, being the major components with antiradical effect both in porfiridium and hematococcus biomass.

Cuvinte cheie*:* activitate antiradicalică, Haematococcus pluvialis, Porphyridium cruentum; test ABTS, dialdehidă malonică, carotenoizi

Creşterea populaţiei Terrei, scăderea fertilităţii solurilor arabile, degradarea agroecosistemelor – fenomene ce prezintă o adevărată provocare pentru oamenii de ştiinţă – impun o abordare mai deosebită a problemei asigurării omenirii cu alimente şi materie primă pentru diferite tehnologii de producere. Microalgele, obiecte ce se înscriu în trendul de utilizare a organismelor acvatice în schimbul (sau suplimentar) celor terestre, sunt surse recunoscute de substanţe bioactive, fiind elemente cheie în numeroase lanţuri trofice, dar şi producători de nutrienţi pentru alimentaţia omului. Printre avantajele acestor obiecte se numără randamentul înalt, posibilitatea de a creşte fără utilizarea terenurilor arabile, fixarea unei cantităţi enorme de dioxid de carbon (după unele estimări, aproximativ 1,8 kg CO_2 la 1 kg biomasă microalgală uscată), capacitatea multor specii de microalge de a creşte pe medii ce conţin diferite deşeuri şi ape reziduale, utilizându-le pe acestea în calitate de surse de azot şi fosfor, excluderea utilizării fertilizanţilor tradiţionali şi a pesticidelor, posibilitatea modificării componenţei biochimice a biomasei microalgale prin manipularea condiţiilor de cultivare şi a componenţei mediilor nutritive, precum şi posibilitatea reciclării mediilor şi biomasei reziduale [2-4, 6-9, 13].

Tendinţa de a obţine o cantitate cât mai mare de biomasă cu un nivel tehnologic justificat al componentelor de interes major este absolut firească, în condiţiile cândcultivarea lor în aer liber este destul de dificilă din mai multe motive (aşa ca condiţiile climaterice, pericolul infectării culturilor ş.a.) iar cultivarea în fotobio-

reactoare este una din cele mai energointensive procese. În aceste condiţii rentabilitatea procesului tehnologic este un indicator ce determină succesul producătorului. Pentru întreprinderile biotehnologice mici o soluţie care permite de a spori eficienţa procesului de producere este implementarea tehnologiilor intensive care permit obţinerea a mai multor produse în cadrul unui singur flux tehnologic. Experienţa arată, însă, că intensitatea fluxului tehnologic este invers proporţională cu confortul fiziologic al culturilor implicate. În aceste condiţii, asigurarea siguranţei biomasei ficologice pentru consumul direct ori intermediat uman este primordială. Conţinutul componentelor bioactive în celule ar trebui să se afle într-un echilibru favorabil cu statutul antioxidant al biomasei, astfel ca produsele ficologice să nu prezinte pericol prooxidant pentru utilizatori. Orice modificare a compoziţiei biochimice în procesul de cultivare industrială a microalgelor trebuie sa fie examinată în contextul statutului antioxidant al biomasei.

Materiale şi metode

În calitate de *obiecte de cercetare* au servit: microalga roşie *Porphyridium cruentum (Näg) CNM-AR-01* şi microalga verde *Haematococcus pluvialis Flotow* CNM-AV-05 depozitate în Colecţia Naţională de Microorganisme Nepatogene.

Mediul nutritiv mineral VP 2 (Brevet MD Nr. 690) pe care este efectuată creşterea microalgei *P.cruentum* are următoarea componenţă chimică: Macroelemente în g/L – NaCl-7,0; KCl-7,5; $MgSO_3 \cdot 7H_2O$-1,8; $Ca(NO_3) \cdot 4H_2O$-0,15; KBr-0,05; KI-0,05; K_2HPO_4-0,2; Soluţie de microelemente (din care se aplică 1ml/L), ce conţine în mg/L: $FeCl_3 \cdot 6H_2O$-2,7; $ZnSO_4 \cdot 5H_2O$-0,02; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$-0,05; $MnSO_4 \cdot 5H_2O$-0,3; H_3BO_3-0,6; MoO_3-0,02; $NaVO_3$-0,05 [1].

Cultivarea s-a efectuat cu menţinerea următorilor parametri: pH-ul 6,8-7,2, temperatura de 23-25^{0}C, iluminare de 2000-3000 Lx, agitare lentă periodică. Cantitatea de inoculum a fost de 0,5-0,6 g/L biomasă absolut uscată (BAU). Durata procesului a fost de 14 zile.

Microalga verde *Haematococcus pluvialis Flotow* a fost cultivată pe *mediul mineral lichid RD* [12] cu următoarea componenţă a macroelementelor (g/l): $NaNO_3$ – 0,3; KH_2PO_4 – 0,02; K_2HPO_4-0,08; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,01; $CaCl_2$ – 0,0474, NaCl – 0,02, şi microelementelor (mg/l): $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,0001; $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ –0,0015; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ – 0,00008; H_3BO_3 – 0,0003; $(NH_4)_6Mo_{24} \cdot 4H_2O$ –0,0003; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ – 9,3; $Co(NO_3)_2 \cdot H_2O$ – 0,0002; EDTA –0,0075.

Cultura a fost cultivată în condiţiile de temperatură de 27 ± 1°C, pH 6,8 – 7,0, intensitatea optimă a luminii de 2500-3500 lx. Durata cultivării a fost de 16 zile.

Determinarea capacităţii antiradicalice cu utilizarea radicalului cation $ABTS^{\cdot+}$. Radicalul $ABTS^{\cdot+}$ este generat prin oxidarea ABTS (2,2 azinobis 3-etilbenzotiazoline-6-sulfonic acid) cu persulfat de potasiu. Se prepară soluţia stoc a reagentul ABTS de 7 mM în apă deionizată. Persulfatul de potasiu se adăugă în concentraţia de 2,45 mM.

Reacţia de formare a radicalului $ABTS^{\cdot+}$ decurge la întuneric, la temperatura camerei cel puţin timp de 12-16 ore. Soluţia de lucru a ABTS se prepară din soluţia stoc de $ABTS^{\cdot+}$, care se dizolvă în etanol sau apă distilată până la stabilizarea absorbanţei de 0,700 ± 0,020 la 734 nm.

Amestecul reagent constă din 0,3 ml probă şi 2,7 ml soluţie $ABTS^{\cdot+}$. Reacţia de decolorare decurge la temperatura camerei timp de 6 minute, iar procentul de inhibiţie se calculează conform ecuaţiei: **% Inhibiţie =($Abs_{t=0} - Abs_{t=6\ min}$)/$Abs_{t=0}$ * 100,** unde $Abs_{t=0min}$ este valoarea extincţiei de 0,700 ± 0,020 la 734 nm a soluţiei $ABTS^{\cdot+}$, $Abs_{t=6\ min}$ este valoarea extincţiei după incubare [12].

Metoda determinării produselor oxidării lipoproteinelor în baza determinării substanţelor reactive ale acidului tiobarbituric [5]. Valoarea gradului de oxidare al lipidelor este determinată prin concentraţia substanţelor reactive ale acidului tiobarbituric (dialdehida malonică). La probele de biomasă se adăugă 1 ml acid tiobarbituric 0,67% şi 1 ml acid tricloracetic 15%, după care probele sunt supuse incubării pentru 1 oră la 95°C. În continuare, probele se răcesc pe gheaţă timp de 5 min şi se centrifughează timp de15 min. la 3000g. Concentraţia dialdehidei malonice se măsoară la 535 nm, iar calculul se efectuează cu utilizarea coeficientului extincţiei molare a complexului dialdehidei malonice calculat la proteina sau % inhibiţie faţă de proba martorului pozitiv.

Au fost utilizate metodele standardizate pentru cercetările ficologice: determinarea spectrofotometrică a biomasei algale; determinarea carotenoizilor [12]. Compuşii coordinativi au fost sintetizaţi de colaboratorii laboratorului Compuşi coordinativi, IC, AŞM, şef Laborator I. Bulhac.

Rezultate şi discuţii

În studiu au fost luaţi 8 compuşi coordinativi ai Fe(III) cu bazele Schiff (notaţi în această lucrare prin abreviaturile [Fe1]; [Fe2];). Fierul este un metal strict necesar culturilor de *Porphyridium cruentum* şi *Haematococcus pluvialis*, fiind demonstrat faptul, că aceste metale pot asigura intensificarea anumitor procese de inportanţă biotehnologică, aşa ca acumularea ficobiliproteinelor în biomasa de porfiridium [12] ori a astaxantinei în cea de hematococ [10].

În acelaşi timp bazele Schiff sunt cunoscute ca produse care induc apoptoza celulară, şi deci ca factori de toxicitate înaltă, iată de ce a fost luată decizia de a utiliza compuşi, care au în componenţa lor aceste elemente în scopul inducerii pe de o parte a proceselor de acumulare a unor componente ale biomasei, iar pe de alta – în scopul intensificării reacţiilor de protecţie antioxidantă.

Pentru ambele microalge au fost aplicate aceleaşi concentraţii a compuşilor – 20 mg/l. Parametrii monitorizaţi în cadrul experienţelor au fost cantitatea de biomasă acumulată, activitatea antiradicalică a extractelor din biomasă, stabilită cu utilizarea testului ABTS, cantitatea de carotenoizi în biomasă, acumularea produselor peroxidării lipidelor (dialdehidei malonice – DAM) în celule. Rezul-

tatele pentru acumularea de biomasă la porfiridium în mediu cu adaos de compuşi coordinativi ai fierului sunt prezentate în figura 1(A). Pentru toţi compuşii se înregistrează o scădere semnificativă a cantităţii de biomasă acumulată la finele ciclului vital al microalgei cu 12-43% faţă de varianta martor. Pentru hematococ, din contra, atât la etapa de celule verzi mobile (fig.1(B)), cat şi la cea de cişti roşii (fig.1(C)) au fost înregistraţi indici de productivitate care depăşesc valorile respective în probele martor cu 18-62%.

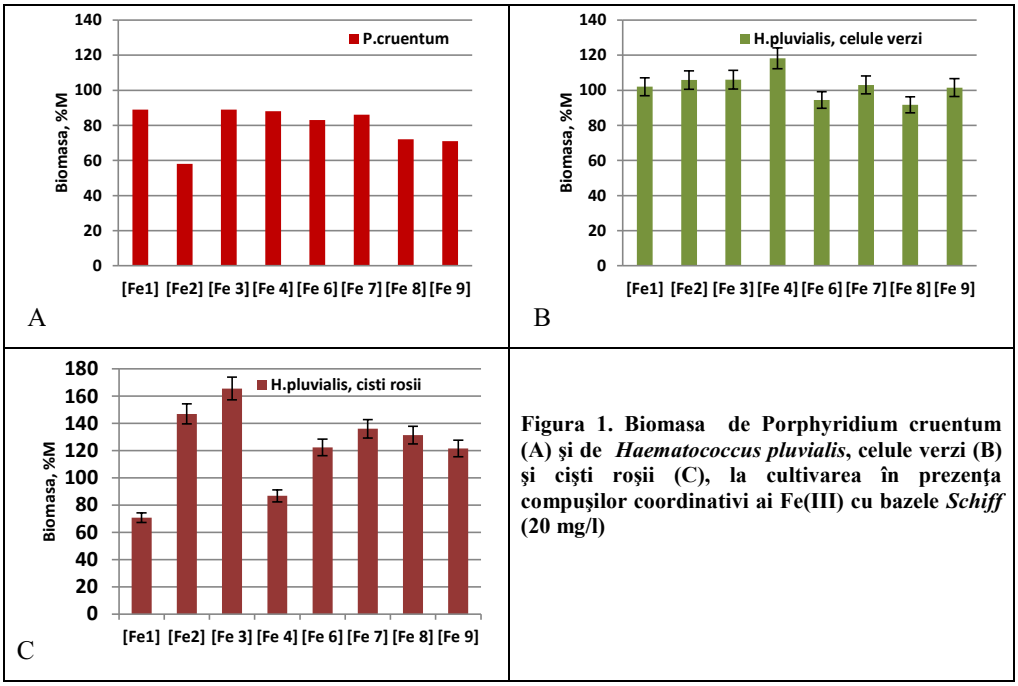
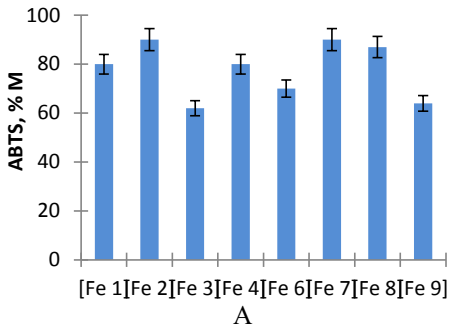
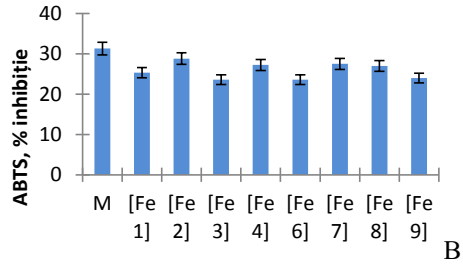


Figura 1. Biomasa de Porphyridium cruentum (A) şi de *Haematococcus pluvialis*, celule verzi (B) şi cişti roşii (C), la cultivarea în prezenţa compuşilor coordinativi ai Fe(III) cu bazele *Schiff* (20 mg/l)

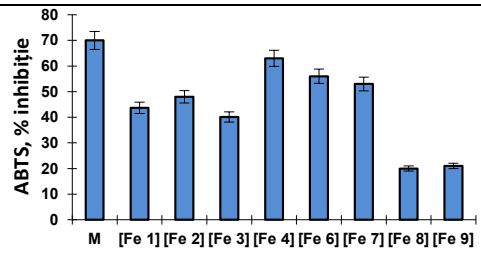
Activitatea antiradicalică a extractelor din biomasa microalgală a fost testată cu aplicarea testului de reducere a radicalului cation ABTS. Rezultatele obţinute pot fi văzute pe figura 2. În cazul microalgei *P. cruentum* (fig.2A) activitatea antiradicalică a extractelor etanolice din biomasă este mai mică, ca cea a extractului din biomasa standard. În cazul microalgei verzi *Haematococcus pluvialis* activitatea antiradicalică a extractelor din biomasă în cazul prezenţei compuşilor fierului de asemenea scade, proces care este mai evident în cişti roşii (fig.2B) decât în celulele verzi mobile (fig.2C). Trebuie sa menţionăm, că scăderea activităţii antiradicalice a extractelor din biomasă este o tendinţă generală, care se dezvoltă atât în condiţii de creştere considerabilă a cantităţii de biomasă, cât şi în condiţii de diminuare vădită a productivităţii.



A



B



C

Figura 2. Activitatea antiradicalică (% inhibiţie radical cation *ABTS*) a extractelor etanolice din biomasa de *Porphyridium cruentum* (A), *Haematococcus pluvialis*, faza celulelor verzi mobile (B) şi cişti roşii (C) la cultivare în prezenţa compuşilor Fe(III), 20 mg/l

Statutul antioxidant al biomasei microalgale este determinat nu doar de (şi nu atât de) activitatea antiradicalică şi antioxidantă ca componentelor celulare, cât de echilibrul care se instalează între radicalii liberi şi produsele cu activitate antioxidantă şi antiradicalică. Cuantificarea radicalilor liberi este destul de complicat de realizat din cauza duratei scurte de viaţă a lor şi complexitatea metodelor care urmează a fi aplicate. În schimb, efectele nocive ale acţiunii radicalilor liberi şi produsele formate sunt stabile, şi pot fi determinate prin metode destul de simple. Unul din efectele cele mai evidente ale acţiunii speciilor reactive ale oxigenului este procesul de peroxidare a lipidelor. Cuantificarea dialdehidei malonice este un test recunoscut de apreciere a gradului de deteriorare oxidativă a lipidelor. În experienţele efectuate au fost determinate produsele peroxidării lipidice (dialdehida malonică) şi stabilită relaţia între cantitatea lor şi activitatea antiradicalică a extractelor din biomasă. Rezultatele sunt prezentate în figura 3.

Pentru cultura de *Porphyridium cruentum* (fig.3A) a fost stabilit, că coeficientul de determinare între activitatea antiradicalică şi cantitatea de dialdehidă malonică este de 0,5298, dependenţa fiind inversă. Pentru procesele biologice o asemenea valoare este considerată ca corelare moderată, iar în termeni de explicare a proceselor ce au loc în celule putem afirma, că o intensitate înaltă a

proceselor antiradicalice asigură protecţia celulelor de procesul de peroxidare a lipidelor. În cazul celulelor verzi mobile de *Haematococccus pluvialis* (fig.3B) şi a ciştilor roşii (fig.3C) coeficienţii de determinare între cei doi parametri sunt mult mai înalţi: 0,9467 şi 0,9175 respectiv. Acest rezultat de fapt poate fi considerat previzibil, daca apelăm la rezultatele cu referire la productivitatea de biomasă a culturilor respective. La *H. pluvialis* suprimarea acumulării de biomasă sub influenţa compuşilor fierului se observa doar în 2 cazuri şi doar în ciştii roşii, deci şi presiunea stresului oxidativ este mai mică, pe cand la *P. cruentum* în toate variantele experimentale are loc scăderea biomasei.

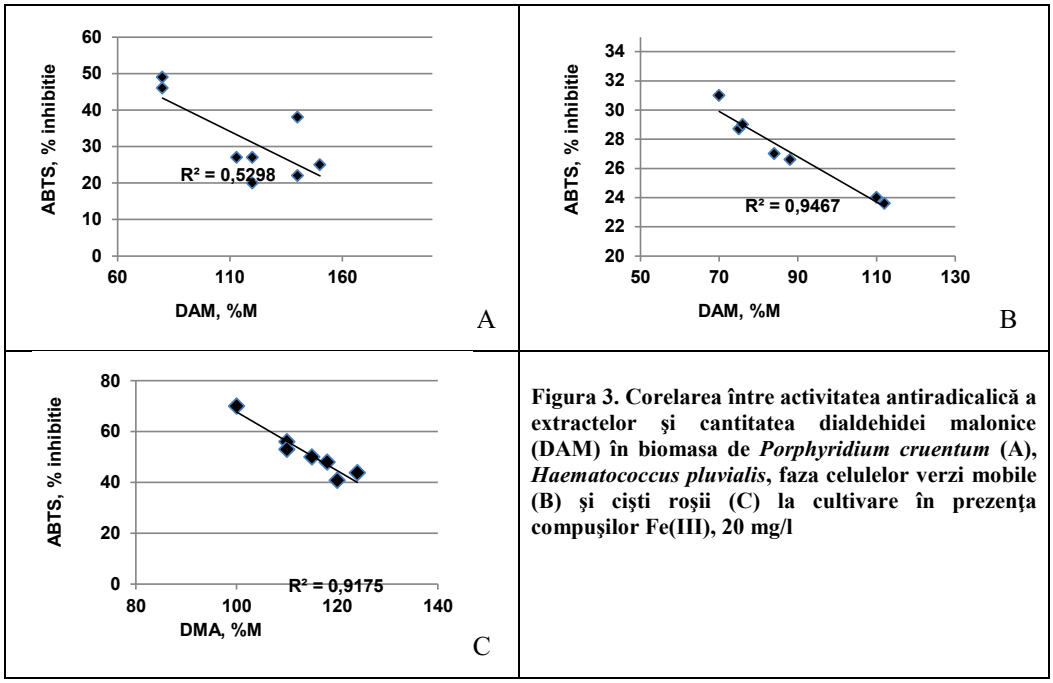


Figura 3. Corelarea între activitatea antiradicalică a extractelor şi cantitatea dialdehidei malonice (DAM) în biomasa de *Porphyridium cruentum* (A), *Haematococcus pluvialis*, faza celulelor verzi mobile (B) şi cişti roşii (C) la cultivare în prezenţa compuşilor Fe(III), 20 mg/l

Dintre componentele cu efect antioxidant pronunţat ale biomasei de porfiridium poate fi menţionat carotenul, iar în cazul culturii de hematococ, carotenul în celulele verzi şi astaxantina în ciţtii roşii, care de fapt, şi determină protecţia antioxidantă a celulelor. În figura 4 este ilustrată corelarea între activitatea antiradicalică şi conţinutul de carotenoizi în biomasa microalgelor.

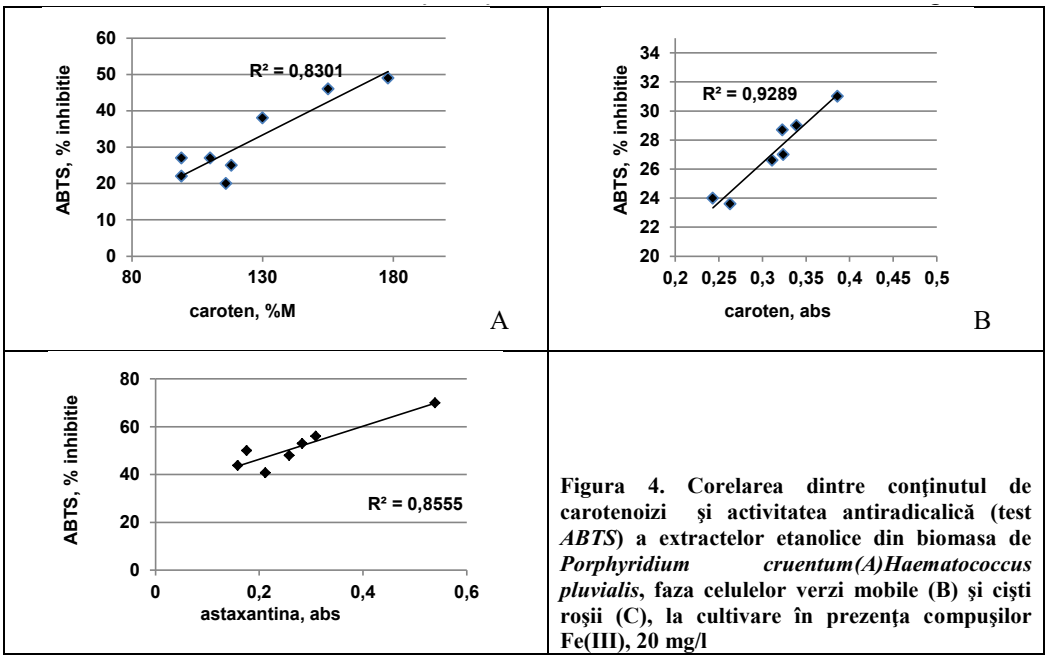


Figura 4. Corelarea dintre conţinutul de carotenoizi şi activitatea antiradicalică (test *ABTS*) a extractelor etanolice din biomasa de *Porphyridium cruentum*(A)*Haematococcus pluvialis*, faza celulelor verzi mobile (B) şi cişti roşii (C), la cultivare în prezenţa compuşilor Fe(III), 20 mg/l

În toate tipurile de biomasă studiate, corelarea între activitatea antiradicalică a extractelor etanolice şi conţinutul de carotenoizi în biomasă este semnificativă. Putem afirma, că în mare măsură protecţia antioxidantă în celulele de porfiridium şi hematococ supuse stresului oxidativ prin influenţa compuşilor coordinativi, este asigurată de carotenoizii prezenţi în biomasă (β-caroten în porfiridium şi celulele verzi de hematococ şi astaxantină în cişti rosii de hematococ).

Astfel, modificările ce se înregistrează în biomasa microalgelor în condiţii de stres oxidativ sunt în corelare strânsă cu procesele antioxidante ce au loc în celule. Pentru siguranţa produselor ficologice este important de a evita acumularea radicalilor liberi şi a produselor peroxidării lipidelor. Datorită corelării inverse dintre activitatea antiradicalică a biomasei şi procesele de peroxidare, putem selecta ca optimale acele condiţii tehnologice, care asigură un confort fiziologic şi un statut antioxidant favorabil pentru culturile de microalge. În cazul culturilor de *Haematococccus pluvialis* şi *Porphyridium cruentum* aceste condiţii se asociază şi cu acumularea intensă a carotenoizilor, ceea ce este şi foarte convenabil din punct de vedere economic.

Bibliografie

1. Brevet de invenţie 690 G2 690. Mediu pentru cultivarea algei roşii Prophyridium cruentum (variantele lui). / Cepoi Liliana, Valeriu Rudic. Data publicării 30.06.1995. BOPI nr.6/1995

2. Chisti Y. Biodiesel from microalgae. In: Biotechnol. Adv. 2007, vol. 25, p. 294–306.
3. Curtain C.C. The growth of Australian's algal b-carotene industry. In: J. Aust. Biotechnol. Assoc. 2000, vol. 10, p. 19–23.
4. Donohue T, Cogdell R. Microorganisms and clean energy. In: Nat. Rev. Microbiol. 2011, nr.4, p.800
5. Hodges D.M. et al. Improving the thiobarbituric acid reactive substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. In: Planta, 1999, vol. 207, p.604-611.
6. Hu M.C., Phillips F. Technological evolution and interdependence in China's emerging biofuel industry In: Techological Forecasting&Social Change. 2011, vol. 78, p. 1130-1146.
7. Hu Q. et al. Microalgal triacyglycerols as feedstocks for biofuel production: Perspectives and advances. In: Plant J. 2008, vol. 54, p. 621–639.
8. Huntley M.E., Redalje D.G. CO_2 mitigation and renewable oil from photosynthetic microbes: A new appraisal. In: Mitig. Adapt. Strat. Glob. Change. 2007, vol. 12, p. 573–608.
9. Malcata F.X. Microalgae and biofuels: A promising partnership? In: Trends in Biotechnology. 2011, vol. 29, nr. 11, p. 542-549.
10. Miscu V. Biotehnologii de obţinere a preparatelor pe bază de astaxantină din *Haematococcus pluvialis*. Autoref. tezei dr.şt. biologice. Chişinău, 2010, 28p.
11. Re R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. In: Free Radical Biology & Medicine, 1999, vol.10, p. 1231-1237.
12. Rudic, V. ş.a. Ficobiotehnologie –cercetări fundamentale şi realizări practice. Chişinău: Elena VI, 2007, 362 p.
13. Widjaja A., Chien C. C, Ju Y. H. Study of increasing lipid production from fresh water microalgae *Chlorella vulgaris*. In: Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 2009, vol. 40, p. 13–20.

STUDIERIA POSIBILITĂŢII DE UTILIZARE A CULTURILOR DE ALGE ÎN CALITATE DE STIMULATORI AI RIZOGENEZEI LA PLANTELE DECORATIVE

Natalia CIUBUC, Nadejda GRABCO
Universitatea de Stat din Moldova,
Chişinău, str. Kogâlniceanu 65a,
ciubuc@rambler.ru

We demonstrate the role of some species of alga in the processes of vegetative replication of ornamental plants. We select plants from genus Begonia, becouse they are widely used and offer diferent tipes of cuttings. It was demonstrated that under the influience of Spirullina platensis roots apear at the end of the first week of the experiment. Nostoc linkia stimulate not only rooting, but also stimulate the buds formation.

Cuvinte cheie: alge, stimularea rizogenezei, plante ornamentale

Introducere

Republica Moldova este o republică agrară cu o densitate a populaţiei foarte înaltă. Astfel dezvoltarea agriculturii ca ramură de bază a economiei se poate desfăşura numai pe calea elaborării unor tehnologii moderne. Floricultura este una din ramurile de mare perspectivă, care pe viitor ar permite reanimarea resurselor materiale existente, asigurarea locurilor de muncă pentru mii de oameni şi eşirea Moldovei pe piaţa mondială. Utilizarea algelor în calitate de fertilizator natural al solurilor şi ca sursă de substanţe biologic active, care stimulează procesele de înmulţire a plantelor, ar prezenta un mare interes pentru agricultura ţării noastre [4, 6, 11].

Importanţa algelor în agricultură, în special în sporirea fertilităţii solului şi protecţiei lui este incontestabilă, ele reprezintă un obiect de mare interes în întreaga lume, în deosebi în Coreea, Japonia, China, SUA, Rusia, Ucraina, Israel etc [3, 5, 7, 8, 12]. Experienţele efectuate au demonstrat că algele elimină un şir de substanţe biologic active cu efect stimulator bine pronunţat [9, 10, 13]. În afară de aceasta, ele îmbunătăţesc proprietăţile fizico-chimice ale solului, mărind conţinutul de humus, macro– şi microelemente în sol.

Algele elimină în mediul înconjurător diverşi metaboliţi, cum ar fi polipeptide, aminoacizi, vitamine, substanţe biologic active, substanţe toxice ş.a. [1, 2, 13]. Încă în anii 50 ai secolului trecut în mediul cultural al unor specii de alge au fost depistaţi compuşi de natură indolică, unul din ei fiind acidul-3-indolil-acetic [15]. La fel, din metaboliţii algelor au fost identificate şi o serie de giberiline şi kinetine [14]. Aceşti hormoni au fost identificaţi atât în algele dulcicole, cât şi în cele marine. Cantitatea lor variază în dependenţă de specie, fază de dezvoltare, factorii sezonieri ş.a [16].

Prezenţa fitohormonilor în celulele algale, precum şi în metaboliţii lor are o mare însemnătate practică, în special pentru posibilitatea creării pe baza lor a îngrăşămintelor şi a stimulatorilor de creştere ecologic puri.

Materiale şi metode

În scopul stabilirii rolului stimulator al algelor în calitate de agenţi de înrădăcinare în procesul de înmulţire vegetativă a plantelor decorative au fost testate două culturi de alge *Spirulina platensis şi Nostoc linkia,* oferite de LCŞ "Algologie" a USM. Alegerea culturilor s-a făcut din considerentul că aceste culturi se pot păstra o perioadă îndelungată în stare uscată, astfel fiind comode în păstrare şi utilizare în condiţii de "câmp". Soluţiile de lucru se pregăteau după următoarea reţetă: 1g praf de *Spirulina platensis* sau 5g de *Nostoc linckia* uscat şi macinat preventiv se dizolvau într-un litru de apă de robinet, preventiv decantată. După o agitare intensivă soluţia se lasa să se "odihnească". Soluţia de spirulină căpăta de o nuanţă verde-albăstruie palidă, iar soluţia cu nostoc era străvezie, cu o nuanţă brun-surie slab exprimată. Soluţiile iniţiale au fost testate în trei diluţii 1; 0,5; 0,25 – ca fiind cele mai simple de realizat.

Ca obiect de testare au fost alese trei specii de plante decorative din genul Begonia, ca fiind plante pe larg răspândite în floricultura din ţara noastră, şi pentru că plantele din acest gen se pot înmulţi prin diferite tipuri de butaşi. Butaşii au fost recoltaţi după înflorirea plantelor şi au fost fasonaţi la dimensiuni de 6-10 cm lungime, având baza butaşului semilemnificată sau unii dintre butaşi uşor erbacei în cazul butaşilor caulinari, şi frunze cu peţiol de 3-4 cm lungime în cazul butaşilor de frunză. Au fost fasonaţi şi butaşi de tulpini bătrâne, semilemnificate, sau afoliaţi, care în cazuri obişnuite înrădăcinează foarte greu. Butaşii se ţineau timp de 6-8 ore în soluţiile pregătite, după care se transferau pentru înrădăcinare în vase cu apă de robinet, decantată preventiv. Înrădăcinarea s-a realizat în colbe de sticlă, la o iluminare medie de 3500 lux, şi o temperatură de 22^{o}C. Gradul de înrădăcinare al butaşilor s-a exprimat prin numarul de rădăcini formate la baza unui butaş şi prin lungimea medie a rădăcinilor. La fel s-a notat şi apariţia primordiilor foliare.

Rezultate şi discuţii

În urma cercetărilor efectuate s-a stabilit că ambele culturi algale testate posedă efect stimulator în înrădăcinarea butaşilor de frunză şi culinari la plantele din genul *Begonia.* În cazul butaşilor de frunză la *Begonia cleopatra* în proba de control primele rădăcini apar abea la a treia săptămână de cercetare, iar la butaşii prelucraţi preventiv cu culturi alge, rădăcinile apar la finele primei săptămâni. Este de menţionat, că în cazul prelucrării cu *Nostoc linckia* la butaşi au aparut şi primordiile mugurilor adventivi. Spre sfârşitul experimentului noi observăm că cel mai bun efect stimulator al rizogenezei l-a demonstrat *Spirulina platensis,* însă în cazul ei nu a fost semnalată formarea primordiilor, pe când *Nostoc linckia*

practic în toate concentraţiile a stimulat apariţia primordiilor chiar după a doua săptămâna de experiment. Necătând la faptul că sistemul radicular este slab dezvoltat, planta deja este dispusă pentru formarea noilor lăstari. Acest lucru poate fi explicat şi prin faptul ca *N. linckia* este o alga azotofixatoare, ceia ce-i permite sa înbogăţiască mediul de înrădăcinare cu azot, care este un element „responsabil" de creşterea masei verzi.

Procesul de rizogeneză la butaşii cu frunza de *Begonia tigra* este diferit de cel ce are loc la *B. cleopatra*. La acest tip de begonie efect stimulator mai exprimat îl posedă *Spirulina platensis*. Procesul de rizogeneză după prima săptămână de cercetari se observă nu la toate concentraţiile, ci numai la probele cu concentraţii mici. Acest fapt se poate explica prin faptul că pentru tipul dat de begonie este nevoie de o cantitate mai mică de substanţe biologic active, iar concentraţiile mai mari, dimpotrivă pot inhiba rizogeneza. Dinamica cresterii rădăcinelor este mai joasă comparaţiv cu *B. cleopatra.* Aparitia primordiilor a fost observată numai la a patra săptămână de cercetări la butaşii prelucraţi preventiv cu *N. linckia.* În probele cu *S. platensis* apariţia primordiilor nu s-a observat.

In urma cercetărilor efectuate s-a stabilit că *Spirulina platensis* are un efect stimulator la toate tipurile de butaşi (tab.1), semnificativ fiind faptul că concentraţiile mai joase au efect stimulator mai evident, astfel pentru butaşii de frunză la *Begonia cleopatra şi B.tigra* concentraţia optimală de *Spirulina platensis* este cea de 0,5 g/l. Aceasta se confirmă prin lungimea rădăcinelor şi prin numărul de rădăcini.

Pentru butaşii caulinari afoliaţi la *Begonia convolvulaceae* optimală s-a dovedit a fi concentraţia de 0,25 g/l. În concentraţii mai mari rădăcinile s-au format tocmai la II săptămâmă de experiment. Semnificativ este că în proba martor apariţia rădăcinilor a fost semnalată tocmai la finele săptămânii a patra. Pentru butaşii caulinari cu frunză, la acelaş tip de begonii, concentraţia optimală este la fel concentraţia de 0,25 g/l. Astfel rezultă că pentru înrădăcinarea *Begoniei convolvulaceae* cu ajutorul *S. platensis* cel mai raţional este folosirea concentraţiilor mici, ce este raţional şi din punct de videre economic.

Tabelul 1.

Procesul de rizogeneza la diferite tipuri de butaşi de Begonia în prezenţa culturii de *Spirulina platensis*

Butaşi		7zi					15zi					21zi					28zi				
Butaşi de frunza Begonia cleopatra	Conc.	Rădăcini max.	Rădăcini min.	Lungime medie	Numar de rădăcini	Aparitia primordiilor	Rădăcini max.	Rădăcini min.	Lungime medie	Numar de rădăcini	Aparitia primordiilor	Rădăcini max.	Rădăcini min.	Lungime medie	Numar de rădăcini	Aparitia primordiilor	Rădăcini max.	Rădăcini min.	Lungime medie	Numar de rădăcini	Aparitia primordiilor
	1conc.	9	9	9	1	-	12	12	12	1	-	18	18	18	1	-	24	2	16	3	-
	2conc.	7	7	7	1	-	21	21	21	1	-	25	8	8,7	5	-	28	9	9	5	-
	3conc.	8	8	8	1	-	8	8	8	1	-	14	8	10,6	3	-	18	12	11,4	5	-
Butaşi de frunza Begonia tigra	1conc.	-	-	-	-	-	8	8	8	1	-	12	10	11	2	-	15	11	13	2	-
	2conc.	-	-	-	-	-	7	7	7	1	-	7	7	7	1	-	9	9	9	1	-
	3conc.	3	3	3	1	-	5	5	5	1	-	9	2	4.3	3	-	12	4	8	3	-
Butaşi caulinari Begonia convolvulaceae	1conc.	-	-	-	-	-	5	2	4.2	8	-	9	4	6.2	12	-	12	2	6	14	-
	2conc.	8	3	5.3	12	-	12	2	7.6	15	-	18	4	8.4	20	-	21	4	7.3	24	+
	3conc.	27	4	15.6	15	-	31	4	17.3	16	-	33	5	17.8	16	-	36	6	17.2	17	+
Control		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	1	-	8	2	5	3	-

Tabelul 2.

Procesul de rizogeneza la diferite tipuri de butaşi de Begonia în prezenţa culturii de *Nostoc linckia*.

Butaşi		7zi					15zi					21zi					28zi				
	Conc.	Rădăcini max.	Rădăcini min.	Lungime medie	Număr de rădăcini	Apariţia primordiilor	Rădăcini max.	Rădăcini min.	Lungime medie	Număr de rădăcini	Apariţia primordiilor	Rădăcini max.	Rădăcini min.	Lungime medie	Număr de rădăcini	Apariţia primordiilor	Rădăcini max.	Rădăcini min.	Lungime medie	Număr de rădăcini	Apariţia primordiilor
Butaşi de frunza Begonia cleopatra	1conc	4	4	4	1	-	10	10	10	1	-	15	15	15	1	-	21	3	12	2	+
	2conc	12	2	7	2	-	13	4	7.3	3	-	15	5	7.6	5	-	17	5	5.8	6	+
	3conc	10	10	10	1	-	11	3	8	3	-	14	5	8.1	3	-	18	4	9	4	-
Butaşi de frunza Begonia tigra	1conc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	7	7	1	-	11	2	7.5	2	-
	2conc	5	5	5	1	-	7	7	7	1	-	10	5	8.8	4	-	14	7	8	4	+
	3conc	2	2	2	1	-	5	5	5	1	-	8	1	4	3	-	12	3	7.2	3	+
Butaşi caulinari Begonia convolvulaceae	1conc	36	5	19.7	11	-	42	7	19	11	-	46	9	18.8	11	-	49	4	14.6	12	+
	2conc	51	32	40.2	5	-	54	33		5	-	57	35	41	5	+	59	36	41.6	5	+
	3conc	47	7	20.4	11	-	50	9		11	-	52	11	18.4	11	+	54	2	13.1	12	+
Control		-	-	-		-	-	-	-	-	-	5	5	5	1	-	8	2	5	3	-

Procesul de rizogeneza, în probele cu *Nostoc linckia* (tab.2), la butaşii de frunza la *B. cleopatra* s-a stabilit că optimale sunt probele cu concentraţia de 2,5 g/l. Anume în această concentraţie se observă apariţia primordiilor foliare. La *B. tigra* în concentraţii mari *N.linckia* are un efect stimulator mai redus. Concentraţii optimale – sunt cele de 2,5 şi 1,25 g/l. Nu în toate probele se menţionează apariţia primordiilor. Numarul de rădăcini este mic, iar lungimea medie aproape în toate concentraţiile este aceiaşi.

La butaşii caulinari şi butaşii caulinari cu frunză de *B. Convolvulaceae, N.linckia* a avut un efect stimulator asemănător în toate probele. Primordiile apar deja la a treia săptămâna de cercetare în toate concentraţiile.

Datele obţinute în experienţele noastre ne dau voie să afirmăm cu certitudine că algele au efect stimulator bine pronunţat. În experienţa de control butaşii au înrădăcinat abea la săptămâna a II sau III, pe când butaşii prelucraţi preventiv cu soluţii de alge au înrădăcinat încă în prima săptămână. În afară de faptul că au înrădăcinat mai repede, aceşti butaşi au format rădăcini mai numeroase şi mai lungi, adică sistemul radicular era dezvoltat mai bine. Încă un plus în favoarea prelucrării preventive a butaşilor cu soluţii de alge este formarea primordiilor de muguri, în special butaşii prelucraţi cu cultura de *Nostoc* au format primordii la a doua sau a treia săptămână, uneori chiar în lipsa rădăcinilor, de menţionat că la butaşii din grupa de control muguraşii au apărut abia după cinci săptămâni.

Astfel, pentru toate tipurile de butaşi optimale după efect şi cantitate de masă algală utilizată s-au dovedit a fi culturile de spirulină cu concentraţia de 0,25 şi 0,5 g/l şi Nostoc cu concentraţia de 1,25 g/l.

Concluzii

Astfel, în concluzie se poate spune că ambele culturi de alge testate posedă efect stimulator în procesul de rizogeneză la plantele decorative şi pot fi folosite la grăbirea procesului de înmulţire, ce poate avea efecte economice importante. Generalizând cele expuse anterior propunem următoarea metodă de utilizare a algelor în scopul sporirii rizogenezei la plantele decorative (pe exemplul g. Begonia).

1. Se vor lua 0,25 – 0,5 g de praf de Spirulina sau 1g de Nostoc (măcinat preventiv), se vor dizolva într-un litru de apă de robinet, preventiv decantată, se vor agita bine.
2. Se vor fasona butaşi caulinari sau de frunză cu un peţiol de circa 3-5 cm. Se pot preleva chiar şi butaşi de tulpini bătrâne, semilemnificate, sau afoliaţi, care în cazuri obişnuite înrădăcinează foarte greu.
3. Butaşii vor fi ţinuţi în soluţiile cu alge timp de 6-8 ore, după ce vor fi expuşi pentru înrădăcinare în vase cu apă decantată. Soluţiile pot fi folosite repetat pe parcursul a câteva zile, după ce pot fi folosite la fertilizarea altor plante.

Metoda propusă este uşor de utilizat, dă rezultate bune, nu este costisitoare, este ecologic inofensivă. Considerăm că ea poate fi propusă crescătorilor de plante decorative.

Bibliografie

1. Fogg G.E. Extracellular products // In: "Physiology and biochemistry of algae N.Y.-London, 1962.
2. Fogg G.E. The extracellular products of algae // Proc. Symp. Algal. Icar., – New-Delhi, 1960a.– p.214-218
3. Lund I.W.G. Soil algae. // Phisiology and biochemistry of algaes. / Ed. Levin R.A., N.Y., London., 1962, p.757.
4. Manea Ş., Şalaru V.M., Şalaru V.V. Spirulina platensis [Nordst.] Geitl. produs alimentar al viitorului // Lucrările simpoz. "Progresele ştiinţifice în industria alimentară", 25 noiembrie 2004, Bucureşti, 2004, p. 137
5. Sing R.N. Role of blue-green algae in nitrogen economy of indian agriculture [Preface R.H.Burris.-New Delhi: Ind.Council of agr. Research, 1961, 175 p.
6. Şalaru V.M., Ichim M., Şalaru V.V. Aplicarea algelor în procesul de obţinere a produselor alimentare non poluate // Lucrările simpoz. "Progresele ştiinţifice în industria alimentară", 25 noiembrie 2004, Bucureşti, 2004, p.135
7. Şalaru V.M., Şalaru V.V., Chicu N., Dudnicenco T. Algele şi rolul lor în sporirea fertilităţii solului. // Culegere de lucrări ştiinţifice, Chişinău, 2004, Tipografia "Sirius", p.113-121
8. Şalaru V.M., Şalaru V.V. Rolul algelor edafice în sporirea fertilităţii solului // Lucrările conferinţei ştiinţifice cu participare internaţională "Solul şi viitorul", Chişinău, 2001, p. 294-295
9. Şalaru V.M., Şalaru V.V., Chicu N. Rolul algelor în procesul de acumulare a azotului în sol şi obţinerii produselor alimentare nonpoluate // Lucr conf. pentru o colaborare fructuoasă Chişinău, 2001, p.68-69
10. Şalaru V.M., Şalaru V.V., Chicu N. Comunităţile algelor edafice şi rolul lor în sporirea fertilităţii solului // Lucrările conferinţei internaţionale ştiinţifico-practice "Solul – una din problemele principale ale secolului XXI" 7 august, 2003, Chişinău, 2003, p.23-24.
11. Şalaru V., Şalaru V.M., Ichim M. Utilizarea unor tulpini de microalge cultivate pe apele reziduale în calitate de stimulatori la creşterea păsărilor şi plantelor de cultură. Bucureşti, 2004.
12. Голлербах М.М. Роль водорослей в почвеных процесах .// Тр. Конф. По вопросам почвенной микробиологии. Москва 1953, с.98-108.
13. Коптева Ж.П. Образование витамина группы В12 некоторыми синезелеными водорослями // Современное состояние и перспективы изучения почвенных водорослей в СССР., Киров, 1966.– с. 22-23.
14. Мусатенко Л.И.Гормоны водорослей //Альгология. 2001. – 11, No.1. С.37-51.
15. Таутс М.И., Семененко В.Е. О наличии физиологически активных веществ гормональной природы во внеклеточных метаболитах Chlorella./ Бот.журн., 1986, №3, с.110-121.
16. Панкратова Е.М. Внеклеточные выделения синезелёных водорослей // В кн. Современное состояния и перспективы изучения почвенных водорослей в СССР. Тез. докл.межвуз.конф. Киров, 1966, с.33-35.

THE INFLUENCE OF LIGHT ON MORPHOLOGICAL CHANGES OF BLUE-GREEN ALGAE *NOSTOC GELATINOSUM* (SCHOUSB) ELENKAND *CYLINDROSPERMUM LICHENIFORME* (BORY) KÜTZ. (CYANOPHYTA)

Sergiu DOBROJAN, Irina STRATULAT, Vasile ŞALARU, Alina TROFIM, Galina DOBROJAN
Moldova State University, Laboratory of "Algology", str. M. Kogâlniceanu 65A
sergiudobrojan84@yahoo.com

Abstract. The light influences the morphological aspects of algae Nostoc gelatinosum (Schousb) Elenk. and Cylindrospermum licheniforme (Bory) Kutz.. The dark regime generates the dimensional reducing of vegetative cells and heterocysts leading to the alteration of biomass, but spores do not suffer significant changes. Cultivating these algae to favorable conditions of natural and artificial light (continuous), results with launching the process of self-regulating dimensional of cells. The most beneficial sources of ilumination are natural and artificial light.

Key words. algae, light, morphological changes,continuous light, dark,

Introduction

Environmental factors act directly on algae development and especially the morphological aspects of algal cells. Morphological changes of algal cells allow to determining the physiological status and using the algae as bioindicators [4]. In this regard, Л. Х. Абузарова, Л. А. Гайсина, Л. М. Сафиуллина, Г. Р. Бакиева [3] have demonstrated that as the result of administration of urea and potassium chloride in a growing medium for alga *Cylindrospermum michailovsckoënse*, take place essential morphological changes of vegetative cells and heterocysts, but spores are more resistant and does not suffer important changes. These researches indicate that algae in response to changes of environmental factors, are changing their dimensional aspect.

Light is one of the abiotic limiting factor, that fulfills and energy function to algae. Light regime, in turn, influences the photosynthesis and nycthemeral alternation of cell division to algae, which in turn, are reflected quantitatively on the biomass [1].

Cylindrospermum licheniforme and *Nostoc gelatinosum* shows a great interest in research, because they have a high content of biologically active substances in cells, and can be widely used as biofertilizers [2]. Therefore it is important to study the morphological changes of these algae under the influence of different

illumination, to determine the optimal light intensity that would not cause essential morphological changes in algal cells, and will allow for obtaining significant quantities of biomass.

Materials and Methods

In experiments were used the blue-green algae *Nostoc gelatinosum* (Schousb) Elenk. and *Cylindrospermum licheniforme* (Bory) Kutz. selected in pure culture from soil collected in the southern districts of the Republic of Moldova. Nowadays they are part of collection from laboratory of ,,Algology,,Moldova State University.

Conditions for carrying out of experiments. The experiments was carried out in the laboratory at 24-26^{o}C, for a period of 12 days. Varied conditions of lighting was obtained by cultivating at daylight (natural light) of the window of the laboratory (summer June 2014), continuous light to 3 fluorescent lamps (120W/0,64 m^2 – yellow light spectrum), in the dark – in thermostat with adjustable temperature model TC-80 MC-2.

Algae cultivation. The algae *Nostoc gelatinosum* and *Cylindrospermum licheniforme* were cultivated using the periodically method, on nutritive medium Drew [5] preventively sterilized to 160 t^{o}C for 45 minutes. The alga was inoculated in a dose of 0,4 g/l.

Study of morphological changes was carried out by samples analysis under the electronic microscope Optica Provision (x40 objective) equipped with a camera and measuring program size. Morphological aspects were analyzed by determining the length and width of vegetative cells, spores and heterocysts. The obtained results were statistically processed using the program "Microsoft Office 2013" determining the arithmetic mean – X and standard error – x.

Results and discussions

Ensuring the adequate ratio between light and dark can determine rhythmical coordination of vital processes for a population of algal cells into a larger extent than in natural growth conditions and light changes directly impacts to their dimensional appearance [1].

The obtained results show that the vegetative cells of *Nostoc gelatinosum* dimensional changes depending on the age of the culture and the light source. The total absence of light impacting on the length and width of the vegetative cells, contributing to the decrease of their size from the 6th day (2,5 to 0,18 μ). Daylight helps to increase the cell size of *Nostoc gelatinosum* within admissible limits. The cells exposed to continuous and natural light have a tendency of increasing followed by decreasing and reverse (tab. 1).

The morphological changes of vegetative cells of alga *Cylindrospermum licheniforme* have the same dimensional decreasing trend to the long exposure in

the dark. Cultivation the alga in daylight, the cells are slightly larger. The natural and continuous light contribute to increasing the size of the cells, after that, the cells decreased and reverse.

Table 1.

The morphological changes of vegetative cells in alga *Nostoc gelatinosum*

Days of analysis	Type of light					
	Continuous, $X \pm x$		Daylight, $X \pm x$		Dark, $X \pm x$	
	Cell length, μ	Cell width, μ	Cell length, μ	Cell width, μ	Cell length, μ	Cell width, μ
1	7,37±0,38	5,20±0,23	7,37±0,38	5,20±0,23	7,37±0,38	5,20±0,23
3	7,12±0,34	6,72±0,18	9,91±0,54	7,19±0,21	8,86±0,52	7,71±0,21
6	8,8±0,61	7,32±0,5	10,73±0,61	7,94±0,49	10,21±0,99	8±0,22
9	8,84±0,45	6,99±0,19	8,25±0,54	7,41±0,33	6,31±0,39	6,69±0,17
12	7,78±0,49	7,07±0,19	8,27±0,78	7,71±0,37	7,6±0,63	6,5±0,22

Table 2.

The morphological changes of vegetative cells in alga *Cylindrospermum licheniforme*

Days of analysis	Type of light					
	Continuous, $X \pm x$		Daylight, $X \pm x$		Dark, $X \pm x$	
	Cell length, μ	Cell width, μ	Cell length, μ	Cell width, μ	Cell length, μ	Cell width, μ
1	4,5±0,71	4,5±0	4,5±0,71	4,5±0	4,5±0,71	4,5±0
2	5,4±0,15	5,15±0,19	4,71±0,16	4,66±0,15	4,26±0,14	4,56±0,08
6	5,84±0,31	5,8±0,24	8,96±0,73	7,36±0,27	4,49±0,49	4±6,3
9	6,14±0,25	5,95±0,27	6,24±0,27	6,10±0,22	4,89±0,19	5,43±0,21
12	6,15±0,28	6,07±0,19	6,19±0,21	5,99±0,17	was altered	was altered

The morphological changes of vegetative cells of algae *Nostoc gelatinosum* and *Cylindrospermum licheniforme* talks about the morphological self-regulating character of cell size.

The heterocysts of *Nostoc gelatinosum*, suffers the morphological changes depending on the light regime. Prolonged exposure the alga *Nostoc gelatinosum* in dark, notes with heterocysts decreasing of length and widh with 2,98 to 0,28 μ. Continuous light contributes to increase the length from 2,67 to 0,91 μ and width of 1,5 to 0,27 μ of heterocysts, compared with the *Nostoc gelatinosum* heterocysts exposed to daylight (tab. 3).

Table 3.

The morphological changes of heterocysts in alga *Nostoc gelatinosum*

Days of analysis	Type of light					
	Continuous, $X \pm x$		Daylight, $X \pm x$		Dark, $X \pm x$	
	Cell length, μ	Cell width, μ	Cell length, μ	Cell width, μ	Cell length, μ	Cell width, μ
1	8,25±0,47	6,18±0,38	8,25±0,47	6,18±0,38	8,25±0,47	6,18±0,38
3	9,15±0,75	6,91±0,36	9,95±0,47	9,26±0,49	10,89±0,75	10,02±0,75
6	12,08±0,2	9,37±0,95	11,4±0,59	8,28±0,58	9,45±0,44	9,43±0,19
9	10,76±0,69	8,93±0,39	8,09±0,29	7,43±0,25	7,78±0,55	7,15±0,39
12	11±0,63	7,31±0,34	10,09±0,5	7,04±0,4	10,25±1,4	8,38±0,8

The morphological aspect of heterocystes in *Cylindrospermum licheniforme* cultivated in dark suffers dimensional changes by decreasing the cells size, from the 6th day of cultivation. In general, the heterocystes of alga *Cylindrospermum licheniforme* did not suffer obvious dimensional changes at the continuous light and daylight (tab. 4).

Table 4.

The morphological changes of heterocysts in alga *Cylindrospermum licheniforme*

Days of analysis	Type of light					
	Continuous, $X \pm x$		Daylight, $X \pm x$		Dark, $X \pm x$	
	Cell length, μ	Cell width, μ	Cell length, μ	Cell width, μ	Cell length, μ	Cell width, μ
1	8,62±0,37	5,02±0,32	8,62±0,37	5,02±0,32	8,62±0,37	5,02±0,32
2	8,57±0,54	6,47±0,57	8,82±0,36	6,12±0,44	9,68±0,54	6,64±0,29
6	10,51±0,6	7,39±0,66	11,36±1,42	7,58±0,58	7,37±0,54	5,01±0,27
9	8,09±0,35	6,24±0,3	7,98±0,21	6,30±0,32	7,93±0,44	5,9±0,26
12	8,46±0,47	6,25±0,14	7,92±0,61	6,35±0,30	was altered	was altered

Both length and width of heterocysts have increasing trends followed by decreasing. What tells us, about the self-regulating dimensional character of heterocysts in algae *Nostoc gelatinosum* and *Cylindrospermum licheniforme.*

The exposure of algae *Cylindrospermum licheniforme* and *Nostoc gelatinosum* in dark produces no essential dimensional changes of algal spores, compared to exposed variants to continuous and natural light. The morphological changes of spores in *Nostoc gelatinosum* and *Cylindrospermum licheniforme* have the same tendency ofincreasing followed by decreasing and reverse, which indicates that the spores are dimensional self-regulating.

Conclusions

Prolonged exposure of algae *Cylindrospermum licheniforme* and *Nostoc gelatinosum* in dark contributes to dimensional reduction of vegetative cells and heterocystes. Daylight stimulates the dimensional increasing of vegetative cells and partially of algae spores, but continuous lighting generates the dimensional increasing of heterocysts. As a result of research it has been found, that the exposure of algae *Nostoc gelatinosum* and *Cylindrospermum licheniforme* under favorable conditions of natural and artificial light (continuous), results with launching the process of dimensional self-regulating of algal cells. Thus, for cultivation of these algae can be used both source of natural and artificial light.

References

1. Cărăuş I. Cultura algelor pentru biomasa şi principii active, Note de curs lucrări de laborator. Bacău: Universitate din Bacău, 2007. 99 p.
2. Trofim A.A., Zosim L.S., Dobrojan S.N., Donţu N.R., Stratulat I.I., Semeniuc E.N. Importance and biochemical characteristics of some soil bluegreen algae from Republic of Moldova. Physiology and biotehnology of oxygenic phototrophic microorganisms looking into the future, 2014, p. 18-19.
3. Абузарова Л.Х., Гайсина Л.А., Сафиуллина Л.М., Бакиева Г.Р. Изменение морфологии *Cylindrospermum michailovsckoënse (Cyanoprocaryota)* при воздействии минеральных удобрений. Вестник ОНУ, том 13, вып. 4, 2008, 55-60 с.
4. ВассерС. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. и др. Водоросли. Справочник. Киев: Наукова думка, 1989. 605 с.
5. Гайсина Л.А., Фазлутдинова А.И., Кабиров Р.Р. Современные методы выделения и культивированияводорослей. Учебное пособие. Изд-во БГПУ. Уфа, 2008. 152 с.

EFFECT OF LIGHT ON THE PROCESS OF BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION IN BLUE-GREEN ALGAE *NOSTOC GELATINOSUM* (SCHOUSB) ELENK.AND *CYLINDROSPERMUM LICHENIFORME* (BORY) KÜTZ. (CYANOPHYTA)

Sergiu DOBROJAN, Irina STRATULAT, Victor ŞALARU, Galina DOBROJAN
Moldova State University, Laboratory of "Algology", str. M. Kogâlniceanu 65A
sergiudobrojan84@yahoo.com

Abstract. Lighting regime directly influences the process of biological nitrogen fixation carried out by algae Nostoc gelatinosum (Schousb) Elenk. and Cylindrospermum licheniforme (Bory) Kutz. The natural light contributes to the intensification of biological fixation of atmospheric nitrogen in these algae, and the dark regime leads to inhibition the biological nitrogen fixation. Biological nitrogen fixation by blue-green algae achieved by Cylindrospermum licheniforme and Nostoc gelatinosum is a reversible self-regulating process.

Key words. biological nitrogen fixation, light regime, blue-green algae.

Introduction

Biological nitrogen fixation (BNF) is one of the most important natural process in biosphere. One of the opportunities for increased the BNF in soil is the application of nitrogen-fixing blue-green algae, that the are beneficial to apply as biofertilizers, because these algae can be grown in mass and requires low amounts of inoculum and a high rate of growth (8-13 g dry weight m^2 day^{-1}) [3, 4].

The BNF process is extremely complicated and dependent on the intensity of biotic and abiotic environmental factors. Light presents the factor that influence both photosynthetic and BNF to algae [6]. Research made by Hee-Mock Oh, J., Maeng, G-Yull Rhee demonstrates, that the process of biological nitrogen fixation in blue-green alga *Anabaena* sp. is directly dependent on the light regime. Thus, the ambient light stimulates both the BNF activity and photosynthesis, which is directly proportional [5]. Therefore, is important to study the effect of light on BNF made by blue-green algae *Nostoc gelatinosum* and *Cylindrospermum licheniforme* to determine the optimal intensity of light that stimulates the BNF. This research has a major interest in the practical use of these algae as soils biofertilizers with low humus concentration.

Materials and Methods

Experimented algae – Nostoc gelatinosum (Schousb) Elenk. and *Cylindrospermum licheniforme* (Bory) Kütz. were selected in pure culture from soil collected in the southern districts of the Republic of Moldova. Nowadays they are part of collection from laboratory of ,,Algology,, Moldova State University

The experiments were carried out in the laboratory at t 24-26˚C, for a period of 12 days. The varied lighting regime was obtained by cultivating at natural light to window of cultivation laboratory (summer, June, 2014), continuous illumination with 3 fluorescent lamps (120W/0,64m2 or 3000 lux) and in dark, in thermostat, with adjustable temperature, model TC-80 MC-2.

The algae *Nostoc gelatinosum* and *Cylindrospermum licheniforme* were cultivated using the periodically method on Drew nutritive medium, sterilized at t 160˚C for 45 min. Alga was inoculated in a dose of 0,4 g/l.

The process of biological nitrogen fixation – was studied by determining the NH_4^+, NO_3^-, NO_2^-, N – in algal biomass, fixed atmospheric nitrogen, total nitrogen and eliminated nitrogen in nutritive medium.

Total nitrogen in algal cells was determined using Nessler reagent – the method is based on measuring the intensity of color of the spectrometer analysis (UVvis + T80) at a wavelength of 420 nm [7]. Ammonia in nutritive medium was determined by spectrometry after Nessler method [1]. Nitrate was determined by spectrometry method as a result of the interaction of nitrate ions with phenol-disulfonic acid obtaining a yellow color [2]. The nitrites were determined spectrometry as a result of the interaction of *Griess-Ilosvay* reagentand nitrites [2]. The nitrogen in nutritive medium was determined by the amount of $N\text{-}NH_4^+ + N\text{-}NO_3^-$.

Total nitrogen was calculated by summing the N-total from algal biomass (mgN * algal biomass g) + $N\text{-}NH_4^+ + N\text{-}NO_3^- + N\text{-}NO_2^-$(from the nutrient medium).

The nitrogen eliminated in nutritive medium was calculated using the formula N.el (%) = (Ntm * 100) / (Nt-N0).

Where: Ntm – total nitrogen in nutritive medium, Nt – total nitrogen (algal cells + Ntm); No-total nitrogen from inoculum cells.

Fixed atmospheric nitrogen was determined according to the formula: Nf=(Ntb+Ntm)-N0, where: Ntb – total nitrogen of algal biomass; Ntm – total nitrogen of nutritive medium; No – total nitrogen from inoculum cells.

Mathematical processing of results – The obtained results were processed mathematical, using the program "Microsoft Office Excel 2013", determining the arithmetic mean – X and standard error – x.

Results and discussions

Studying the process of biological nitrogen fixation in nitrogen-fixing blue-green algae, can be carried by the nitrogen from nutritive medium. It is considered that ammonium ions are the form of nitrogen fixed from atmosphere by the algae.

Table 1.

Changes of ammonium ions in nutritive medium at cultivation of nitrogen-fixing algae *Nostoc gelatinosum* and *Cylindrospermum licheniforme*, mg/l

	Variations of lighting	Days of analysis				
		1	3	6	9	12
Cylindrospermum licheniforme	daylight, X±x	0	2,98±0,11	6,11±0,15	6,82±0,21	2,66±0,28
	continuous,X±x	0	2,34±0,11	2,04±0,09	3,3±0,1	2,56±0,18
	dark,X±x	0	5,11±0,18	8,41±0,28	8,94±0,97	10,76±0,1
Nostoc gelatinosum	daylight, X±x	0	2,98±0,11	2,07±0,09	3,85±0,02	2,13±0,1
	continuous,X±x	0	2,87±0,18	2,3±0,13	3,64±0,09	1,74±0,09
	dark,X±x	0	3,09±0,11	4,83±0,14	6,13±0,13	7,24±0,21

As we can see, from the data presented in tab. 1, the concentration of ammonium ions varies depending on the analyzed period and lighting regime. Cultivation the algae in the dark follows with accumulation of the highest amount of ammonium ions that are continuously growing. This, may be due to the alteration of algal biomass and their elimination in medium. In the case of algae cultivation under continuous light and daylight the ammonium ion concentration increases in the first days after follows an obvious decreasing. However, natural daily lighting contribute to setting the highest amounts of ammonium in both studied species.

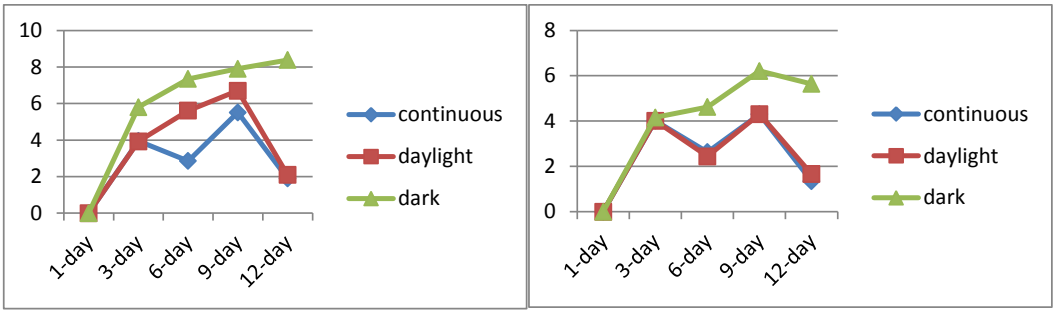
The nitrates result of oxidation process of ammonium ions and are a form of nitrogen accessible to algae.

Nitrates have the same tendency of increasing followed by decreasing. The highest nitrate concentrations is observed at cultivation *Nostoc gelatinosum* (7,97±0,16 mg/L) and *Cylindrospermum licheniforme* (13,07±1,79 mg/l) at continuous illumination (tab. 2). Daylight and darkness regime contributes to the accumulation of low quantities of nitrates in nutritive medium. Nitrites were not detected in nutritive medium, which denotes that, there is no process of denitrification.

Table 2.

Changes of nitrates in nutritive medium at cultivation of nitrogen-fixing blue-green algae *Nostoc gelatinosum* and *Cylindrospermum licheniforme*, mg/l

	Variations of lighting	Days of analysis				
		1	3	6	9	12
Cylindrospermum licheniforme	daylight, X±x	0	7,17±0,11	3,88±0,03	6,27±0,12	0,04±0,004
	continuous,X±x	0	9,45±0,4	5,68±0,75	13,07±1,79	0,04±0,003
	dark,X±x	0	8,13±0,44	3,64±0,12	4,26±0,42	0,17±0,003
Nostoc gelatinosum	daylight, X±x	0	7,55±0,12	3,7±0,09	5,86±0,18	0,034±0,001
	continuous,X±x	0	7,97±0,16	3,75±0,13	6,81±0,41	0,027±0,001
	dark,X±x	0	7,83±0,13	3,9±0,22	6,46±0,25	0,11±0,003



A B

Figure 1. **The influence of illumination on nitrogen in nutritive medium for cultivation of nitrogen-fixing algae *Cylindrospermum licheniforme*(A), and *Nostoc gelatinosum* (B), mg/l**

As we can see (fig.1), the lack of light generates the accumulation the highest quantities of nitrogen in the nutritive medium for cultivation the algae *Cylindrospermum licheniforme* and *Nostoc gelatinosum*. This, may be due to alteration of algal biomass to the 6th day. The daylight contribute to the accumulation of a higher amount of nitrogen in the nutritive medium accordance with the continuous light, especially in the case of cultivation the algae *Cylindrospermum licheniforme* and *Nostoc gelatinosum.*

For determination the potential biological nitrogen fixation, something extremely important is determining the atmospheric nitrogen fixed by alga.

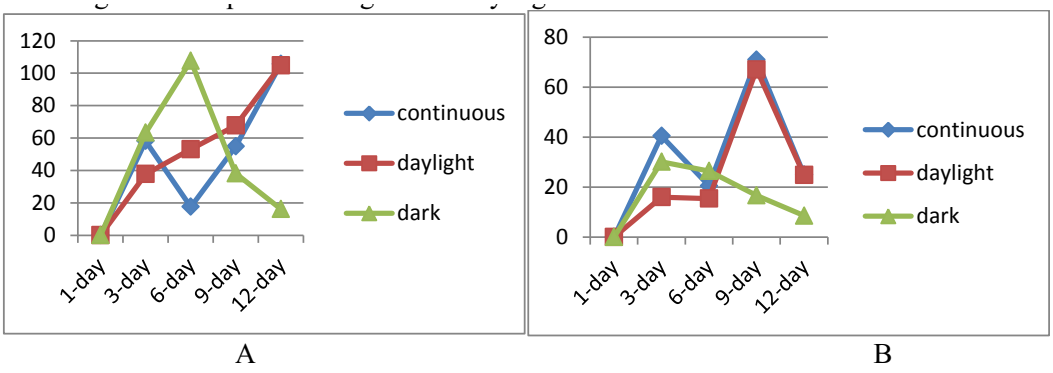


Figure 2. **Influence of illumination on atmospheric nitrogen fixed by algae *Cylindrospermum licheniforme*(A) and *Nostoc gelatinosum* (B), mg/l**

Prolonged exposure the blue-green algae *Nostoc gelatinosum* and *Cylindrospermum licheniforme* in darkness contribute to halting the process of biological nitrogen fixation from the 3rd to 6th day. Natural illumination contribute to fixing a large quantities of atmospheric nitrogen both in algae *Cylindrospermum licheniforme* (105,61±6,3 mg/l) and *Nostoc gelatinosum* (70,95±5,1 mg/l). The quantity of atmospheric nitrogen fixed by the algae *Cylindrospermum licheniforme* and *Nostoc gelatinosum* cultivated at continuous artificial lighting is slightly lower than in daylight.

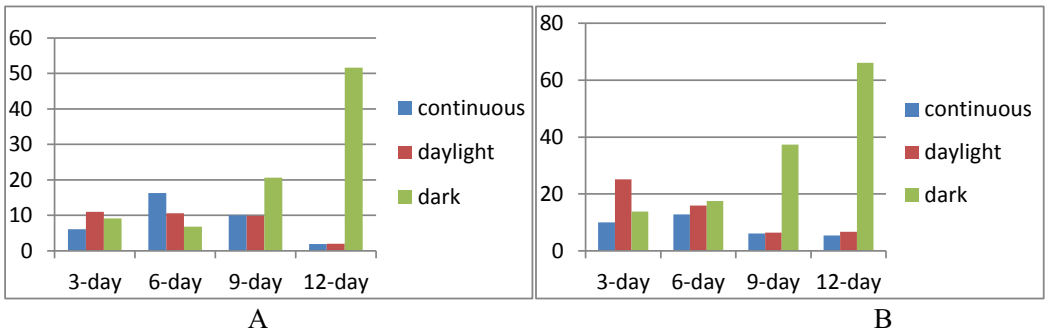


Figure 3. **Influence of illumination on the atmospheric nitrogen eliminated in nutritive medium by algae *Cylindrospermum licheniforme*(A), and *Nostoc gelatinosum* (B),%**

The highest amounts of atmospheric nitrogen eliminated in nutritive medium by *Cylindrospermum licheniforme* (51,62±1,1%) and *Nostoc gelatinosum* (66,13±1,5%) was certifies at cultivation in the dark at the 9th and 12th day. This is due to algal biomass alteration and elimination of cellular nitrogen in the nutritive medium. Natural lighting regime helps to eliminate the nitrogen quantities

slightly higher than the cultivation of algae in continuous illumination, which does not exceed 25,12±1,12% (fig. 3).

Conclusions

Lighting regime directly influences the process of biological nitrogen fixation achieved by blue-green algae *Cylindrospermum licheniforme* (Bory) Kütz. and *Nostoc gelatinosum* (Schousb) Elenk.. The natural illumination contribute to intensification of biological fixation of atmospheric nitrogen in the these blue-green algae and it accumulation in algal cells and eliminating into nutritive medium. Prolonged exposure the blue-green algae in darkness contribute to reducing the process of biological nitrogen fixation and nitrogen reduction in algal cells. Biological nitrogen fixation in blue-green algae *Cylindrospermum licheniforme* and *Nostoc gelatinosum* is a reversible self-regulating process.

References

1. Grigheli Gh., Şalaru V., Jigău Gh., Stasiev G., GalburăO. Analiza chimică a calităţii apei. Chişinău. 2006. 113 p.
2. Sandu M., Lozan R., Tărîţă A., Ropot V. Metode de instruire privind controlul calităţii apei. Chişinău. 2010. 173 p.
3. Boussiba S. (1991). Nitrogen fixing eyanobaeteria potential uses. J. Plant and Soil 137, p. 177-180.
4. Fontes A. G., Vargas M. A., Moreno J., Guerero M. G., Losada M. Factors affecting the production of biomass by a nitrogen-fixing blue-green alga in outdoor culture. Biomass 13, 1987, p. 33-43.
5. Hee-Mock Oh, J. Maeng, G-Yull Rhee. Nitrogen and carbon fixation byAnabaena sp. isolated from a rice paddy and grown under P and light limitations. Journal of Applied Phycology 3, 1991, p. 335-343.
6. Lewis WM Jr, Levine SN. The light response of nitrogen fixation in Lake Valencia, Venezuela. Limnol. Oceanogr., 1984, 29, p. 894-900.
7. Воскресенская О.Л., Алябышева Е.А., Половникова М.Г. Большой практикум по биоэкологии. Ч. 1: учеб. Пособие. Москва. 2006. 107 с.

SELECTAREA MEDIULUI OPTIMAL PENTRU CULTIVAREA SPECIEI *NOSTOC GELATINOSUM* (SCHOUSB.) ELENK.

Natalia DONŢU, Vasile ŞALARU, Victor ŞALARU, Irina STRATULAT, Alina TROFIM, Sergiu DOBROJAN
Laboratorul de Cercetări Ştiinţifice „Algologie",
Universitatea de Stat din Moldova, str. M. Kogâlniceanu 65A,
dontunatyr@yahoo.com

Abstract. The choice of culture medium for algae growing is an important milestone because it can affect the economic aspects of the production process. For cultivation of Nostoc gelatinosum algae the most optimal medium are Drew and Z8. The highest values of algal productivity may be obtained according the semicontinuous method. With the increase of algal productivity pH values change to basic direction.

Key words: Nostoc gelatinosum, cultivation, optimal medium,periodic method, semicontinuous method.

Introducere

Cultivarea algelor reprezintă o direcţie de cercetare necesară mai multor domenii, deoarece obţinerea unei cantităţi majore de biomasă oferă posibilitatea de utilizare în biotehnologie (sursă de substanţe biologic active), ca supliment nutritiv, la epurarea apelor reziduale, în agricultură (ca biofertilizant), etc. [1]. Productivitatea este unul din parametrii principali ce caracterizează creşterea şi dezvoltarea algelor fixatoare de azot. Acest parametru poate fi influenţat puternic de condiţiile de cultivare şi de calitatea mediului nutritiv utilizat. De aceea cercetările ce ţin de selectarea unor medii nutritive optimale, destinate cultivării algelor, rămân a fi actuale [2, 5].

Obţinerea cantităţii cât mai înalte de biomasă este dependentă de utilizarea celei mai eficiente metode de cultivare, astfel ne-am propus ca scop de a cultiva alga *Nostoc gelatinosum* pentru obţinerea unei productivităţi sporite atât după metoda de cultivare periodică, cât şi semicontinuă.

Materiale şi metode

Alga care a servit pentru selectarea tulpinii de *Nostoc gelatinosum* a fost colectată în anul 2007 din mostrele de sol ocupate de cultura agricolă de grâu de lângă oraşul Cimişlia, Republica Moldova. Cultura algală de regulă creează bule gelatinoase deasupra mediului agarizat sau lichid de cultivare. Alga reprezintă colonii din filamente de culoare cafenie repartizate neuniform. Celulele sunt de formă dreptunghiulară cu dimensiunile de 5,12-10,5 μ – lungimea, şi 2,44-7,32 μ – lăţimea. La capătul trihomului este amplasat heterocistul de formă elipsoidală uneori conică (5,12-10 μ – lungime, 3,66-6,1 μ lăţime), spori alungiţi intercalari

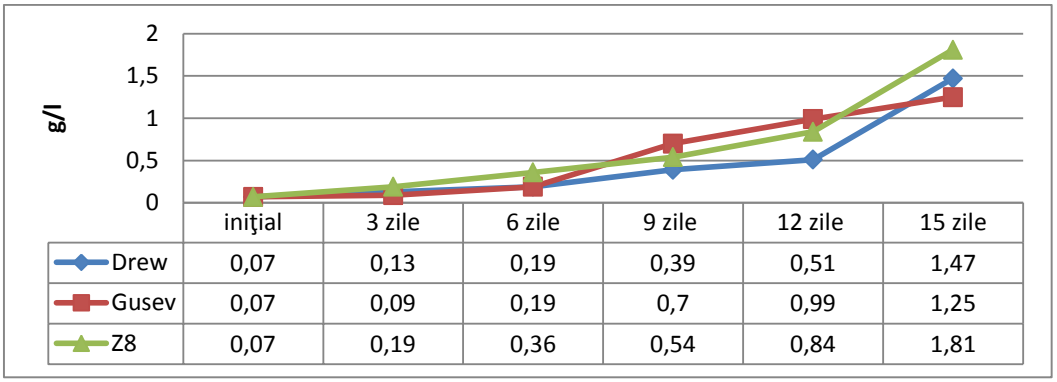
cu lungimea de 7,32-14,64 μ şi lăţimea de 4,88-8,54 μ. În condiţii infavorabile toate celulele filamentului se transformă în spori, care în condiţii favorabile dau naştere fiecare la câte un filament nou [8].

Pentru selectarea mediului optimal de cultură a algei *Nostoc gelatinosum* au fost iniţiate experimente de cultivare după metoda periodică şi semicontinuă pe mediile nutritive minerale Drew, Gusev şi Z8, care au fost efectuate în condiţii de laborator pe o perioadă de 15 zile. Cultivarea după metoda semicontinuă a fost realizată prin excluderea a 25%, 50% şi 75% din mediul nutritiv la un interval de trei zile şi prin înlocuirea cu mediul proaspăt pregătit. Pe parcursul experienţelor s-a determinat: productivitatea algală, care a fost stabilită prin metoda gravimetrică, efectuându-se calculul corespunzător în g/l biomasa absolut uscată [9], şi indicele pH-ului (determinat la aparatul multifunţional Consort C-944). Prelucrarea statistică a rezultatelor obţinute a fost efectuată cu ajutorul programei „Statistica 10".

Rezultate şi discuţii

Pentru a stabili componenţa optimală de nutrienţi necesară pentru obţinerea unei cantităţi mari de biomasă algală de *Nostoc gelatinosum* în condiţii de laborator au fost selectate trei medii nutritive, care conform literaturii de specialitate sunt utilizate la cultivarea speciilor de alge fixatoare de azot [3, 4, 6, 7]. Cantitatea biomasei algei *Nostoc gelatinosum* diferă în funcţie de metoda de cultivare, de mediul de cultură şi de durata perioadei de cultivare.

Din datele obţinute referitoare la productivitatea speciei de algă *Nostoc gelatinosum* cultivată după metoda periodică se poate remarca că cel mai optimal mediu de cultivare pentru această algă este Z8 (figura 1).În cazul cultivării pe acest mediu la a 15-ea zi cantitatea de biomasă a crescut de la 0,07 g/l BAU până la 1,81 g/l BAU, sau de 25,86 ori. Pe parcursul perioadei de cercetare productivitatea algei a sporit treptat. La a 3-ea zi productivitatea creşte de 3 ori (de la 0,07 până la 0,19 g/l BAU), la a 6-ea zi valorile iniţiale sporesc de 5,14 ori, la a 9-a zi – de 7,71 ori iar la a 12-ea – de 12 ori.

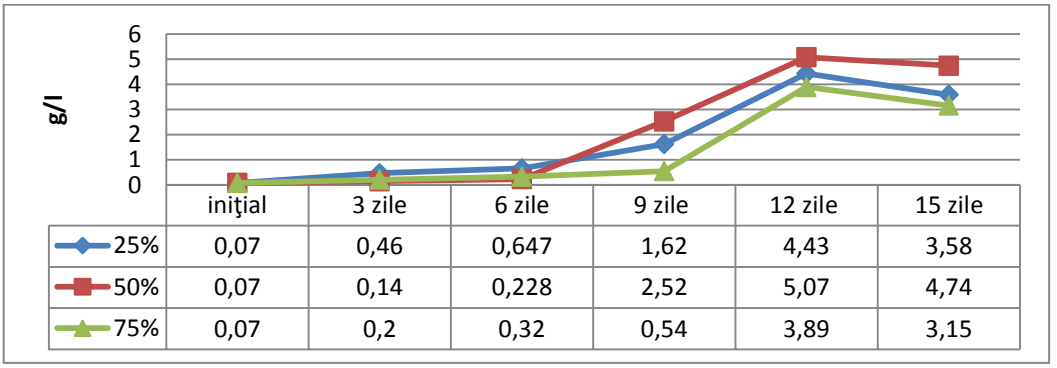


	iniţial	3 zile	6 zile	9 zile	12 zile	15 zile
Drew	0,07	0,13	0,19	0,39	0,51	1,47
Gusev	0,07	0,09	0,19	0,7	0,99	1,25
Z8	0,07	0,19	0,36	0,54	0,84	1,81

Figura 1. Productivitatea algei *Nostoc gelatinosum* cultivată după metoda periodicăpe diferite medii minerale, g/l BAU

Valori la fel înalte ale productivităţii algale au fost determinate pe mediul Drew şi Gusev în care cantitatea de biomasă maximală de algă *Nostoc gelatinosum* a fost obţinută de asemenea la 15 – ea zi de cultivare, atingând valoarea de 1,47 g/l BAU şi respectiv 1,25 g/l BAU.

În cazul cultivării algei *Nostoc gelatinosum* după metoda semicontinuă perioada optimală este mai redusă (12 zile) spre deosebire de cultivarea după metoda periodică (15 zile). Cele mai mari valori ale productivităţii algei *Nostoc gelatinosum* au fost pe mediul Drew (figura 2).

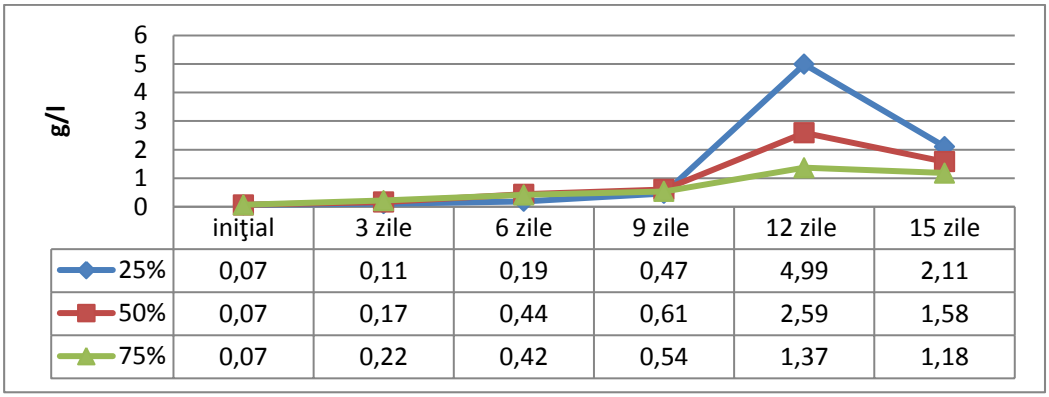


	iniţial	3 zile	6 zile	9 zile	12 zile	15 zile
25%	0,07	0,46	0,647	1,62	4,43	3,58
50%	0,07	0,14	0,228	2,52	5,07	4,74
75%	0,07	0,2	0,32	0,54	3,89	3,15

Figura 2. **Productivitatea algei *Nostoc gelatinosum* cultivată după metodă semicontinuă pe mediul nutritiv Drew (g/l BAU)**

Analiza cantitativă a biomasei algei *Nostoc gelatinosum* cultivată după metoda semicontinuă pe mediul Drew indică o sporire considerabilă a biomasei algale la extragerea a 50% din mediu, care la a 12-ea zi atingea 5,07 g/l BAU. Această cantitate depăşeşte de 1,14 şi respectiv de 1,30 ori cantitatea de biomasă obţinută la probele cu excluderea a 25 şi a 75% din mediu la 12-ea zi de cultivare. Valoarea maximală a productivităţii algale obţinută la cultivarea tulpinei de *Nostoc gelatinosum* pe mediu Drew după metoda semicontinuă depăşeşte de 3 ori valoarea obţinută la creşterea algei după metoda periodică, ceea ce ne demonstrează prioritatea acestei metode de cultivare.

Rezultate semnificative se obţin şi la cultivarea după metoda semicontinuă a algei *Nostoc gelatinosum* pe mediu Z8 (figura 3). Cantitatea cea mai mare de biomasă acumulată se atestă la extragerea a 25% din mediul nutritiv în a 12-ea zi (4,99 g/l BAU).

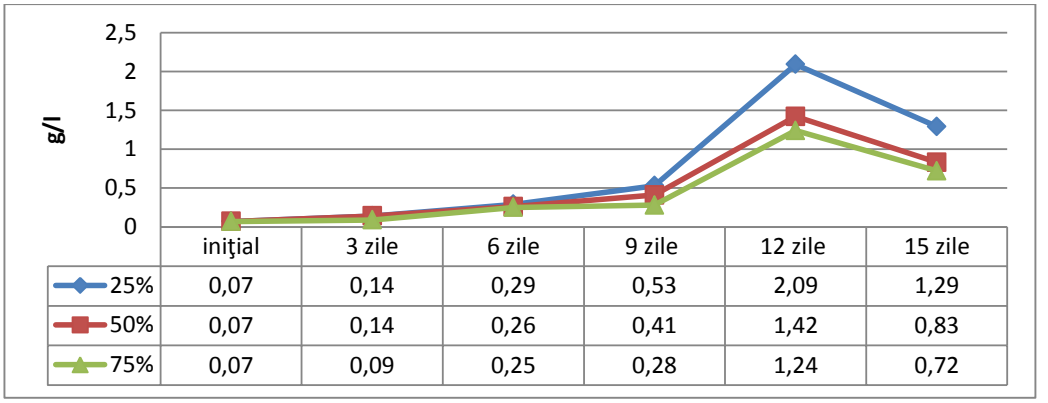


	iniţial	3 zile	6 zile	9 zile	12 zile	15 zile
25%	0,07	0,11	0,19	0,47	4,99	2,11
50%	0,07	0,17	0,44	0,61	2,59	1,58
75%	0,07	0,22	0,42	0,54	1,37	1,18

Figura 3. **Productivitatea algei *Nostoc gelatinosum* cultivată după metodă semicontinuă pe mediul nutritiv Z8 (g/l BAU)**

În cazul excluderii a 50% din mediu cantitatea maximală de biomasă este de 2,59 g/l BAU. Cele mai slabe rezultate s-au obţinut la extragerea a 75% din mediul nutritiv, unde la a 12-ea zi de cultivare cantitatea de biomasă a fost de 1,37 g/l BAU.

La cultivarea algei *Nostoc gelatinosum* după metoda semicontinuă pe mediul Gusev au fost obţinute cele mai reduse valori cantitative (figura 4).



	iniţial	3 zile	6 zile	9 zile	12 zile	15 zile
25%	0,07	0,14	0,29	0,53	2,09	1,29
50%	0,07	0,14	0,26	0,41	1,42	0,83
75%	0,07	0,09	0,25	0,28	1,24	0,72

Figura 4. **Productivitatea algei *Nostoc gelatinosum* cultivată după metodă semicontinuă pe mediul nutritiv Gusev (g/l BAU)**

Rezultate mai semnificative la cultivarea algei date pe mediul Gusev au fost observate la excluderea a 25% din mediul nutritiv, unde la a 12-ea zi cantitatea de biomasă atingea valoarea de 2,09 g/l BAU. La extragerea a 50 şi 75% din mediu au fost obţinute rezultate cu valori apropiate – 1,42 şi respectiv 1,24 g/l biomasă absolut uscată.

Din datele figurilor 2, 3 şi 4 se observă o creştere bruscă a valorilor productivităţii algale la a 12-ea zi de la cultivare, acest fapt se datorează ridicării temperaturii aerului, ceea ce a condus la o dezvoltare mai eficientă, ţinând cont de faptul că specia *Nostoc gelatinosum* este termofilă.

De asemenea, au fost analizate şi modificările pH-ului mediului nutritiv la cultivarea algei *Nostoc gelatinosum*. pH-ul mediului se schimbă în dependenţă de productivitatea algei. Astfel, s-a observat că cele mai mari valori (9,9 şi 9,79) s-au înregistrat pe mediul Z8 în cazul cultivării după metoda periodică şi respectiv pe mediul Drew după metoda semicontinuă, unde s-au obţinut şi cele mai mari cantităţi de biomasă algală. La cultivarea pe mediul Gusev pH-ul este mai redus şi nu depăşeşte valoarea de 8,69. pH-ul este un factor important pentru creştere, de aceea ţine de menţionat că, odată cu creşterea productivităţii se schimbă pH-ul în direcţia bazică.

Concluzii

- Datorită procesului de substituire periodică a nutrienţilor în cazul cultivării după metoda semicontinuă se obţin valori mai mari ale productivităţii algale într-o perioadă de timp mai scurtă, ceea ce face această metodă mai eficientă.
- Mediile minerale optimale pentru creşterea şi dezoltarea tulpinei de *Nostoc gelatinosum* sunt Drew şi Z8, iar mediul Gusev necesită optimizat.
- La cultivarea algei *Nostoc gelatinosum* după metoda semicontinuă excluderea de 25% este optimală pentru mediul Drew şi Gusev, iar extragerea de 50% pentru mediul Z8.
- Odată cu creşterea productivităţii algale valorile pH-ului se schimbă în direcţie bazică.

Bibliografie

1. Allnutt F. Cyanobacterial (bluegreen algal) biotechnology: past, present and future. In: J. Sci. Indust. Res. 1996, no.55, p. 693–714.
2. Cojocari A. Optimizarea componenţei mediului nutritiv pentru cultivarea cianobacteriei *Nostoc linckia* (Roth) Born. et Flah CNM-CB-03. În: Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei "Ştiinţele vieţii" 2007, Nr. 2 (302), p. 120-126.
3. Dobrojan G., Dobrojan S., Stratulat I. Utilizarea metodei de cultivare semicontinuă a algei *Anabaenopsis* sp. pe mediul nutritiv Z8. În: Studia Universitatis "Seria Ştiinţe Reale şi ale Naturii", 2013, Nr. 1 (61), p. 88-91.
4. Dobrojan S., Stratulat I., Dobrojan G., Trofim A., Donţu N., Negara C. Unele aspecte fiziologice ale cultivării algei *Anabaenopsis* sp. pe diferite medii nutritive. În: Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei "Ştiinţele vieţii", 2013, Nr. 1 (319), p. 143-147.

5. Ruiz–Marin A., Mendoza–Espinosa L., Stephenson T. Growth and nutrient removal in free and immobilized green algae in batch and semi – continuous cultures treating real wastewater. In: Bioresource Technology, 2010, nr. 101, p. 58–64.
6. Stratulat I. Cultivarea semi-continuă a algei cianofite *Nostoc flagelliforme* pe mediul nutritiv Gusev. În Materialele Sesiunii naţionale de comunicări ştiinţifice studenţeşti, 2014, p. 7-8.
7. Stratulat I., Dobrojan S., Şalaru V. Cultivarea algei *Nostoc flagelliforme* pe diferite medii nutritive. În: Buletinul Ştiinţific, Revistă de Etnografie, Ştiinţele Naturii şi Muzeologie, nr. 16(29), 2012, p. 81-86.
8. Голлербах М.М., Коссинская Е. К., Полянский В. И. Определитель пресноводных водорослей СССР. Синезеленые водоросли, 1953, выпуск 2, М., с. 228.
9. Сиренко Л. А., Сакевич А. И., Осипов Л. Ф. Методы физиолого–биохимического исследования водорослий в гидробиологической практике; Киев, 1975, 248 с.

CARACTERISTICA ECOLOGICĂ A ALGOFLOREI RÂULUI ICHEL

Boris NEDBALIUC
Universitatea de Stat din Tiraspol

Rezumat. În rezultatul investigaţiilor efectuate asupra comunităţilor de alge din cursul inferior al râului Ichel au fost evidenţiate 234 de specii şi varietăţi de alge, dintre care 69 sunt planctonice, 62 – bentonice, 63 – epifitonice, 40 – forme intermediare. În dependenţă de atitudinea faţă de salinitatea apei, algoflora râului, aproape în întregime se atribuie grupei oligohalobe, iar în dependenţa de pH-ul apei – grupei alcalifile şi indiferente.

Summary. As a result of the investigations carried out on periphyton algae communities in the lower reach of the river Ichel, 234 species and varieties of algae were identified, between them 69 are planktonic, 62– benthic, 63 – epiphytic, 40 – intermediate forms. Depending on the water salinity, river algal flora almost entirely refers to oligohalobious group, and depending on the pH of the water – to the alkaliphile and indifferent.

Introducere

Râul Ichel este un afluent de dreapta al fluviului Nistru, izvorăşte în apropiere de satul Hîrceşti raionul Ungheni. Debuşează în Nistru, lângă s. Coşerniţa din raionul Criuleni [2]. Apele reziduale ale localităţilor Măgdăceşti, Ratuş, Cricova, Ciorescu, Făureşti, Goian, Hruşova, Boşcani, Coşerniţa ş.a. se varsă în râul Ichel. Sistemele de curăţare ale apei fie că lipsesc, fie că sunt uzate completamente sau se află într-o stare proastă. Acumularea în cantităţi mari a elementelor biogene provocă o dezvoltare abundentă a fitoplanctonului [1, 5].

Comunităţile de alge, care determină în mare măsură starea ecologică a ecosistemelor acvatice, reprezintă componente importante ale sistemului de monitorizare biologică a bazinelor acvatice [10].

Materiale şi metode de cercetare

Investigaţiile algoflorei râului Ichel au fost efectuate în anii 2011-2014. Probele au fost colectate sezonier de la staţiile de cercetare: Ciorescu, Făureşti, Goian, Hruşova, Coşerniţa. Colectarea şi prelucrarea probelor de alge a fost efectuată conform metodelor unificate de colectare şi prelucrare a probelor hidrobiologice [4, 9]. O parte din materialul colectat era adus în laborator şi analizat în stare proaspătă în microscopul Nikon YS 100, o altă parte era fixat în soluţie de formol sau etanol. La identificarea speciilor s-au folosit determinatoarele în vigoare.

Rezultate şi discuţii

În rezultatul investigaţiilor efectuate asupra comunităţilor de alge perifitonice de pe unele plante superioare, lemn şi pietre submerse au fost evidenţiate 234 de specii şi varietăţi de alge ce aparţin la 6 filumuri (*Cyanophyta* – 49, *Bacillari-*

ophyta – 97, *Xanthophyta* – 2, *Dinophyta* – 5, *Chlorophyta* – 58şi *Euglenophyta* – 23) (tab. 1).

Tabelul 1.

Structura taxonomică a algoflorei cursului inferior al râului Ichel

Filumul	Numărul					
	Clase	Ordine	Familii	Genuri	Specii şi varietăţi	%
Cyanophyta	2	4	17	21	49	20,9
Dinophyta	1	2	2	3	5	2,1
Bacillariophyta	2	3	7	26	97	41,5
Xanthophyta	2	2	2	2	2	0,9
Euglenophyta	1	1	3	7	23	9,8
Chlorophyta	4	6	16	33	58	24,8
Total	12	18	47	92	234	100

Principalii factori ecologici care determină diversitatea şi dezvoltarea cantitativă a algoflorei în bazinele acvatice sunt temperatura, lumina, prezenţa elementelor biogene, nivelul de salinitate, reacţia activă (pH) a apei etc. [7].

După caracterul mediului de trai algele bazinelor acvatice se împart în organisme planctonice şi bentonice. În afară de aceste două grupe ecologice se mai întâlnesc şi specii care ocupă poziţii intermediare în nişa ecologică. Cele bentonice se împart în alge ce vieţuiesc la fundul bazinului şi care sunt fixate pe suprafaţa diferitor tipuri de substraturi (vii şi inanimate) scufundate în apă: epifite – speciile de alge fixate pe plantele superioare acvatice; epilite – pe pietre, beton, metal, obiecte din masă plastică; epipelite – pe substrat din nămol; psamofite – pe nisip etc.) [6; 8].

Astfel, din numărul total de specii şi varietăţi de alge evidenţiate în perifitonul râului Ichel, 69 sunt planctonice (29,5%), 62 – bentonice (26,5%) şi 63 – epifitonice (26,9%). Celelalte specii (17,1%) reprezintă forme intermediare şi pot fi întâlnite atât în bentos, cât şi în plancton sau epifiton (tab. 2).

Tabelul 2.

Structura ecologică a algoflorei râului Ichel

Indicele ecologic	Categoria de alge	Nr. de specii	%
Grupa ecologică	Planctonice	69	29,5
	Bentonice	62	26,5
	Epifitonice	63	26,9
	Bento-planctonice	27	11,5
	Bento-epifitonice	3	1,3
	Epifitono-planctonice	4	1,7
	Epifitono-bentonice	4	1,7
	Planctono-epifitonice	2	0,9

Atitudinea faţă de salinitate	Oligohalobe	4	1,7
	Oligohalobe-halofobe	4	1,7
	Oligohalobe-indiferente	107	45,7
	Oligohalobe-halofile	29	12,4
	Mezohalobe	10	4,3
	Polihalobe	1	0,4
	Specii de natură nedeterminată	79	33,8
Atitudinea faţă de pH	Alcalifile	64	27,3
	Alcalibionte	12	5,1
	Neutrofile	2	0,9
	Indiferente	43	18,4
	Acidofile	3	1,3
	Specii de natură nedeterminată	110	47,0

Mai frecvente în comunităţile de alge din râul Ichel s-au dovedit a fi speciile din următoarele grupe ecologice:

Planctonice: *Anabaena affinis* Lemm., *A. flos-aquae* (Lyngb.) Breb., *Gomphosphaeria lacustris* Chod., *Microcystis aeruginosa* Kutz., *Oscillatoria agardhii* Gom., *O. lacustris* (Kleb.) Geitl., *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs din filumul *Cyanophyta; Chlamydomonas ehrenbergii* Gorosch., *Monoraphidium arcuatum* (Kors.) Hind., *M. irregulare* (G. M. Smith) Kom.-Legn., *Oocystis borgei* Snow, *Scenedesmus arcuatus* Lemm., *S. falcatus* Chod., *S. quadricauda* (Turp.) Breb., *Schroederia setigera* (Schroed.) Lemm. din filumul *Chlorophyta;Euglena acus* Ehr., *E. polymorpha* Dang., *Phacus acuminatus* Stokes, *Trachelomonas dubia* Swir., *T. hispida* (Perty) Stein, *T. planctonica* Swir., *T. verrucosa* Stokes din filumul *Euglenophyta* ş.a.

Bentonice: *Aphanizomenon elenkinii* Kissel., *Oscillatoria geminata* (Menegh.) Gom.din filumul *Cyanophyta; Anomoeoneis sphaerophora* (Kutz.) Pfitz., *Navicula confervacea* Kutz., *N. cryptocephala* Kutz., *N. cryptocephala var. intermedia* Grun., *N. gracilis* Ehr., *N. radiosa* Kutz., *N. rhynchocephala* Kutz., *Nitzschia dissipata* (Kutz.) Grun., *N. kuetzingiana* Hilse., *Surirella biseriata* Breb., *Synedra tabulata* (Ag.) Kutz.din filumul *Bacillariophyta; Stigeoclonium prostratum* Fritsch, *S. tenue* (Ag.) Kutz.din filumul *Chlorophyta* ş.a.

Epifitonice: *Calothrix brevissima* G. S. West., *Lyngbya kuetzingii* (Kutz.) Schmidle G. S. West., *Plectonema terebrans* Born. et Flah. din filumul *Cyanophyta; Achnanthes affinis* Grun., *A. hungarica* Grun., *Cocconeis pediculus* Ehr., *Cymbella cistula* (Hemp.) Grun., *C. turgida* (Greg.) Cl., *Diatoma elongatum var. tenue* (Ag.) V. H., *D. vulgarevar. lineare* Grun., *Gomphonema acuminatum* Ehr., *G. constrictum var. capitatum* Cl., *G. parvulum* Kutz., *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr. din filumul *Bacillariophyta; Characium acuminatum* A. Br., *Ch. sieboldii*

A. Br., *Cladophora glomerata* (L.) Kutz., *Coleochaete scutata* Breb., *C. soluta* Pringsh., *Oedogonium sp., Uronema confervicolum* Lagerh. din filumul *Chlorophyta; Colacium vesiculosum* Ehr. din filumul *Euglenophyta* ş.a.

Bento-planctonice: *Anabaena variabilis* Kutz., *Merismopedia elegans* A. Br., *Oscillatoria chalybea* (Mert.) Gom.din filumul *Cyanophyta; Fragilaria capucina var. mesolepta* Rabenh., *Nitzschia amphibia* Grun., *N. paleacea* Grun. din filumul *Bacillariophyta; Coelastrum microporum* Nag., *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh. din filumul *Chlorophyta; Euglena gracilis Klebs., E. oblonga Schmitz., E. viridis Ehr.* din filumul *Euglenophyta*.

Bento-epifitonice:*Phormidium foveolarum* (Mont.) Gom. *(Cyanophyta)* şi *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) Grun. *(Bacillariophyta)*.

Epifitono-planctonice: *Lyngbya lagerheimii* (Mob.) Gom. *(Cyanophyta); Pediastrum tetras* (Ehr.) Ralfs. şi *Mougeotia sp.(Chlorophyta)*.

Epifitono-bentonice: *Melosira varians* Ag. *(Bacillariophyta)* şi *Rhizoclonium hieroglyphicum* (Ag.) Kutz. *(Chlorophyta)*.

Planctono-epifitonice: *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chod. *(Chlorophyta)*.

În funcţie de valorile salinităţii, apele pot fi dulci cu S‰ < 0,5 (denumite şi ahaline), sălcii şi salmastre cu S‰ > 0,5 (mixohaline), ce se subîmpart în: oligohaline cu S‰ cuprinsă între 0,5 şi 5; mezohaline (salmastre) cu S‰ cuprinsa între 5 şi 18; polihalobe cu S‰ cuprinsă între 18 şi 30; marine şi oceanice (euhaline) cu S‰ cuprinsă între 30 şi 40; hiperhaline cu S‰ > 40.

Speciile de alge din bazinele acvatice pot servi drept indicatori ai salinităţii apei, de aceea în studiu am folosit scara halobităţii elaborată de R. W. Kolbe (1927) şi ulterior completată şi modificată de F. Husted (1957). Reieşind din datele scării halobităţii algoflora perifitonică a râului Ichel aproape în întregime se atribuie grupei oligohalobe, speciile căreia vieţuiesc în apele dulci continentale unde salinitatea apei variază de la 0,01 la 0,5 ‰. Algele din această grupă, în dependenţă de nivelul de salinitate preferat, se mai împart în 3 subgrupe: halofobe, indiferente şi halofile [3].

S-a stabilit că din oligohalobe cea mai numeroasă este subgrupa de alge indiferente (107 specii şi varietăţi), care se dezvoltă abundent în limitele de salinitate 0,02-0,3‰ şi posedă însuşiri de a nu reacţiona la creşterea sau micşorarea neînsemnată a salinităţii apei. Mai frecvent din această grupă se întâlnesc *Gomphosphaeria lacustris*, *Merismopedia elegans*, *Oscillatoria geminata*, *Phormidium ambiguum* Gom., *Ph. molle* (Kutz.) Gom. *(Cyanophyta); Amphora ovalis* Kutz., *A. ovalisvar. pediculus* Kutz., *A. perpusilla* Grun., *Cocconeis pediculus*, *C. placentula* Ehr., *Cymbella cistula*, *Epithemia sorex* Kutz., *Navicula gracilis*, *N. radiosa*, *N. vulpina* Kutz., *Nitzschia dissipata*, *N. sigmoidea* (Ehr.) W. Sm., *Stephanodiscus dubius* (Fricke) Hust., *Surirella biseriata*, *Synedra acus* Kutz.,

S. ulna var. danica Kutz. *(Bacillariophyta); Cladophora glomerata*, *Coelastrum microporum*, *Mougeotia sp., Oocystis borgei*, *Pediastrum boryanum*, *P. tetras*, *Scenedesmus acuminatus*, *S. acutus* Meyen, *S. quadricauda*, *Tetraedron minimum* (A. Br.) Hansg. *(Chlorophyta); Euglena acus*, *Lepocinclis elongata* Swir., *L. fusiformis* (Cart.) Lemm., *Strombomonas acuminata* (Schmarda) Defl., *Trachelomonas hispida*, *T. Planctonica (Euglenophyta)*.

Locul doi din oligohalobe îl deţin algele halofile (29 specii şi varietăţi), care se dezvoltă într-un diapazon mai înalt de salinitate (0,4-0,5 ‰). În cantităţi mai mari din această grupă se întâlneau: *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Oscillatoria agardhii*, *O. Limosa* Ag., *O. tenuis* Ag. *(Cyanophyta); Achnanthes affinis*, *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cl., *Coscinodiscus lacustris* Grun., *Diatoma elongatum var. tenue*, *Melosira varians*, *Navicula confervacea*, *N. cryptocephala var. venete* Grun., *N. rhynchocephala*, *Nitzschia kuetzingiana*, *N. tryblionella var. levidensis* Grun., *Surirella ovata var. crumena* (Breb.) V. N. *(Bacillariophyta);* şi *Rhizoclonium hieroglyphicum (Chlorophyta)*.

Algele halofobe trăiesc, în principal, în bazinele cu apă dulce în care conţinutul de săruri nu depăşeşte 0,02‰, de aceea în apa râului Ichel au fost evidenţiate numai 4 specii de alge halofobe, care erau întâlnite în perifiton rar cu exemplare răzleţe – *Navicula placentula* Ehr., *Tribonema affine* (Kutz.) G. S. West, *Cosmarium impressulum* Elfs. şi *C. laeve* Rabenh.

A doua grupă de indicatori ai salinităţii apei sunt algele mezohalobe, care trăiesc în bazinele acvatice cu conţinutul mineral de la 0,5 până la 30 ‰. În algoflora râului au fost evidenţiate 10 specii de alge mezohalobe, dintre care mai frecvente erau *Navicula cryptocephala var. intermedia*, *N. gregaria* Donk, *Synedra tabulata*, *Euglena oxyuris* Schmardo., *E. viridis* ş.a.

Din speciile polihalobe a fost evidenţiată numaicianofita *Spirulina major* Kutz.

Destul de important în dezvoltarea şi distribuţia algoflorei în bazinele acvatice este şi dependenţa lor faţă de reacţia activă (pH) a apei. Astfel, organismele acvatice pot fi eurionice, indiferente faţă de valorile pH-ului şi stenoionice (alcalibionte şi alcalifile, acidobionte şi acidofile).

În algoflora râului Ichel, au fost depistate 124 specii indicatoare a pH-ului apei, majoritatea fiind reprezentanţi ai filumului *Bacillariophyta*. În linii generale algoflora este constituită din specii care vegetează în mediul cu pH-ul mai ridicat de 7,5.

Mai numeroase sunt algele alcalifile, care constituie 27,3 % din numărul total de specii sau 51,6 % din numărul de specii indicatoare. Cele mai răspândite din acestea sunt diatomeele: *Achnanthes affinis*, *A. hungarica*, *Amphora ovalis*, *A. ovalisvar. pediculus*, *A. perpusilla*, *Caloneis amphisbaena*, *Cocconeis pediculus*, *C. placentula var. euglipta* (Ehr.) Cl., *Cyclotella meneghiniana* Kutz., *Cymbella cistula*, *C. lanceolata* (Ehr.) V. H., *C. tumida* (Breb.) V. H., *Diatoma vulgarevar.*

lineare, *D. vulgarevar. productum* Grun., *Epithemia sorex*, *Fragilaria capucina var. mesolepta*, *F. intermedia* Grun., *Gomphonema acuminatum*, *G. acuminatum var. trigonocephalum* (Ehr.) Grun., *G. constrictum var. capitatum*, *G. olivaceum* (Lyngb.) Kutz., *G. olivaceum var. calcareum* Cl., *Gyrosigma acuminatum* (Kutz.) Rabenh., *Melosira varians*, *Navicula confervacea*, *N. cryptocephala*, *N. cryptocephala var. intermedia*, *N. cryptocephala var. venete*, *N. cuspidata* Kutz., *N. cuspidata var. ambigua* Grun., *N. gracilis*, *N. gregaria*, *N. menisculus* Schum., *N. rhynchocephala*, *N. viridula* Kutz., *N. vulpina*, *Nitzschia amphibia*, *N. dissipata*, *N. fonticola* Grun., *N. frustulum* (Kutz.) Grun., *N. recta* Hantzsch, *N. sigmoidea*, *N. tryblionella* Hantzsch., *N. tryblionella var. levidensis*, *Rhoicosphenia curvata*, *Surirella biseriata*, *Synedra ulna*, *S. ulna var. danica*, *S. ulna var. oxyrhynchus* (Kutz.) V. H. ş.a.

Numeroase s-au dovedit a fi şi algele indiferente, printre care pot fi evidenţiate: *Gloeocapsa magma* (Breb.) Kutz., *Merismopedia elegans*, *Phormidium ambiguum* din cianofite; *Bacillaria paradoxa* Gmelin., *Diatoma elongatum var. tenue*, *Gomphonema acuminatum var. coronatum* W.Sm., *G. augur* Ehr., *G. parvulum*, *Nitzschia gracilis* Hantzsch., *N. kuetzingiana*, *N. palea* (Kutz.) W. Sm., *S. tabulata* din diatomee; *Crucigenia tetrapeda* W. et G. S. West., *Dictyosphaerium pulchellum* Wood., *Pediastrum boryanum*, *P. duplex* Meyen, *Scenedesmus acuminatus*, *S. quadricauda* din clorofite; *Colacium vesiculosum*, *Euglena acus*, *E. gracilis*, *E. oblonga, E. oxyuris*, *E. polymorpha*, *E. viridis*, *Euglenopsis vorax* Klebs., *Lepocinclis fusiformis*, *Phacus parvulus* Klebs., *Strombomonas acuminata*, *S. fluviatilis* (Lemm.) Defl., *Trachelomonas planctonica* din euglenofite.

Alcalibiontele sunt în număr de 12 specii, mai frecvente în perifiton fiind diatomeele: *Anomoeoneis sphaerophora*, *Cymbella turgida*, *C. prostrata* (Berkeley) Cl., *Diploneis ovalis* (Hilse) Cl., *Epithemia zebra* (Ehr.) Kutz. şi *Rhopalodia gibba* (Ehr.) O. Mull.

Din algele neutrofile au fost evidenţiate numai 2 specii: *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. şi *Nitzschia parvula* Lewis.

Speciile acidofile constituie 1,3% din numărul total de specii evidenţiate sau 2,4 % din spectrul speciilor indicatoare. Aceste specii au fost identificate cu indicele de abundentă rar şi foarte rar: *Navicula placentula*, *Closterium tumidulum* Gay. şi *Cosmarium venustum* (Breb) Arch.

Concluzii

1. Comunităţile de alge reprezintă indicatori buni ai calităţii apelor deoarece sunt sensibile faţă de schimbările ce au loc în mediul înconjurător. Poluarea mediului induce modificări considerabile atât în componenţa hidrochimică a râurilor, cât şi în structura şi compoziţia comunităţilor algale.

2. În algoflora perifitonică a râului Ichel au fost evidenţiate 234 de specii şi varietăţi de alge: *Cyanophyta* – 49, *Bacillariophyta* – 97, *Xanthophyta* – 2, *Dino-*

phyta – 5, *Chlorophyta* – 58şi *Euglenophyta* – 23. Din numărul total de specii de alge evidenţiate 69 sunt planctonice, 62 – bentonice şi 63 – epifitonice. Celelalte specii (17,1%) reprezintă forme intermediare şi pot fi întâlnite atât în bentos, cât şi în plancton sau epifiton.

3. În dependenţă de atitudinea faţă de salinitatea apei, algoflora râului, aproape în întregime se atribuie grupei oligohalobe (144 specii şi varietăţi). Referitor la atitudinea lor faţă de pH-ul apei comunităţile algale sunt constituite din specii care vegetează în mediul cu valori egale sau puţin mai sporite de 7,5.

Bibliografie

1. Anuarul IES-2011. Protecţia mediului în Republica Moldova. Inspectoratul Ecologic de Stat, Chişinău, 2012.
2. Cazac V., Mihăilescu C., Bejenari Gh., Gâlcă G. Resursele acvatice ale Republicii Moldova. Ape de suprafaţă. Chişinău, Ştiinţa, 2007, p. 133-136.
3. Hustedt F. Die Diatomeenflora des Flussystens der Wasser im Gebiet der Hansestadt Bremen. // Abhandl. Ver. Bremen. 1957. Bd. 34, S. 181-440.
4. Mohan, Gh, Ardelean A. Ecologie şi protecţia mediului – manual preparator. Editura Scaiul, Bucureşti, 1993.
5. Obuh P., Creţu A. Algovegetaţia lacului din Parcul „Valea Morilor” (or. Chişinău), biodiversitatea şi rolul ei ecobioindicator. // Med. Ambiant, Chişinău, Nr. 6, 2006, p. 1-5.
6. Şalaru V., Şalaru V., Melnic V. Fenomenul „înfloririi” apei şi solului – aspecte ecologice şi economice. Rev. Bot., Vol. III, Nr. 3, Chişinău, 2011 p. 20-28.
7. Баринова С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. PiliesStudio, Тель Авив, 2006.
8. Водоросли. Справочник (под ред. Вассер С. П.), Киев, Наук. думка, 1989.
9. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Ленинград Гидрометеоиздат., 1983. с. 78-112.
10. Шаларь В.М. Фитопланктон рек Молдавии. Кишинев, Штиинца, 1983.

UTILIZAREA ALGEI *CYLINDROSPERMUM LICHENIFORME* ÎN PROCESUL DE EPURARE A APELOR REZIDUALE ORĂŞENEŞTI

Tudor POPESCU[1,2], Vasile ŞALARU[1], Victor ŞALARU[1], Sergiu DOBROJAN[1], Baghdad OUDDANE[2], Andruh NELEA[2], Suzanah RABODONORINA[2]

1. Laboratorul de Cercetări Ştiinţifice „Algologie", Universitatea de Stat din Moldova.

2. Laboratorul Geosystemes, Universitatea Lille 1 (Franţa)

Abstract: Les eaux de sortie des stations de traitement des eaux (eaux de STEP) peuvent être utilisées pour cultiver l'algue Cylindrospermum licheniforme. On obtient une biomasse algale moins chère et on réduit considérablement le flux de matière inorganique dans l'eau. On peut obtenir plus de quantité de biomasse en cultivant l'algue Cylindrospermum licheniforme dans un milieu fait avec 100% d'eau de STEP (680,96104 mg/l) et la quantité de biomasse obtenue diminue en milieu constitué avec 50% d'eau de STEP (538,3942mg/l).

Introducere

Apa constituie unul din elementele indispensabil civilizaţiei, care intervine direct s-au indirect în cele mai variate activităşii: alimentare, irigaşiei, energetice, industrie, acvacultură, agrement, transport etc. Însă, utilizarea apei de către om este rezultată de poluarea ei, care necesită a fi minimizată s-au exclusă. Pentru satisfacerea cerinşelor de protecşie a apei sunt aplicate metode, tehnici şi procedee de epurarea. Una din cele mai eficiente şi de perspăectivă tehnici de epurare a apelor reziduale, în special orăşeneşti, este realizată prin aplicarea algelor [4, 5]. Bio-epurarea apelor reziduale cu alge este şi atractiva datorită capacităşii algelor de a reduce substanşele organice prin incorporarea în biomasă a azotului (N), fosforului (P), caliului (K), magneziului (Mg) etc. Procesele implicate in îndepărtarea poluanşilor din apele reziduale sunt: precipitarea, stripping-ul si asimilarea de către alge. Eficienşa utilizării de către alge din apele reziduale a poluanşilor organici (precum N sau P) depinde de factorii limitativi din apă care urmează a fi tratata. Sinteza clorofiliană necesită bioxid de carbon, nitraşi, fosfaţi, lumină, oligo-elemente si oxigen, concentraşia cărora este limitată în apele reziduale [1, 2, 6, 8].

Înapă dulce, fosforuleste consideratfactor limitant al dezvoltării plantelor acvatice,deoareceîn mod natural este prezentîn concentraşii reduseşi, in plus, este reşinutputernicdesol. [9, 10, 5]. Uneori, înapele puternicantrepozate şieutrofe, concentraşiile fosfaşilorsunt atât de mari, încâtazotulpoatefi considerat ca factor limitant, permiţând microalgelor ce poseda heterocistisa prolifereze. Este importantă tratarea deşeurilor animaliere, apelor puternic încărcate cu poluanşi organici, ma-

cro– si oligo-elemente cu biomasa algală ce poate fi valorificată şi utilizată în vaste domenii [3, 9, 10].

Printre speciile de alge, care ar putea fi cultivate pe medii lichide obţinute pe baza apelor reziduale orăşeneşti, este şi *Cylindrospermum licheniforme*, care posedă o înaltă capacitatea de reproducere şi poate fi cultivată la concentraşii înalte a poluanşilor. Astfel, ne-am propus drept scop utilizarea apelor reziduale orăşăneşti, de la ieşirea din staţia de epurare Villeneuve d'Ascq, în calitate de mediu nutritiv pentru cultivarea algei *Cylindrospermum licheniforme,* în vederea epurării apelor şi obşinerea biomasei cu conşinut chimic valoros.

Materiale şi metode

Cercetările au fost efectuate în cadrul Laboratorului Chimie Analitica si Marina, Universitatea Lille1 din Franţa. În experimente a fost antrenată tulpina algei *Cylindrospermum licheniforme*, care a fost selectată în cultură algologic pură de către colaboratorii laboratorului „Algologie" ai Universitatii de Stat din Moldova. Alga a fost cultivată pe mediu de cultură compus din apa reziduală colectată de la ieşirea din staţia de epurare a oraşului Villeneuve d'Ascq, Departamentul Lille, Regiunea Nord Pas de Calais (Franţa). Apa colectată preventiv a fost supusă filtrării prin filtru de acetat celuloza cu diametrul porilor de 0.45 µm şi sterilizată după metoda fizică fiind expusă timp de 30 minute la razele ultraviolete şi utilizată în experimente în concentraţii de 50%, 75% şi 100% obţinute prin diluţia cu apa bidistilată. Inoculul algei *Cylindrospermum licheniforme* a constituit 33±0,04 mg/l calculat la biomasa absolut uscată . În calitate de martor a fost utilizată apa reziduală sterilizată cu aceleaşi concentraşii dar fără de algă. Experienşele au fost efectuate în condiţii de laborator la temperatura de 29,00±1,02 °C şi iluminarea continuă de 36W/0,5 m^2, toate probele fiind expuse în trei repetări.

Pe parcursul experimentelor a fost determinată: *productivitatea algală* (conform metodei filtrelor uscate, utilizînd următoarea formulă de calcul: (B-A)×2 (g/l), unde A– greutatea filtrului spălat şi uscat; B-greutatea filtrului cu biomasă uscat şi răcit pînă la temperatura camerei; 2-coeficientul de recalculare pentru 1 litru de suspensie algală) [10]. Modificările concentraşiei Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^- si PO_4^{3-} din mediu nutritiv au fost determinate cu ajutorul cromatografiei ionice cuplate la flux continuu de heliu cu presiunea de 0,4 bari prin injectarea probelor in coloana de separare aniconică. Calculul statistic al rezultatelor a fost realizat utilizând programa Microsoft Office Excel-2013, cu determinarea mediei aritmetice (X) şi erorii standarde (x).

Rezultate şi discuţii

Apele reziduale conşin cantităţi semnificative de Cl, S, N, P, Al, Cu, K, Fe, Na, Ca, Mg, Mn etc., care constituie o sursă incontestabilă pentru creşterea algelor. Pe lângă acestea ele prezintă o problemă majoră de mediu, contribuind la poluarea solului şi apelor, necesitând a fi gestionate prin valorificare. Apa reziduală care a fost utilizată ca mediu de cultivare a algei *Cylindrospermum licheniforme* iniţial avea conţinutul chimic redat în tab 1.

Tabelul 1.

Conținutul chimic al apelor reziduale utilizate ca mediu nutritiv la cultivarea algei *Cylindrospermum licheniforme*

Concentrația mediilor nutritive	Indicii analizați											
	pH X±x	Cl^-, mg/l X±x	SO_4^{2-} mg/l X±x	NO_3^-, mg/l X±x	PO_4^{3-}, mg/l X±x	Al^+ mg/l X±x	Cu^+ mg/l X±x	Fe^{2+} mg/l X±x	Ca^+ mg/l X±x	Mg^+ mg/l X±x	Mn^+ mg/l X±x	K^+ mg/l X±x	Na^+ mg/l X±x
50%	8,10±0,1	79,84±0,9	66,23±0,4	8,49±0,7	0,42±0,2	0,012±0,004	0,002±0,000	0,01±0,001	65,53± 0,97	8,60±0,31	0,032±0,004	11,37±0,000	48,84±1,58
75%	8,13±0.04	119,75±0,5	94.39±8,65	10,65±0,9	0,47±0,3	0,011±0,000	0,002±0,000	0,02±0,004	95,59±0,39	13,15±0,54	0,048±0,004	16,84±0,000	75,15±0,73
100%	8,08±0,1	159,69±1,9	132,47±0,9	16,98±1,4	0,74±0,3	0,016±0,000	0,003±0,000	0,02±0,01	128,54±3,57	17,53±0,46	0,063±0,005	22,79±0,000	98,91±1,42

Clorul din apele reziduale colectate de la ieşirea din staţia de epurare Villeneuve d'Ascq diferă în funcţie de concentraţia utilizată ca mediu nutritiv, la 50% era de 79,84±0,95 mg/l, la 75%-119,75±0,5, iar la 100%-159,69±1,91mg/l. Ordinea ascendenta se observa şi in cazul sulfaţilor care, la fel, se găsesc în cantităşii mai mari în mediile cu concentraşii mai înalte (100% – 132,47±0,88 mg/l) şi mai mici în medii cu concentraţii mai reduse (50% – 66,23±0.44 mg/l). Ortofosfaţii se situau în limitele 0,42-0,74 mg/l în mediile nutritive analizate. Concentraţia nitraţilor în mediu nutritiv de cultivare a algei *Cylindrospermum licheniforme* era în intervalul 8,49-16,98. Din grupa cationilor în cantităşi semnificative se găseau Ca^{+}, Na^{+}, K^{+} şi Mg^{+} (8,60-128,54 mg/l), iar Al^{+}, Cu^{+}, Fe^{2+}, Mn^{+} – 0,002-0,063 mg/l (tab. 1). Aceste rezultate indică că apele reziduale de la ieşirea din staţia de epurare Villeneuve d'Ascq pot fi utilizate ca medii de cultivare a algei *Cylindrospermum licheniforme* deoarece conţin suficiente substanţe nutritive necesare dezvoltării algei.

În rezultatul creşterii algele consumă o cantitate semnificativă de substanţe nutritive. După cum observăm, din fig. 1, în toate variantele unde a fost inoculată alga concentraţia clorului şi a sulfaţilor s-a redus mult mai intens decât în variantele de control. Cel mai inalt consum al clorului s-a atestat în varianta cu 100%, la a 14-a zi (reducându-se de 1,47 ori).

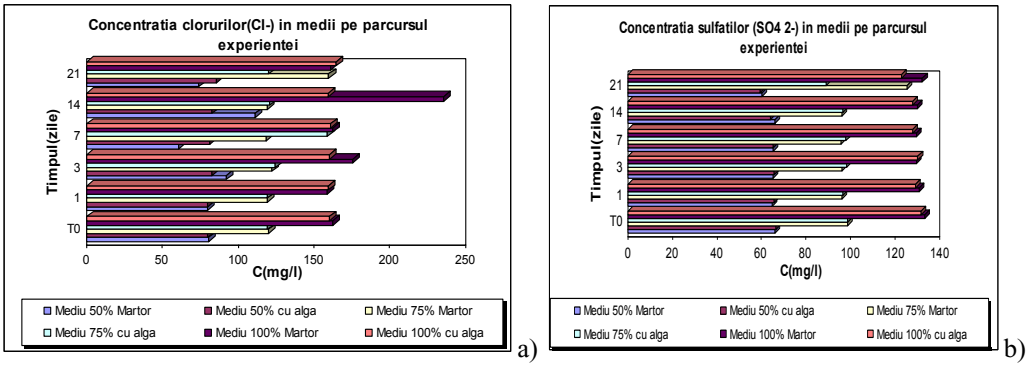


Figura 1. **Consumul clorurilor (a) şi a sulfaţilor (b) din mediul de cultivare a algei *Cylindrospermum licheniforme***

Concentraşia sulfaşilor din mediu nutritiv de cultivare a algei *Cylindrospermum licheniforme* nu s-a redus semnificativ comparativ cu variantele martor, ele au scăzut cu 0,31-36,56 mg/l pe parcursul perioadei monitorizate.

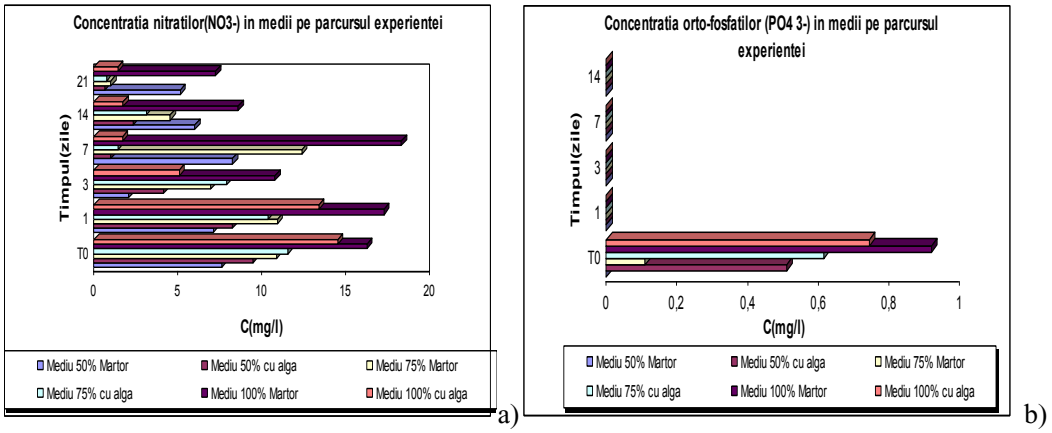


Figura 2. **Consumul nitratilor (a) şi a fosfatilor (b) din mediul de cultivare a algei *Cylindrospermum licheniforme***

Nitraţii au fost consumaţi de către alga *Cylindrospermum licheniforme* în toate variantele experimentate, concentraţia cărora s-a redus semnificativ faţă de probele martor în special, la a 7-a zi de experimente. Astfel, în mediu cu 50% apa reziduală nitraţii s-au redus de 8,16 ori, în cel de 75% – de 8,60 ori iar în mediu nutritiv de 100% – de 10,84 ori (la a 7-a zi). Ortofosfaţii s-au diminuat până la zero după prima zi de experiment în toate variantele analizate.

Analizând modificările pH-ului, observam că valorile acestuia variază în dependenţă de ziua experienţei şi de la o concentraţie la alta. In prima zi media pH-ului este de 8,06±0,14 in proba nediluata de 100%, 8,13±0,05 – in proba de 75% şi de 8,11±0,07 în varianta de 50%. Valorile iniţiale ale pH-ului apelor reziduale indică că alga poate fi cultivată pe aceste medii nutritive. Analizând modificările pH-ului, observam că valorile acestuia variază în dependenţă de perioada monitorizată şi de concentraţia mediului nutritiv. După prima zi de cultivare a algei *Cylindrospermum licheniforme* pH-ul mediului nutritiv creşte linear, dupa ecuatia $y = 0,3445x + 7,8295$ si $R^2 = 0,9784$ pina in a 14-a zi. De la a 14-a şi pâna la a 21-a zi de cultivare a algei *Cylindrospermum licheniforme*, pH-ul mediului nutritiv se micşorează semnificativ in toate cele 3 concentraşii. Acest lucru, probabil, este rezultatul reducerii substanţelor din mediul nutritiv.

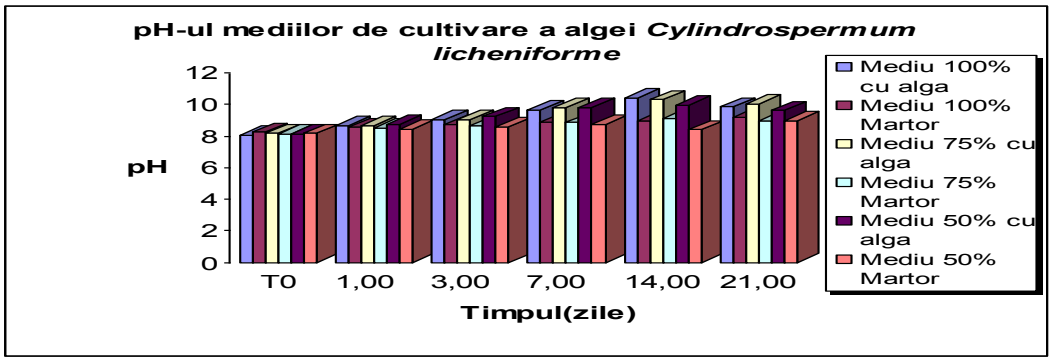
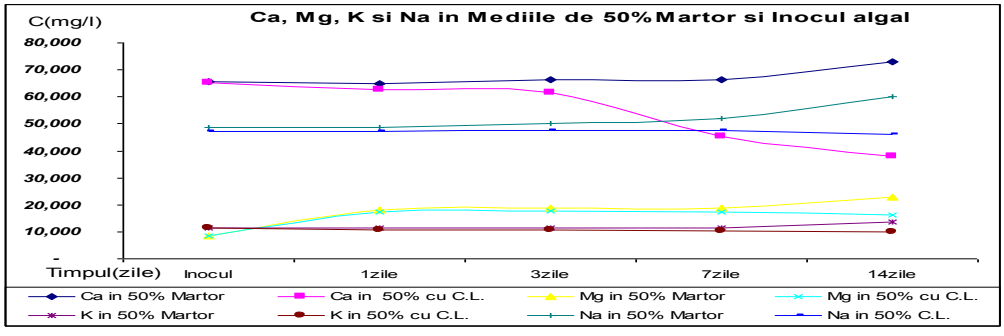


Figura 3. **Modificarile pH-ului in mediile de cultura pe parcursul experientei**

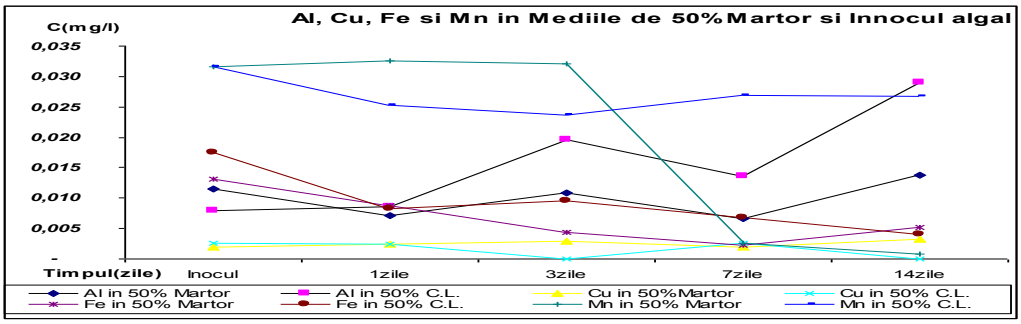
Rezultatele analizelor chimice a apelor reziduale pentru o serie de metale ne demonstrează ca alga *Cylindrospermum licheniforme* consumă aceste elemente, în special din mediile nutritive de 100% apa reziduală. Cele mai semnificative reduceri a concentraşiei cationilor de Al, Ca, Cu, Fe, K, Mn (cu 9%-65,19%), se atestă în variantele cu mediu nutritiv de 100% ape reziduale.

Analiza separată a tendinţei de reducere a fiecărui cation din apele reziduale utilizate ca mediu pentru cultivarea algei *Cylindrospermum licheniforme* denotă că consumul variază atât în funcţie de cation, cât şi de concentraşia mediului nutritiv. Al, de exemplu, în mediile cu 50% şi 75% nu se reduce semnificativ, se atestă o descreştere a valorilor lui doar în mediul cu 100% apă reziduală. Calciul, se reduce în toate variantele de mediu nutritiv utilizat la cultivarea algei *Cylindrospermum licheniforme.* În concentraşiile de 50%-75% apă reziduală Ca descreşte în limitele 27,47-40,34mg/l, iar în cele de 100% – cu 85,73 mg/l comparativ cu concentraşia inişială.

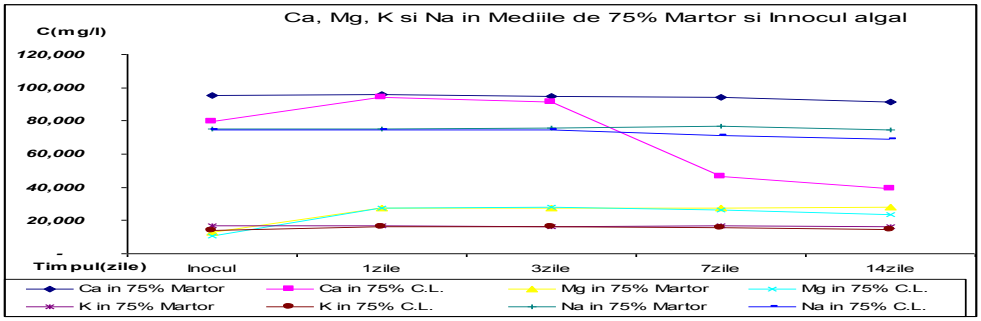
a)



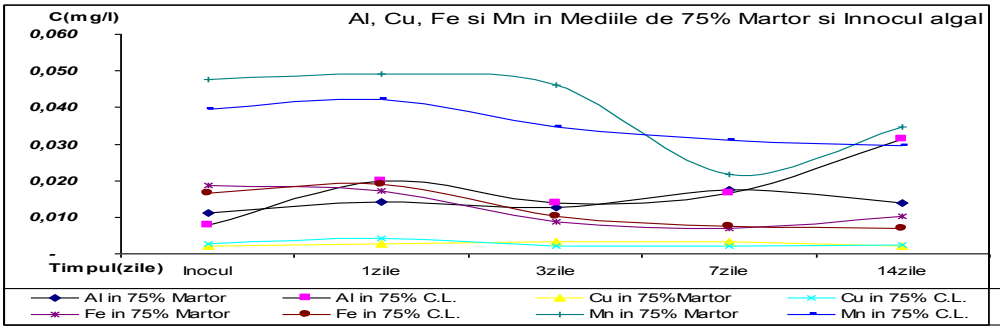
b)


Al, Cu, Fe si Mn in Mediile de 50% Martor si Innocul algal
C(mg/l)
0,035
0,030
0,025
0,020
0,015
0,010
0,005
-
Timpul(zile)
Inocul
1zile
3zile
7zile
14zile
Al in 50% Martor
Al in 50% C.L.
Cu in 50%Martor
Cu in 50% C.L.
Fe in 50% Martor
Fe in 50% C.L.
Mn in 50% Martor
Mn in 50% C.L.

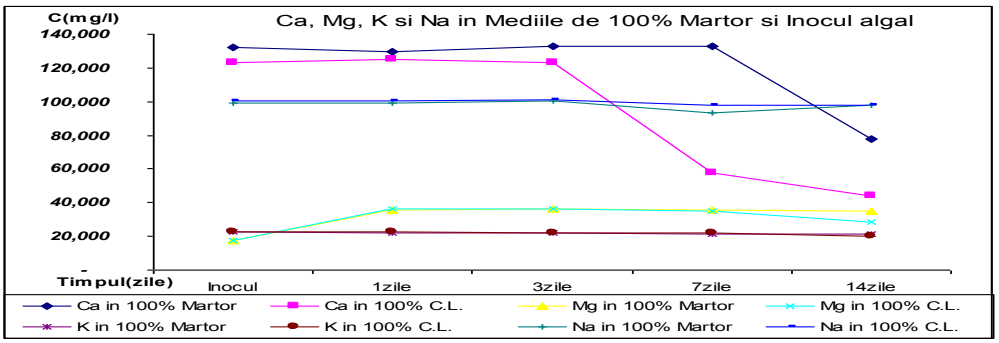
c)


Ca, Mg, K si Na in Mediile de 75% Martor si Innocul algal
C(mg/l)
120,000
100,000
80,000
60,000
40,000
20,000
-
Timpul(zile)
Inocul
1zile
3zile
7zile
14zile
Ca in 75% Martor
Ca in 75% C.L.
Mg in 75% Martor
Mg in 75% C.L.
K in 75% Martor
K in 75% C.L.
Na in 75% Martor
Na in 75% C.L.

d)


Al, Cu, Fe si Mn in Mediile de 75% Martor si Innocul algal
C(mg/l)
0,060
0,050
0,040
0,030
0,020
0,010
-
Timpul(zile)
Inocul
1zile
3zile
7zile
14zile
Al in 75% Martor
Al in 75% C.L.
Cu in 75%Martor
Cu in 75% C.L.
Fe in 75% Martor
Fe in 75% C.L.
Mn in 75% Martor
Mn in 75% C.L.

e)


Ca, Mg, K si Na in Mediile de 100% Martor si Inocul algal
C(mg/l)
140,000
120,000
100,000
80,000
60,000
40,000
20,000
-
Timpul(zile)
Inocul
1zile
3zile
7zile
14zile
Ca in 100% Martor
Ca in 100% C.L.
Mg in 100% Martor
Mg in 100% C.L.
K in 100% Martor
K in 100% C.L.
Na in 100% Martor
Na in 100% C.L.

f)

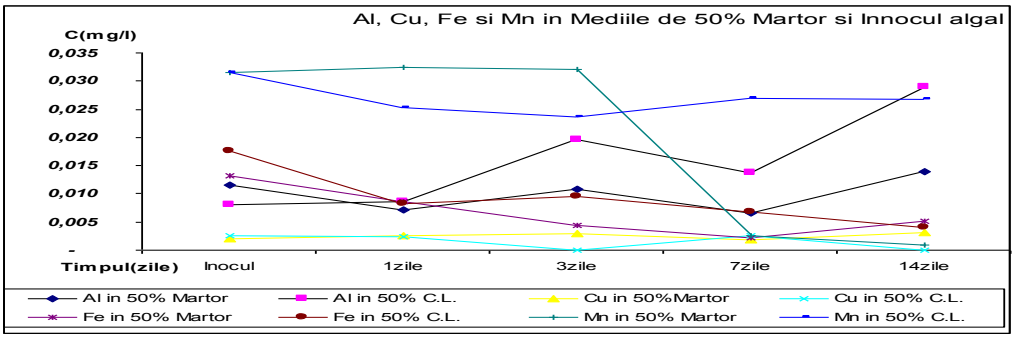


Figura 4. **Modificările concentraşiilor cationilor din mediile nutritive cu apă reziduale utilizate la cultivarea algei *Cylindrospermum licheniforme***
(a) macro-elemente Ca, Mg, K, Na -50% ;
b) oligo-elemente Al, Fe, Cu , Mn– 50%; c) macro-elemente Ca, Mg, K, Na -75%;
d) oligo-elemente Al, Fe, Cu, Mn– 75%;
e) macro-elemente Ca, Mg, K, Na -100%; f) oligo-elemente Al, Fe, Cu , Mn– 100%;)

Cupru se găsea în cantitaţi destul de mici în apele reziduale la inocularea algei *Cylindrospermum licheniforme*, dar necatând la aceasta, el a fost consumat de algă în mediile cu concentraşii de 50% şi 75% (reducându-se cu 33,3%), iar in cele cu 100% apă reziduală concentraţia lui nu s-a redus semnificativ. Concentraţia Fe descreşte în toate variantele de mediu nutritiv de cultivare a algei *Cylindrospermum licheniforme* experimentate. În variantele cu 50% mediu nutritiv, concentraţia fierului descreşte de 4,37 ori, în cele cu 75% – de 2,34 ori, iar în cele cu 100% – de 3,37 ori. Acest lucru probabil este datorat absorbţiei Fe de celulele algale. Cel mai vizibil consum de potasiu (13,5%) se atestă in proba de 100% ape reziduale unde potasiul descreste de la 22,7 mg/l in momentul inoculării algei până la 19,71 mg/l in cea dea 14-a zi de cultivare.

Magneziul, urmeaza un traseu curbiliniu, crescind in toate cele 3 probe experimentale pina in a 3-a zi de experienşă apoi diminuează vizibil atât in proba martor cât şi in cea cu alga pina in ziua a 14-a. La a 14-a zi de cultivare alga *Cylindrospermum licheniforme* consumă 15%-29% din concentraţia Mg din apele reziduale.

Manganul, ca şi cuprul, este un micro-element ce se afla in mediul nutritiv cu ape reziduale in concentratii ce nu depăşesc inişial 63,2 µg/l (in proba de 100%). Peste 3 zile de cultivare a algei *Cylindrospermum licheniforme* pe mediul nutritiv de 100% apa reziduală Mn se reduce până la la 39 µg/l, iar peste 14 zile de cultivare a algei concentraşia lui se reduce până la 22 µg/l sau 65,19% din concentraşia inişială. In probele de 50% si 75% ape reziduale utilizate ca mediu de cultivare a algei *Cylindrospermum licheniforme* nu se observa o descrestere atât de importanta a concentraţiei manganului. Concentraţia sodiului (Na), în me-

diile nutritive utilizate la cultivarea algei *Cylindrospermum licheniforme,* nu se reduce semnificativ. În concentraţiile de medii nutritive de 50% şi 75% se atestă o reducere uşoară cu 25%-15%, iar în concentraţiile de 100% ape reziduale Na practic nu se reduce.

Referindu-ne la productivitatea algei *Cylindrospermum licheniforme* pe parcursul celor 21 zile observam o crestere semnificativa in toate cele 3 concentratii de ape reziduale. Astfel, cea mai mare crestere a biomasei se observa in proba de 100% – 680,96 mg/l sau o crestere de 20,64 ori fata de masa inoculată. O crestere intensă se observă şi în proba de 75% ape reziduale unde obţinem 629,17 mg alga uscata/l de mediu, sau o crestere de 19,06 ori. Cea mai mica creştere a biomasei (16,33 ori) o avem in proba de 50% – 538,39 mg/l (fig. 5).

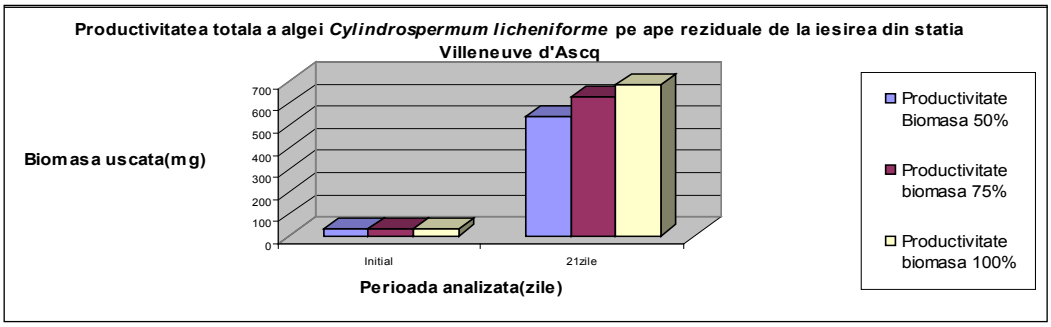


Figura 5. **Productivitatea totala a algei *Cylindrospermum licheniforme* pe ape reziduale de la ieşirea din staţia Villeneuve d'Ascq (Franţa)**

Concluzii

1. În rezultatul experienţelor efectuate în laborator s-a constatat că alga *Cylindrospermum licheniforme* consumă anionii şi cationii din apele reziduale contribuind astfel la epurarea lor.

2. Cel mai intens consum atât al anionilor, cât şi a cationilor se atestă în variantele cu 100% apă reziduală, unde şi productivitatea algei este maximală (680,96 mg/l biomasă absolut uscată).

3. Rezultatele obţinute indică posibilitatea utilizării algei *Cylindrospermum licheniforme* în calitate de agent al epurării apelor reziduale orăşeneşti. Ca rezultat al acestui proces obţinem un profit dublu, pe de o parte alga contribuie la eliminarea din apă a substanţelor poluante, iar pe de altă parte obşinem biomasă ieftină care poate fi utilizată, în primul rând, ca sursă de îmbogăţire a solului cu azot sau ca sursă de substanţe biologic active.

Bibliografie

1. Agences de l'eau. Limnologie appliquée au traitement des lacs et des plans d'eau. Les études des Agences de l'eau 1999, n°62, 221 p.

2. Barroin. La réhabilitation des plans d'eau. La Recherche, 1991, vol.22, n°238, p 1412-1422.
3. Dobrojan S. Modificările morfofiziologice şi biochimice ale algei *Spirulina platensis* (Nordst.) Geitl. cultivate pe ape reziduale şi utilizarea ei. Teza dr. în biol., Chişinău, 2011, 139 p.
4. Donţu N. Algoflora şi rolul ei în procesul de epurare biologică a apelor menajere ale municipiului Chişinău. Teza dr. în biol., Chişinău, 2014, 171 p.
5. E. Prygiel, A. Charriau, R. Descamps et G. Billon, Impact d'un traitement à la paille d'orge sur le développement des cyanobactéries dans l'étang du Pont Rouge au Quesnoy. Agence de l'eau Artois-Picardie, Douai, 2011, 55 p.
6. Sigg L, Stumm W et Behra P., Chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement, Chimie des milieux aquatiques, éditions Masson, 1992, 391p
7. Sharpley A N, Hedley M J, Sibbesen E, Hillbricht-Ilkowska A, House W A and Ryszkowski L,. Phosphorus transfers from terrestrial to aquatic ecosystems, in Scope 54 : Phosphorus in the global environment, transfers, cycles and management, Tiessen H (ed), John Wiley & Sons, 1995, p 171-200
8. Thoumelin G, Billon G, Descamps R, Grare C, et Fisher J-C. Impact du traitement à la craie sur la qualité de l'eau et des sédiments en milieu lacustre. Rapport scientifique de Université des Sciences et Technologies de Lille I, UMR Géosystèmes, Villeneuve d'Ascq, Agence de l'eau Artois-Picardie, Douai, 2008, 32 p.
9. Trofim A. Evaluarea stării ecologice a râului Cogâlnic şi elaborarea metodelor de epurare a apei. Teza dr. în biol., Chişinău, 2013, 227 p.
10. Рычков Р.С. Микробиологическоя промышленность продовольственной програмы СССР// достижение биологий. Москва: Знание, 1984. 240с.

EFICIENŢA TRATAMENTULUI DEGENERESCEŢEI MACULARE LEGATE DE VÂRSTĂ LA ADMINISTRAREA PREPARATULUI BIOR

Valeriu RUDIC**, V. CUŞNIR*, Serghei ANDRONIC*,
Lilia DUMBRĂVEANU *, Vitalie CUŞNIR *
*Catedra oftalmologie, USMF ,,Nicolae Testemiţanu" **
*Institutul de Microbiologie si Biotehnologie a ASM***
Chisinau, Republica Moldova

Summary: Age related macular degeneration is an increasing problem in ophthalmology. Current treatment options can delay progression and continue researches can discover new ways to halt and reverse the degenerative processes of the retina. The study included 62 patients (124 affected eyes) affected by ARMD, surveyed and treated in the Ophthalmology Clinic Nr.2 of SUMPh "Nicolae Testemitanu". The 32 patients (64 affected eyes) from the basic lot were treated by parabulbar injection of BioR 0,5%: from 10 day. Effectuating this study we established that the use of BioR 0,5% in the treatment of ARMD is effective, comparatively with the traditional treatment.

Cuvinte cheie*:* BioR, DMLV, Retina, AV.

Actualitate: Degenerescenţa maculară legată de vârstă (DMLV) este o patologie ce afectează zona maculară, progresează şi se manifestă prin procese degenerative cronice în epiteliul pigmentar, membrana Bruch şi stratul coriocapilar adiacent retinei [7,8]; este principala cauză a pierderii vederii centrale – cecitate legată de vedere mai mică de 0,05 – la populaţia peste 65 ani, în ţările dezvoltate (SUA, Australia, Franţa, Germania) cât şi cele în curs de dezvoltare (ţările Asiatice). Conform datelor OMS, în ţările dezvoltate frecvenţa DMLV constituie mai mult de 20% în rândurile populaţiei peste 60 ani şi se prognozează că în 2050 va constitui peste 33%[3,4]. La populaţia cuprinsă între 65-74 ani se depistează modificări maculare legate de vârstă în 10% şi mai mult de 74 ani constituie 25% (Bressler, 2003). În SUA din aproximativ 8 milioane de persoane cu modificări maculare la 1,75 mln. s-a depistat stadiul tardiv al bolii, care se manifestă printr-o diminuare considerabilă a funcţiilor vizuale (Bressler, 2003; Friedman, 2004) [3].Actualmente este dificil de a administra un tratament corect şi efectiv corespunzător stadiului şi formei patologiei[6]. Mai mult de un secol savanţii au cercetat şi studiat multiple metode, preparate şi scheme de tratament aplicate în degenerescenţa maculară legată de vârstă[1,2].

Scopul: Studiul eficienţei administrării de soluţie BioR 0,5% parabulbar în tratamentul degenerescenţei maculare legate de vârstă.

Metoda: În studiu au fost incluşi 62 pacienţi (124 ochi) cu DMLV internaţi, diagnosticaţi şi trataţi în Clinica oftalmologie nr.2 a USMF ,,Nicolae Testemiţanu". În funcţie de tratamentul aplicat pacienţii au fost divizaţi în 2 loturi: primul lot de bază ce a inclus 32 pacienţi (64 ochi) ce a urmat tratament cu Sol.BioR 0,5% parabulbar în decurs de zece zile consecutiv, lotul doi de control a inclus 30 pacienţi (60 ochi) ce au urmat tratament tradiţional cu sol. Aetamsilat 0,5ml p/b; Sol.Plental 0,5ml p/b. Vârsta medie a pacienţilor 72±2 ani. Diagnosticul s-a efectuat până şi după tratament: AV cu şi fără corecţie, Test Amsler, oftalmoscopia cu lentil Volk, TCO, foto retinei, perimetria coputerizată la 10°. BioR posedă acţiune directă asupra unor verigi patogenetice în dezvoltarea DMLV, datorită efectelor ce le posedă: citoprotector, regenerativ, hipolipemiant, antiaterogen, antiinflamator. Posedă acţiune antioxidativă şi de stabilizare a membranelor celulare şi lizozomale, menţine la un nivel optim echilibru dintre sistemele de oxidare peroxidică a lipidelor şi cel antioxidant (reducerea radicalilor liberi). Prezenţa în componenţa lui a aminoacizilor, oligopeptidelor şi a microelementelor Mn, Fe, Zn, Cu, Se, stimulează procesele de regenerare a ţesuturilor[5]. În clinica oftalmologie nr.2 s-a mai aplicat tratamentul cu BioR şi la 48 pacieţi (48 ochi) cu uveită şi la 22 pacienţi (44 ochi) cu retinopatie diabetică.

Rezultate: În urma tratamentului aplicat complicaţii nu sau determinat. S-a urmărit o creştere a AV în 68%, la ziua a 14 după tratament de la 0,03-0,09, la ziua a 28-a AV s-a majorat de la 0,09-0,2. În 32% AV a rămas nemodificată. În lotul de control o ameliorarea a AV s-a urmărit doar în 18% cazuri. În 62% am determinat diminuarea scotomei central cu o creştere a sensibilităţii centrale a retinei, în 38% a rămas neschimbat, comparativ cu lotul doi unde n-am monitorizat schimbări a CV numai în 10 % cazuri. La examenul repetat a TCO am determinat o diminuare a grosimei retinei în 64% cazuri de la 240±10mkm la 200±30mkm. În lotul ce au urmat tratamentul tradiţional nu sau determinat modificări a retinei la TCO.

Concluzie:

1. Majorarea acuităţii vizuale în DMLV în terapia cu BioR 0,5% s-a stabilizat în 68% cazuri comparativ cu tratamentul tradiţional în 18% şi micşorarea suprafeţei scotomului în 68% cazuri.
2. Diagnosticarea precoce a degenerescenţei maculare legate de vârstă, monitorizarea în dinamică administrarea unui tratament cu preparatul BioR 0,5% va oferi încetinirea şi/sau stoparea progresării procesului degenerativ cu îmbunătăţire a funcţiilor vizuale şi a calităţii vieţii.

Bibliografie

1. AMD treatments, Different mechanisms of a combination approach may also be synergistic, EUROTIMES, Vol.15 October 2010 p.18
2. Congres hopes to create awareness of specific treatments for individual patients. EUROTIMES, Vol.16, June 2011, p.37
3. Pattern Committee. Age-related macular degeneration. San Francisco: American Academy of Ophtalmology (AAo), 2003, 30 p.
4. New AMD therapies, Huge amount of research being directed at wet AMD, EUROTIMES, Vol.15 October 2010 p.18
5. Studii biomedicale şi clinice. BioR. Valeriu Rudic, Chişinău 2007 p.15
6. Two studies find a strong rationale for combination treatments in AMD. EUROTIMES, 5 May 2010, Vol.15 p.25
7. Астахов Ю.С., Лисочкина А.Б., Шадричев Ф.Е., Возрастная макулярная дегенерация. Клинические рекомандации. Офтальмология / Под. ред. Л.К. Мошетовой, А.П. Нестерова, Е.А. Егорова. М.: ГЭО-ТАР-Медиа, 2006, p.164-188.
8. Возрастная макулярная дегенерация // Приложение к журналу «Офтальмологические ведомости» / Американская академия офтальмологии, Экспертный совет по возрастной макулярной дегенерации, Межрегиональная ассоциация врачей-офтальмологов. СПб: «Издательство Н-Л», 2009 p.84

NOI PREMIXURI FURAJERE ÎN BAZA BIOMASEI DE SPIRULINĂ CU SELEN

Valeriu RUDIC, Svetlana DJUR, Liliana CEPOI, Tatiana CHIRIAC, Ludmila RUDI, Svetlana CODREANU, Viorica GHELBET
Institutul de Microbiologie şi Biotehnologie al Academiei de Ştiinţe a Moldovei, Str. Academiei 1, MD 2028, Chişinău, R. Moldova
e-mail: acadrudic@yahoo.com

Abstract There have been proposed the recipesfor preparing two feed premixes with organic selenium according to the sourceofinorganicseleniumused: "Spirulina with organic selenium 1 and 2" and "protein feed premix with organic selenium 1 and2". The proposedpremixescomprise amulticomponent synergisticcombination in case of the first technological recipe and Spirulina extract containing freea mino acids, oligopeptides and selenium-containing proteinsin case of the second recipe exhibiting significant anti-oxidantactivity andimmunomodulatory effect.

Cuvinte chie: Spirulina platensis, biomasa selenorganică, premix selencomponent

Introducere

Utilizarea largă în ultimii ani a microelementelor este determinată de creşterea unor factori de risc ai deficienţei în microelemente în rezultatul acţiunii asupra animalelor a diferitor factori interni şi externi, precum şi a acţiunilor energetice asupra organismului animal. La factorii care iniţiază dezvoltarea lor se referă şi acţiunea asupra animalelor agricole a ecopatogenilor mediului înconjurător, stresurile psihoemoţionale, nutriţia industrială contemporană, utilizarea necontrolată şi nefundamentată a preparatelor medicamentoase veterinare, ş. a.

Datorită influenţelor tot mai mari stresogene, dar şi din cauza unei hrane insuficient de echilibrate şi valoroase nutritiv, la introducerea pe piaţa veterinară şi utilizarea furajelor se discută asupra utilizării suplimenteleor nutritive, dietetice şi premixurilor/preamestecuri – amestecurilor de aditivi furajeri sau amestecuri ale unuia ori mai multor aditivi furajeri cu materii prime furajere sau apă, utilizate ca suport, ce nu sunt destinate hrănirii directe a animalelor. Vom menţiona că "aditivii furajeri" pot constitui substanţele, microorganismele sau preparatele, altele decât materiile furajere şi premixurile, ce sunt adăugate intenţionat în hrana pentru animale sau în apa de băut care au un efect pozitiv asupra caracteristicilor furajului; să aibă un efect pozitiv asupra caracteristicilor produselor de origine animală; să răspundă nevoilor nutriţionale ale animalelor; să aibă un efect pozitiv asupra consecinţelor ecologice ale producţiei animale; să aibă un efect pozitiv asupra producţiei, randamentului sau bunăstării animalelor, influenţând în special flora gastrointestinală ori digestibilitatea produselor furajere.

Utilizarea biomasei cianobacteriene şi microalgale în calitate de adaos la hrana animalelor este deja cunoscută, rezultatele acestor investigaţii experimentale demonstrând perspectiva valorificării acesteia în calitate de premix furajer [11,14]. Cantitatea de biomasă microalgală sau cianobacteriană care de obicei se utilizează în calitate de adaos este destul de mică. Efectul obţinut, însă este destul de pronunţat şi apreciat ca semnificativ, iar principalele avantaje în favoarea eficacităţii biologice înalte a biomasei de spirulină şi a complexelor obţinute din ea sunt: prezenţa în complexul multicomponent de substanţe esenţiale a legăturilor sinergice pronunţate, prezenţa în complexul dat a substanţelor rar întâlnite în natura – compuşii care-i sunt caracteristici, posibilitatea păstrării spirulinei în stare naturală, precum şi digestibilitatea ridicată a biomasei de *Spirulina* de către organismul animal [1-4, 7, 9].

În aceeaşi ordine de idei, în calitate de componente ale premixurilor pot fi şi compuşii, sau fracţiile complexe extrase din biomasa cianobacteriană şi microalgală. Pornind de la faptul că aceşti compuşi sau fracţii complexe bioactive sunt implicate în transformarea selenului neorganic în organic, acestea oferă oportunitatea obţinerii unor premixuri selenorganice cu o eficacitate şi biodisponibilitate înaltă.

Scopul studiului constă în propunerea de premixurilor selencomponente în baza biomasei de spirulină.

Materiale şi metode

Materialul de cercetare: Tulpina cianobacteriei *Spirulina platensis CNMN – CB-11*, cultivată pe mediul nutritiv mineral SP în prezenţa unor compuşi chimici ai seleniului şi în condiţiile care asigură acumularea maximală a acestui element biogen în biomasă [13].

Conţinutul de selena fost determinat conform GOST R 51309-99 „Drinking water. Determination of elements content by atomic spectrometry methods".

În biomasa de spirulină au fost determinat **conţinutul de protein**, **ficobiliproteine**, **glucide** şi lipide cu aplicarea metodelor spectrofotometrice [11-13].

Activitatea antioxidantăa premixurilor selenorganicea fost evaluată prin aplicarea testului cu utilizarea radicalului non biologic ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid [10].

Rezultate şi discuţii

Selenul este unul din microelementele indispensabile pentru organism, principalul rol al căruia este cel antioxidant [6, 8]. Este parte componentă a glutation peroxidazei, familie de enzime ce catalizează degradarea hidroperoxizilor organici rezultaţi din procesele metabolice normale şi asigură protecţia proteinelor, lipidelor şi acizilor nucleici faţă de acţiunea moleculelor oxidante. Protejând membranele celulare, selenul împiedică deformarea lor şi perturbarea structurii ADN, restabileşte celulele şi contribuie la creşterea celulelor noi, sănătoase şi

intacte. Toate acestea contribuie la prevenirea sensibilităţii organismului faţă de afecţiunile cutanate, endocrine, hepatice, cardiovasculare, pulmonare, creşterea şi dezvoltarea tumorilor, şi alte modificări degenerative legate de acestea [5, 6, 8]. Asigură reglarea nivelului hormonilor tiroidieni şi masculini. Modulează toxicitatea metalelor grele prin interacţiunea cu acestea, contribuind la detoxifierea organismului. Ajută la formarea anticorpilor.

Au fost proiectate şi executate investigaţii în cadrul cărora a fost studiată posibilitatea utilizării cianobacteriei *Spirulina platensis* în calitate de matrice pentru obţinerea compuşilor organici biogeni ai selenului. Aceste cercetări au soldat cu selectarea din şirul compuşilor neorganici ai selenului testaţi a *selenidului de germaniu* şi *selenitului de fier* – compuşi al selenului, utilizarea cărora la cultivarea spirulinei asigură obţinerea unei biomase cu un conţinut sporit de selen biotransformat. Astfel, biomasa obţinută în condiţiile optime stabilite pentru acumularea selenului, prezintă un nivel înalt de selen acumulat: 378 mg% selen dintre care 271 mg% selen biotransformat (circa 71,7%) în cazul selenidului de germaniu; 694mg% selen dintre care 519 mg% selen biotransformat (circa 74,8%) în cazul selenitului de fier. Dintre toate fracţiile biomasei obţinute, proteinele au demonstrat cea mai înaltă capacitate de a lega seleniul – 27,2% (selenidul de germaniu) şi 28,5% (selenitul de fier hexahidrat), constituind forma majoră a seleniului organic. Totodată, şi în extractul care conţine aminoacizi liberi, oligopeptide ş.a. compuşi similari a fost determinat un conţinut înalt al seleniului – 23,8 % (selenidul de germaniu) şi 26,8% (selenitul de fier hexahidrat) din seleniul organic acumulat în biomasa de spirulină. Un conţinut considerat apreciabil de seleniu a fost determinat şi în fracţia lipidelor – 10,5% (selenitul de fier hexahidrat) şi 12,8% (selenidul de germaniu), dar şi în fracţia polizaharidelor – 8,0% (selenidul de germaniu) şi 9,0% (selenitul de fier hexahidrat).

Astfel, în cazul cercetărilor efectuate, se obţine biomasa de spirulină bogată în selen bioorganic. Aceasta reprezintă o complexitate de compuşi biogeni ce conţin selenul ca parte componentă efectivă cu funcţii biologice bine determinate. Totodată, fracţiile de compuşi biologic activi ai spirulinei care participă la procesul de biotransformare a selenului, pot fi considerate drept componente eficiente ale premixurilor selencomponente.

În tabelul 1. este redată compoziţia biomasei de spirulină după principalii compuşi biologi activi, implicaţi în procesul de biotransformare a selenului în biomasă. Astfel, conform datelor analizei calităţii biomasei de spirulina selenorganice, atât biomasa selencomponentă obţinută la cultivarea spirulinei în prezenţa selenitului de fier, cât şi biomasa selencomponentă obţinută la cultivarea spirulinei în prezenţa selenidului de germaniu se caracterizează printr-un conţinut echilibrat de compuşi biologic activi. Conţinutul proteinelor, substanţe cu efect nutriţional valoros variază în limitele a circa 50-52%%, cel al ficobiliproteinelor între

8,6-9,8%, dintre care circa 3,9-4,8% revine C-ficocianinei, antioxidant sinergist selenului. Conţinutul polizaharidelor şi al lipidelor constituie circa 11,4-12,9% şi, respectiv circa 6,5-8,85% din conţinutul total al biomasei selenorganice. Astfel, biomasa de spirulină selenorganică nu prezintă abateri majore de la compoziţia biomasei de spirulina obţinută în condiţii fără adăugare de compuşi ai selenului, şi poate fi utilizată în calitate de premix furajer selenorganc.

Tabelul 1.

Compoziţia biomasei de spirulină selenorganice (100g biomasă)

Componentele biomasei, care participă la biotransformarea selenului	**Spirulina selenorganică-1***	**Spirulina selenorganică-2****	**Spirulina**
Aminoacizi liberi	3,7%	3,2%	2,0%
Oligopeptide	8,4%	7,8%	8,9%
Proteine	52,15%	50,20%	65,2%
Ficobiliproteide	9,78%	8,60%	12,45%
Polizaharide	12,9%	11,45%	13,95%
Lipide	8,85%	6,50%	5,5%
C-Ficocianina	4,8%	3,98%	8,5%
Se	0,69%	0,378%	0,00015%

*– În calitate de sursa de Se la cultivarea spirulinei a fost utilizat selenitul de fier;
** – În calitate de sursa de Se la cultivarea spirulinei a fost utilizat selenidul de germaniu

Pornind de la faptul că atât biomasa de spirulină, prin o mare parte din compuşii săi, cât şi selenul sunt componente antioxidante, a fost studiată activitatea antioxidantă a biomasei selenorganice de spirulină. Rezultatele determinării activităţii antioxidante în testul cu utilizarea radicalului non biologic ABTS sunt redate în tabelul 2.

Tabelul 2.

Activitatea antioxidantă a biomasei de spirulina selenorganice

Biomasa procesată:	**Activitatea antioxidantă, ABTS*+, % inhibiţie**
Biomasa de spirulina	62%
Biomasa de spirulina selenorganică -1	82%
Biomasa de spirulina selenorganică -2	72%

Rezultatele obţinute indică asupra faptului, că biomasa selenorganică se caracterizează prin activitate antioxidantă înaltă, determinată de componenţii biologic activi ai acesteia. Este de menţionat că selenul (dar şi cu aportul fierului şi germaniului) contribuie la creşterea activităţii antioxidante a biomasei de spirulina selenorganice elaborate. Este un indiciu foarte important deoarece biomasa selenorganică urmează a fi utilizată în calitate, dar şi ca sursă de premixuri furajere care se caracterizează nu doar prin activitate antioxidantă înaltă, ceea ce permite să presupunem un efect benefic asupra proceselor metabolice la animale.

Astfel, primele două compoziţii ale reţetelor de premixuri selenorganice sunt prezentate în tabelul 3. şi redau integritatea biomasei de spirulina ce conţine în cantităţi suficiente compuşi biologic activi selencomponenţi cu o valoare nutritivă echilibrată şi o activitate antioxidantă înaltă.

Tabelul 3.

Reţetele premixurilor furajere în baza biomasei de spirulină selenorganică

Compoziţia reţetelor	**Reţeta 1: Spirulina selenorganică-1***	**Reţeta 2: Spirulina selenorganică-2****
Aminoacizi liberi	*3,7g*	*3,2g*
Oligopeptide	*8,4g*	*7,8g*
Proteine	*52,15g*	*50,20g*
Ficobiliproteide	*9,78g*	*8,60g*
Polizaharide	*12,9g*	*11,45g*
Lipide	*8,85g*	*6,50g*
C-Ficocianina	*4,87g*	*3,98g*
Se	***0,694g***	***0,378g***
Activitatea antioxidantă	***82%***	***72%***

Rezultatele experimentale au demonstrat că din cantitatea totală – 378-694 mg% selen circa 271-519 mg% reprezintă seleniul biotransformat, ceea ce constituie circa 71,7– 74,8%. Din acest % total al seleniului biotransformat cea mai mare capacitate de a transforma seleniul în organic au demonstrat-o proteinele: proteinele 27,2% (selenidul de germaniu) şi 28,5 (selenitul de fier hexahidrat), constituind forma majoră a seleniului organic. Totodată, şi în extractul care conţine aminoacizi liberi, oligopeptide ş.a. compuşi similari a fost determinat un conţinut înalt al seleniului – 23,8 % (selenidul de germaniu) şi 26,8% (selenitul de fier hexahidrat) din seleniul organic acumulat în biomasa de spirulină. Din aceste considerente, dar şi în baza faptului că aceste componente ale spirulinei formează valoarea nutritivă deosebit de valoroasă a spirulinei, am decis ca următoarele două

compoziţii de premixuri să fie formulate în baza acestor două fracţii de compuşi biologic activi selenortganici. Compoziţia reţetelor este redată de tabelul 4.

Tabelul 4.

Reţetele premixurilor furajere în baza fracţiilor bioactive selenorganice din spirulina

Compoziţia reţetelor	**Reţeta 1: Premix furajer proteic selenorganic-1***	**Reţeta 2: Premix furajer proteic selenorganic -2****
Extract din spirulina (Aminoacizi liberi şi oligopeptide)	*1,0g ce conţine* ***1,4mg Se***	*1,0g ce conţine* ***0,7mg Se***
Extract de proteine	*1,0g ce conţine* ***1,3mg Se***	*1,0g ce conţine* ***0,6mg Se***
Activitatea antioxidantă	***80,25%***	***67,45%***

Concluzii

1. Cele 2 reţete de premixuri furajere selenorganice elaborate şi variantele lor în funcţie de sursa de selen neorganic utilizată: premixurile"spirulina selenorganică 1 şi 2" şi " premixul furajer proteic selenorganic 1 şi 2" sunt produse de origine vegetală ce constau dintr-o combinaţie sinergică multicomponentă selenorganică în cazul primei reţete tehnologice şi din extractul de spirulina ce conţine aminoaacizii liberi, oligopeptide şi proteine selencomponente din spirulina cu activitate antioxidantă pronunţată şi imunomodulatoare efectivă.

2. Cele 2 tehnologii elaborate redau fluxul tehnologic integrat de obţinere a premixurilor furajere selenorganice în baza biomasei de spirulina îmbogăţită cu selen şi în baza fracţiilor de principii biologic active selencomponente. Tehnologiile sunt reproductibile, cost eficiente non toxice şi prietenoase mediului şi valorifică materii prime cu posibilităţi de producere în condiţii contolate.

Bibliografie

1. Cases, J., Wysocka, I. A., & Caporiccio, B. Assessment of selenium bioavailability from high-selenium *Spirulina* subfractions in selenium deficient rats. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2002, no. 50, p.3867–3873.
2. Chen T., Wong Y-S., Zheng W. Prification and characterization of selenium-containing phycocyanin from selenium-enriched *Spirulina platensis*. Phytochemistry 2006, no. 67, p. 2424-2430.

3. Chen T., Zheng W., Wong Y-S., Yang F., Bai Y. Accumulation of selenium in mixotrophic culture of *Spirulina platensis* on glucose. Bioresource Technology. 2006, no. 97, p.2260-2265.
4. Chen T., Zheng W., Yang F., Bai Y., Wong Y-S. Mixotrophic culture of high selenium-enriched *Spirulina platensis* on acetate and the enhanced production of photosynthetic pigments Enzyme and Microbial Technology. 2006, no.39, p. 103–107
5. Duffield-Lillico, A. J., et al. Baseline characteristics and the effect of selenium supplementation on cancer incidence in a randomized clinical trial A summary report of the nutritional prevention of cancer trial. Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention, 2002, no. 11, p.630–639.
6. Ip, C., et al. Chemical speciation influences comparative activity of selenium-enriched garlic and yeast in mammary cancer prevention.Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, vol. 48, p. 2062–2070.
7. Li, Z. Y., Guo, S. Y., & Li, L. Bioeffects of selenite on the growth of *Spirulina platensis* and its biotransformation. Bioresource Technology, 2003, vol. 89, p.171–176.
8. Miller S., et al. Selenite protects human endothelial cells from oxidative damage and induces thioredoxin reductase. Clin. Sci. 2001, no. 100, p. 543–550.
9. Mosulishvili L. M., Kirkesali E. I., & Belokobylsky A. I. Experimental substantiation of the possibility of developing selenium and iodine-containing pharmaceuticals based on blue-green algae *Spirulina platensis*. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2002, vol. 30, p.87–97.
10. Re R., et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. In: Free Radical Biology & Medicine, 1999, vol.10, p. 1231-1237.
11. Rudic V. Aspecte noi ale biotehnologiei moderne. Chişinău: Ştiinţa, 1993. 140 p.
12. Rudic V., ş.a. Metode de investigaţii în ficobiotehnologie. Chişinău: Ştiinţa, 2002. 61 p.
13. Rudic V. Tulpina *Spirulina platensis (Nordst) Geitl* în calitate de sursă de substanţe biologic active. Brevet de invenţie MD 4122. 2012-02-29.
14. Rudic, V. ş.a. Ficobiotehnologie –cercetări fundamentale şi realizări practice. Chişinău: Elena VI, 2007, 362 p.

ACTIVITATEA ANTIOXIDANTĂ A PREPARATULUI ETANOLIC ÎN BAZA BIOMASEI DE *PORPHYRIDIUM CRUENTUM*

Daniela SADOVNIC, Liliana CEPOI, Ludmila RUDI, Ana VALUŢA, Tatiana CHIRIAC, Svetlana CODREANU, Vera MISCU, Angela COJOCARI
Institutul de Microbiologie şi Biotehnologie, Academia de Ştiinţe a Moldovei, rudilugmila@gmail.com

Abstract. There wasstudied the impact ofantioxidant complex from microalga Porphyridium cruentum biomass on the antioxidant activityof vegetable oilsand their oxidation process. The antioxidant complex was obtained by extracting in 96% ethylalcohol. Antioxidant assay using the radical1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH) revealed an increase of the antioxidant activity of oils supplemented with microalgal antioxidant complex. There was determineda decrease (up to 40% for olive oil) in fatty acid oxidation for vegetable oils with microalgal antioxidant extract.

Cuvinte chele: complex antioxidant, Porphyridium cruentum, activitate antioxidantă, ulei vegetal, protecţie antioxidantă

Introducere

În studiul surselor naturale de antioxidanţi, microalgele au ocupat un loc stabil datorită componentelor antioxidante determinat. Microalgele sunt recunoscute surse comerciale de antioxidanţi carotenoizi *(Haematococcus pluvialis, Dunaliella salina)*care sunt aplicaţi în calitate de aditivi în industria alimentară şi farmaceutică [10].

La momentul actual sunt deja informaţii despre utilizarea practică a produselor din microalge. Astfel, antioxidanţii obţinuţi din biomasa algei *Porphyridium cruentum* au fost testaţi în calitate de componente antioxidante în procesarea alimentelor. Aprecierea activităţii antioxidante a extractelor etanolice din biomasa de *Porphyridium cruentum* prin aplicarea modelului β-caroten-linoleat a demonstrat superioritatea lor faţă de antioxidanţii sintetici BHA (hidroxianizol butilat) şi BHT (hidroxitoluen butilat) [8].

Extractele de pigmenţi clorofilieni şi carotenoizi din biomasa microalgei *Chlorella vulgaris* şi de astaxantină din biomasa algei *Haematococcus pluvialis* au fost utilizaţi în calitate de antioxidant în stabilizarea emulsiilor hidro-uleioase. Rezultatele obţinute au determinat posibilitatea aplicării concentraţiilor mici de pigmenţi oranj-roşii în calitate de antioxidant al maionezelor care au potenţialul de a prevenit oxidarea primară şi secundară a produsului [3]. Studii recente au determinat existenţa unor flavanoizi în biomasa microalgelor şi cianobacteriilor [5, 7]. Studiul a 32 de microalge şi cianobacterii a demonstrat impactul conţinutului componentelor fenolice asupra activităţii antioxidante a biomasei [6].

În acest studiu a fost determinat impactul complexului antioxidant, obţinut din biomasa microalgei *Porphyridium cruentum* asupra activităţii antioxidante a uleiurilor vegetale şi asupra procesului de oxidare a lor.

Material şi metode

Microalga *Porphyridium cruentum* a fost cultivată pe mediul mineral VP2 cu durata ciclului de cultivare de 10 zile [9].

Complexul antioxidant din biomasa de *Porphyridium cruentum* AA-Pcr a fost obţinut prin extragere în etanol de 96%. Raportul dintre biomasă şi solvent în procesul de extragere a fost stabilit în cadrul cercetărilor anterioare şi este susţinut de mai mulţi autori, constituind 10 mg biomasă la 1,0 ml soluţie extractantă [2, 7]. Durata de extragere a fost de 12 ore, la temperatura camerei de 18-20^{0}C în condiţii de agitaţie permanentă pe agitator orbital. Extractele au fost separate de biomasă prin centrifugare şi filtrare.

În studiu au fost incluse patru tipuri de uleiuri care se deosebesc după componenţa acizilor graşi şi respectiv după capacitatea de autooxidare şi de incorporare a produsului antioxidant: ulei de in, produs la fabrica „Diveevo", Moscova, Rusia, seria de producere 180912; uleiul de olive IBERICA, produs de Olive Line S.L., Madrid, Spania, seria L:7885; ulei de porumb, produs Unilever, Hamburg, Germania, seria L 315400916; ulei de floarea soarelui, produs la AO „Floarea soarelui", Bălţi, Moldova, seria 29.05.2014/1.

Pentru incorporarea complexului antioxidant *AA-Pcr* în uleiurile vegetale, la 9 ml ulei s-au adăugat 3 ml extract etanolic. Pentru a spori incorporarea antioxidanţilor, amestecul obţinut a fost emulsionat puternic. Separarea uleiului de restul etanolic s-a produs timp de 24 ore la temperatura camerei. Reziduul a fost înlăturat prin decantare.

Activitatea antioxidantă a fost determinată prin metoda reducerii radicalului DPPH (1,1 difenil-2-picril hydrazil) [1]. Pentru determinarea activităţii antioxidante a uleiurilor a fost preparată soluţia în acetonă de 0,6 mM DPPH. Amestecul reagent a fost obţinut din 0,1 ml soluţie ulei în acetonă şi 3,0 ml soluţie DPPH. După 5 min de incubare la temperatura camerei a fost măsurată absorbanţa la 517 nm. Valorile testului antioxidant au fost prezentate în % Inhibiţie DPPH.

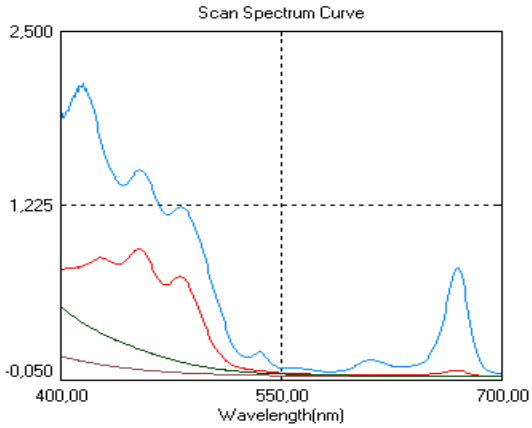
Nivelul de oxidare a uleiurilor a fost stabilit prin testul determinării produselor de reacţie ale acidului tiobarbituric (TBARS) [4]. Valoarea gradului de oxidare al uleiurilor a fost determinată prin conţinutul malondialdehidei (MDA). La probele de ulei (1 ml) s-au adăugat 1 ml acid tiobarbituric 0,67% şi 1 ml acid tricloracetic 15%, după care probele au fost supuse incubării pentru 1 oră la 95^{o}C. După răcirea pe gheaţă 5 min probele au fost centrifugate 15 min la 3000g. Concentraţia complexului malondialdehidei cu acidul tiobarbituric a fost măsurată la 535 nm.

Toate rezultatele prezentate în acest studiu au fost prelucrate statistic cu aprecierea valorilor medii şi a abaterilor standarde în comparaţie cu valorile coeficientului de variere stabilit pentru fiecare metodă în parte. Au fost considerate semnificative diferenţele între valorile obţinute, pentru care $p<0,05$.

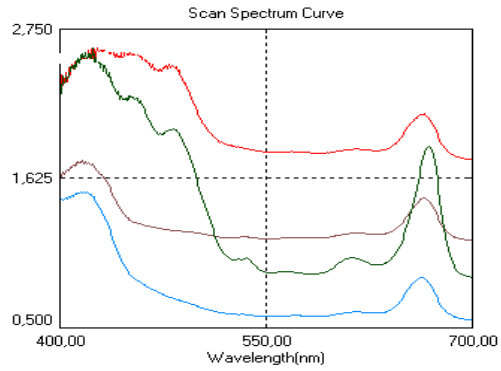
Rezultate şi discuţii

În scopul monitorizării procesului de incorporare a complexului antioxidant microalgal în uleiuri au fost înregistrate spectrele în domeniul vizibil al uleiurilor până la şi după 24 ore de la incorporare. Nivelul de solubilizare a componentelor preparatului antioxidant depinde de conţinutul acizilor graşi polienici şi de raportul lor în componenţa uleiului utilizat.

Spectrele suprapuse după nivelul maximal al absorbanţelor formează şirul constituit din ulei de porumb, ulei de floarea soarelui, ulei de in şi ulei de olive (Figura 4.17), în rezultatul încorporării preparatului antioxidant ***AA-Pcr*** în baza biomasei de *Porphyridium cruentum*, şirul uleiurilor format după principiul creşterii absorbanţei s-a modificat: ulei de porumb, ulei de floarea soarelui, ulei de olive şi ulei de in (Figura 1).



Spectrele uleiurilor vegetale native: 1 – ulei de porumb; 2 – ulei de floarea soarelui; 3 – ulei de in; 4 – ulei de olive



Spectrele uleiurilor vegetale după incorporarea preparatului *AA-Pcr*: 1 – ulei de porumb; 2 – ulei de floarea soarelui; 3 – ulei de olive; 4 –ulei de in

Figura 1. **Spectrele uleiurilor vegetale native şi suplimentate cu complex antioxidant AA-Pcr**

Uleiurile vegetale comercializate pe piaţă sunt foarte variate nu numai după materia primă vegetală şi modul de extragere, dar şi după conţinutul acizilor graşi polienici (Tabelul 1). Conţinutul acizilor graşi ω6 – acidul linolic şi ω3 – acidul

linolenic, precum şi raportul lor determină utilitatea alimentară şi sanogenă a uleiurilor. Acidul oleic, prezent în diferite cantităţi în uleiuri este considerat unul din factorii de protecţie antioxidantă a componentelor liposolubile din ulei.

Tabelul 1.

Conţinutul acizilor graşi în uleiurile selectate [11]

Tipul de ulei	Acizi graşi nesaturaţi, % din suma acizilor graşi				Acizi graşi saturaţi % suma AG	
	C18:3ω 3	C18:2ω 6	ω 3+ω 6	C18:1ω 9	18:0	16:0
Seminţe de in	58	14	72	19	4	5
Floarea soarelui	-	75	75	13	12	-
Porumb	-	59	59	24	17	-
Olive	-	8	8	75	16	-

Cele mai mari valori ale absorbanţei au fost înregistrate pentru uleiurile de in şi olive, care se deosebesc după conţinutul acizilor graşi. Pentru uleiul de in este specific conţinutul mare de acid linolenic (C18:3ω3), iar pentru uleiul de olive cel al acidului oleic (C18:1ω9).

Raportul cantitativ al aciziolor graşi din uleiuri determină şi activitatea lor antioxidantă (figura 2). Activitatea antioxidantă a uleiurilor native de porumb şi floarea soarelui este de 8-10 % inhibiţie DPPH, iar activitatea antioxidantă a uleiurilor native de in şi olive este mai mare cu valorile testului DPPH de 13-14 % inhibiţie. Pentru uleiurile vegetale suplimentate cu complexul antioxidant AA-Pcr, activitatea antioxidantă are valori majorate (figura 2). Valorile testului antioxidant au crescut cu 24-38%. Astfel a fost demonstrată încorporarea complexului antioxidant în structura uleiurilor.

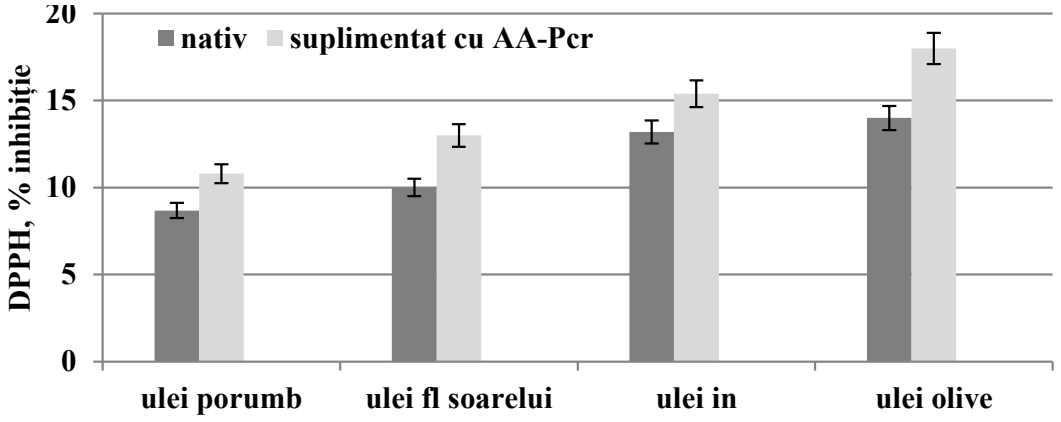


Figura 2. **Activitatea antioxidantă (% Inhibiţie DPPH) a uleiurilor vegetale native şi suplimentate cu complexul antioxidant AA-Pcr**

Pentru a determina implicarea antioxidanţilor din preparatul antioxidant obţinut pe baza biomasei de *Porphyridium cruentum* în protecţia oxidativă a uleiurilor a fost efectuat testul TBARS.

Rezultatele determinării produselor de reacţie ale acidului tiobarbituric sunt prezentate în Figura 3.

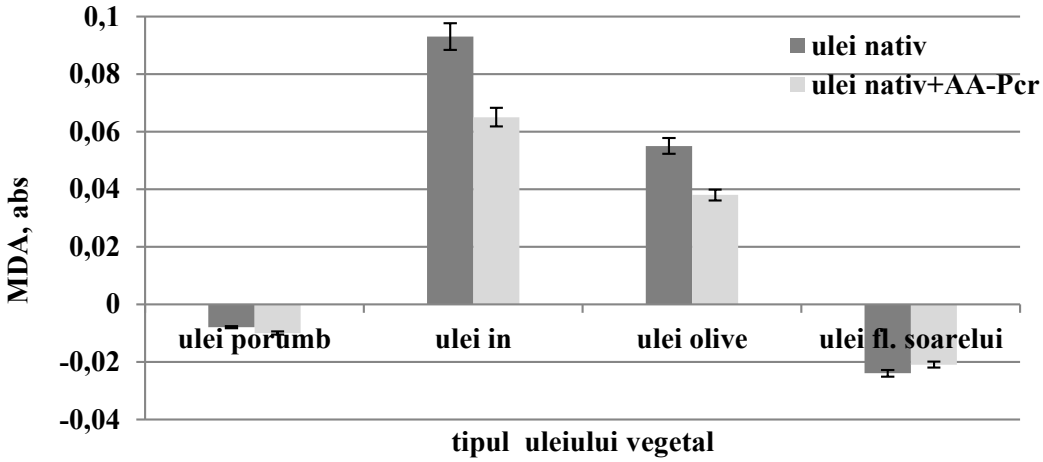


Figura 3. **Testul determinării produselor de reacţie ale acidului tiobarbituric (MDA, abs) în uleiurile vegetale native şi cu adaos de antioxidant AA-Pcr**

Pentru uleiurile de porumb şi floarea soarelui, valorile negative ale testului TBARS, care nu sunt semnificative, indică sigur prezenţa a antioxidanţilor puternici, care stabilizează structura acidului linolic. Pentru uleiurile de in a fost stabilită cea mai mare valoare a testului TBARS, un rezultat veridic, confirmat prin conţinutul sporit al acidului linoleic. Complexul antioxidant microalgal, încorporat în uleiurile de in şi olive a redus valoarea testului cu 40%.

Prin urmare, complexul antioxidant în baza biomasei de *Porphyridium cruentum* sporeşte activitatea antioxidantă a unor uleiuri vegetale şi reduce oxidarea lor.

Bibliografie

1. Brand-Williams W. et al. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel-Wissenschaft und –Technologie. In: Food Science and Technology, 1995, v. 28, p. 25-30.
2. Cepoi L., Rudi L., Miscu V., Cojocari A., Chiriac T., Sadovnic D. Antioxidative activity of ethanol extracts from *Spirulina platensis* and *Nostoc linckia* by various methods. In: The Annals of Oradea University, Biology Fascicle", 2009, Tom XVI/2, p. 43-48.

3. Gouveia L., Raymundo A., Batista AP., Sousa I., Empis E. *Chlorella vulgaris* and *Haematococcus pluvialis* biomass as colouring and antioxidant in food emulsions.Eur Food Res Technol, 2006, 222: 362–367.
4. Hodges DM, DeLong JM, Forney CF, Prange RK**.** Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. Planta, 1999, 207**,**604–611.
5. Klejdus B, Lojková L, Plaza M, Snóblová M, Stěrbová D. Hyphenated technique for the extraction and determination of isoflavones in algae: Ultrasound-assisted supercritical fluid ex-traction followed by fast chromatography with tandem mass spec-trometry. J Chromatogr, 2010, A 1217:7956 – 7965.
6. Koen Goiris, Koenraad Muylaert, Ilse Fraeye, Imogen Foubert, Jos De Brabanter, Luc De Cooman. Antioxidant potential of microalgae in relation to their phenolic and carotenoid content. J Appl Phycol, 2012, 24:1477–1486.
7. Li H.B. et al. Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. In. Food Chem, 2007, vol. 102, p.771–776.
8. Rodriguez-Garcia I., Guil-Guerrero J.L. Evaluation of the antioxidant activity of three microalgal species for use as dietary supplements and in the preservation of foods. In: Food Chemistry, 2008, vol. 108, p. 1023–1026.
9. Rudic, V. ş.a. Ficobiotehnologie –cercetări fundamentale şi realizări practice. Chişinău: Elena VI, 2007, 362 p.
10. Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E , Isambert A. Commercial applications of microalgae. J Biosci Bioeng. 2006, 101:87–96.
11. Strayer D. et al. Food fats and oils. In: Washington, 2006, http://www.iseo.org/foodfats.htm

DEPENDENŢA STRUCTURII TAXONOMICE A ALGELOR EDAFICE PĂSTRATE TIMP ÎNDELUNGAT ÎN CONDIŢII DE ANHIDROBIOZĂ DE PARTICULARITĂŢILE ECOLOGICE A BIOTOPULUI

Victor ŞALARU, Victor MELNIC
Universitatea de Stat din Moldova, LCŞ "Algologie",
str. M. Kogâlniceanu 65A

Abstract. Currently, in the phycology are using a wide range of methods that allow to keep the microalgae cultures. One of the simplest and cheapest methods of keeping the algal cultures is crossing their dry as a result of dehydration. For this reason, issues related to long storage of algal cultures in dry soil under laboratory conditions and maintain their vitality subsequent reactivation are currently functions of great importance. Peculiarities of biotope influence the resilience of representatives of different species in general and representatives of the same species and in part. The highest percentage of species reappear in cultures analyzed in 2000-2002 is set for beech forests, vegetation and meadow steppe.

Cuvinte cheie*:* structură taxonomică, cultură de alge, vitalitate, viabilitate, biomorfă, stare latent, ecosystem, microalge, vegetaţie, anhidrobioză

Introducere

Algele edafice joacă un rol important în procesele pedogenetice, în sporirea fertilităţii solului, protejarea lui de erozie, contribuie la îmbogăţirea solului cu cele mai diverse substanţe organice, menţinând nivelul natural al fertilităţii necesar pentru dezvoltarea plantelor superioare. Totodată, microalgele, ca obiecte biotehnologice valoroase, bogate în proteine, lipide, glucide, aminoacizi, vitamine, pigmenţi, imunostimulatori şi alte substanţe biologic active au un spectru larg de utilizare în calitate de materie primă, stimulatori de creştere, îngrăşăminte etc. în diferite ramuri ale economiei ca zootehnia, fitotehnia, medicina, farmaceutica ş.a. [1,2]. Starea ecologică instabilă a ecosistemelor naturale scoate în evidenţă problemele legate de conservarea şi reproducerea biodiversităţii, inclusiv a algelor. La momentul actual, în algologie se utilizează un spectru larg de metode ce permit a păstra culturile de microalge. Una din cele mai simple şi ieftine metode de păstrare a culturilor de alge este cea de trecere a lor în stare uscată în rezultatul deshidratării. Din acest motiv, problemele ce ţin de păstrarea îndelungată a culturilor de alge în solul uscat în condiţii de laborator şi menţinerea vitalităţii lor cu reactivarea ulterioară a funcţiilor sunt la moment de o importanţă mare.

Obiectivele lucrării au fost: evidenţierea modificării structurii taxonomice a algelor edafice din releveele de sol păstrate timp de 15-18 ani în condiţii de laborator; analiza comparativă a comunităţilor algale din solurile păstrate în condiţii

de laborator cu rezultatele preventive obţinute 15-18 ani în urmă în aceleaşi tipuri de vegetaţie; evidenţierea dependenţei rezistenţei speciilor algale de particularităţile ecologice caracteristice diferitor tipuri de vegetaţie; evidenţierea celor mai rezistente unităţi taxonomice algale (specii, genuri, familii).

Materiale şi metode

Studierea componenţei floristice a algelor edafice a fost efectuată pe parcursul anilor 2000-2002 în solurile colectate preventiv în anii 1984-1987 în diferite tipuri de fitocenoze naturale şi artificiale şi păstrate timp de 15-18 ani în condiţii de laborator în pachete speciale din hârtie dură, în dulapuri prevăzute pentru depozitarea unor astfel de probe. Probele de sol au fost colectate în vegetaţie naturală silvică, de stepă, de luncă şi cultivată ca plantaţii forestiere artificiale, vii şi agrofitocenoze ocupate cu astfel de culturi agricole caracteristice Moldovei ca floarea-soarelui, grâu, porumb, tutun, mazăre, lucernă şi sfecla de zahăr. În cadrul vegetaţiei silvice au fost analizate 6 tipuri: pădurile de fag, de gorun cu fag, de gorun cu carpen, de gorun cu tei şi frasin, pădurile uscate de stejar cu scumpie şi cele aride de stejar pufos [3,4,5,6,7].

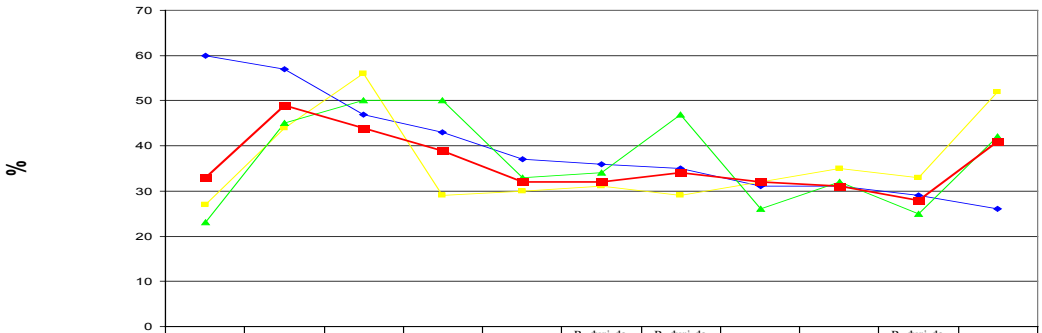
Colectarea probelor şi analiza lor a fost efectuată conform metodelor aplicate pe larg în algologia edafică [8,9,10]. Pentru a stabili în ce măsură particularităţile de biotop influenţează capacitatea de rezistenţă a grupelor ecologice de alge în general şi a reprezentanţilor diferitor specii în parte, în ce măsură viabilitatea reprezentanţilor aceleaşi specii depinde de particularităţile ecologice ale biotopului pe care îl ocupă, pentru fiecare tip de vegetaţie în parte a fost calculat procentul numărului de specii şi varietăţi, genuri şi familii identificate în anii 2000-2002 în comparaţie cu numărul lor în anii 1984-1987, conţinutul în procente al ecobiomorfelor din numărul total de specii stabilite în anii 1984-1987 şi în 2000-2002 aparte, conţinutul în procente a ecobiomorfelor identificate în anii 2000-2002 în comparaţie cu numărul iniţial al biomorfelor stabilite în anii 1984-1987. S-a analizat modul în care se schimbă valoarea coeficientului de răspândire a unei şi aceleiaşi speciei care a fost identificată în mai multe tipuri de vegetaţie.

Rezultate şi discuţii

Analizând datele ce prezintă informaţia referitor la măsura în care particularităţile de biotop influenţează capacitatea de rezistenţă a grupelor ecologice de alge în general şi a reprezentanţilor diferitor specii în parte. În funcţie de principalii factori ecologici (umiditate, temperatură şi iluminare) fitocenozele studiate formează un şir ecologic bine determinat, începând cu cele mai umede tipuri de vegetaţie şi terminând cu cele care se dezvoltă în condiţii mai mult

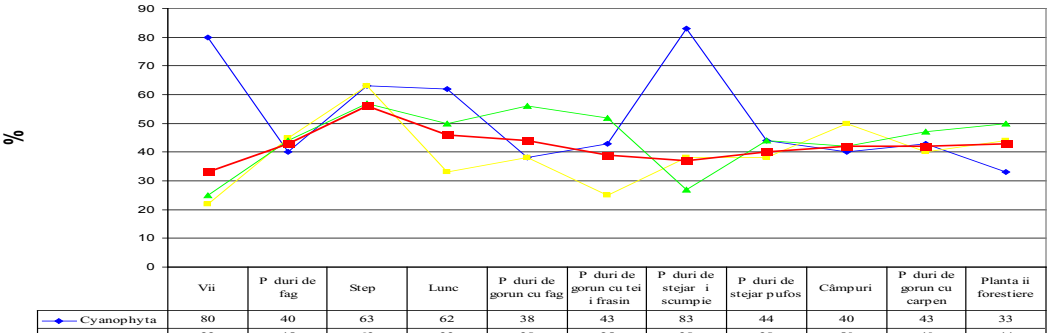
sau mai puţin aride. Această ordonare a ecosistemelor cercetate are următorul aspect: pădurile de fag > pădurile de gorun cu fag > pădurile de gorun cu carpen > pădurile de gorun cu tei şi frasin > pădurile de stejar cu scumpie > pădurile aride de stejar pufos şi plantaţiile forestiere > câmpurile agricole şi vii > vegetaţie de luncă şi vegetaţie de stepă. Convenţional, le putem grupa în trei categorii. Prima o constituie pădurile de fag, gorun cu fag, gorun cu carpen şi gorun cu tei şi frasin. A doua reuneşte pădurile de tip mai uscat, cum sânt cele de stejar cu scumpie şi stejar pufos, împreună cu plantaţiile forestire artificiale. Cea din urmă include agrofitocenozele şi comunităţile erbacee ca vegetaţiile de stepă şi de luncă.

Vegetaţia de stepă mai întâi, după care urmează vegetaţia de luncă, plantaţiile forestiere artificiale şi pădurile de fag ocupă primele locuri, printre cele 11 tipuri de vegetaţie studiate, în ceea ce priveşte cantitatea speciilor reapărute în culturi peste 15-18 ani de stare latentă (figura1). În general, această legitate este valabilă atât pentru numărul total de specii, cât şi pentru fiecare filum în parte. De aici putem deduce că anume în aceste tipuri de fitocenoze speciile de alge se caracterizează printr-o rezistenţă mai ridicată, ceea ce le permite să-şi păstreze vitalitatea un timp mai îndelungat. Trei din cele patru fitocenoze numite mai sus ocupă poziţiile extreme în cadrul şirului ecologic prezentat mai sus. Pe teritoriul cuprins între fluviul Nistru şi râul Prut pădurile de fag se consideră drept unele dintre cele mai umede şi umbrite tipuri de păduri, după pădurile de luncă, iar vegetaţiile de stepă şi de luncă sunt expuse celei mai puternice iluminări şi se caracterizează prin cel mai înalt nivel de insuficienţă de umiditate. Totodată, în vegetaţiile de stepă şi de luncă s-a constatat cel mai înalt procent de genuri şi familii reapărute, o dovadă în plus că anume în aceste tipuri de vegetaţie se întâlnesc alge cu o rezistenţă mai mare (figura 2 şi 3). Pădurile de gorun cu carpen şi solurile ocupate de vii, din punctul de vedere al numărului de specii reapărute în anii 2000-2002 în comparaţie cu numărul lor iniţial din anii 1984-1987, ocupă ultimele locuri printre vegetaţia studiată. În ambele cazuri acest fapt se datorează micşorării diversităţii algelor verzi şi xantofite în vii şi a cianoftelor în pădurile de gorun cu carpen. Pădurile de gorun cu carpen se caracterizează prin cel mai moderat regim hidric printre pădurile existente în Moldova şi, în general, se dezvoltă în condiţii mezofite. Oscilaţiile de umiditate în aceste soluri sunt mai mici şi algele, pe parcursul evoluţiei, s-au adaptat la un nivel de umiditate mai mult sau mai puţin constant. Din această cauză algele din pădurile de gorun cu carpen sunt mai puţin adaptate la micşorarea bruscă, rapidă şi îndelungată a umidităţii. In acelaşi timp [4], suprafeţele ocupate de vii se caracterizează prin cel mai înalt procent de cianofite apărute.



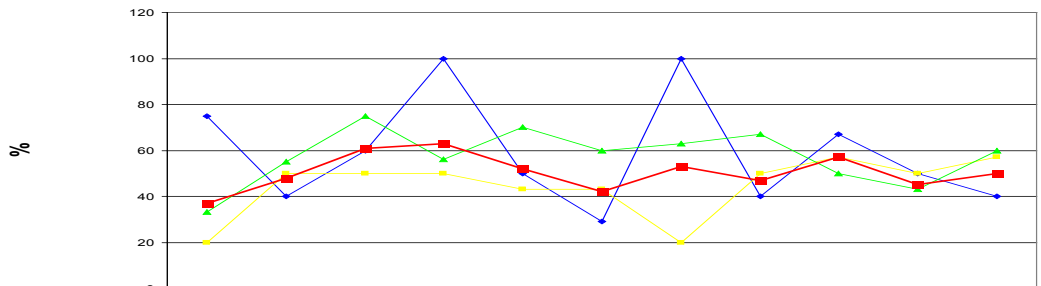
	Vii	P duri de fag	Step	Lunc	P duri de gorun cu fag	P duri de gorun cu tei i frasin	P duri de stejar i scumpie	P duri de stejar pufos	Câmpuri	P duri de gorun cu carpen	Planta ii forestiere
Cyanophyta	60	57	47	43	37	36	35	31	31	29	26
Xanthophyta	27	44	56	29	30	31	29	32	35	33	52
Chlorophyta	23	45	50	50	33	34	47	26	32	25	42
Total	33	49	44	39	32	32	34	32	31	28	41

Figura 1. **Conţinutul în % a numărului de specii şi varietăţi de alge identificate în anii 2000-2002 în comparaţie cu numărul lor în anii 1984-1987 aranjate în ordine descrescândă.**



	Vii	P duri de fag	Step	Lunc	P duri de gorun cu fag	P duri de gorun cu tei i frasin	P duri de stejar i scumpie	P duri de stejar pufos	Câmpuri	P duri de gorun cu carpen	Planta ii forestiere
Cyanophyta	80	40	63	62	38	43	83	44	40	43	33
Xanthophyta	22	45	63	33	38	25	38	38	50	40	44
Chlorophyta	25	44	57	50	56	52	27	44	42	47	50
Total	33	43	56	46	44	39	37	40	42	42	43

Figura 2. **Conţinutul în % a numărului de genuri de alge stabilite în anii 2000-2002 în comparaţie cu numărul lor în anii 1984-1987 aranjate în ordine descrescândă.**



	Vii	P duri de fag	Step	Lunc	P duri de gorun cu fag	P duri de gorun cu tei i frasin	P duri de stejar i scumpie	P duri de stejar pufos	Câmpuri	P duri de gorun cu carpen	Planta ii forestiere
Cyanophyta	75	40	60	100	50	29	100	40	67	50	40
Xanthophyta	20	50	50	50	43	43	20	50	57	50	57
Chlorophyta	33	55	75	56	70	60	63	67	50	43	60
Total	37	48	61	63	52	42	53	47	57	45	50

Figura 3. **Conţinutul în % a numărului de familii de alge stabilite în anii 2000 -2002 în comparaţie cu numărul lor în anii 1984-1987 aranjate în ordine descrescândă.**

Unele specii din componenţa algoflorei în anii 1984-1987 au fost prezente în toate sau în majoritatea fitocenozelor analizate, dar în anii 2000-2002 au reapărut numai în unele dintre ele.

Speciile *Phormidium jadinianum* Gom.*, Ph. foveolarum* (Mont.) Gom.*, Ph. fragile* (Menegh.) Gom.*, Phormidium sp*., *Schizothrix friesii* Ag. Gom.*, Pleurochloris polychloris* Pasch.*, Gloeobotrys ellipsoideaus* Pasch.*, Chlorococcum macrostigmatum* R.C. Starr, *Dictyococcus pseudovarians* Korschik.*, Gongrosira leptothricha* Reineri. au revenit la starea activă doar în cele mai uscate tipuri de păduri, plantaţii forestiere, agrifitocenoze, vegetaţiile de stepă şi de luncă. Astfel de specii ca *Gloeobotrys chlorinus* Pasch. *şi Heterococcus mainxii* Visch.*,* prezente în anii 1984-1987 în vegetaţia de pădure, agrofitocenoze, vegetaţiile de stepă şi de luncă, în anii 2000-2002 au fost regăsite numai în pădurile de fag şi cele de gorun. Una dintre cele mai des întâlnite alge – specia *Chlorella vulgaris* Beijer. – identificată de noi în anii 1984-1987 în toate tipurile de vegetaţie studiată, în anii 2000-2002 s-a reactivat în solurile fitocenozelor cu condiţii extreme cum sunt, pe de o parte, pădurile umede de fag şi gorun cu fag şi vegetaţia xerofită de stepă, pe de alta.

Astfel de specii ca *Nostoc linckia* (Roth.) Born. et. Flah*, N. punctiforme* Kütz. Harèot*, Microcoleus vaginatus* (Vauch.) Gom.*, Pleurochloris anomala* James*, P. commutata* Pasch.*, Botrydiopsis eriensis* Snow.*, Pseudopleurococcus botryoides* Snow.*, Desmococcus vulgaris* (Näg.) Brand.*, Leptosira terricola* (Bristol.) Printz*, Trentepohlia sp.* ş.a. evidenţiate în culturile analizate în anii 2000-2002 sunt prezente în majoritatea tipurilor de fitocenoze analizate. Unele dintre ele preferă condiţii mai umede. De exemplu, *Nostoc commune* Vauch. *şi Pleurochloris anomala*sunt mai frecvente în pădurile de fag, de gorun cu fag, gorun cu carpen. Altele, cum sunt speciile *Nostoc linckia, Chlorosarcinopsis minor* (Gerneck) Herndon*, Desmococcus vulgaris, Trentepohlia sp.* se întâlnesc mai des în fitocenoze cu condiţii moderate de tipul pădurilor de gorun cu tei şi frasin, de stejar cu scumpie, de stejar pufos. O parte din alge, printre care sunt speciile *Pseudopleurococcus botryoides* Snow.*, Leptosira terricola* (Bristol.) Printz*,* predomină în ecosisteme cu condiţii mai xerofite. Caracteristică pentru vegetaţia de luncă a fost prezenţa speciilor *Merismopedia glauca* (Ehr.) Nög., *Holopedia irregularis* Lagerh.*, Nostoc muscorum* Ag.*, Monodus acuminata* (Gern.) Chod.*, M. coccomyxa* Pasch.*, M. guttula* Pasch., *Cylindrospermumsp*., *Oscillatoria sp*., iar în cea de stepă – a speciei *Vischeria stelata*.

Doar în pădurile de fag au fost evidenţiate speciile *Chlorhormidiumsp*., în cele de gorun cu fag –*Nostoc coeruleum* Lingb.*, Cylindrospermum michailovscoense* Elenk.*, Scenedesmus pseudogranulatum* Massjuk., în cele de gorun cu carpen – *Gloeobotrys sp, Heterococcus moniliformis* Visch.*, Dictyococcusirregularis* Boye – Pet. Astfel de specii ca *Chlorococcum botryoides* Moewus., *Chlo-*

rosarcinopsis arenicola Groover & Bold, *Chloridella* sp. au fost întâlnite numai în solurile pădurilor de gorun cu tei şi frasin. Specifică pentru pădurile de stejar cu scumpie s-a dovedit a fi specia *Lyngbya aerugineo-coerulea* (Kütz.) Gom.. Numai în plantaţii forestiere artificiale au fost prezente speciile *Chlorobotrys simplex* Pasch., *Heterococcus chodatii* Visch., *H. clavatus* Pitschmann, *Chlorococcum perplexum* Archibald & Bold, *Rexinema paucicelulare* (Vischer.) Geitl., iar în solurile ocupate de vii – *Pleurochlorissp*.. Exclusiv în solurile ocupate de culturi agricole anuale şi bienale au fost întâlnite speciile *Chlorococcum gelatinosum* P.A. Archibald & H.C. şi *Ch. perforatum* Archibald & Bold.

În general, analiza procesului de reactivare, revenire la un mod de viaţă activ a algelor după o perioadă îndelungată de stare latentă ne arată că speciile unuia şi aceluiaşi gen se adaptează la condiţii de viaţă diferite. Cu toate acestea, se poate constata dependenţa anumitor genuri sau familii de condiţiile ecologice caracteristice unui anumit tip de fitocenoză.

Concluzii:

Particularităţile de biotop influenţează capacitatea de rezistenţă a reprezentanţilor diferitor specii în general şi a reprezentanţilor unor şi aceleiaşi specii în parte. Cel mai înalt procent de specii reapărute în culturile analizate în anii 2000-2002 este stabilit pentru pădurile de fag, vegetaţiile de stepă şi cea de luncă.

Pădurile de gorun cu carpen şi solurile ocupate de vii, din punctul de vedere al numărului de specii reapărute în anii 2000-2002 în comparaţie cu numărul lor iniţial din anii 1984-1987, ocupă ultimele locuri printre tipurile de vegetaţie studiată. Faptul se datorează micşorării diversităţii algelor verzi şi xantofite în vii şi a cianofitelor în pădurile de gorun cu carpen.

Unele specii din componenţa algoflorei în anii 1984-1987 au fost prezente în toate sau în majoritatea fitocenozelor analizate, dar în anii 2000-2002 au reapărut doar în unele din ele. Speciile *Phormidium jadinianum, Ph. foveolarum, Ph. fragile, Schizothrix friesii* etc.au revenit la starea activă numai în cele mai uscate tipuri de păduri, plantaţii forestiere, agrofitocenoze, vegetaţiile de stepă şi cea de luncă. Speciile *Gloeobotrys chlorinus* şi *Heterococcus mainxii* au fost regăsite numai în pădurile de fag şi cele de gorun. Specia *Chlorella vulgaris* s-a reactivat în solurile fitocenozelor cu condiţii extreme cum sînt pădurile umede de fag şi gorun cu fag şi vegetaţia xerofită de stepă.

Bibliografie

1. Cojocari A., Rudic V., Turtă C., Lăzărescu A. Sinteza orientală a ficobiliproteidelor de cianobacteria Nostoc linckia (Roth) Born et Flah CNM-CB-03. În: Materialele Congresului II. Societatea de Fiziologie şi Biochimie vegetală din R. Moldova. Chişinău, 2002, p. 223-226.

2. Rudic V. Cojucari A., Cepoi L. ş.a. Ficobiotehnologie – cercetări fundamentale şi realizări practice, Chişinău 2007, 364 P.
3. Şalaru V.V. Componenţa comunităţilor algelor de sol din pădurile Moldovei. În: Sesiunea ştiinţifică a secţiei de biologie, Cluj-Napoca, 1993, p. 103.
4. Şalaru V.V. Componenţa algelor de sol din fitocenozele de stepă a Republicii Moldova. În: Al XVIII-lea Congres al Academiei Romano-Americane de Ştiinţe şi Arte. Chişinău, 1993, p. 138.
5. Şalaru V.V. Algele de sol din pădurile de stejar pufos din Republica Moldova. În: I Congres al Botaniştilor din Moldova şi România, Chişinău, 1994, p. 30-31.
6. Şalaru V.V. Algele de sol din pădurile de stejar cu cireş din Moldova. În: Conferinţa ştiinţifică a botaniştilor. Ocrotirea, reproducerea şi utilizarea plantelor. Chişinău, 1994, p. 44.
7. Şalaru V.V. Componenţa algoflorei de sol din plantaţiile forestiere. În: Bul. A. S. R. M. Ser. Şt. Biol şi chim., 1995, nr 5, p. 14-18.
8. Голербах М. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969, 223 с.
9. Кузяхметов Г. Г. Методические указания по изучению почвенных водорослей. Уфа: Перм. с.-х. ин-т, 1986, 32 с.
10. Зенова Г. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. М.: Изд-во МГУ, 1990, 78 с.

CULTIVAREA ALGEI *NOSTOC FLAGELLIFORME* (BERK ET. CURT) ELENK. DUPĂ METODA SEMICONTINUĂ

Irina STRATULAT, Sergiu DOBROJAN, Victor ŞALARU
Universitatea de Stata din Moldova, Laboratorul de Cercetări Ştiinţifice „Algologie", str. M. Kogâlniceanu 65 A
stratulat.irina90@yahoo.com

Abstract. The semicontinuous method for cultivation the alga Nostoc flagelliforme leads to a higher quantity of biomass in a short period of time. The high algal productivity is obtained at elimination and substitution of 25% of the nutritive medium Z-8 (12,44 g/l) and elimination and substitution of 50% of medium Drew (5,78 g/l). The pH of the nutritive media for cultivation the alga Nostoc flagelliforme by semicontinuous method have increasing trends followed by decreasing and does not differ substantially depending on the concentrations of elimination and substitution of nutritive medium.

Key words. Nostoc flagelliforme, productivity, semicontinuous cultivation, biomass, daily growth.

Introducere

La etapa actuală cultivarea algelor este o direcţie prioritară a cercetărilor algologice şi biotehnologice. Scopul principal al cultivări algelor este de a modela şi înţelege unele procese fiziologice şi de a obţine biomasă algală utilizată de om în vaste domenii. Biomasa algală, încă din timpuri străvechi a fost utilizată ca sursă de hrană pentru oameni şi animale, ca fertilizant biologic, agent pentru tratarea apei reziduale etc.

În ultima perioadă, datorită progresului ştiinţific, biomasa algală a început a fi valorificată ca o posibilă sursă de produse alimentare şi furajere, sursă de obţinere a biocombustibilului, produse chimice fine şi vaste produse farmaceutice [2].

Pentru cultivarea eficientă a algelor sunt aplicate mai multe metode, cum ar fi: periodică, continuă, semicontinuă etc., care diferă în funcţie de scop şi rezultant preconizat [4]. Una din cele mai eficace metode de cultivare a algelor este metoda semicontinuă, care permite menţinerea culturii în faza de creştere exponenţială, ceea ce asigură obţinerea unei cantităţi mai înalte de biomasă algală comparativ cu aplicarea metodei periodice [1, 2]. Metoda continuă şi semicontinuă de cultivare a algelor a fost experimentată la cultivarea speciilor *Chlorella, Scenedesmus, Dunaliella, Spirulina, Porphyridium, Haematococcus*, etc., obţinându-se rezultate semnificative. Aplicarea metodei semicontinuă de cultivare a algei *Dunaliella tertiolecta* a permis obţinerea unei cantităţi majore de biomasă (0,74 g/l la a 7-a zi) [3]. Cultivarea algei *Anabaenopsis* sp. după metoda semicontinuă a permis majorarea biomasei algale de 7,12 ori timp de 9 zile [4].

Datorită rezultatelor înalte obţinute la aplicarea metodei semicontinuă de cultivare a multor specii de alge, ne-am propus să experimentăm această metodă pentru cultivarea algei *Nostoc flagelliforme.*

Materiale şi metode

Obiect al studiului a fost alga *Nostoc flagelliforme* (Berk et. Curt) Elenk**.** depozitată, în cultură pură în Colecţia Laboratorului de Cercetări Ştiinţifice „Algologie" a Universităţii de Stat din Moldova.

Cultivarea semicontinuă a algei *Nostoc flagelliforme* a fost efectuată în condiţii de laborator la temperatura de 28-30˚C şi intensitatea luminii-3000 lucşi, timp de 12 zile pe mediile nutritive lichide Drew şi Z 8 [6, 8]. Cultivarea semicontinuă a fost realizată prin excluderea a 25%, 50% şi 75% din volumul mediului nutritiv peste un interval de 3 zile şi prin înlocuirea cu mediu nutritiv proaspăt pregătit. Inoculul algal a fost obţinut din cultura menţinută pe mediu lichid, care se afla în faza exponenţială de creştere.

Pe parcursul experimentelor a fost determinată productivitatea algală [9], creşterea zilnică[10] şi pH-ul mediilor nutritive (aplicând metoda potenţiometrică – utilizând electrodul de pH al aparatul multifuncţional „Consort" C-944). Calcularea matematică a rezultatelor obţinute a fost efectuată utilizând programa computerizată „Microsoft Office Excel 2013" determinând eroarea standard (x) şi media aritmetică (X).

Rezultate şi discuţii

Tehnologiile de cultivare semicontinuă permit menţinerea îndelungată a culturii algale, datorită eliminării şi substituirii unei părţi din mediul cultural, asigurându-se astfel necesarul de substanţe nutritive pentru creşterea intensivă a biomasei algale[5]. Cel mai important rezultat al cultivării semicontinue este majorarea biomasei algale, care se determină prin măsurarea productivităţii. Acest indicator este direct dependent de metoda de cultivare, mediu nutritiv utilizat, factorii de mediu etc.

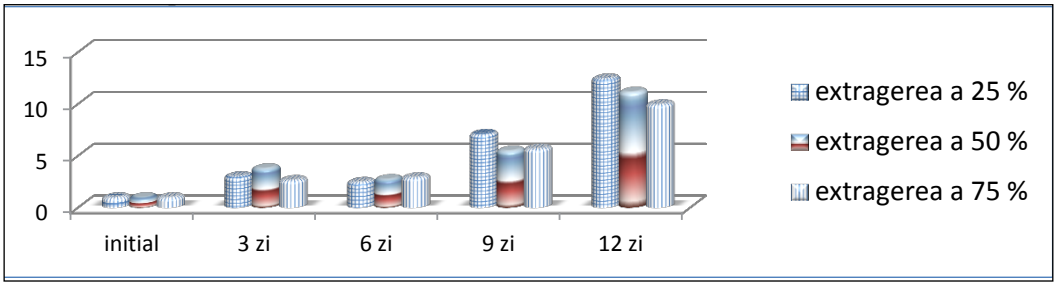


Figura 1. **Productivitatea algei *Nostoc flagelliforme* cultivată după metoda semicontinuă pe mediul nutritiv Z-8**

Metoda cultivării semicontinuă a algei *Nostoc flagelliforme* pe mediul nutritiv Z-8 permite obţinerea unei cantităţi înalte de biomasă într-un interval de timp redus. Biomasa algală obţinută în rezultatul aplicării metodei semicontinue variază şi în funcţie de cantitatea de mediu nutritiv eliminat şi înlocuit cu aceeaşi cantitate de mediu proaspăt pregătit.Astfel, timp de 12 zile în varianta cu eliminarea şi substituirea ulterioară a 25% din mediul nutritiv Z-8, obţinem o productivitate de 12,44 g/l, iar la eliminarea şi substituirea a 50% din mediu nutritiv Z-8-11,15 g/l. Cele mai reduse cantităţi de biomasă (9,95 g/l) s-au obţinut în variantele cu eliminare şi substituire a 75% din mediu nutritiv Z-8 (fig. 1). Reducerea biomasei algale la eliminarea şi substituire a 75% din mediu nutritiv poate fi cauzată, probabil,de supraîncărcarea culturii cu substanţe nutritive.

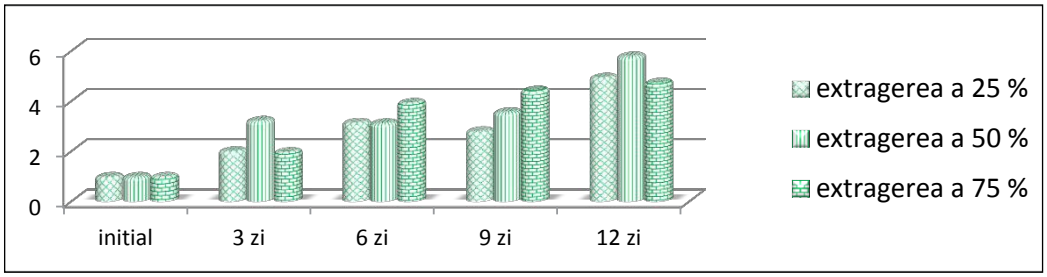


Figura 2. **Productivitatea algei *Nostoc flagelliforme* cultivată după metoda semicontinuă pe mediul nutritiv Drew**

În rezultatul analizei cantitative a biomasei algei *Nostoc flagelliforme* cultivată pe mediul nutritiv Drew, s-a constatat că sporirea productivităţii a fost stimulată de cultivarea semicontinuă în variantele cu eliminarea şi substituirea a 50% din mediu nutritiv, ceea ce permite obţinerea a 5,78 g/l biomasă timp de 12 zile. Rezultate apropiate (4,93–4,73 g/l biomasă algală) s-au înregistrat în variantele cu eliminarea şi substituirea a 25% şi 75% din mediu nutritiv Drew (fig. 2).

Cultivarea algei *Nostoc flagelliforme* după metoda periodică asigură obţinerea a maxim 5,14 g/l de biomasă algală [7], ceea ce este mai puţin decât în cazul aplicării metodei semicontinue.

Un indice important, care caracterizează procesul de creştere a biomasei algale este şi pH-ul mediului nutritiv, deoarece în procesul de creştere, unele algele schimbă pH-ul mediului în direcţia bazică.

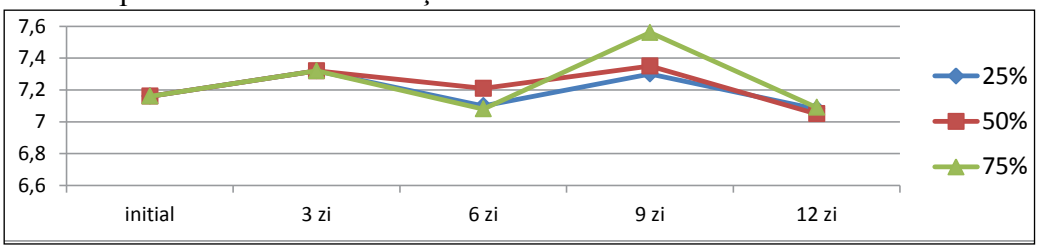


Figura 3. **Modificările pH-ului mediului nutritiv la cultivarea semicontinuă a algei *Nostoc flagelliforme* pe mediul Drew**

pH-ul mediului nutritiv Drew, la cultivarea semicontinuă a algei *Nostoc flagelliforme* s-a situat în limitele de 7,08-7,56 (fig. 3). Valorile acestui indice nu se modifică substanţial în funcţie de variantele de cultivare, însă se observătendinţă de creştere uşoară până la a 9-a zi după care descreşte.

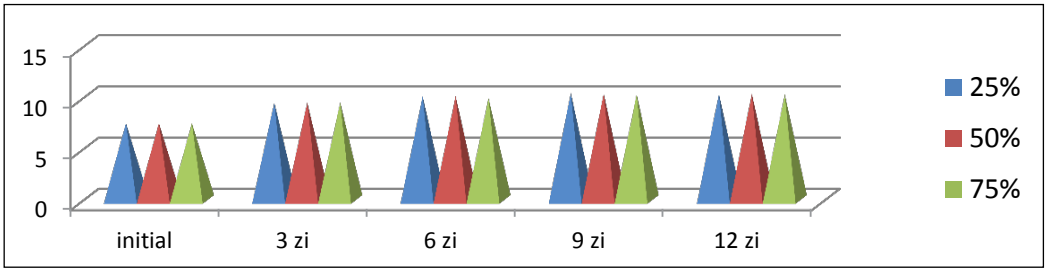


Figura 4. **Modificările pH-ului mediului nutritiv la cultivarea semicontinuă a algei *Nostoc flagelliforme* pe mediul Z-8**

La cultivarea pe mediul nutritiv Z-8 valorilepH-ului, de asemenea nu atestă deosebiri esenţiale între variantele experimentale,acestea fiind situate în limitele de 7,46-10,41 (fig. 4).

Tabelul 1.

Creşterea zilnică a biomasei algei *Nostoc flagelliforme*, g/l/zi

Variantele experimentate		Perioada monitorizată, zile			
		1-3 zi X±x	3-6 zi X±x	6-9 zi X±x	9-12 zi X±x
Mediul nutritiv Z-8	25%	0,68±0,02	-0,19±0,01	1,54±0,04	1,79±0,04
	50 %	0,93±0,04	-0,35±0,02	0,92±0,04	1,89±0,04
	75%	0,55±0,02	0,09±0,03	0,92±0,04	1,43±0,03
Mediul nutritiv Drew	25%	0,34±0,01	0,38±0,01	-0,11±0,01	0,71±0,02
	50 %	0,75±0,02	-0,03±0,01	0,15±0,01	0,74±0,02
	75%	0,33±0,02	0,65±0,02	0,16±0,01	0,11±0,01

Creşterea zilnică a biomasei algale ne oferă posibilitatea de analiză mai detaliată a procesului de acumulare a biomasei. După cum observăm, creşterea zilnică a biomasei algei *Nostoc flagelliforme* variază de la un interval la altul. Primele 3 zile biomasa creşte intens atât pe mediul nutritiv Z-8, cât şi pe Drew. Între a 3-a şi a 6-a zi biomasa practic descreşte (în special în loturile cu eliminarea şi substituirea a 25-50% din mediu nutritiv). Acest lucru probabil se lămureşte prin aco-

modarea algei la mediile nutritive propuse şi metoda de cultivare. În intervalul 6-9 zile şi 9-12 zile biomasa algală creşte în toate variantele experimentale. Cele mai mari valori ale creşterii zilnice a biomasei algei *Nostoc flagelliforme* s-au înregistrat în variantele cu eliminarea şi substituirea a50% din mediile nutritive Z-8 (1,89±0,04 g/l/zi) şi Drew (0,74±0,02 g/l/zi). Cea mai mare intensitate a creşterii zilnice a biomasei s-a stabilit pe mediul nutritiv Z-8. Acest lucru se datorează faptului că mediul nutritiv Z-8 este mai bogat în micro şi macro nutrienţi necesari creşterii celulelor algei *Nostoc flagelliforme*.

Concluzii

- Aplicarea metodei de cultivare semicontinuă a algei *Nostoc flagelliforme* pe diferite medii nutritive rezultă cu variate concentraţii de eliminarea şi substituire a mediului nutritiv. Cea mai înaltă productivitate algală se obţine la eliminarea şi substituire a 25% din mediul nutritiv Z-8 (12,44 g/l) şi la eliminarea şi substituirea a 50% din mediul nutritiv Drew (5,78 g/l).
- Cele mai mari valori ale creşterii zilnice a biomasei algei *Nostoc flagelliforme* s-au înregistrat în intervalul 9-12 zile în variantele cu extragere şi substituire a 50% din mediu nutritiv Z-8 (1,89±0,04 g/l/zi) şi 50% din mediu nutritiv Drew (0,74±0,02 g/l/zi).
- pH-ul mediilor nutritive nu diferă substanţial în funcţie de concentraţiile mediului nutritiv extrase şi substituite.
- Pentru cultivarea industrială a algei *Nostoc flagelliforme* propunem aplicarea metodei semicontinuă timp de 12 zile cu eliminarea şi substituirea peste fiecare 3 zile a 50% din mediul nutritiv Z-8.

Bibliografie

1. Anderson Lg, Tanhua T, Björk G, Hjalmarsson S, Jones Ep, Jutterström S, Rudels B, Swift Jh, Wåhlstöm I. Arctic ocean shelf–basin interaction: an active continental shelf CO_2 pump and its impact on the degree of calcium carbonate solubility. // Deep-Sea Res Ocean, 2010, 57 (7), p:-869-879
2. BarsantiL., Gualtieri P. Algae Anatomy, biochemistry and biotechnology. Taylor & Francis Group, 2006, 209-p.
3. Damien J. Farrelly, Liam Brennan, Colm D. Everard, Kevin P. Mcdonnell, Carbon dioxide utilisation of *Dunaliella tertiolecta* for carbon bio-mitigation in a semicontinuous photobioreactor. Appl Microbiol Biotechnol, DOI 10.1007/s00253-013-5322-y
4. Dobrojan G., Stratulat I., Dobrojan S. Utilizarea metodei de cultivare semicontinuă a algei *Anabaenopsis* sp. pe mediul nutritiv Z-8. // Studia Universitatis, 2013, nr. 1 (61), p.-88-91**.**
5. Dobrojan S., Modificările morfofiziologice şi biochimice ale algei *Spirulina platensis* (Nordst.) Geitl.cultivate pe ape reziduale şi utilizarea ei, Teză de doctor în biologie, Chişinău, 2011, 139-p.

6. Kotai J. Instructions for preparation of modified nutrients solution Z-8 for algae. B-11/69, 1972. p.-5.
7. Stratulat I., Dobrojan S., Şalaru V.. Cultivarea algei *Nostoc flagelliforme* pe diferite medii nutritive. // Buletinul Ştiinţific, Revistă de Etnografie, Ştiinţele Naturii şi Muzeologie, nr. 16(29), 2012, p.-81-86.
8. Гайсина Л. А., А. И. Фазлутдинова, Р. Р. Кабиров. Современные методы выделения и культивирования водорослей. Учебное пособие.Уфа: Изд-во БГПУ, 2008. 152-с.
9. Левич А. П. Искусство и метод в моделировании систем. Москва: Ижевск, 2012. 728-с.
10. Перт С. ДЖ. Основы культивирования микроорганизмов и клеток. Москва: Изд. Мир, 1978, 330-с.

STRUCTURA TAXONOMICĂ ŞI MODIFICAREA COMUNITĂŢILOR DE ALGE EDAFICE DIN SOLURILE DE SERĂ ALGALIZATE CU *ANABAENOPSIS* SP

Alina TROFIM, Victor ŞALARU
Universitatea de Stat din Moldova, LCŞ "Algologie",
str. M. Kogâlniceanu 65A;
mail: alinatrofim@yahoo.com

Abstract. In the taxonomic structure of edaphic algal flora from the enclosed cucumber plantations the highest share of total diversity have Cyanophyta phylum with 52.5% from the total number, followed by Bacillariophyta – 30.5%, Chlorophyta – 8.5%, Xantophyta – 6,8% and Euglenophyta – 1,7%. Following algalization of the soli with dry and green inoculum of Anabaenopsis sp. species has been established a reduction of the algal diversity until 29%, but the blue-green algae develops intense.
Key words: edaphic algal flora, Anabaenopsis sp., taxonomic structure

Introducere

În ultimii ani a crescut interesul ce ţine de studierea algoflorei edafice. Sunt minuţios investigate particularităţile structurii taxonomice [2,7,9] şi ecologice [4,5] a comunităţilor algale din diferite tipuri de agrofitocenoze [1,3], mai ales a celor din sere, deoarece informaţia despre ele este destul de redusă [11,13]. Din acest motiv scopul lucrării date este de a investiga structura taxonomică a algoflorei edafice din sere şi a studia efectele algalizării solului asupra comunităţilor algale.

Materiale şi metode

Drept material pentru cercetările noastre au servit probele de sol colectate din serele de lângă or. Tiraspol în perioada 03.04.12-08.06.12 pe care se cultivau castraveţi. Pe loturile experimentale propuse spre analiză a fost inoculată alga edafică *Anabaenopsis* sp. în formă uscată şi vie. Această tulpină face parte din colecţia laboratorului de Algologie, USM şi a fost obţinută în cultură pură din solurile regiunii de sud a Republicii Moldova. Eşantioanele de sol au fost colectate cu periodicitatea de 14 zile. Colectarea probelor şi prelucrarea preparatelor a fost efectuată prin metodele utilizate în algologia edafică [8,10]. Pentru studiul algologic a fost utilizat microscopul Kruss şi Optica. Apartenenţa taxonomică a fost apreciată pe baza determinatoarelor uzuale [6,12]. Calculele statistice au fost efectuate prin intermediul programului computerizat Statistic 6.

Rezultate şi discuţii

În urma investigaţiilor s-a constatat că algoflora solurilor din seră algalizate cu *Anabaenopsis* sp. include 59 de specii şi varietăţi intraspecifice de alge, care

fac parte din 23 genuri, 16 familii, 14 ordine şi 5 filumuri: ***Cyanophyta*** – 31 specii, ***Bacillariophyta*** – 18 specii, ***Chlorophyta*** – 5, ***Xanthophyta –*** 4, iar filumul ***Euglenophyta*** este reprezentat de o singură specie: *Euglena polymorpha* Dang..

În structura taxonomică a algoflorei edafice cea mai înaltă pondere revine algelor cianofite cu 52,5%, urmate de diatomee – 30,5%, clorofite – 8,5%, xantofite – 6,8% şi euglenofite – 1,7% (figura 1).

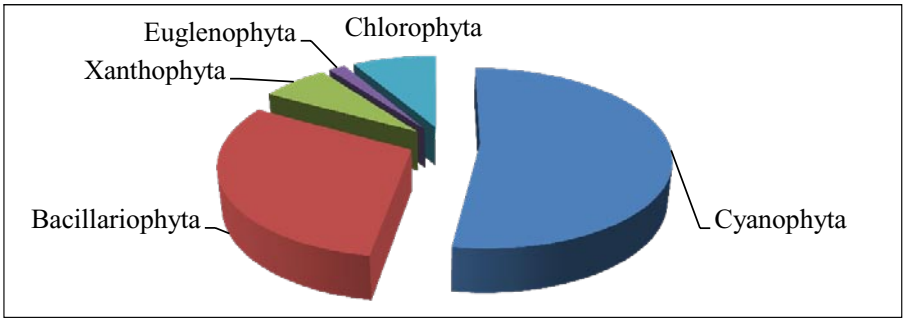


Figura1. **Structura taxonomică a algoflorei edafice din solurile algalizate de seră, or. Tiraspol**

Comunitatea algală a solurilor cercetate se caracterizează prin dezvoltarea intensă a 6 specii de cianofite (*Nodularia harveyana* (Thwait.) Thur., *Oscillatoria rupicola* Hansg., *Phormidium angustissimus* W. et. G.S.West., *Ph. foveolarum* (Mont.) Gom., *Ph. corium* (Ag.) Gom., *Lyngbya martensiana* Menegh., de asemenea intens vegetează 2 specii de diatomee: *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun., *Navicula cryptocephala* Kütz. şi o xantofită *Chloridella simplex* Pasch.. Aceste alge creează o imagine bogată a vegetaţiei algale în care, de regulă, în prima săptămână de studiu se dezvoltă intens diatomeele, oferind culoarea ruginie solului. Ceva mai târziu ele sunt substituite de algele cianofite – care acoperă solul cu o crustă verde închisă.

Tabelul 1.

Clasificarea taxonomică a speciilor din comunitatea algală a solurilor de seră

Taxoni	*Filumuri*					
	Cyanophyta	***Bacillariophyta***	***Chlorophyta***	***Xanthophyta***	***Euglenophyta***	**Nr. tot**
Ordine	3	7	2	1	1	14
Familii	4	7	3	1	1	16
Genuri	9	8	3	2	1	23
număr mediu de specii /o probă de sol	8,25± 2,19	6,75±1,68	0,92±0,91	0,92±0,84	0,83±0,28	16,9±3,60

* Numărul probelor utilizate în calculele statistice: n=12

Numărul mediu de specii într-o probă de sol este de 16,9±3,60 (Tabelul 1) unde din filumul *Cyanophyta* sunt 8,25±2,25 specii; *Bacillariophyta* (6,75±1,68*); Chlorophyta* (0,92±0,91); *Xanthophyta* (0,92±0,84) şi *Euglenophyta*-(0,83±0,28).

Specific pentru aceste soluri este predominarea algelor cianofite, care aparţin la 9 genuri, 4 familii şi 3 ordine, dintre care se evidenţiază reprezentanţii familiei *Oscillatoriaceae* cu 24 specii şi *Anabaenaceae* cu 5 specii.O diversitate mai înaltă o constatăm la genul *Oscillatoria* cu 10 specii, dintre care un coeficient de răspândire mai înalt au speciile: *Oscillatoria rupicola* şi *O. irrigua* respectiv 50% şi 25 %. Genul *Phormidium* este prezentat de 11 specii şi varietăţi intraspecifice de alge cu un coeficient de răspândire mai înalt la speciile: *Phormidium angustissimus* cu 92%, *Ph. foveolarum* – 83%, urmate de *Ph. corium* -50%, *Ph. jadinianum* Gom.-42%. În comunitatea algală mai întâlnim şi reprezentanţii genului *Oscillatoria* şi *Lyngbya*. Cel mai rar au fost depistate: *Ph. dimorphum* Lemm., *Ph. tenue* (Menegh.) Gom. şi *Ph. bohneri* Schmidle. Din genul *Lyngbya* în algofloră sunt prezente 3 specii: *L. martensiana* – cu coeficientul de răspândire 75%, *L. diguetti* Gom. – 33% şi *L. limnetica* Lemm., care se întâlneşte rar. De asemenea, în sol vegetează intens speciile de alge azot-fixatoare din familia *Anabaenaceae* dintre care cel mai înalt coeficient de răspândire are *Nodularia harveyana* – 58%, iar cel mai rar a fost identificată specia *Cylindrospermum licheniforme* (Bory) Kütz.. În perioada de cercetare euglenofitele, xantofitele şi clorofitele au demonstrat o diversitate scăzută. Din filumul ***Xanthophyta*** cele mai răspândite specii s-au dovedit a fi din ordinul *Heterococcales* şi anume reprezentanţii genului *Chloridella: Chloridella simplex* şi *Chloridella neglecta* Pasch. et Geitl. fiecare cu valoarea coeficientului de răspândire de 33%. Printre cele mai rar întâlnite specii sunt nominalizate: *Pleurochloris comutata* Pasch. şi *P. pyrenoidosa* Pasch.. Din reprezentanţii filumului ***Chlorophyta,*** întâlnite în aceste soluri predomină speciile genului *Chlamydomonas şi Scenedesmus*. Cele mai reprezentative dintre care sunt: *Chlamydomonas Reinhardti* Dang., *Scenedesmus obliquus* (Turp.) Kütz., *S. obtusus* Meyen., *S. quadricauda* (Turp.) Breb. De regulă, a fost stabilită prezenţa speciei *Euglena polymorpha,* din filumul ***Euglenophyta*** **–** practic în toate probele investigate. Dezvoltarea intensă a acestei specii indică prezenţa unei cantităţi mari de organică în sol.

În solurile investigate se dezvoltă intens şi diatomeelecare aparţin la 8 genuri, 7 familii, 7 ordine (Tabelul1). Majoritatea speciilor din acest filum aparţin ordinului *Bacillariales*. În probele investigate Filumul ***Bacillariophyta***este reprezentat, în mare parte, de speciile genului: *Navicula*-5 *şi Nitzschia*-6. Activ vegetează reprezentanţii genurilor: *Achnanthes, Cyclotella, Synedra, Gomphonema* şi *Hantzschia.* În probele analizate cel mai frecvent se întâlneşte: *Hantzschia amphioxys* cu coeficientul de răspândire de 100%, *Navicula cryptocephala* – 67%, *Nitzschia tryblionella* Hantzsch. şi *N. linearis* W. Sm.,– cu câte 50% fiecare, *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr.-33%, care la a treia săptămână

de investigaţii sunt total substituite din comunitatea algală de numeroase cianofite. Analiza comparativă a datelor obţinute cu cele din alte sere denotă dezvoltarea unor specii comune de alge dintre care menţionăm: *Cylindrospermum licheniforme* [11], *Nodularia harveyana*, *Hantzschia amphioxys*,şi *Euglena polymorpha* [13].

În solul algalizat cu inoculum uscat şi viu al speciei *Anabaenopsis* sp.a fost stabilită reducereadiversităţii algoflorei edafice până la 29 %. În decurs de 4 săptămâni de experiment diversitatea algoflorei din lotul experimental algalizat s-a redus de la 21 specii până la 15, iar algele cianofite se dezvoltă mai intens. A scăzut numărul clorofitelor la 50%, iar xantofitele sunt substituite totalmente. În loturile algalizate se atestă dezvoltarea intensă a speciei inoculate – *Anabaenopsis* sp.,care vegetează intens în comunitate cu numeroase specii din genul *Oscillatoria* şi cu *Nodularia harveyana*. Totodată au fost observate schimbări în diversitatea cianofitelor. În loturile algalizate cu biomasa vie de *Anabaenopsis* sp. se întâlnesc rar speciile: *Oscillatoria amphibia* Ag., *O. rupicola*, *Phormidium bohneri*, *Ph. orientale* G.S.West. pe când *Ph. foveolarum* se dezvoltă mai intens decât în lotul cu biomasa uscată a algei *Anabaenopsis* sp. Aspectul pozitiv al algalizării solului cu algele cianofite este redat prin sporirea fertilităţii solului datorită fixării azotului, ceea ce conduce la creşterea recoltei şi este benefic pentru agricultură.

Concluzii:

În structura taxonomică a algoflorei edafice a solurilor algalizate din seră cea mai înaltă pondere din diversitatea totală o au algele cianofite cu 52,5%, urmate de diatomee – 30,5%, clorofite – 8,5%, xantofite – 6,8% şi euglenofite – 1,7%.

În solul algalizat cu inoculum uscat şi viu al speciei *Anabaenopsis* sp.a fost stabilită reducereadiversităţii algoflorei edafice până la 29 % iar cianofitele se dezvoltă mai intens.

***Lista speciilor identificate în solurile de seră algalizate cu* Anabaenopsis sp.**

Cyanophyta: *Synechocystis salina* Wisl., *Gloeocapsa minor* (Kütz.) Hollerb., *Anabaena variabilis* Kütz., *Anabaena sp., Anabaenopsis* sp., *Cylindrospermum licheniforme* (Bory) Kütz., *Nodularia harveyana* (Thwait.) Thur., *Oscillatoria putrida* Schmidle., *O. minima* Gicklh., *O. coerulescens* Gicklh., *O. irrigua* (Kütz.) Gom., *O. rupicola* Hansg., *O. chalybea* (Mert.) Gom., *O. amphibia* Ag., *O. woronichinii* Anissim., *O. brevis* (Kütz.) Gom., *Oscillatoria* sp., *Phormidium angusstisimus* W. et. G.S.West., *Ph. fragile* (Menegh.) Gom., *Ph. foveolarum* (Mont.) Gom., *Ph. jadinianum* Gom., *Ph. tenue* (Menegh.) Gom., *Ph. bohneri* Schmidle., *Ph. orientale* G.S.West., *Ph. corium* (Ag.) Gom., *Ph. paulsenianum* B. Peters., *Ph. autumnale* (Ag.) Gom., *Phormidium* sp., *Lyngbya limnetica* Lemm., *L. diguetti* Gom., *L. martensiana* Menegh.

Bacillariophyta: *Cyclotella meneghiniana* Kütz., *Synedra ulna* (Nitzsch.)

Ehr., *Achnanthes lanceolata* (Brèb.) Grun., *Achnanthes* sp., *Navicula cryptocephala* Kütz., *N. pupula* Kütz., *N. rhyncocephala* Kütz., *N. cuspidata* Kütz.,*N. vulpina* Kütz., *Gomphonema* sp., *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun., *Nitzschia tryblionella* Hantzsch., *N.linearis* W. Sm., *N. sublinearis* Hust., *N. intermedia* Hantzsch., *N. palea* (Kütz) W. Sm., *Nitzschia* sp., *Surirella* sp. ***Xanthophyta:****Pleurochloris comutata* Pasch., *P. pyrenoidosa* Pasch., *Chloridella simplex* Pasch., *Chloridella neglecta* Pasch. et Geitl. ***Euglenophyta:****Euglena polymorpha* Dang. ***Chlorophyta:*** *Chlamydomonas Reinhardti* Dang., *Coenocystis subcilindrica* Korsckik., *Scenedesmus obliquus* (Turp.) Kütz., *S. obtusus* Meyen., *S. quadricauda* (Turp.) Breb.

Bibliografia

1. Şalaru V.V. Particularităţile dezvoltării şi distribuţiei algelor edafice în unele fitocenoze naturale şi cultivate din Moldova – Revista „Botanica", Nr. I, Chişinău, 2008, P. 165-173.
2. Şalaru V.V., Şalaru V. M., Chicu N. Algele edafice din rezervaţia „Feteşti" şi fitocenozele din vecinătatea ei – Analele ştiinţifice ale USM, Chişinău, 2002,P. 189-193.
3. Şalaru V.V., Trofim A., Melniciuc C., Donţu N. Taxonomic and ecologic structure of communities of edafic algae from the agrophytocenoses of the northern districts of Moldova– Journal of plant development, vol. 15, Iaşi, 2008, p. 3-6.
4. Trofim A., Donţu N., Gheorghiţa C., Şalaru V.V. Taxonomic and ecological structure of the edaphic algae flora from certain agrocenoses of the Republic of Moldova – Studia Universitatis, Seria „Ştiinţe reale şi ale naturii". 2013, p. 83-92.
5. Trofim A., Şalaru V.V., Şalaru V.M. Structura taxonomică şi ecologică a algoflorei edafice a RM – Creşterea impactului cercetării şi dezvoltarea capacităţii de inovare, Conferinţa ştiinţifică cu participare internaţională consacrată aniversării a 65-a a USM, 21-22 septembrie 2011 Chişinău, 2011, p. 346-349.
6. Tsarenko P., Wasser S., Nevo E. Algae of Ukraine: Diversity, Nomenclature, Taxonomy,Ecology and Geography. Ruggel: A.R.A. Gantner Verlag K.G., 2006, 716 p.
7. Виноградова О.Н., Дариенко Т.М., Водоросли азово-сивашского национального водорослей открытого и закрытого грунта ботанического сада-института уфимского научного центра ран. Вестник Башкирского университета. 2014. Т. 19. №1 с 85-88
8. Голлербах М.М., Штина Э А. Почвенные водоросли. – Л.: Наука, 1969, 223 с.
9. Дубовик И. Е., Шарипова М. Ю. Разнообразие и структура сообществ эпифитных водорослей открытого и закрытого грунта ботанического сада-института уфимского научного центра ран. Вестник Башкирского университета. 2014. Т. 19. №1 с 85-88
10. Зенова Г. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. – М.: Изд-во МГУ, 1990, 78 с.

11. Мистратова Н.А., Иванова Е.А., Колесникова В.Л. Влияние химических мелиорантов на почвенные водоросли в условиях закрытого грунта. Алгология. 2005. Т.15, нр. природного парка (Украина). Algologia. 2008. V. 18. N 2 183 с.-197
12. Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей УРСК., 1990, 208 с.
13. ШаларуВ. В. Трофим А. А., Семенюк Е. Н. Альгофлора некоторых почв закрытого грунта Республики Молдова. Флора, география и экология водорослей теоретические вопросы. Украина, Киев, Algologia, 24 (3) 2014, с.

THE IBASU-A COLLECTION OF ALGAL STRAINS AS BIORESOURCES FOR BIODIESEL PRODUCTION

Petro TSARENKO, Elena BORYSOVA
M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, Tereshchenkivska 2, Kyiv, 01601, Ukraine, ptsar@ukr.net

The growth characteristics and productivity of strains from the Microalgal Culture Collection (IBASU-A) were analyzed and some perspective high biomass producers were selected in the separated culture collection which considered as potential bioresource of feedstock for biodiesel production.
Keywords: microalgae, culture collection, biomass, lipids, biodiesel

Introduction

Increasing volumes of the fossil oil and gas utilization in 20th century has led to the problem of searching for alternative sources of energy and fuel which would be renewable and environmentally-friendly. Therefore, the active scientific researches on generation and usage of biofuel particularly biodiesel as the most needed and perspective energy source are carried out worldwide. Animal fats, agriculture oil crops and lipids from bacteria, yeasts, fungi and microalgae are used in the capacity of the vegetable raw material. The benefits of microalgae as producers are a high content of lipids, significant growth rate, possibility of controlled biosynthesis, great growth under different conditions – fresh, brackish, sea water, and even wastewater from plants and city sewages etc. (Chisti, 2007; Chernova et al., 2008; Feofilova et al., 2008; Sorochinsky et al., 2010; Gong, Jiang,2011). Also there intensive global researcher effots aimed at increasing the accumulation of lipids and carbohydrate production in different algal species by genetic engineering methods (Radokovits et al., 2010; Korkhovoy, Blume, 2013). Nevertheless, only around 30 species out of 45,000 microalgae known to date for the World flora are capable to accumulate higher quantity of lipids in dry mass (20-50%). These are the members of Bacillariophyta, Chlorophyta (flagellates and coccoid), Haptophyta, Eustigmatophyta, Euglenophyta, Rhodophyta and Streptophyta. An availability of lipid-producer strains in algal culture collections as well as a study on their capacity to active growth under cultural conditions is the significant element of investigation of these taxa (Perspectives …, 2009; Barbosa, Wiffels, 2013; Borowitzka, 2013). Some aspects of application of the microalgae from IBASU-A collection in biotechnology have been previouslydiscussed (Borisova, Tsarenko, 2004; Tsarenko et al., 2011, 2012).

The aim of this paper is to carry out screening of IBASU-A collection to find some species-producers of biomass and lipids for forming the single collection including the most perspective strains.

Material and methods

The screening has been conducted on the basis of the Microalgae Culture Collection of M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine (IBASU-A), which contains more then 500 strains of 86 halophilic and freshwater algal species (Borysova, Tsarenko, 2004). According to original and literature data themaincriteriaforselectionwereanabilityof algae toaccumulatelargequantityoflipids, highbiomassproductivity, stresstoleranceandresistance to differentbiologicalcontamination. To select the productive strains at first the express-method including an algal cultivation under uniform culture condition with temper visual determination was used (Algae…, 2005). Then study of growth characteristics of the selected strains were carried out under intensive condition during 10 days at temperature 26-32°C, constant light intensity of 100 $\mu molm^{-2}s^{-1}$ and constant aeration. Initial cell density in the flasks was $5 \cdot 10^6$ cells ml^{-1}. The daily increase of algal biomass was estimated by microscopic counting cell concentration or determining cell dry weight concentration gravimetrically (Methods…, 1975). Such kinetic characteristics of algal growth as specific growth rate (μ) and productivity (P) were determined on the basis of obtained measures (Trenkenshu, 2005).

Results and discussion

In the results of conducted screening a new collection of the perspective high biomass producers has been formed. It includes 33 strains of 18 species from genera *Acutodesmus*(E. Hegew.) P. Tsarenko (6), *Botryococcus* Kütz.(1), *Chlorella* Beij. (6), *Chloroidium* Nadson (2), *Desmodesmus* (Chodat) Anetal. (7), *Enallax* Pascher(1), *Euglena* Ehrenb. (2), *Monoraphidium* Komárk.-Legner. (2), *Parachlorella* Krienitzetal. (6) and *Haematococcus* C. Agardh emend. Flot. (2).

The comparative investigations of growth and kinetic characteristics of 33 strains, namely: *Botryococcus braunii* Kütz.IBASU-A 504, *Chlorella vulgaris* Beij.IBASU-A 189, 190, 192, *Chloroidium saccharophilum* (W. Krüger) Darienko et al. IBASU-A 186, 187, *Parachlorella kessleri* (Fott et Novák.) Krienitz et al. IBASU-A 198, 199, 201, 444, *Acutodesmus dimorphus* (Turpin) P. Tsarenko IBASU-A 251, 252, *A. obliquus*(Turpin) P. Tsarenko IBASU-A 292, 473, *Desmodesmus armatus*(Chodat) E. Hegew.IBASU-A 270, *D. communis var. rectangularis* (G.S. West) E. Hegew. IBASU-A 371, *D. magnus* (Meyen) P. Tsarenko IBASU-A 401, 402, *D. multivariabilis* var. *turskensis* P. Tsarenko et E. Hegew. IBASU-A 398, *D. subspicatus* (Chodat) E. Hegew.IBASU-A 310, 407, revealed that they demonstrated rather active growth, high specific growth rate (μ) and productivity (P). Also the most of selected strains were characterized by short term of lag phase and had a shot adaptive period (1-2 days) as well as the highest speed during active growth. In the cultures of the highest productive strains from genera *Chlorella*, *Chloroidium*, *Parachlorella* the maximal cell concentration (B) reached 38–250 10^6 cells ml^{-1}. At the same time the specific growth rate and productivity were equaled 0.55–1.4 $day^{-1}$and 9.5–72.5$\cdot 10^6$ cells ml^{-1}per day,respectively. In the *Acutodesmus*, *Enalax*

and *Desmodesmus* culturesthe maximal cellconcentration were a little lower and reached 26–84.5·10^6 cells ml^{-1}, with thespecific growth rate and productivityequaled 0.35–1.2 $day^{-1}$and 6.4–29·10^6 cells ml^{-1}per day, respectively. At the same time a growth of algal biomass in the *Chlorella*, *Chloroidium* and *Parachlorella* cultures variedintherange of 0.51 g·$L^{-1}$to 1.6 g·L^{-1}dry weight per day and in the *Acutodesmus*, *Enalax* and *Desmodesmus* cultures did in the range of 0.34 g·$L^{-1}$to 1.6 g·L^{-1}dry weight per day.

The most productive strains under study were *A. dimorphus* IBASU-A 251, *D.magnus* IBASU-A 401, *Parachlorella kessleri* IBASU-A 444 и *Ch. vulgaris* IBASU-A 189 withincreasingbiomassintherangeof 0.9g·L^{-1} to 1.6 g·L^{-1}dryweightperday. The least productive strains under study were *Monoraphidium griffîtii* (Berkeley) Komárk.-Legner.IBASU-A 364, *Monoraphidium sp*. IBASU-A166, *Euglena gracilis* KlebsIBASU-A 496 and *Euglena sp.* IBASU-A 498 withincreasingbiomassintherangeof 0.27g·L^{-1} to0.38 g·L^{-1}dryweightperday.

It should be noted that the majority of above-listed species and strains are widely used in fundamental and applied researches and different branches of national economy, food and pharmaceutical industry. Forexample, *A. dimorphus* IBASU-A252, *A. obliquus* IBASU-A292, *Ch. vulgaris* IBASU-A189-192, *P. kessleri* IBASU-A 197-201 are well-know as producers of proteins, vitamins and other bioactive compounds. The application of some strains of *A. dimorphus*, *Ch. vulgaris*, *Chloroidium saccharophilum*, *Euglena gracilis, Monorophidium* (=*Ankistrodesmus*) sp.are high effective for development of the closed cycle water use as well as the treatment and post-treatment of different type of waste waters (Lenova, Stupina, 1990; Tsoglin et al., 1999). Thereby, aprofibility of algae within sufficient commercial value would be raised for account of their multiple-purpose usage. By turn, that demands some more additional investigations intended for a study of the specificity of mixed culture cultivation, mixotrophy in green algae, interactions between algae and their accompanying organisms etc.

Conclusions

A new collection of the high biomass producers including 33 strains of 18 species has been formed as the basis of feedstock for biodiesel production. The strains of *Chlorella vulgaris*, *Parachlorella kessleri*, *Acutodesmus dimorphus* and *Desmodesmus magnus* with increasing biomass in the range of 0.58 g·L^{-1} to 1.6 g·L^{-1}dry weight per day are the most perspective. Also, their biomass can be used for other chemistry industry feedstock.

References

1. *Algal* culturing techniques / Ed. Andersen R.A. – Phycol. Soc. America, Elsevier Acad. Press, 2005. – 578 p.
2. *BarbosaM.J.*, Wiffels R.H. Biofuels from microalgae // Handbook of microalgae culture, 2nd ed. / Eds. Richmond A., Hu Q. – Weley-Blakwell, West Sussex, 2013. – P. 578–586.

3. *BorowitzkaM.A.* Techno-economic modeling biofuels from microalagae / Eds. Borowitzka M.A., Moheimani N.R. Algae for biofuel and energy. – Dortrecht-London: Springer, 2013. – P. 255 –264.
4. *BorysovaO.V.*, *Tsarenko P.M.* Microalgae Culture Collection of Ukraine (IBASU-A): traditions and modern directions // Nowa Hedw. – 2004. – **79**(1–2). – P. 127–134.
5. *Chisti Y.* Biodiesel from microalgae // Biotechnol. Adv. – 2007.–**25**. –P. 294–306.
6. *Chernova N.I., Kiseleva S.V., Korobkova T.P., Zaitsev S.I.* Microalgae as a raw material for obtaining biofuel // Alternative energy and ecology. –2008.– **9**(65).– P. 68–74.
7. *Gong Y.*, *Jiang M.*Biodiesel production with microalgae as feedstock: from strains to biodiesel // Biotechnol. Lett. –2011.– **33**. – P. 1269–1284.
8. *FeofilovaE.P., SergeevaYa.E., IvashechkinA.A.Bio.* Biodieselfuel: composition, production, producers, currentbiotechnologies // Appl. Biochem. Microbiol. – 2010. – **46**(4). – P. 405–415.
9. *Korkhovoy V.I., Blume Ya.B.* Biodieselfrom microalgae: ways for increasing the effectiveness of lipid accumulation by genetic engineering methods // Cytol. Gen. – 2013. – **47** (6). – P. 30–42.
10. *Lenova L.I., Stupina V.V.* Use of algae in final sewage purification. – Kyiv: Nauk. Dumka, 1990. – 187 p.
11. *Methods* of physiological and biochemical studied on algae in hydrobiological practice / Ed. Serenko L.A. – Kyiv: Nauk. Dumka, 1975. – 247 p.
12. *Perspectives* of the microalgae use in biotechnology / Ed. Zolotaryova O.K. – Kyiv: Alterpress, 2008. – 234 p.
13. *Spolaore P.*, *Joannis-Cassan C.*, *Duran E.*, *Isambert A.* Commercial applications of microalgae // J. Biosci. Bioeng. – 2006. – **101**(2). – P. 87-96.
14. *Sorochinsky B.*, *Blume Ya.*, *Sozinov O.* Liquid fuels: Current state and tendencies. – Kyiv: DIA ltd publ., 2010. – 116 p.
15. *Radakovitz R.*, *Jinkerson R.E.*, *Darzins A.*, *Rosewitz M.C.* Genetic engineering of algae for enhanced biofuel production // Eukaryot. Cell. – 2010. – **9**(4). – P. 486–501.
16. *Trenkenshu R.P.* Simplest models of microalgal growth. 1. Batch culture // Marine ecology. –2005.– **67**.– P. 89–97.
17. *Tsarenko P.M.*, *Borysova O.V.*,*Blume Ya.B.* Microalgae as bioenergetics objects: IBASU-A collection species – perspective producers of biomass as the source of raw stuff for biofuel // Visn. Nats. Acad. Nauk Ukr. – 2011. – N 5. – P. 49–54
18. *Tsarenko P.M.*, *Borysova O.V.*,*Blume Ya.B.* Microalgae of the IBASU-A collection: a resource of biomass for obtaining biodiesel // Dopov. Nats. Acad. Nauk Ukr. – 2012. – N 11. – P. 172–178.
19. *Tsoglin L.N.*, *Pults O., Shtorandt R., Akyev A.* Selection of microalgae productive forms for mass cultivation // Algologia.–1999.– **9**(3).– P. 73–81.

This work was conducted according to the projects of complex programs of scientific researches NAS of Ukraine "Biofuel" and "Bioenergy-conversion".

DIVERSITY AND FUNCTIONING OF PHYTOPLANKTON IN THE DUBASARI WATER ACCUMULATION RESERVOIR

Laurentia UNGUREANU, Ion TODERAS, Daria TUMANOVA, Grigore UNGUREANU
Institute of Zoology of Academy of Sciences of Moldova, Academiei 1 str., MD 2028 Chisinau, Republic of Moldova,
ungur02laura@yahoo.com

Summary. During the period 2009-2011 the Dubasari lake phytoplankton was represented by a total of 90 species and intra-specific taxons, where Bacillariophyta, Cyanophyta and Chlorophyta species are prevailing. Numbers of phytoplankton ranged from 6.16 to 13.76 mln.cel/l with the biomass from 4.27 to 18.41 g/m^3 in the spring and from 2.13 to 35.99 mln.cel/l with the biomass from 7.02 to 24.13 g/m^3 in the summer, and from 3.5 to 13.3 mln.cel/l with the biomass from 2.91 to 17.61 during autumn. Share in the phytoplankton numbers belongs to cianofite algae, and in the algal biomass to bacilariofite algae.

The maximum intensity of production processes was recorded in the summer, primary production values being located within 0.84 to 9.95 gO_2/m^{-2} 24 h. Seasonal and spatial fluctuations in lake primary production are accompanied by fluctuations in phytoplankton biomass, community structure of plankton algae succession, changes in nutrient elements concentrations and water transparency values oscillations.

There were established variations of the saprobe index values within 1.68 to 2.72. Most saprobe index values were within limits of the β-mezosaprobe zone and indicate attribution to the water the quality classes 3a -"satisfactory pure" – 3b "moderately polluted".

Keywords: phytoplankton, primary production, destruction, trophicity, water quality

Introduction

Aquatic ecosystem functioning is ensured by continuous interaction of their components. The investigations of the diversity, bioproductivity of aquatic ecosystems and factors that influence the development of hydrobionts have a major practical importance and are realized in the context of land research and monitoring programs, ensuring the sustainable use of aquatic biological resources. It is of great current interest and practical importance the study of phytoplankton communities in aquatic ecosystems in Moldova, different in their genesis and typology, through the influence of environmental factors on diversity and their structural-functional parameters in order to determine their functioning features and assess the water quality.

Phytoplankton responds quickly to changing environmental conditions and its productivity determines the trophic level of aquatic ecosystems and characterizes its sanitary state. The intensive development of planktonic algae also entails "flowering water" – a phenomenon during which algae become a source of pol-

lution, enriching the ecosystem with organic substances in excess. At the same time they can use some organic substances, salts of heavy metals, radionuclides, as active agents of self purifying of polluted water and good indicators of water quality in environmental monitoring.

Seasonal successions of phytoplankton are one of the basic indicators characterizing the stability of algal communities and their degree of adaptation to living conditions. The seasonal succession of phytoplankton is determined by a complex of factors, of which the leading role belongs to temperature, light, water masses dynamics and nutrient elements concentration.

The study of the photosynthesis intensity is necessary to estimate the biological productivity of aquatic ecosystems, to determine the regularities of biotic transformations of matter and energy and to develop recommendations for the rational exploitation of aquatic ecosystems. The primary production and destruction of organic matter are important characteristics of aquatic ecosystem condition in terms of water quality. The ratio A/R changes during pollution and self purifying and is used to feature the organic contamination level of aquatic ecosystems.

The results of investigation of the phytoplankton in Dubasari water accumulation reservoir starting from its foundation in 1954 until 2009 have been published in a series of papers [6-10]. The scientific research over the last 20 years demonstrated that after putting into operation the Novodnestrovsk hydrotechnical node significant changes occurred in the downstream Dniester – the middle sector and the Dubasari water accumulation reservoir – of which there are to be mentioned the low thermal regime (thermal pollution) as a result of using only the deep water for turbine operation; sudden diurnal water level fluctuations; the water transparency changing and intensive development of macrophytes; the catastrophic state of fisheries resources, and reducing the flood volume.

Material and methods

The phytoplankton samples were collected seasonally during the years 2009-2011 in the representative biotopes of the Dubasari water accumulation reservoir as a part of research conducted by the Hydrobiology and Ecotoxicology Laboratory of the Institute of Zoology of the Academy of Sciences of Moldova. There were investigated six collecting points (the higher sector – 2, the middle sector -2, and the lower sector-2) and microscopically analyzed 54 samples of phytoplankton. Collecting and processing the samples of phytoplankton were performed according to the unified methods of collecting and processing the field and experimental hydrobiological samples [4].

Algae species identification was performed using the microscopes ("Jenaval" and Lomo "Микмед 2") and determinators [1].

Number of phytoplankton was estimated by counting cells of algae in camera "Goreaev" (0.9 cm^3). The phytoplankton biomass was calculated by the method

of summation biomasses of algae species identified in samples. Their volume was calculated using the similarity with geometric figures or combinations of figures and the known geometric formulas, and the linear dimensions of algae cells.The relative density of freshwater algae is considered equal to 1.0 to 1.05 [1, 4].

The primary production and destruction of organic substances were estimated by the method of vessels presented in the oxygen modification [4]. To assess the primary production of phytoplankton and the destruction of organic matter there were performed 18 series of experiments at 3 stations located in the upper, middle and lower Dubasari water accumulation reservoir.

To estimate the Dubasari water accumulation reservoir trophic dynamics there were used seasonal and multiannual values of biomass and phytoplankton primary production [3]. To estimate the pollution degree and water quality under hydrobiological indices there were used methods based on indicator organisms systems [1, 2, 3, 4]. Based on the list of indicators [1], the Rotsain saprobiologic index was calculated for saprobic valence method Zelinka – Marvan, with the formula modified by I. Toderaş [5]. To estimate the trophic dynamics of Dubasari Lake according to classification criteria and continental aquatic ecosystems trophic categories there were used seasonal and multiannual values of biomass and primary phytoplankton production [3].

To establish the accuracy of data, there were used mathematical and statistical analysis methods along with applications BIOSTAT, Statistica 7 for Windows, and EXCEL 2007.

Results and discussions

In 2009-2011, Dubasari Lake phytoplankton was represented by a total of 90 species and intraspecific taxons assigned to the following taxonomic groups of algae *Cyanophyta* – 10, *Dinophyta -1, Chrysophyta -1, Bacillariophyta* – 43, *Euglenophyta* – 5 and *Chlorophyta* – 30. The base of floristic diversity consists of groups *Bacillariophyta, Chlorophyta* and *Cyanophyta,* which recorded the highest number of taxa of different ranks.

The most of identified bacilariofite Algae are attributed to *Pennatophyceae* class, represented mainly by the *Navicula, Synedra, Nitzschia* and *Cymbella genera.* The main role in the formation of taxonomic diversity in the philum of *Chlorophyta* belongs to *Scenedesmus, Monoraphidium, Pediastrum* and *Tetraedron,* and in the composition of *Cyanophyta* philum most representative was the *Oscillatoria.* The euglenofite algae less widespread in different sectors of the Lake were represented mainly by the species of *Trachelomonas* genre.

The algoflora of Dubasari Lake is a diversified complex of species of different provenances; the most of species (82%) and intraspecific taxa of algae is assigned to the cosmopolitans group.

The Lake phytoplankton was more diverse in the summer, the Shannon diversity index increasing from the upper sector (1.00) toward the lower (4.08). In the spring the phytoplankton in the Lake was dominated by the species *Synechocystis aquatilis* Sanv., *Coelastrum microporum* Nageli, *Fragillaria capucina* Desm. var. *capucina*, *Diatoma vulgare* var. *lineare* Grun., *Nitzschia sigmoidea* (Ehr.) W. Sm. var. *sigmoidea, Cyclotella Kuetzingiana* Thw., *Synedra ulna (*Nitzsch.) Ehr. *var.ulna, Cymbella lanceolata (*Ehr.) V.H. *var. lanceolata, Cymbella tumida (*Breb.) V.H. *var. tumida,* and in the summer period were more abundant the species *Cymbella ventricosa* Kutz. var. *ventricosa*, *Melosira granulata* (Ehr.) Ralfs var.*granulata*, *Navicula cryptocephala* Kutz. var.*cryptocephala* din algele bacilariofite, *Scenedesmus falcatus Chodat., Coelastrum microporum* Nageli, *Tetrastrum triangulare* Chod. din algele verzi şi *Oscillatoria lacustris* (Kleb.) Geitl., *Synechocystis aquatilis* Sanv., *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs *f. flos-aquae*, *Anabaena spiroides* Kleb. *f. Spiroides, Oscillatoria subtilissima* Kutz from cianofite algae.

From the summer dominating complex, it remained in autumn to dominate only 3 species: *Synechocystis aquatilis* Sanv., *Oscillatoria lacustris (*Kleb.) Geitl., *Navicula cryptocephala* Kutz. *var. cryptocephala.* Numbers of phytoplankton varied from 6.16 to 13.76 mln.cel/l in the spring, from 2.13 to 35.99 mln.cel/l in the summer and from 3.5 to 13.3 mln.cel/l during the autumn (Figure 1).

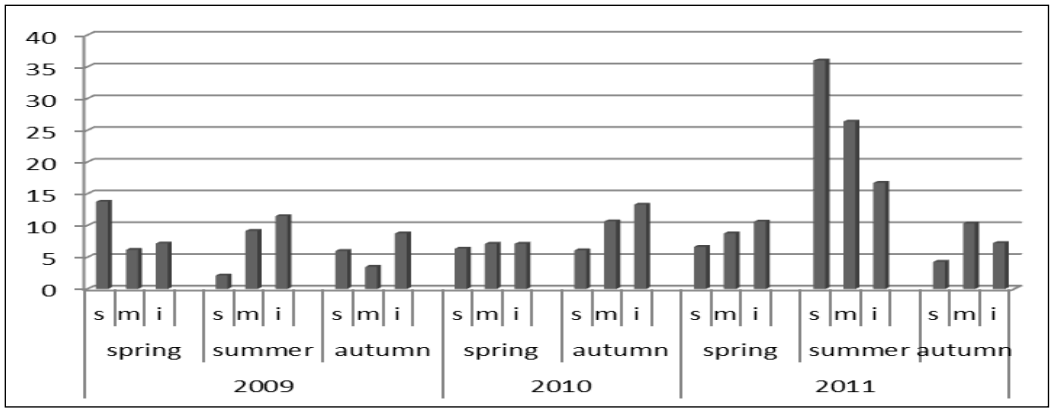


Figure 1. **Seasonal dynamics of the phytoplankton numeric values (mln cel./l) in the Dubasari water accumulation reservoir (s-sector superior, m-sector middle, i-sector inferior) in 2009-2011 years**

Higher numbers of phytoplankton were recorded in the summer 2011, these decreasing from the upper to the lower lake sector. During this period, it was registered an intense development of species *Synechocystis aquatilis* (30.67 mln.cel/l) in the superior sector, the middle sector was dominated by species *Aphanizomenon flos-aquae f flos-aquae* (9.33 mln.cel/l), *Anabaena Spiro of-*

ten Spiroides f (4.07 mln.cel/l) and *Oscillatoria subtilissima* (3.0 mln.cel/l), and the lower sector was dominated by bacilariofite algae *Cymbella ventricosa* (3.23 mln.cel/l), *Melosira granulate* (2.20 mln.cel/l) and *Navicula cryptocephala* (1.53 mln.cel/*l)*. In most of the investigated seasons there are trends of increasing the phytoplankton numbers in the upper sector toward the lower sector of the lake.

The Phytoplankton biomass values varied within the limits from 4.27 to 18.41 g/m^3 in the spring, from 7.02 to 24.13 g/m^3 in the summer and from 2.91 to 17.61 g/m^3 during the autumn (Figure 2).

Although the share in the phytoplankton numbers growth in Dubasari water accumulation reservoir belongs to cianofite algae, the leading role in biomass formation belongs to bacilariofite algae.

Thus in the summer period of 2011 when the number of phytoplankton in the upper lake was maximal due to intense development of cianofite algae in the composition of phytoplankton, its biomass was lower compared to other sectors, representing only 4.42 g/m^3.

In the middle and lower sectors where the large bacilariofite algae developed in the summer *Cymbella ventricosa Kutz. var. ventricosa, Amphora venata Kutz. var. venata, Rhoicosphenia curvata (Kutz.) Grun. var. curvata and Ceratium hirundinella* (O. F.M.) Bergh from dinofite algae, the number was lower, but the phytoplankton biomass was much higher compared to that of the upper sector. The phytoplankton biomass values change in large limits both in different seasons of the year and in different parts of the lake depending on the degree of development of certain species of algae in the phytoplankton composition.

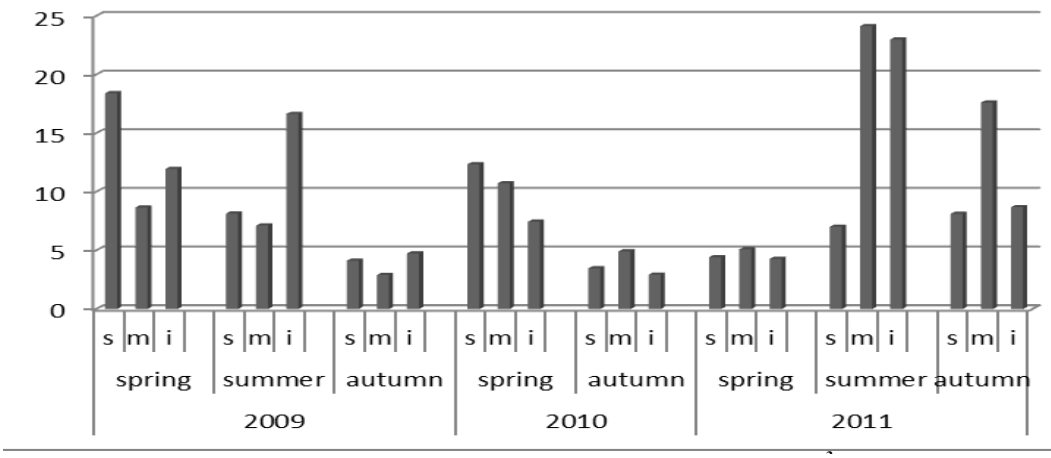


Figure 2. **Seasonal dynamics of the phytoplankton biomass values (g/m^3) in the Dubasari water accumulation reservoir (s-sector superior, m-sector middle, i-sector inferior) in 2009-2011 years**

According to the phytoplankton biomass values the Dubasari water accumulation reservoir can be attributed to periodic politrofe eutrophic ecosystems category.

There were established considerable differences between the values of primary production of phytoplankton and organic matter destructions during the growing season and in different parts of the lake. In the spring, when the suspension and humic substances content in the Dubasari water accumulation reservoir waters is increased, the lower boundary of the euphotic layer only reach 1.5 to 2.3 m. At the same time the maximum depth of euphotic layer was recorded in the lower sector of the lake and the minimum one in the upper sector, the difference between them being often about 1.5 m. During the vernal period the primary production values ranged from 0.67 to 7.26 g O_2/m^2 24 hours, with significant differences recorded between values certified in different parts of the lake (Table 1). Thus, in most cases the primary production values recorded in the lower sector of the lake overcame the primary production values in the upper sector. At the same time the destruction processes intensity was quite high, destructions values changing from 4.86 to 140.35 gO_2 /m^2·24 h in the vernal period. The ratio A/R less than 1 reflects a negative balance of oxygen content in the lake during the vernal period and shows a high content of allochthonous substances.

In the summer, although the content of mineral suspensions in the lake diminished, the water transparency was lower compared to the spring one due to more intense development of phytoplankton. Thus, during summer water transparency varied within 20-70 cm. The limits of variation of primary production values during summer (0.84 to 9.95 g O_2/m^2·24 h) were higher than during the vernal period. Along with increasing the intensity of production processes during the summer, there greatly increased also the values of organic substances destructions, and the average value of destruction overcame the production value (Table 1.).

In autumn, the lake water transparency was higher, with values ranging from 1.0 to 1.7 m, but due to lowering the incidence of light, the intensity of photosynthesis decreased with depth and the production values decreased considerably. In such cases the maximum intensity of photosynthesis was recorded in the superficial layers of the lake. During the autumn the primary production values, with fluctuations within 0.36 to 0.67 g O_2/m^2·24 h were significantly lower than in the summer and vernal periods. Like the situations documented in other seasons, the destructions values of organic substances located within 3.54 to 72.62 g O_2 m^2·24 h exceeded the primary production values, the ratio A/R being less than 1.

Table 1.

Dynamics of the phytoplankton primary production (A) and organic matter destruction (R) values in Dubasari water accumulation reservoir in 2009-2011 years

Parameters		Spring n =6	summer n =6	autumn n =6
∑A	Min	0,67	0,84	0,36
g O_2/m^2·24 h	Max	7,26	9,95	0,67
∑R	Min	4,86	5,28	3,54
g O_2/m^2·24 h	Max	140,35	41,62	72,62
A_{max}	Min	0,20	0,64	0,10
mg O_2/l·24 h	Max	6,12	2,71	0,23
R	Min	1,08	1,09	0,52
mg O_2/l·24 h	Max	20,64	6,12	10,58
A_{max}/∑A	Min	0,13	0,08	0,21
	Max	1,79	3,23	0,64
A/R	Min	0,02	0,13	0,01
	Max	1,49	0,24	0,19

Note. n – number of indices

The seasonal changes in phytoplankton productivity are determined by hydrometeorological conditions and composition of phytoplankton in the lake. The ratio A_{max}/ ΣA values were higher during the summer, which corresponds to a reduced euphotic zone due to reduced and lower transparency during the vernal and autumnal periods, having similar values. Seasonal and spatial fluctuations of the primary production in the lake are accompanied by fluctuations in phytoplankton biomass, succession in the planktonic algae community structure, changes in nutrient concentrations and water transparency values oscillations, caused by suspended matter content.

In the framework of investigations of the intensity of production-destruction processes in the Dubasari water accumulation reservoir there were established considerable differences between the values of primary production and destruction during the growing period and in different parts of the lake. At the same time, it should be noted an increasing of the primary production from spring toward summer, followed by its decreasing during autumn in connection with the decrease of temperature, solar radiation and end of the vegetation of many thermophilic species of phytoplankton composition and their replacement with species characteristic for lower temperatures. Thus, the clorococoficee algae, characterized by higher productivity, are substituted during autumn by large bacilariofite algae, less productive.

The values of destruction of organic substances far exceeded the primary production values in all seasons and in all sectors of the lake. The A/R ratio less

than 1 reflects a negative balance of organic matter formation in the lake and shows a high content of allochthonous substances.

The water quality in the Dubasari water accumulation reservoir has been evaluated on the base of phytoplankton quantitative parameters. There has been established variability of the saprobe index within the limits of 1,68-2,72 (Table 2).

Table 2.

Variability of the saprobe index values in the Dubasari water accumulation reservoir in 2009-2011 years

Sectors	Spring	summer	Autumn
Superior	2,01-2,72	1,89-2,19	2,30-2,43
Middle	1,68-1,95	1,80-1,88	2,00-2,67
Inferior	2,00-2,32	1,92-1,99	2,03-2,58

Majority of saprobe index values were within limits of the β-mezosaprobe zone and indicates attribution to the water quality classes 3a „satisfactory pure" – 3b „moderately polluted". Worse water quality has been determined in the spring period in the superior sector (I sp=2,72) and in the autumn period in the middle sector (I sp=2,67), when values of saprobe indexes indicates attribution to the water quality class 4a „polluted".

Conclusions

In 2009-2011 years, the Dubasari water accumulation reservoir phytoplankton was represented by a total of 90 species and intraspecific taxa distributed in the following taxonomic groups of algae *Cyanophyta* – 10, *Dinophyta -1, Chrysophyta -1, Bacillariophyta* – 43, *Euglenophyta* – 5 and *Chlorophyta* – 30.

The basis of the floristic diversity of the Dubasari water accumulation reservoir consists of groups *Bacillariophyta, Chlorophyta* and *Cyanophyta,* which recorded the highest number of taxa of different ranks.

The algoflora of Dubasari water accumulation reservoir is a varied complex of species of different origins. The most (82%) algae species and intraspecific taxa is assigned to the cosmopolitans group.

Although the weight in phytoplankton formation in the Dubasari water accumulation reservoir belongs to cianofite algae, the leading role in biomass formation belongs to bacilariofite algae.

The numbers of phytoplankton changed within the limits 6.16 to 13.76 mln. cel/l with biomass from 4.27 to 18.41 g/m^3 in the spring, from 2.13 to 35.99 mln. cel/l with biomass from 7.02 to 24.13 g/m^3 in the summer, and from 3.5 to 13.3 mln.cel/l with biomass from 2.91 to 17.61 during autumn.

The values of organic substances destruction far exceeded the primary production values in all seasons and in all sectors of the reservoir. The A/R ratio less

than 1 reflects a negative balance of organic matter formation in the lake and shows a high content of allochthonous substances.

Seasonal and spatial fluctuations in primary production in the lake are accompanied by fluctuations in phytoplankton biomass, planktonic algae community structure succession, changes in nutrient concentrations and water transparency values oscillations.

There has been established variability of the saprobe index within the limits of 1,68-2,72. Majority of saprobe index values were within limits of the β-mezosaprobe zone and indicates attribution to the water quality classes 3a „satisfactory pure" – 3b „moderately polluted". Worse water quality has been determined in the spring period in the superior sector (I sp=2,72) and in the autumn period in the middle sector (I sp=2,67), when values of saprobe indexes indicates attribution to the water quality class 4a „polluted".

References

1. Вассер С.П. и. др. Водоросли. Справочник. Киев: Наукова Думка, 1989. 608 с.
2. Оксиюк О. П. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши. // Гидробиол. журнал, 1993, том 29, № 4, с. 62–77.
3. Оксиюк О.П. и др. Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям. // Гидробиол. журнал, 1994, том.30, № 3, с. 26-31.
4. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Ленинград. Гидрометеоиздат., 1983. С. 78-112.
5. Тодераш И.К. Функциональное значение хирономид в экосистемах водоемов Молдавии. Кишинёв: Штиинца, 1984. 172 с.
6. Шаларь В.М. Фитопланктон водохранилищ Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1971. 204 с.
7. Ungureanu L. Diversitatea taxonomică a fitoplanctonului lacului de baraj Dubăsari şi succesiunile ei multianuale.// Problemele conservării biodiversităţii cursului medial şi inferior al fluviului Nistru. În: Tezele conf. internaţionale, Chişinău, 1998, p. 172-174.
8. Ungureanu L. Studiul diversităţii şi evaluarea parametrilor cantitativi ai fitoplanctonului ecosistemelor lacustre din Moldova. //Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţe biologice, chimice şi agricole. Chişinău, 2003, N 2(291), p.74 – 77.
9. Ungureanu L., Tumanova D. Calitatea apei ecosistemelor acvatice principale ale bazinului fluviului Nistru. // Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii. Chişinău 2010, N 3 (312), p. 101 – 110.
10. Ungureanu Laurenţia, Tumanova Daria, Ungureanu G. Statutul trofic şi starea saprobiologică a lacurilor de acumulare Dubăsari şi Cuciurgan conform parametrilor cantitativi ai fitoplanctonului. // Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii. Chişinău 2011, N 3 (315), p. 93-99.

The research was performed within the Institutional projects 06.411.012F and 11.817.08.15A, finananced by the Supreme Counsil for Science and Technological Development of the Academy of Science of Moldova.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ НИЖНЕГО УЧАСТКА р. ЮЖНЫЙ БУГ ПО ФИТОПЛАНКТОНУ

Елена БЕЛОУС[1], София БАРИНОВА[2]
[1]Институт гидробиологии Национальной Академии Наук Украины, просп. Героев Сталинграда, 12, Киев-210, 04210, Украина.
E-mail: bilous_olena@ukr.net
[2]Institute of Evolution, University of Haifa, Mount Carmel, Haifa, 31905 Israel.
E-mail: barinova@research.haifa.ac.il

Abstract. Using data from the quantitative and qualitative development of phytoplankton assessed the ecological status of the lower portion of the Southern Bug River. It is shown that the number of species at the stations of the site ranged from 68 to 14 species. The abundance varied from 106 to 54966 thousand cells l^{-1} and biomass from 0.0795 to 2.624 mg l^{-1}. Saprobity index varied from 1.65 to 2.33, indicating the Cla*ss III of water quality of this site, which reveals satisfactory purity of the studied part.*

Keywords*:* Phytoplankton, abundance, biomass, ecological state, Southern Bug River.

Введение

Южный Буг является третьей по величине рекой, протекающей в пределах Украины. Ее бассейн полностью расположен в центральной части Правобережной Украины, занимая при этом территорию семи областей: Хмельницкой, Винницкой, Черкасской. Киевской, Одесской и Николаевской. Длина реки вместе с лиманом составляет 806 км. По гидрологическому принципу, однако, весьма условно, реку делят на три участка: верхний, средний и нижний.

Верхний и средний участки Южного Буга мы детально проанализировали в наших предыдущих работах [1,2,7,8,9]. Однако нижний участок реки, являющийся довольно неоднородным, с выходом гранитных пород и резкими перепадами высот, с чередующимися порожистыми и относительно равнинными участками, оставался до последнего времени вне нашего внима-

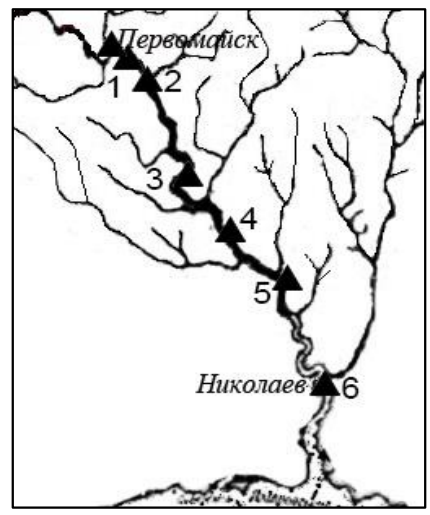


Рис.1. Карта-схема отбора проб воды на нижнем участке р. Южный Буг.

ния. Под этим отрезком мы понимаем часть русла реки от г. Первомайск (ниже города) до г. Николаев (включительно).

Целью данной работы является оценка экологического состояния нижнего участка реки Южный Буг по фитопланктону, а также определение динамики его численности и биомассы и выявление динамики качества воды и структуры сообществ.

Материалы и методы

Материалом для данной работы послужили пробы планктона, отобранные в 2014 году в летний период на 6 станциях нижнего участка р. Южный Буг (Рис.1). Они расположены на реке следующим образом: 1 – ниже г. Первомайск, 2 – с. Мигея, 3 – г. Южноукраинск, 4 – пгт. Александровка, 5 – г. Новая Одесса, 6 – г. Николаев.

Экологический анализ проведен с использованием качественных и количественных показателей развития фитопланктона.

При этом нами также был рассчитан индекс видового разнообразия Шеннона [5] и индекс сапробности по Пантле-Букк в модификации В. Сладечека [3,4]. На основе вычисленных индексов сапробности [10] была проведена классификация качества воды [3]. Помимо этого, рассчитаны средние объемы клеток планктона путем деления общей биомассы планктона в пробе на общее число клеток в ней.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных нами исследований, в планктоне нижнего участка реки Южный Буг выявлено 109 (114 в.в.т) видов водорослей. Максимальным видовым богатством характеризовались станции 1, 2 и 6 на верхнем и нижнем участках исследованной части реки, а наименьшим – ст. 3, 4 та 5 на середине исследованного участка (табл. 1). Количество видов менялось от максимального числа (60-70, ст. 1-2) на станциях сразу ниже г. Первомайск, до 14 на ст. 4, где резко снижалось после порожистого участка на ст. 3, но постепенно восстанавливалось вниз по течению до ст. 6.

Численность фитопланктона достигала максимума на ст. 6, а на выше лежащих станциях оставалась значительно меньшей, особенно после порожистого участка на ст. 4 (табл. 1). Биомасса фитопланктона оказалась также низкой на средних станциях исследованного участка реки, а на верхних и нижних станциях, напротив, высокой, что отражает максимальное использование трофической базы при достаточно сложной структуре сообществ планктонных водорослей сразу ниже г. Первомайск и в устье реки. При этом наибольшие значения количества клеток планктонных водорослей отмечены на ст. 1 (до 5575 тыс. кл/дм^3) и ст. 6 (54966 тыс. кл/дм^3), то есть, до и после порогов на исследованном участке реки. Биомасса имела наиболее высокие значения на ст. 2 (2,624 мг/дм^3) и ст. 6 (2,305 мг/дм^3).

Таблица 1.

Характеристики фитопланктона на станциях нижнего участка р. Южный Буг.

Станции отбора проб	Количество видов	Численность, тыс. кл/дм^3	Биомасса, мг/дм^3	Середняя масса клетки, мг/кл	Индекс сапробности, S	Индекс Шеннона, бит/экз.
1 ниже г. Первомайск	56	5575	2,2815	0,0004	2,04	3,23
2 с. Мигея	68 (70)	4774	2,624	0,0006	1,95	3,46
3 г. Южноукраинск	33	1327	0,513	0,0004	2,02	2,83
4 пгт. Александровка	14	106,5	0,0795	0,0008	1,65	2,30
5 г. Новая Одесса	22 (23)	1167	0,8025	0,0007	2,08	1,73
6 г. Николаев	41	54966	2,305	0,0001	2,33	0,94

Порожистость исследованного участка реки обусловила угнетение не только численности и биомассыпланктонных водорослей,но также и количества видов, то есть развитие сообществ в целом. Водоросли активно развиваются, когда есть достаточная трофическая база, растворенное органическое вещество, а на порожистых участках оно окисляется, поэтому количественные показатели планктона снижаются. Однако после порогов, когда органическое вещество снова выходит в растворенное состояние и становится доступным для питания, мы наблюдаем увеличение количественных показателей фитопланктона на участке русла реки с замедленным течением.

Структура сообществ – это важный показатель эффективности функционирования экосистемы реки, оно отражается в индексах видового разнообразия Шеннона. Он основан на численном развитии каждого из видов

в сообществе и является важным показателем состояния водных экосистем, отображает сложность структуры сообществ гидробионтов. Рассчитанные нами индексы видового разнообразия для сообществ исследуемого участка реки изменялись противоположно количеству видов фитопланктона, имея тенденцию к понижению вниз по течению реки (табл. 1). Несмотря на то, что число видов сначала уменьшается, а потом восстанавливается, перекаты наносят ущерб структуре сообществ. Как видно из табл. 1, индекс Шеннона неуклонно снижается вплоть до ст. 6, показывая, что структура сообществ фитопланктона становится проще, с доминированием небольшого числа видов. Это упрощение, деструкция сообществ, свидетельствует о том, что длины отрезка реки, на котором происходит этот процесс, для восстановления структуры сообществ планктона не достаточно.

В связи с этим, особенно интересным является анализ средней массы клеток (табл. 1) на нижнем участке реки Южный Буг, которая может свидетельствовать о сложности структуры, как и индекс Шеннона, а также о смене экологических условий и отображается в изменении видов и доминирующих комплексов. То есть, на порогах (центральные станции) отмечено увеличение крупноклеточных видов водорослей, однако их меньше, поэтому снижается и общая биомасса. В более спокойной воде на верхних и нижних станциях исследованного участка более активно развиваются мелкоклеточные виды, а на порогах – выживают сильнейшие – крупные клетки, которые могут развиваться именно в таких гидрологических условиях. На порогах, помимо этого, количество кислорода, при котором усложняется развитие синезеленых водорослей, заметно увеличивается, что сказывается на увеличении средней массы клеток на порожистом участке, однако после порогов ситуация резко меняется и средняя масса клеток снова уменьшается.

Показатель органического загрязнения – индекс сапробности, был достаточно высоким, изменяясь от 1,65 до 2,33, что свидетельствует о III классе качества воды. Мы можем отметить, что с падением на средних станциях числа видов коррелирует и падение индекса сапробности. Можно допустить, что это может быть связано с влиянием порогов, которые дают такой эффект. Известно, что на порожистых участках реки больше кислорода, соответственно и процессы окисления органического вещества происходят активнее, это может быть причиной падения индекса на этих станциях. Однако после порожистого участка реки, органическое вещество снова выходит из окисленного состояния и попадает в воду, при этом изменяется число видов водорослей, видовой состав, количественные показатели фитопланктона, а, соответственно, и индекс сапробности изменяется в этом случае в сторону увеличения.

Выводы

Фитопланктон нижнего участка р. Южный Буг оказался по нашим данным довольно динамичным, что отражает и подчеркивает неоднородность этой части реки. Об изменчивости свидетельствуют такие количественные показатели развития планктонных водорослей, как численность и биомасса, а также резкие колебания числа видов на исследованном участке. Несмотря на динамику колебаний показателей развития фитопланктона, воды нижнего участка Южного Буга можно оценить как удовлетворительной чистоты (III класс) [6].

Список цитированной литературы

1. Белоус Е.П., Клоченко П.Д. Таксономическая структура фитопланктона среднего участка реки Южный Буг (Украина) // Альгология. – 2013, №4. – С. 461-470.
2. Белоус Е.П. Особенности таксономической структуры фитопланктона верхнего и среднего участков реки Южный Буг// Альгология. – 2014, №3. – С. 394-398.
3. Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. – 498 с.
4. Константинов А.С. Общая гидробиология. М.: Высш. шк., 1986. – 472 с.
5. Одум Ю. Экология: В 2 т. – М.: Мир, 1986. – Т. 2. – 376 с.
6. Романенко В.Д., Жукинский В.М., Оксіюк О.П. та ін. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. К., 2001. – 48 с.
7. Belous Ye. P. Taxonomic Structure of Phytoplankton in the Upper Portion of the Southern Bug River (Ukraine)// International Journal on Algae. – 2014. –Issue 2 (Vol. 16). – P. 107-115.
8. BilousO., Barinova S., KlochenkoP. Phytoplankton communities in ecological assessment ofthe Southern Bug River upper reaches (Ukraine) // Ecohydrology and hydrobiology. – 2012, Vol. 12, No. 3, pp. 211-230.
9. Bilous, O., Barinova, S., Klochenko, P. The role of phytoplankton in the ecological assessment of the Southern Bug River middle reaches (Ukraine) // Fundam. Appl. Limnol. – 2014. – Vol. 184/4. – P. 277–295.
10. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // Ergebnisse der Limnologie. – 1973. N. 7. – 128 p.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ВОДОРОСЛЕЙ МОЛДОВЫ

Инна БИВОЛ [1], Анна БЫРСАН [2], Виктор ШАЛАРУ [2]
[1] Институт генетики, физиологии и защиты растений,
Академия наук, ул. Пэдурий 20,
Кишинэу, МД-2002, Молдова, Телефон: (37322) 556119,
e-mail: bivolinga@yahoo.com
[2] Молдавский государственный университет,
ул. Алексей Матеевич 60, Кишинэу, MD-
2009, Республика Молдова, Телефон: (37322) 577527, 577526,
e-mail:birsanana@mail.ru, e-mail:salaruvictor@yahoo.com

Abstract. Genetic variation between five different blue-green algae species from the collection of Moldova State University was evaluated by means of inter simple sequence repeats (ISSR) markers.

The molecular genotyping has given the possibility to reveal and describe the genetic heterogeneity, specificity and some homology of DNA-fragments. The average level of intra– and interspecific polymorphism was 45.45%. Also it was observed the presence of 6 unique amplicons found in the different species of algae which can be used as molecular markers in the genotyping and analysis of taxonomic relationships between different species of algae growing on the territory of Moldova.

The results of the present study can be seen as a starting point for future researches on the questions of characteristics different taxa of algae, their classification and passportization.

Ключевые слова: сине-зеленые водоросли, молекулярные маркеры, нуклеотидные последовательности, полиморфизм ДНК фрагментов, ISSR– анализ.

Введение

Водоросли – важный компонент водных и наземных экосистем. Они участвуют в образовании органического вещества, круговороте соединений биогенных элементов, изменяют свойства окружающей среды путём выделения продуктов жизнедеятельности, взаимодействуют с другими организмами стимулируя или подавляя их развитие, являются первичным звеном пищевых цепей, обеспечивают самоочищение водоемов и почв от загрязнений различного рода возникших в результате антропогенного фактора. Помимо важной биологической роли, водоросли являются индикаторами состояния водных и наземных экосистем и могут использоваться в процессе мониторинговых наблюдений. Учитывая огромную роль данной группы низших растений исследования связанные с выявлением генетического разнообразия водорослей с целью более точного определе-

ния их родства и систематической принадлежности весьма актуальны и своевременны.

Более широкую возможность по сравнению с классическими методами анализа предоставляют современные методы молекулярной биологии, которые являются более эффективными в решении ряда вопросов таксономического характера, генетического полиморфизма, отслеживания филогенетических отношений, составления хромосомных карт, молекулярной паспортизации, проверки генетической чистоты культуры исследуемых организмов и т.д. На сегодняшний день существует большое множество методов, предназначенных для изучения генома живых организмов, среди которых RAPD, SCAR, AFLP, SSAP, SSR, ISSR, RFLP, CAPS, STS, DArT и SNP являются наиболее часто используемыми. Каждый из этих методов имеет как определенные преимущества, так и недостатки [8, 10, 13]. Адекватный выбор типа молекулярного маркера при проведении исследования зависит в первую очередь от поставленных целей и решаемых задач, а также от разнообразия и количества необходимых маркеров, легкой их выявляемости, воспроизводимости, дешевизны, временных затрат, необходимости тестирования кодоминантных признаков, равномерного распределения по геному и наличия требуемого оборудования для анализа [13].

Для характеристики генетического разнообразия, как в пределах, так и между разными таксономическими классами широко используются ISSR–маркеры (*InterSimpleSequenceRepeats*) [1, 3, 6, 7]. Эти маркеры обладают рядом положительных свойств, делающих их очень удобными для исследований: они рассеяны по всему геному; локализованы в некодирующих регионах генома; для них характерна быстрая эволюция, обусловленная дрейфом и мутациями; свойственен менделевский доминантный тип наследования; консервативны у близких видов, что позволяет использовать одни и те же праймеры и сходные протоколы анализов для проведения исследований. Праймеры ISSR состоят из коротких тандемных повторов от 1 до 6 пар оснований длиной 15-24 нуклеотида и одного селективного нуклеотида на 3'– конце. В результате обнаружения высокого ISSR -полиморфизма в геномах растений и животных метод используется даже в выявлении генетического разнообразия в пределах близкородственных таксонов с низкой гетерогенностью [3-5, 12].

Благодаря существующим преимуществам, применение молекулярных маркеров стало неотъемлемой частью исследовательского процесса во многих областях науки.

Цель настоящей работы заключалась в оценке полиморфизма и выявлении микросателлитных маркеров, характеризующих генетическую изменчивость различных видов сине-зеленых водорослей с помощью ISSR– анализа.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили 6 штаммов 5 видов сине-зеленных водорослей (*Cylindrospermum licheniforme (Bory) Kutz., Nostoc gelatinosum Schousb., Cylindrospermum licheniforme f. Alatosporum Kondrat., Anabaenopsis sp., Anabaena propinqua Setchell. et. Gardn., Calothrix elenkinii Kossinsk.*) из коллекции лаборатории „Альгологии" Молдавского Государственного Университета (Таблица 1).

Таблица 1.

Представители сине-зеленых ворослей, использованные в работе

№ п/п	Таксономическая группа				Место
	Порядок	Семейство	Род	Вид	
1.	Nostocales	Anabaenaceae Elenk.	Cylindrospermum Kutz.	Cylindrospermum licheniforme (Bory) Kutz.	Молдова
2.	Nostocales	Nostocaceae	Nostoc	Nostoc gelatinosum Schousb.	Молдова
3.	Nostocales	Anabaenaceae Elenk.	Cylindrospermum Kutz.	Cylindrospermum licheniforme f. alatosporum Kondrat.	Молдова
4.	Nostocales	Anabaenaceae Elenk.	Anabaenopsis	Anabaenopsis sp.	Молдова
5.	Nostocales	Anabaenaceae	Anabaena	Anabaena propinqua Setchell. et. Gardn.	Молдова
6.	Nostocales	Rivulariaceae (Menegh.) Elenk.	Calothrix (Ag.) V.Poljansk	Calothrix elenkinii Kossinsk.	Молдова

Общую геномную ДНК выделяли из зеленой массы водорослей по общепринятой методике[11]с незначительными модификациями: пробы ДНК очищали от рибосомальной РНК и полисахаридов, которые препятствуют нормальному протеканию реакции амплификации с помощью 12 М раствора хлорида лития с доведением его конечной концентрации в растворе до 4 М.

Полимеразную цепную реакцию проводили на амплификаторе Genset 9700 "AppliedBiosystem" по принятой методике [9]. Для ISSR-анализа использовали праймер BC808 (5'-AGA GAG AGA GAG AGA GC 3'). Амплификатор программировали на 45 циклов, которые выполнялись по следующей программе:

1. предварительная денатурация при 94ºС 4 мин – 1 цикл;
2. денатурация при 94ºС 1 мин,
   отжиг при 55ºС 1 мин,
   элонгация при 72ºС 2 мин, – 45 циклов;
3. конечная элонгация при 72ºС 7 мин – 1 цикл.

Температура отжига (Tm) подбиралась для праймера согласно формуле и оптимизировалась эмпирически **[**2]**:**

$$Tm = 4x(G+C)+2x(A+T).$$

Выделенную геномную ДНК анализировали в 1% агарозном геле, на основе 1х ТАЕ буферного раствора (40 мМ Tris-acetat, pH 8.0; 1мМ EDTA), в течение 2-3 часов при напряженности электрического поля в 2.5 В/см [9]. Качество и количество ДНК определяли на трансилюминаторе при ультрафиолетовом облучении (длина волны λ=305 нм). Продукты реакции амплификации (10-15 мкл) разделяли электрофорезом в 1.6% агарозном геле. Результаты молекулярного анализа были сфотографированы через оранжевый фильтр на цифровой фотоаппарат Canon Power Shot A640.

Математическая обработка экспериментальных данных была проведена с помощью программы MicrosoftOfficeExcel 2007. Процент полиморфизма амплифицированных фрагментов ДНК вычисляли по следующей формуле [14]:

$$П = \frac{количество\ полиморфных\ локусов}{общее\ \ число\ локусов} \times 100\%.$$

Результаты и обсуждения

Изучение генетического разнообразия различных видов сине-зеленых водорослей проводилось с помощью ISSR– анализа. Как видно из Рисунка 1, основная зона разделения фрагментов с помощью праймера BC808 располагалась в диапазоне от 332 до 707 пн. Всего было получено 11 ISSR-локусов (Рисунок 1, Таблица 2). В результате ПЦР– амплификации установлена как генетическая неоднородность, так и некоторая гомология на молекулярном уровне, что свидетельствует о совершенно различном характере представленности микросателлитных повторов у представителей различных видов водорослей.

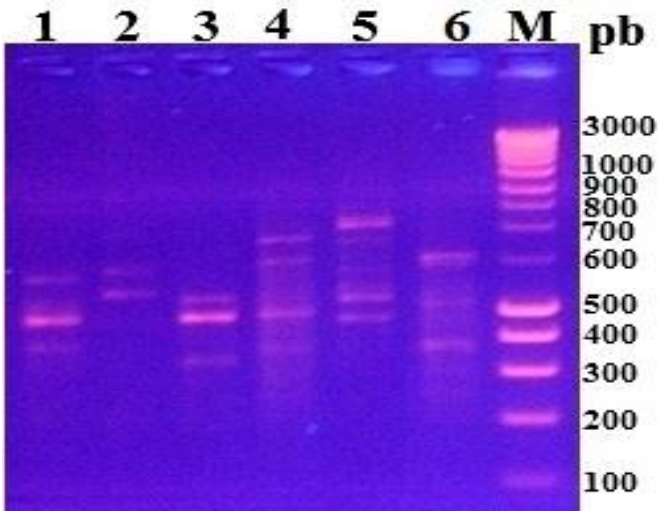


Рисунок. 1. **Электрофоретический анализ амплифицированных фрагментов ДНК различных видов водорослей в 1.6% агарозном геле. В качестве праймера использовали BC808: M – маркер marcher Gene Ruler 100bp Plus DNA Ladder; 1 –Cylindrospermum licheniforme (Bory) Kutz.; 2 –Nostoc gelatinosum Schousb.; 3 –Cylindrospermum licheniforme f. alatosporum Kondrat.; 4 –Anabaenopsis sp.; 5 –Anabaena propinqua Setchell. et. Gardn.; 6 – Calothrix elenkinii Kossinsk.**

ISSR-анализ не выявил общих фрагментов между исследуемыми образцами, что свидетельствует о генетической неоднородности экспериментального материала. Однако, были обнаружены 5 полиморфных локуса размером в 358, 464, 512, 520 и 600 пн, присутствующие в спектрах двух и более исследуемых генотипов (Рисунок 1, Таблица 2). Уровень полиморфизма между всеми исследованными представителями сине-зеленых водорослей составил в среднем 45.45% (Таблица 2).

Таблица 2.

Полиморфизм ДНК различных видов водорослей, выявленный ISSR **-анализом с праймером BC808.**

	Число локусов				**Процент полиморфизма**
	всего	**общих**	**полиморфных**	**специфичных**	
Рисунок 1	11	–	5	6	45.45

Кроме того, ISSR-анализ помог обнаружить имеющееся сходство ДНК между отдельными видами сине-зеленых водорослей по одному-двум амплифицированным фрагментам. Вид 1-*Cylindrospermum licheniforme (Bory)*

Kutz. в результате ПЦР-реакции образовал всего 3 амплифицированных фрагмента, 2 из которых (358 и 464 пн) встречались также у всех остальных 4 видов, кроме вида 2-*Nostoc gelatinosum Schousb*., что свидетельствует о высокой внутри– и межвидовой однородности данного образца с анализируемыми видами водорослей (Таблица 3). У вида 3-*Cylindrospermum licheniforme f. alatosporum Kondrat*. кромевнутривидовой гомологии (фрагмент в 464 пн) с видом 1-*Cylindrospermum licheniforme (Bory) Kutz),* также было отмечено межвидовое сходство с представителями видов 5-*Anabaena propinqua Setchell. et. Gardn.* по этому же фрагменту и с 6 – *Calothrix elenkinii Kossinsk*. по фрагменту в 512 пн (Таблица 3). Вид 4 – *Anabaenopsis sp.*обнаружил сходство с представителями видов1-*Cylindrospermum licheniforme (Bory) Kutz.* (358 пн) и 6-*Calothrix elenkinii Kossinsk.* (358 и 600 пн) (Таблица 3). Межвидовое сходство было отмечено у вида водоросли 5-*Anabaena propinqua Setchell. et. Gardn*. с видом 1-*Cylindrospermum licheniforme (Bory) Kutz.* (464 пн), а также с видом 2-*Nostoc gelatinosum Schousb*. (520 пн) и с видом 3-*Cylindrospermum licheniforme f. alatosporum* (464 пн) (Таблица 3). Выяснено, что у вида 6-*Calothrix elenkinii Kossinsk.* имеется межвидовая гомология по общему фрагменту в 358 пн и 512 пн, соответственно, с представителями видов 1-*Cylindrospermum licheniforme (Bory) Kutz*. и 3-*Cylindrospermum licheniforme f. Alatosporum Kondrat*., а также были выявлены 2 общих фрагмента размером в 358 и 600 пн с видом 4-*Anabaenopsissp.*(Таблица 3).Самый низкий уровень гомологии наблюдался у вида 2-*NostocgelatinosumSchousb.*, который имел общий фрагмент в 520 пн только с видом 5-*Anabaena propinqua Setchell. et. Gardn.* (Таблица 3).

Таблица 3.

Схема электрофоретического профиля амплифицированных фрагментов ДНК различных видов водорослей

Праймер ВС808						
1-Cylindrospermum licheniforme (Bory) Kutz.	**2-Nostoc gelatinosum Schousb.**	**3-Cylindrospermum licheniforme f. alatosporum Kondrat.**	**4-Anabaenopsis sp.**	**5-Anabaena propinqua Setchell. et. Gardn.**	**6-Calothrix elenkinii Kossinsk.**	**Пн**
						358
						464
						512
						520
						600

Наряду с этим, ISSR-анализ выявил фрагменты, которые могут рассматриваться как специфические маркеры. Было найдено всего 6 специфичных ампликона (Таблица 2). Диапазон расположения специфичных фрагментов охватывал зону от 332 до 707 пн (Рисунок 1). Следует отметить, что специфичные фрагменты были обнаружены во всех исследуемых видах, кроме вида CalothrixelenkiniiKossinsk. что свидетельствует о наличии высокой вариабельности в исходном экспериментальном материале. Обнаруженные 6 единичных ампликонов, могут рассматриваться как видо– и подвидоспецифические маркеры.

Выводы

Анализ информативностиISSR-маркеров, полученных на коллекции сине-зеленых водорослей, показал, что данный тип маркеров применим при исследовании как внутривидового, так и межвидового генетического полиморфизма.

В ходе молекулярно-генетического анализа изучено генетическое разнообразие некоторых видов водорослей, произрастающих на территории Молдовы. В результате сравнительного анализа по ДНК маркерам (ISSR) выявлена и описана генетическая гетерогенность, специфичность и некоторая гомология ДНК-фрагментов для исходных генотипов, что свидетельствует о совершенно различном характере представленности микросателлитных повторов у представителей различных видов водорослей.

Дальнейшее проведение молекулярного анализа, возможно, более четко прояснит ситуацию в вопросах характеристики разных таксонов, их классификации и паспортизации. Кроме того, найденные специфические фрагменты ДНК могут служить молекулярными маркерами в генотипировании и анализе таксономических взаимоотношений различных видов сине-зеленых водорослей, произрастающих на территории Молдовы.

Библиография

1. Blair M.W., Panaud O. & McCouch S.R. Inter-simple sequence repeat (ISSR) amplification for analysis of microsatellite motif frequency and fingerprinting in rice (Oryza sativa L.). Theor. Appl.Genet., 1999,98, p. 780–792.
2. Gavrilă L. Genomica. Bucureşti: Editura enciclopedică, 2003, p. 39.
3. Godwin I.D., Aitken E. and Smith L.W. Application of Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) markers to plant genetics. Electrophoresis, 1997, vol. 18, № 9, p.1524-1528.
4. Goulao L.L., MONTE-CORVO L. and OLIVEIRAC. M. Phenetic characterization of plum cultivars by high multiplex ratio markers: Amplified Fragment Length Polymorphisms and Inter-simple Sequence Repeats. J.Amer.Soc.Hort. Sci., 2001, 126, №1,p. 72-77.

5. Hale A.L., Miller J.C., Renganayaki K., Fritz A.K., Coombs J.J., Frank L.M., and Douches D.S. Suitability of AFLP and microsatellite marker analysis for discriminating intraclonal variants of the potato cultivar Russet Norkotah. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 2005, 130, p. 624–630.
6. Liu C.M., Xie J.H., and Ma W.H. Analysis of genetic relationships among mango germplasm using ISSR markers. Acta Hort., 2007, 763, p.185–190.
7. Pharmawati M., Y. Guijun and M.F. Patrick. Molecular variation and fingerprinting of Leucadendron cultivars (Proteaceae) by ISSR markers. Ann. Bot. (Lond.), 2005, 95, p.1163–1170.
8. Ribaut Jean-Marcel, Ragot Michel. Marker-assisted selection to improve drought adaptation in maize: the backcross approach, perspectives, limitations, and alternatives. Journal of Experimental Botany, 2007, Vol. 58, № 2, p. 351–360.
9. Sambrook J., Russel D. Molecular cloning: A laboratory manual. New York: Cold Spring Harbor Laboratory, 2001, 18.125 p.
10. Semagn K., Bjornstad A., Ndjiondjop M.N. An Overview of Molecular Marker Methods for Plants. AJB, 2006, Vol. 5, № 25, p. 2540-2568.
11. Vallejos C. E., Sakiyama N. S. and Chase C. D. A Molecular Marker-Based Linkage Map of *Phaseolus vulgaris* L. Genetics, 1992, vol. 131, p. 733-740.
12. Zietkiewicz E.A., ***Rafalski*** A., ***Labuda*** D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. Genomics, 1994, 20, p. 176-183.
13. Омашева М.Е., Аубакирова К.П., Рябушкина Н.А. Молекулярные маркеры. Причины и последствия ошибок генотипирования.Биотехнология. Теория и практика, 2013, №4, DOI: http://dx.doi.org/10.11134/btp.4.2013.3
14. Сиволап Ю. М., Солоденко А. Е., Бурлов В. В. RAPD-анализ молекулярно-генетического полиморфизма подсолнечника (Helianthus annuus). Генетика, 1998, том 34, № 2, с. 266–271.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНО-ВОДОРОСЛЕВЫХ ЦЕНОЗОВ ПРИ ОСВОЕНИИ ПЕРВИЧНЫХ СУБСТРАТОВ (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ СЕЛО КАРАМ)

Анастасия БЛАГОДАТНОВА, Алла КУЛЯТИНА
ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный педагогический университет», 630126, Новосибирск, Вилюйская, 28, ablagodatnova@yandex.ru

Research performed in the village of Karam Kazachinsko-Lenskokogo District of Irkutsk Region for 2011 – 2013 years. Within the study area allocated catena as the basic unit of spatial-temporal landscape. The taxons of soil algae and cyanoprokaryota within the investigated profile are 6 departments, 12 orders, 21 families, 33 genera. For taxonomic structure flory investigated the prevalence of species typical profile of Cyanoprokaryota, the dominance of such families as Microcystaceae, childbirth as Anabaena and Schizothrix, a large share in the composition of the spectrum of single-species families and genera.

Ключевые слова: почвенные водоросли и цианобактерии, первичный субстрат, таксоомическая структура альгофлоры.

Keywords: soil algae and cyanobacteria, the primary substrate, taxon structure of algal flora.

Введение

На сегодняшний день мир столкнулся с важнейшей проблемой – загрязнения окружающей среды. Постоянные воины во всем мире, переселение, недостаток питательных ресурсов, проблемы со здравоохранением, электричеством, вырубкой лесов, нерациональной распашкой земель и т.д негативно влияют на среду обитания. Общество столкнулось с тяжелым кризисом и можно сделать вывод – основания его составляют позиции отношений общества и природы. Земли становятся непригодными для существования живых организмов. На сегодняшний день стоит задача освоения субстратов других планет. Несомненно, первопоселенцами любых субстратов будут являться микроскопические грибы, бактерии и почвенные водоросли. Для моделирования и проектирования искусственных экосистем традиционно используются почвенные водоросли. В процессе почвообразования водоросли занимают лидирующее место. Благодаря таким функциям, как фиксации атмосферного азота, синтезу органической массы, биогенному накоплению минеральных веществ, повышается плодородие почвы.

Материалы и методы

Исследования проведены в селе Карам Казачинско-Ленскокого района Иркутской области на протяжении 2011 – 2013 гг. В пределах исследуемой территории выделена катена, как основная пространственно-временная единица ландшафта. Заложен геоботанический профиль протяженностью примерно 600 м, в пределах которого определены 2 точки исследования в трансэлювиальном и аккумулятивном участках. Выделены ассоциации типичной растительности: в трансэллювиальном участке – ветренницевая, в аккумулятивной – ветренницевая и лютиковая ассоциации.

В аккумулятивной зоне кроме *Anemone sylvestris* и *Ranunculus reptans*, которые являются доминантными видами, встречаются из травяно-кустарникового яруса, *Vicia cracca* (L.), *Heracleum dissectum* (Lebed.), *Sanguisorba officinalis* (L.). Древесный ярус образуют такие виды как *Populus alba* (L.). В трансэллюфиальной зоне произрастают *Anemones ylvestris*, которая является доминантным видом, и *Taraxacum officinale* (Wigg.s.l.)). Проективное покрытие от аккумулятивного участка к трансэлевому уменьшается. Прослеживается динамика абиотических факторов. Вверх по катене температура и pH почвы увеличивается, влажность почвы (табл. 1).

Таблица 1.

Характеристика исследованного профиля

Параметры	**Участок катены**	
	трансэллювиальный	**аккумулятивный**
Нанорельеф	трещины, выступы, ложбинки	не выражен
Тип почв	коричневые, слабоподзолистые	коричневые, слабоподзолистые
pH солев.	7,7	7,5
t^0, C	25,5 – 29,0	23,0 – 24,0
W, %	9	12
Ассоциация	Ветренницевая	Лютиковая Ветреннницевая
Доминантные виды	*Anemone sylvestris* (L.)	1. *Anemone sylvestris* (L.) 2. *Ranunculus reptans* (L.)
Проективное покрытие, %	5	1. 10 2. 15

В трансэллювиальной части катены наблюдается выступ материнской породы, поэтому нанорельеф ярко выражен в виде трещин, выступов, ложбинок. В аккумулятивном участке нанорельеф почти не выражен. Почвы по

всей территории слабоподзолистые, относительно не богатые. Показатели температуры резко возрастают с продвижением вверх по катене (24-29С^0). Можно предположить, что значительные колебания температуры связаны с не высоким процентом проективного покрытия. Влажность почв относительно постоянна на протяжении всего профиля и составляет порядка 9-10%. Кислотность также остается практически не изменой и характеризует почвы, как слабощелочные (7,4-7,7).

Отбор проб проводили в пределах выбранных ассоциаций высших растений, с учетом всех правил альгологических сборов. В целом было собрано 110 смешанных почвенных образцов, каждый из которых состоял из 10 индивидуальных проб, объемом 10 см^3 [1]. При сборе проб учитывался почвенный слой 0 – 5 см. Параллельно были отобраны пробы на влажность, реакцию среды. Влажность определяли расчетно-весовым методом.

Флористический анализ вели на видовом уровне. Таксономическая структура альгофлоры проанализирована с использование классических работ А. И. Толмачева [8].

Результаты и обсуждения

Всего в почвах исследованного профиля обнаружено 66 видов (69 видов и внутривидовых таксонов) водорослей и цианопрокариот, что сопоставимо с данными Г. Н. Перминовой [3] и Т. А. Сафоновой [5], которые на каменистых субстратах Прибайкалья обнаружили 71 вид водорослей.

Выявлены виды почвенных водорослей и цианопрокариот в пределах исследованного профиля относятся к 6 отделам, 12 порядкам, 21 семействам, 33 родам (табл. 2).

Таблица 2.

Распределение основных таксонов цианопрокариот и водорослей в почвах исследованного профиля

Таксон	Порядок	Семейство	Род	Вид	% видов от всей флоры
Bacillariophyta	1	3	5	8	12,1
Cyanoprokaryota	3	8	15	39	59,1
Chlorophyta	3	4	4	8	12,1
Euglenophyta	1	1	1	1	1,5
Xanthophyta	3	4	7	9	13,6
Rhodophyta	1	1	1	1	1,5

Из таблицы видно, ведущим отделом для данного профиля является *Cyanoprokaryota,* так как он более устойчив к щелочной среде. Именно в пределах этого отдела наблюдается наибольшее число таксономических

единиц всех рангов. Представители отдела *Xanthophyta*находятся на втором месте, диагностируя антропогенно не нарушенные почвы. По данным работы И. В. Стебаева и Ж. Ф. Пивоваровой «Возникновение и развитие биогеоценозов на скалах» [6] наиболее устойчивыми к криоаридным условиям являются виды отделов *Cyanoprokaryota* и *Xanthophyta*. Следующие места делят между собой представители отделов *Chlorophyta* и *Bacillariophyta*. При этом число порядков в *Chlorophyta* в три раза больше по сравнению с отделом диатомовых водорослей. В работе Е. А. Судаковой [7] указан тот факт, что в сосновых лесах Иркутской области по северным склонам увеличивается роль представителей семейства *Ulotrichaceae*. Наименьшее число видов зафиксировано в отделах *Euglenophyta* и *Rhodophyta.*

Семейственный спектр водорослей и цианопрокариот исследованного почвенного профиля представлен 21 семейством, из которых 6 ведущих составляют примерно 56% от общего числа видов (табл. 3) и характеризует альго– и бактериофлору как бореальную [8].

Таблица 3.

Семейственный спектр цианобактериофлоры исследованного профиля

Семейство	Число видов	% от общего числа видов	Место	Число родов
Microcystaceae	14	21,2	1	6
Nostocaceae	5	7,6	2-3	1
Schizothrichaceae	5	7,6	2-3	1
Phormidiaceae	5	7,6	2-3	3
Pseudoanabenaceae	4	6,1	4-5	1
Eunotiaceae	4	6,1	4-5	1
Nitzschiaceae	3	4,5	6-7	3
Pleurochloridaceae	3	4,5	6-7	3
Microchaetaceae	3	4,5	6-7	1
Heterocloniaceae	3	4,5	6-7	2
Всего	49	74,2		22

На долю семейств отдела *Cyanoprokaryota* приходится около 59 % всего видового разнообразия. Лидирующие позиции занимает семейство *Microcystaceae.* По мнению Е. Н. Петровой, М. Д. Сивкова [4] представители семейства *Microcystaceae* принимают участие в начальных этапах освоения горно-тундровых почв. В головном спектре семейств так же лидируют семейства *Phormidiaceae* и *Pseudoanabenaceae*, которые обычно лидируют в арктических регионах [2]. Можно предположить, что исследованный профиль находится на начальных этапах освоения субстрата.

В родовом спектре 10 ведущих родов объединяют 37 видов, что составляет около 56 % всего видового списка (табл. 4) и диагностирует альго– и бактериофлору как бореальную).

С наибольшим числом видов во флоре превалирует род *Anabaena* и *Schizothrix*.Род *Chlamydomonas* является типичным представителем лесной экосистемы. В лидирующем спектре родов высокое место занимает широко распространенный род *Eunotia.* Часть родов находится в связанных рангах. При построении ранжированных рядов в этом случае первенство отдается родам, виды которых проявляют большую (по отношению к сравниваемому таксону) ценотическую нагрузку.

Таблица 4.

Родовой спектр ведущих родов цианобактериофлоры исследованного профиля

Род	Число видов	% от общего числа видов	Место
Anabaena	5	7,6	1-2
Schizothrix	5	7,6	1-2
Leptolyngbya	4	6,1	3-4
Eunotia	4	6,1	3-4
Microcystis	4	6,1	3-4
Synechocystis	3	4,5	5-6
Tolypothrix	3	4,5	5-6
Chlamydomonas	3	4,5	5-6
Gloeocapsa	3	4,5	5-6
Chlorella	3	4,5	5-6
Всего	37	56,0	

Одновидовые рода составляют около 26% спектра всего видового состава. Высокий процент одновидовых родов также свидетельствует о начальных стадиях сукцессии, а, следовательно, об аллохтонном процессе развития. Большое число одновидовых родов также является отличительной чертой экосистем, находящихся в экстремальных условиях. На долю *Cyanoprokaryota* приходится больше половины всех одновидовых родов.

Выводы

Таким образом, для таксономической структуры цианобактериофлоры исследованного профиля характерно превалирование видов отдела *Cyanoprokaryota*, доминирование таких семейств, как *Microcystaceae*, родов как *Anabaena* и *Schizothrix*, большое долевое участие в сложении спектра одновидовых семейств и родов.

Библиография

1. Голлербах М.М, Штина Э.А. Почвенные водоросли. Л., 1969. 142 с.
2. Патова Е. А. Cyanophyta в водоёмах и почвах восточноевропейских тундр. Сыктывкар, 2004. Т. 89. 1419 с.
3. Перминова Г.Н. Водоросли как компонент фитоценозов естественных и сеяных лугов // Развитие и значение водорослей в почвах нечерноземной зоны. Пермь, 1977. С. 23-27.
4. Петрова Е. Н., Сивков М.Д. Цианобактерии криогенных пятен горно-тундровых почв. // Автотрофные микроорганизмы. М., 2010. С. 80.
5. Сафонова Т.А. (Синезеленые водоросли (Cyanoprocaryota) на каменистых субстратах Прибайкалья // Turczaninovia, 2002. 1 (5). С.68-75.
6. Стебаев И.В., Пивоварова Ж.Ф. Возникновение и развитие биогеоценозов на скалах. // Журнал общей биологии. 1992. Т.53. №5. С. 715-728.
7. Судакова Е.А. Почвенные водоросли основных фитоценозов пахотных угодий южной части Предбайкалья: Автореф. дис. …канд. биол. наук. Л., 1977. 25 с.
8. Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л.,1974. 244 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ КАРОТИНОИДОВ ШТАММАМИ IBSS-1 И IBSS-2*DUNALIELLASALINA* TEOD. В ИНТЕНСИВНОЙ КУЛЬТУРЕ

А. Б. БОРОВКОВ, И. Н. ГУДВИЛОВИЧ
Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского,
пл. Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, РФ,
e-mail: spirit2000@ua.fm; gudirina2008@yandex.ru

The specialty of the carotenoids accumulation of the two strains of Dunaliella salina on the 2nd stage of mass cultivation were studied. During experiments the illumination of cultivators' working surfaces was varied – 200 and 80 Watt·м$^{-2}$, as well as the temperature – 35 ° and 28 ° C, and the concentration of sea salt – 240 and 120 g ·dm^{-3}. It was experimentally shown that the investigated strains respond differently to the influence of stress factors, what is proved by different contents of β-carotene in the cells of microalgae. The need to take the genetic characteristics of strains into account within the selection for their industrial production was underlined.

Ключевые слова: β-каротин, D. salina, стрессовые факторы, штаммы

Введение

Общеизвестно, что *D. salina* в определенных условиях способна к гиперсинтезу β-каротина. Его содержание может достигать более 10 % от сухой массы водорослей, что является наиболее высоким показателем по сравнению с другими продуцентами β-каротина. Это позволяет считать микроводоросль *D. salina* наиболее перспективным источником β-каротина для биотехнологической промышленности [6, 10, 11, 12].

В современной научной литературе широко представлены результаты исследования накопления β-каротина в клетках *D. salina* в различных условиях её культивирования. По литературным данным основными стрессовыми факторами для индукции гиперсинтеза β-каротина признаны: дефицит элементов минерального питания, повышенный уровень освещённости и солёности. Кроме того, необходимо учитывать генетические особенности различных штаммов данного вида [2, 5, 6, 10, 11, 13].

Представленные сведения очень разнородны, не систематичны и, иногда, противоречивы, кроме того, практически отсутствуют данные для интенсивных культур *D. salina*. Таким образом, исследование влияния различных физико-химических факторов среды на накопление β-каротина различными штаммами *D. salina* остается актуальным и в наши дни.

Материалы и методы

Объект исследования – зеленая эвригалобная микроводоросль *Dunaliella salina* Teod. (штаммы IBSS-1 и IBSS-2) из коллекции культур ИнБЮМ.

Установка для культивирования микроводорослей состояла из шести стеклянных фотобиореакторов плоскопараллельного типа объемом 6 л с рабочей толщиной 5 см, осветителя – лампы ДРЛ-700, термостабилизирующей и газораспределительной систем. Объем суспензии в каждом культиваторе поддерживали на уровне 5 л.

Эксперимент проводили в два этапа: первоначально культуру *D. salina* выращивали в накопительном режиме на модифицированной питательной среде по Тренкеншу [9], при приготовлении которой использовали морскую соль до концентрации в растворе 120 г·дм$^{-3}$ [1]. Первый этап культивирования длился до стационарной фазы роста и исчерпания в среде элементов минерального питания. На этом этапе освещенность рабочей поверхности культиваторов составляла – 80 Вт/м^2, температура – 26–28 °С, pH культуральной среды – 6–7 единиц. В процессе выращивания культура непрерывно снабжалась газо-воздушной смесью с концентрацией углекислоты 3 % по объему.

Далее, выросшую биомассу распределяли по экспериментальным культиваторам, таким образом, чтобы плотность культуры была одинаковой (эксперимент 1, табл. 1) или так, чтобы в одном из них плотность культуры была в 10 раз ниже (эксперимент 2,табл. 2).

Таблица 1.

Условия проведения эксперимента 1 (штамм IBSS-2)

Параметры	Варианты эксперимента					
	1	2	3	4	5	6 (контроль)
Начальная плотность культуры, г·дм$^{-3}$	2,1±0,2	2,1±0,2	2,1±0,2	2,1±0,2	2,1±0,2	2,1±0,2
Концентрация морской соли, г·дм$^{-3}$	240	120	120	120	240	120
Поверхностная освещённость, Вт·м$^{-2}$	200	80	80	200	80	80
Температура, °С	35	28	35	28	35	28
Дополнительные элементы мин. Питания	N, P, МЭ	N, P, МЭ	–	–	–	–

Таблица 2.

Условия проведения эксперимента 2 (штамм IBSS-1)

Параметры	Варианты эксперимента					
	1	2	3	4	5	6 (контроль)
Начальная плотность культуры, г·дм$^{-3}$	4,8±0,2	4,8±0,2		4,8±0,2	4,8±0,2	4,8±0,2
Концентрация морской соли, г·дм$^{-3}$	240	240	120	120	120	120
Поверхностная освещённость, Вт·м$^{-2}$	200	80	80	200	80	80
Температура, °С	35	28	28	28	35	28
Дополнительные элементы мин. Питания	N, P, МЭ	–	N, P, МЭ	–	–	–

Разбавление культуры в 10 раз (эксперимент 2, вариант 3) проводили для повышения средней пространственной облученности клеток примерно в 10 раз, так как повышение поверхностной освещённости свыше 200 Вт/м^2 было сопряжено с техническими трудностями.

На этой стадии экспериментов варьировали освещенность рабочей поверхности культиваторов – 200 и 80 Вт/м^2, температуру – 35 и 28 °С, концентрацию морской соли – 240 и 120 г·дм$^{-3}$. Кроме того, в некоторые культиваторы дополнительно вносили элементы минерального питания (см. табл. 1, 2), что по литературным данным способствует адаптации культуры к стрессовым условиям среды и снижает процент отмерших клеток [8]. При проведении экспериментов в соответствующие варианты вносили 0,059 г N/л, 0,012 г P/л и микроэлементы в количестве, соответствующем прописи среды по Тренкеншу [9].

Плотность культуры, а также содержание сухого вещества (СВ) определяли объемно-весовым [9], а также фотометрическим методами [1, 7]. Определяемые показатели химического состава выражали в пересчете на органическое вещество (ОВ). Массовую долю зольного остатка в сырой биомассе микроводорослей определяли путем предварительного высушивания навесок при 105 °С в течение 24 ч и последующего сжигания в муфельной печи при t = 500 °С до постоянного веса [7]. Содержание суммарных ка-

ротиноидов определяли спектрофотометрическим методом [7]. Пигменты экстрагировали из клеток микроводоросли ацетоном. Спектры экстрактов пигментов промеряли на регистрирующем спектрофотометре СФ-2000 в диапазоне длин волн 400–800 нм с шагом 0,1 нм. Расчет концентраций пигментов проводили по формулам, предложенным Wellburn [15] по значениям оптической плотности на длинах волн, соответствующих максимумам поглощения пигментов.

Результаты и обсуждения

За время эксперимента со штаммом IBSS-2 относительное содержание каротиноидов в клетках дуналиеллы постепенно увеличивалось, их содержание для большинства культиваторов к 21–27 суткам повысилось в 2–3 раза по сравнению с начальным значением (рис. 1 А). Самым неэффективным по сравнению с другими оказалось влияние температурного фактора (вариант 3), содержание каротиноидов при воздействии субоптимальной температуры увеличилось на 50–70 %. Относительное содержание каротиноидов под действием факторов повышенной освещённости и комбинации солёности и субоптимальной температуры было аналогичным и на 42-е сутки соответствовало содержанию их в контроле. Для этих же вариантов эксперимента содержание хлорофилла *a* в клетках *D. salina* в этот период (1–2 % ОВ) и цвет культуры соответствовали «зелёной форме» микроводоросли.

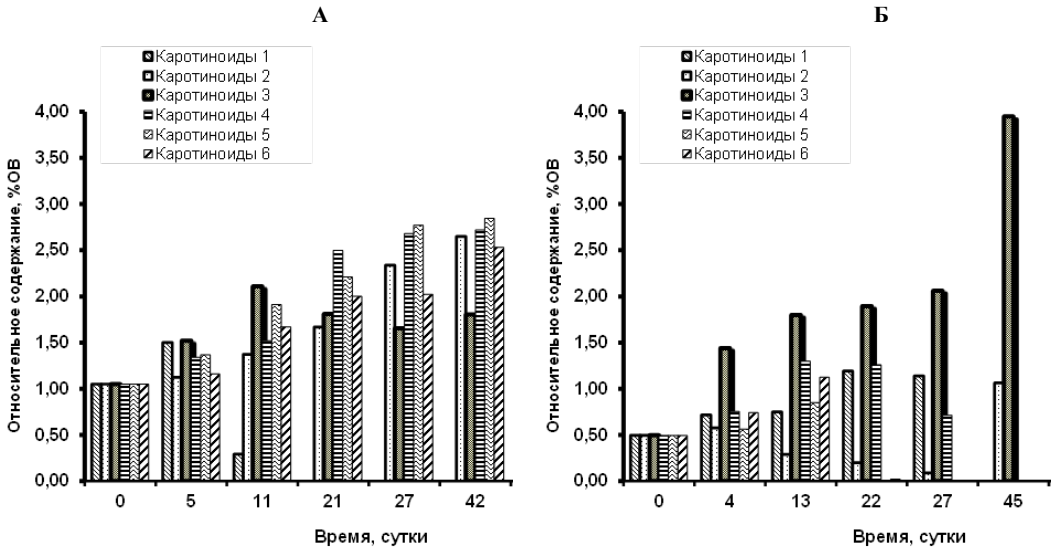


Рис. 1. **Динамика относительного содержания каротиноидов. А – штамм IBSS-2. Б – штамм IBSS-1.**

Показано, что действие стрессовых факторов вызывает накопление β-каротина у штамма IBSS-1, но в различной степени. Самым неэффективным оказалось повышение солености (вариант 2). Данный фактор вызвал повышение содержания β-каротина на 30% от начального на 4-е сутки. В варианте одновременного действия всего комплекса исследуемых факторов (№ 1) и варианте повышения освещенности в 2,5 раза (№ 4) наблюдался рост содержания в клетках β-каротина на 50% от начального на 22-е сутки. Действие субоптимальной температуры не вызывало существенного накопления β-каротина (вариант 5), но приводило к быстрому отмиранию культуры.

Таким образом, показано что повышение температуры до субоптимального уровня требуется применять для активации каротиногенеза с осторожностью, так как вероятно снижение, как относительного содержания пигментов, так и плотности культуры (вплоть до гибели последней).

Опыт со штаммом IBSS-1 продлился 1,5 месяца. И к концу эксперимента живая культура сохранилась только в 2-х вариантах: с повышенной соленостью и разбавлением культуры в 10 раз. В варианте с повышенной концентрацией соли относительное содержание каротиноидов сначала снизилось в 5,5 раза (от 0,5 до 0,09 %ОВ), а затем выросло в 11 раз (от 0,09 до 1,06 %ОВ). Это свидетельствует, по-видимому, об адаптации культуры в этом варианте к заданным экстремальным условиям среды, но по сравнению с начальным значением содержание пигментов увеличилось только в 2,1 раза. Наиболее действенным оказался фактор разбавления. Это фактор, приводящий к повышению облученности культуры. Кроме того, в культиватор с разбавленной культурой дополнительно вносили элементы минерального питания для повышения адаптационных возможностей культуры и снижения количества отмерших клеток [8]. Таким образом, наиболее значительное увеличение относительного содержания каротиноидов наблюдалось для варианта 3, главным отличием которого от остальных вариантов была повышенная в 10 раз облучённость клеток. Именно этот фактор вызвал резкое увеличение содержания каротиноидов в 8 раз по сравнению с первоначальным, и их содержание достигло на 45-е сутки максимальных значений в данном эксперименте – около 4% ОВ.

Следует отметить, что штамм IBSS-2 более устойчив к воздействию стрессовых факторов: пять из шести вариантов опыта были жизнеспособными около 1,5 месяцев. Данный штамм в интенсивной культуре содержит в 2 раза больше каротиноидов (1 %ОВ), чем IBSS-1 (0,5 %ОВ) [2, 3]. Любой из действующих факторов (кроме температурного) вызывает накопление каротиноидов в клетках микроводоросли. Причем воздействие по отдельности повышенной освещенности, солености и микроколичеств

биогенных элементов (азот, фосфор и микроэлементы) вызывают рост относительного содержания пигментов в 2,5-2,7 раза, что незначительно выше (на 4-11%) накопления каротиноидов в контрольном варианте. Всё вышеперечисленное свидетельствует о большей устойчивости штамма IBSS-2 к стрессовым воздействиям среды и большей «предрасположенности» (вероятно генетической) к накоплению каротиноидов. Как известно, каротиноиды являются протекторными пигментами и участвуют в функциональном ответе на любое стрессовое воздействие [3, 4]. Способность культуры к гиперсинтезу каротиноидов, которая обуславливает её устойчивость к стрессу, позволит с меньшими потерями и более надежно получать конечный продукт в условиях промышленного производства. Таким образом, необходимо учитывать генетические особенности используемых штаммов микроводорослей при организации промышленного биотехнологического производства.

Выводы

Экспериментально показано, что в условиях интенсивной культуры *D. salina* штамм IBSS-1 накапливает до 1,5 %ОВ, а IBSS-2 – до 2,8 %ОВ. Штамм IBSS-2 характеризуется повышенным относительным содержанием каротиноидов по сравнению с IBSS-1 и более устойчив к воздействию стрессовых факторов. Предварительные экспериментальные данные показывают, что разбавление культуры в 10 раз способствует значительному увеличению накопления каротиноидов (до 4 %ОВ вместо 1,5 %ОВ).

Список литературы

1. Боровков А. Б. Динамика пигментов и роста микроводорослей в хемостате на примере *Dunaliella salina* Teod.: автореф. дисс… канд. биол. наук: спец. 03.00.17. – Севастополь, 2008. – 28 с.
2. БоровковА. Б. *Dunaliella salina* Teod. IBSS-2 – перспективний штам для промислового культивування / А. Б. Боровков, І. М. Гудвілович, Р. П. Тренкеншу // Актуальні проблеми ботаніки та екології: зб. наук. праць. – Київ, 2008. – Вип. 2. – С. 25–27.
3. Гудвилович И. Н., Боровков А. Б. Ростовые и биохимические показатели квазинепрерывной культуры *Dunaliella salina* // Біотехнологія. – 2012. – Т. 5, № 3. – С. 105 – 111.
4. Дробецкая И. В. Влияние условий минерального питания на рост и химический состав *Spirulina platensis* (Nordst.) Geitler: автореф. дисс…канд. биол. наук: спец. 03.00.17. – Севастополь, 2005. – 26 с.
5. Ефремова Н. Разработка способов получения антиоксидантных препаратов на основе биоактивных веществ цианобактерий и микроводорослей: Автореф. дис. … докт. биол. – Кишинёв, 2009. – 29 с.
6. Масюк Н. П. Морфология, систематика, экология, географическое распространение рода Dunaliella Teod. – К. : Наук. думка, 1973. – 487 с.

7. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. – Киев : Наук. думка, 1975. – 247 с.
8. Терентьева Н. В., Минюк Г. С., Дробецкая И. В., Чубчикова И. Н. Особенности вторичного каротиногенеза в вегетативных клетках *Haematococcus pluvialis* Flotow (Chlorophyceae) при различных условиях минерального обеспечения // Мор. Экол. Журн. – 2008. –Т. 7, № 4. – С. 66–74.
9. Тренкеншу Р. П. Ростовые и фотоэнергетические характеристики морских микроводорослей в плотной культуре: Автореф. дис. … канд. биол. наук. – Красноярск, 1984. – 28 с.
10. Ben-Amotz A. New mode of Dunaliella biotechnology: two-phase growth for β -carotene production // J. of Appl. Phycol. – 1995. – Vol. 7. – P. 65– 68.
11. Ben-Amotz A., Shaish A., Avron M. Mode of action of the massively accumulated β-carotene of *Dunaliella bardawil* in proteting the algae aqainst damaqe by excess irradiation // Plant. Physiol. – 1989. – Vol. 91, No 3. – P. 1040–1043.
12. García-González M., Moreno J., Cañavate J. P. et al. Conditions for open-air outdoor culture of *Dunaliella salina* in southern Spain // J. Appl. Phycol. – 2003. – Vol. 15. – P. 177–184.
13. Lamers P. P., Van de Laak C. C.W., Kaasenbrood P. S. et al. Carotenoid and fatty acid metabolism in light-stressed *Dunaliella salina* // Biotechnol. and Bioeng. – 2010. – Vol. 106, No 4. – P. 638–648.
14. Lee Y.K. Microalgae mass culture system and methods: Their limitation and potential // J. Appl. Phycol. – 2001. – Vol. 13. – P. 307–315.
15. Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution // J. Plant Phys. – 1994. – Vol. 144. – P. 307–313.

НАКОПЛЕНИЕ СЕЛЕНА В ЛИПИДАХ *CHLORELLA VULGARIS* Beijer. *(CHLOROPHYTA) IN VITRO*

Галина ВИНЯРСКАЯ, Оксана БОДНАР, Анна СТАНИСЛАВЧУК, Василий ГРУБИНКО

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка,
ул. М. Кривоноса, 2, 46027, Тернополь, Украина, тел.: +380985861984,
e-mail: viniarska_halia@mail.ru

Investigated the accumulation of selenium in the classes of lipids (PL, LPL, DAG, TAG, NEFA) on Chlorella vulgaris. The inclusion of selenium in the lipids of cells Ch. vulgaris was directly proportional to the time and inversely proportional to the concentration. The most active accumulation of Se^{4+} classes of lipids occurred on the 7th day of the experiment with addition of sodium selenite at concentrations of 0.5, 5.0, 10.0 and 20.0 mg/dm^3. TAG accumulated a large amount of selenium throughout the experiment compared with the NEFA, DAG, PL and LPL.

Ключевыеслова: Chlorella vulgaris, селенит, накопления, лизофосфолипиды, диацилглицеролы, триацилглицеролы, фосфолипиды, неэтерифицированные жирные кислоты.

Введение

Водоросли активно аккумулируют неорганических соединений, что обусловлено высокой адсорбционной емкостью их клеточных оболочек, значительной ассимиляционной поверхностью, способностью активно поглощать вещества против градиента концентрации, и, возможно, менее развитыми механизмами регуляции обмена металлов и неметаллов [1]. Благодаря этим свойствам микроводоросли и макрофиты могут накапливать микроэлементы в количествах, которые в сотни раз превышают их содержание в почве и в тысячи раз – в воде.

Необходимость в селене у водорослей зависит от видовых особенностей метаболизма и колеблется от сотых частей микрограмма до десятков миллиграммов [2]. Накопление и метаболическая реакция водорослей на содержание в среде этого микроэлемента зависит от химической формы селена, его концентрации и длительности влияния. Известно, что степень ингибирования роста и развития водорослей выше при действии высоких концентраций селенатов, чем селенитов, поэтому водорослидля обеспечения своей жизнедеятельности предпочитают поглощать из среды обитания соединения преимущественно Se^{4+} по сравнению с Se^{6+} [11, 14]. Микроводоросли аккумулируют селен, главным образом, в составе высо-

комолекулярных соединений (белки, полисахариды и липиды), при этом процессы накопления существенно преобладают над процессами его экскреции [15].

Целью работы было исследование накопления селенита и включение селена в липиды *Chlorella vulgaris* в культуре.

Материалы и методы

Объектом исследования была *Chlorella vulgaris* Beijer., которую выращивали в условиях накопительной культуры на среде Фитцджеральда [8] при освещении лампами дневного света (2500 лк) и 23–25^0 С. Селен вносили в виде селенита натрия из расчета Se^{4+} – 0,5; 5,0; 10,0 и 20,0 мг/дм^3. Контролем служила культура, выращиваемая на среде без селенита натрия. Отбор проб для анализа осуществляли на 1, 3 и 7-е сутки культивирования.

Селен определяли спектрофотометрическим методом с о'-фенилендиамином [3].

Для установления количества липидов, биомассу водорослей экстрагировали хлороформ-метанольной смесью в соотношении 2:1 по методу Фолча [13]. При этом в одной массовой доли биологической субсьанции добавляли 20 частиц экстрагирующей смеси и оставляли на 12 ч для экстракции. Нелипидные примеси из экстракта удаляли отмыванием 1% раствором KCl [7]. Количество общих липидов определяли весовым методом после отгонки экстрагирующей смеси [4].

Разделение липидов на фракции проводили методом восходящей одномерной тонкослойной хроматографии в герметических камерах на пластинках со смесью силикагелей ЛС 5/40 μ и Л 5/40 μ на стеклянной основе [5]. Перед работой пластинки активировали 30 мин при температуре 105^0 С в сушильном шкафу, обрабатывали 10% спиртовым раствором фосфорномолибденовой кислоты и высушивали в потоке теплого воздуха в течение 10–15 мин. Подвижной фазой была смесь гексана, диэтилового эфира и ледяной уксусной кислоты в соотношении 70:30:1 [7].

Полученные данные обработаны методами вариационной статистики.

Результаты и обсуждения

Липиды у водорослей играют важную роль в процессах роста, размножения и фотосинтетической деятельности и также выполняют энергетическую функцию. В частности, у гидрофитов использование липидов значительно усиливается на поддержание жизнедеятельности при действии экстремальных факторов окружающей среды. Их количество и качественный состав в клетках, прежде всего в мембранах, отражает состояние синтеза и деградации липидов, а также особенности обмена со средой обитания [6, 9, 10, 12].

Результаты исследования показали (рис.), что на протяжении всего периода эксперимента при внесении селенина натрия в культуральную среду наблюдалось значительное накопление микроэлемента в липидах клеток *Ch. vulgaris*.

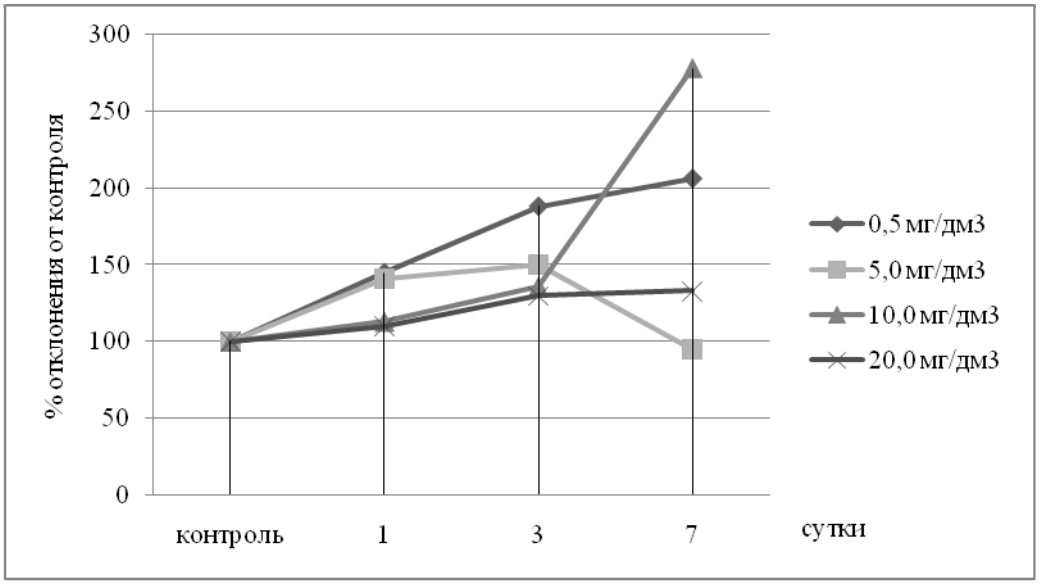


Рис. **Динамика накопления Se^{4+} в липидах *Ch. vulgaris* invitro**

Накопление селена в липидах на 1-е суткибыло достаточно активным. При воздействии Se^{4+} в концентрациях 0,5; 5,0; 10,0 и 20,0 мг/дм^3 содержание микроэлемента увеличилось относительно контрольных показателей на 45%, 41%, 13% и 10% соответственно. Со временем содержание селена в липидах возрастает. Так, на 3-и сутки эксперимента наблюдали увеличение содержания микроэлемента относительно контроля на 88% при концентрации Se^{4+} 0,5 мг/дм^3, на 50% при 5,0 мг/дм^3, на 36% при 10,0 мг/дм^3 и на 30% при 20,0 мг/дм^3. На 7-е сутки при концентрации Se^{4+} 0,5 мг/дм^3 его количество в липидах увеличилось на 106%, при 10,0 мг/дм^3 – на 178%, при 20,0 мг/дм^3 – на 33% относительно контрольных показателей, но уменьшилось на 5% при действии 5,0 мг/дм^3.

Полученные результаты свидетельствуют о наиболее эффективном накопление селена липидами хлореллы при его концентрации в среде 10,0 мг/дм^3. Поэтому, в дальнейшем нами исследовано его распределение в отдельных классах липидов (табл. 1).

Таблица 1.

Содержание селена в липидах различных классов у *Chlorella vulgaris*, *M ± m, n = 5*

Классы липидов	Контроль	Длительность воздействия, сутки			
		3	отклонение от контроля,%	7	отклонение от контроля,%
Диацилглицеролы	6,443±1,080	4,622±0,300	72	13,641±1,667*	212
Триацилглицеролы	20,100±0,587	26,962±1,814*	135	43,396±3,154*	217
Фосфолипиды	4,101±0,897	3,725±0,539	96	9,259±1,986	238
Лизофосфолипиды	15,465±1,378	10,628±1,001	69	10,868±1,121	70
Неэтерифицированные жирные кислоты	4,073±0,220	4,553±0,138	112	4,452±1,326	110

* – $p \leq 0{,}05$

Установлено, что в контроле ТАГ и ЛФЛ аккумулируют значительно больше селена, чем НЭЖК, ДАГ и ФЛ, содержащих примерно на одном уровне количество микроэлемента в несколько раз меньше.

При внесение в среду культивирования *Ch. vulgaris* селенита натрия на 3-и сутки эксперимента наблюдали увеличение содержания Se^{4+} только в НЭЖК и ТАГ на 12% и 35% по сравнению с контролем. Содержание селена в ДАГ, ФЛ и ЛФЛ уменьшилось на 28%, 4% и 31% соответственно против контроля. Дальнейшее влияние селенита натрия увеличивало количество Se практически во всех исследуемых липидах *Ch. vulgaris*. Так, на 7-е сутки эксперимента содержание микроэлемента увеличилось в НЭЖК на 10%, в ДАГ – на 112%, в ТАГ – на 117%, в ФЛ – на 138%, и только в ЛФЛ наблюдали уменьшение количества Se на 30% относительно контроля.

Поскольку между классами липидов существует метаболическая связь, то в соотношении содержания селена в НЭЖК:ДАГ:ТАГ:ФЛ:ЛФЛ также выявлена определенная зависимость (табл. 2).

Таблица 2.

Соотношение содержания селена влипидах различных классов при действии селенита натрия у *Chlorella vulgaris*

	НЭЖК:ДАГ:ТАГ:ФЛ:ЛФЛ, % содержания селенита натрия в классах липидов
контроль	8:13:40:8:31
3 сутки	9:9:54:7:21
7 сутки	6:17:53:11:13

Как видно из результатов опыта, на 3-и сутки происходит смещение накопления Se в ТАГ за счет его уменьшения в ДАГ, ФЛ и, особенно, ЛФЛ. На 7-е сутки – соответственно в ДАГ и ТАГ за счет дополнительного уменьшения в ЛФЛ. Таким образом, в течении времени воздействия селенита натрия Se перераспределяется из ФЛ и ЛФЛ, ТАГ и ДАГ, то есть из более лабильной в более консервативную и метаболически менее активную форму липидов, что может быть связано с возрастаение накопления клетками защитной адаптивной формы, каковыми являются нейтральные липиды. Возможно, объяснением накопления Se в ДАГ и ТАГ является его известная антиоксидантная функция, защищающая их от активного ПОЛ.

Выводы

Включение селена в липиды клеток *Ch. vulgaris* прямо пропорционально по времени и обратно пропорционально по концентрации: содержание селена в липидах постоянно увеличивался от 3-их до 7-ми суток воздействия селенита, но его количество при малом содержании селенита (0,5 мгSe^{4+}/дм^3) было выше, чем при уровне 20,0 мгSe^{4+}/дм^3 всреде культивирования.

Активнее всего накопление Se^{4+} липидами различных классов происходило на 7-е сутки эксперимента. При этом, ТАГ аккумулировали больше селена на протяжении всего эксперимента по сравнению с НЭЖК, ДАГ, ФЛ и ЛФЛ.

Скорее всего, накопление Se^{4+} липидами связано со структурной, функциональной и физиологической ролью селена в липидах как антиоксиданта.

Список цитированной литературы

1. Боднар О.І. Адаптивні властивості водоростей за дії іонів металів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.17 «Гідробіологія» / О.І. Боднар. – К., 2009. – 24 с.
2. Боднар О.І. Особливості накопичення сполук селену та їх біологічна роль у водоростей / О.И. Боднар, Г.Б. Вінярська, Г.В. Станіславчук, В.В. Грубінко // Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. – 2013. – Вип. 2(55). – С. 94–107.
3. Дедков Ю.М. Селен: биологическая роль, химические свойства и методы определения // Ю.М. Дедков, А.В. Мусатов. ВИНИТИ по РЖ Химия №1688 – В2002. – 2002.
4. Кейтс М. Техника липидологии. Выделение, анализ и идентификация липидов / М. Кейтс. – М. : Мир, 1975. – 32 с.
5. Копылов Ю.П. Новый вариант тонкослойной хроматографии липидов / Ю.П. Копытов // Экология моря. – 1983. – Вып. 12. – С.76–80.
6. Ленинджер А. Основы биохимии: В 3-х т. Т. 1. Пер. с англ. / А. Ленинджер. – М.: Мир, 1985. – 367 с.
7. Методы биохимических исследований (липидный и энергетический обмен): учебное пособие / [под ред. М.И. Прохоровой]. – Л. : ЛГУ, 1982. – 273 с.

8. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике / [Л.А. Сирено, А.И. Сакевич, Л.Ф. Осипов и др.]; под ред. А.В. Топачевского. – К. : Наук. думка, 1975. – 247 с.
9. Филиппович Ю.Б. Практикум по общей биохимии / Ю.Б. Филиппович, Т.А. Егорова, Г.А. Севастьянова. – М. : Просвещение, 1975. – 318 с.
10. Чиркова Т.В. Клеточные мембраны и устойчивость растений к стрессовым воздействиям / Т. В. Чиркова // Соросовский образовательный журнал. − 1997. − № 9. − С. 12 − 17.
11. Fatoki O.S. Biomethylation in the natural environment. A review // S. Afr. J. Sci. – 1997. – Vol. 93, № 8. – P. 366–368.
12. Gennity J. M., Bottino N.R, Zingaro R. A. et al. The binding of selenium to the lipids of two unicellular marine algae // Biochem. Biophys. Res. Commun. – 1984. – Vol. 118, №. 1, – P. 176 – 182.
13. Hokin L.E., Hexum T.D. Studies on the characterization of the sodium-potassium transport adenosine triphosphatase IX. on the role of phospholipids in the enzyme //Arch. Biochem and Biophys. – 1992 – Vol. 151, № 2 – P. 58–61.
14. Wang Dazhi, Cheng Zhaodi, Li Shaojing, Gao Yahu*i* Toxicity and accumulation of selenite in four microalgae // Chinese J. Oceanology & Limnology. – 2003. – 21, № 3. – P. 280–285.
15. Zhi-Yong Li, Si-YuanGuo, Lin Li. Bioe□ects of selenite on the growth of *Spirulina platensis* and its biotransformation // Bioresource Technology. – 2003. – 89. – P. 171–176.

ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ВОДОРОСЛЕВЫХ СООБЩЕСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

Евгений Е. ГАЕВСКИЙ
Белорусский государственный университет,
Минск, пр-т Независмости, 4,
gaevski@rambler.ru

The term "soil algae" usually refers to a combination of several groups of algae, including water and terrestial algae. Soil algae in Belarus are little studied group of organisms, and to date this group of algae (especially algal flora of agricultural soils) is largely unexplored. In our studies six divisions of soil algae have been identified: Cyanophyta – 17 species (40.5% of total number), Bacillariophyta – 5 (11.9%), Xanthophyta – 4 (9.5%), Euglenophyta – 1 (2.4%) , Chlorophyta – 14 (33.3%), and Rhodophyta – 1 species (2.4%). There were calculated the indices of life forms to assess the structure of the algal flora in optimized soil. Most representatives were typical soil algae, the hydrophilic part of algae community in the studied sites was rather small, amfibian algae were not found during our study.

Ключевые слова: почвенные водоросли, таксономическая структура, спектр экобиоформ, оптимизация, дерново-подзолистая песчаная почва.

Введение

Под термином «почвенные водоросли» обычно понимают совокупность нескольких экологических группировок водорослей, включающую наземные водоросли, которые лишь при благоприятных условиях разрастаются в массовых количествах на поверхности почвы, водно-наземные, разрастающиеся на поверхности постоянно влажной почвы, и собственно почвенные водоросли, населяющие толщу почвенного слоя. Согласно классификации ценозов водорослей понятие почвенные водоросли совпадают с понятием эдафильные ценозы [2, 3].

Почвенные водоросли Беларуси являются мало изученной группой микроорганизмов. Исследования в области почвенной альгологии в нашей республике проводились Э.Н. Ваулиной [1] в 50-60-х гг. XX в. Полученные ею данные позволили установить таксономический состав почвенных водорослей некоторых районов Беларуси. Описания альгофлоры Беларуси приведены в работах Р. Гутвинского, Я. Колодийчука, Н.И. Сретенской, А.В. Топачевского, Д.О. Радзимовского и обобщены в таксономическом каталоге Т.М. Михеевой [5]. Но до настоящего времени почвенные водоросли Беларуси в значительной степени не исследованы. При этом

альгофлора почв сельскохозяйственного назначения в последнее время в республике не изучалась.

Цель настоящей работы – оценка таксономической структуры водорослей дерново-подзолистой песчаной почвы после оптимизации путем торфования и землевания, а также определение спектра экобиоморф почвенных водорослей по индексам жизненных форм.

Материал и методы

Полевой опыт был заложен 2006 г. на базе хозяйства «ПМК-16 АГРО» около агрогородка Пересады Борисовского р-на Минской обл. на дерново-подзолистой связнопесчаной почве. Схема полевого опыта включала 5 вариантов: на опытные делянки площадью 50 м^2 в четырехкратной повторности вносили суглинок из расчета 100, 200, 300 и 400 т/га, а также торфонавозный компост в дозе 200 т/га при соотношении навоза и торфа 1:1. На шестой-седьмой год (2011-2012 гг.) оптимизации песчаной почвы возделывали многолетние бобово-злаковые травы (клевер луговой *Trifolium pratense*, тимофеевка луговая *Phleumpratense*, ежа сборная *Dactylis glomerata*). В восьмой год (2013 г.) выращивался – овес.

Отбор образцов проводили в июле и сентябре 2011-2013 гг. по общепринятой в почвенной альгологии методике. Видовой состав водорослей выявляли методом почвенных культур со стеклами обрастания, водных и агаровых культур [4, 6].

Идентификацию водорослей осуществляли с помощью микроскопа Carl Zeiss Axiostar и определителей, таксономическое положение объектов приведено по каталогу Т.М. Михеевой [5].

Результаты и их обсуждение

Были выявлены почвенные водоросли шести отделов (табл. 1): Cyanophyta – 17 видов (40,5%), Bacillariophyta – 5 (11,9%), Xanthophyta – 4 (9,5%), Euglenophyta – 1 (2,4%), Chlorophyta – 14 (33,3%) и Rhodophyta – 1 вид (2,4%). Сине-зеленые водоросли включали представителей из 10 родов, относящихся к 7 семействам, 3 порядкам классов Chroococcophyceae (11,8%) и Hormogoniophyceae (88,2%). Наиболее широко были представлены порядки Oscillatoriales и Nostocales (7 и 8 видов соответственно). Выявленные зеленые водоросли относятся к 3 классам, 4 порядкам, 6 семействам и 8 родам; наибольшим видовым разнообразием отличался порядок Ulothrichales (10 представителей).

Таблица 1.

Таксономическая структура почвенных водорослей дерново-подзолистой песчаной почвы

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид
Cyanophyta	Chroococcophyceae	Chroococcales	2	2	2
	Hormogoniophyceae	Oscillatoriales	1	3	7
		Nostocales	4	5	8
Bacillariophyta	Pennatophyceae	Raphales	3	3	5
Xanthophyta	Xanthococophyceae	Heterococcales	2	2	2
	Xanthotrichophyceae	Tribonematales	2	2	2
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	1	1	1
Chlorophyta	Protococcophyceae	Chlorococcales	1	1	1
	Ulotrichophyceae	Ulotrichales	2	5	10
		Chaetophorales	2	2	2
	Conjugatophyceae	Desmidiales	1	1	1
Rhodophyta	Florideophyceae	Nemaliales	1	1	1

В списке представлен не только видовой состав почвенных водорослей, но и их распределение по экобиоморфам или жизненным формам, которые характеризуют экологические особенности водорослей, независимо от систематической принадлежности [6]. Располагая индексы жизненных форм в порядке убывания числа видов, мы получили спектр жизненных форм:

$$H_{13}\,P_7 Ch_5 Cf_5 B_5 X_2 M_2 C_1 N_1 hydr._1$$

Большинство обнаруженных представителей – эдафофильные водоросли, участие гидрофильных (hydr.) водорослей в формировании альгогруппировок исследуемых участков незначительно (представлено 1 видом*Cosmarium undulatum var. Minutum* Wittr.), амфибиальных водорослей обнаружено не было.

Среди эдафофильных водорослей доминирующее положение занимали представители H-формы – 13 видов (30,1%). Это нитевидные зеленые и желто-зеленые водоросли, неустойчивые против засухи и сильного нагревания. Далее по убывающей расположились водоросли P-формы – 7 видов (16,7%) – нитевидные сине-зеленые, устойчивы против засухи, тяготеют к голым участкам минеральной почвы, занимают пространства между растениями. Пятью видами представлены (11,9%) почвенные водоросли Ch-формы – это одноклеточные и колониальные зеленые и желто-зеленые водоросли, обитающие в толще почвы, при благоприятной влажности – и на поверхности почвы, отличаются исключительной выносливостью к колебаниям pH, влажности, засоленности, их обычно обозначают как убиквисты;

Cf-формы – микроскопические талломы азотфиксирующих сине-зеленых водорослей, способные давать слизистые разрастания на поверхности почвы, требовательны к влаге и могут образовывать обильную слизь; а также B-формы – холодостойкие, светолюбивые, многие солевыносливые, но неустойчивые против высыхания водоросли, предпочитающие нейтральную и щелочную среду. Незначительным количеством видов (2 вида) представлены водоросли X– и M-формы (4,8%): X-форма – одноклеточные желто-зеленые и зеленые водоросли, отличающиеся неустойчивостью против засухи и экстремальных температур; M-форма – сине-зеленые в виде слизистых нитей, образующие макроскопические корочки или дерновинки на поверхности почвы. Единично встречались виды, относящиеся к C– и N-формам.

Выводы

В оптимизированной дерново-подзолистой песчаной почве идентифицировано 42 вида водорослей, относящихся к шести отделам. Cyanophyta – 17 видов (40,5%), Bacillariophyta – 5 (11,9%), Xanthophyta – 4 (9,5%), Euglenophyta – 1 (2,4%), Chlorophyta – 14 (33,3%) и Rhodophyta – 1 вид (2,4%).

В экологическом отношении выявленные почвенные водоросли являлись эдафофильными. В спектре экобиоморф доминирующее положение занимали представители H-формы – 13 видов (30,1%). Далее по убывающей расположились водоросли P-формы – 7 видов (16,7%) и Ch-формы – 5 видов (11,9%).

Состав водорослевых группировок отражает качество среды обитания водорослей; данная зависимость обуславливает индикационные возможности этой группы почвенных микроорганизмов (например, развитие диатомовых и желтозеленых свидетельствует о достаточном количестве влаги в почве).

Список использованной литературы

1. Ваулина Э. Н. Состав и распределение водорослей в некоторых характерных почвах БССР: автореф. дис. … канд. биол. наук // Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова, Л., 1956. 19 с.
2. Голлербах, М. М., Штина, Э. А. Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969.– 228 с.
3. Зенова Г. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. М.: МГУ, 1990. 80 с.
4. Кузяхметов Г.Г., Дубовик И.Е. Методы изучения почвенных водорослей. Уфа: Изд-во Башкирск. ун-та, 2001. 60 с.
5. Михеева Т. М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог. Минск: БГУ, 1999. 396 с.
6. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.

ВОДОРОСЛИ КАК ЭНДОСИМБИОНТЫ ЦЕНТРОХЕЛИДНЫХ СОЛНЕЧНИКОВ (CENTROHELEA CAVALIER-SMITH, 1993)

Людмила ГАПОНОВА
Институт эволюционной экологии Национальной академии наук Украины, ул. Академика Лебедева, 37, Киев, Украина, 03143
Тел.: +(380-44) 526-20-21
Факс: +(380-44) 526-20-71
E-mail: lgaponova@gmail.com

14 species of centrohelid heliozoans have been found in different types of water-bodies in Kyiv and the Chernigiv regions of Polissya (North part of Ukraine) and were studied with optical and scanning electron microscope. Endosymbiotic algae were revealed in two observed species – Acanthocystis turfacea Carter, 1864 и Raineriophrys fortesca (Nicholls, 1983). Aspects of relationship between endosymbiotic algae and centrohelids are discussed.

Ключевые слова: центрохелидные солнечники,эндосимбионты, Centrohelea, Zoochlorella.

Введение

Факт обитания водорослей внутри клеток различных таксонов солнечникопобных организмов, включая центрохелид, отмечен уже в ранних работах по этой группе протистов [6, 10]. При этом солнечникопобные организмы приобретают зеленую окраску различной интенсивности. Стоит отметить, что причиной окрашивания этих протистов может быть и пищевые частицы, находящиеся в их цитоплазме. В своей работе 1968 года Г. Райнер отмечает, что эндосимбионтами солнечникопобных организмов являются зоохлореллы – зеленые водоросли из порядка ***Chlorococcales и в большинстве случаев это хорошо известная*** *Chlorella vulgaris****. Таким образом, в его работе выполненной с использованием световой микроскопии указаны виды*** солнечникопобных организмов, для которых характерен эндосимбиоз, однако видовое определение последних, а также водорослей, живущих в их цитоплазме, требует уточнения. Такое обозначение для эндосимбионтов солнечникопобных организмов, как зоохлореллы, мы находим и в других более поздних работах [7, 13]. Проведенные недавно исследования с использованием новых методов [8] показали, что эндосимбионтные организмы, относимые ранее к зоохлореллам, представляют собой сборную группу и относятся к разным таксонам, а водоросли центрохелид были описаны как новые для науки виды.

Использование методов электронной микроскопии позволило выявить новые виды центрохелид [3-5, 11] и сделать переописания видов, так как диагнозы, сделанные с помощью световой микроскопии, требовали уточнения. Эндосимбионты в этих исследованиях не изучались, поэтому информация о них на данный момент остается неполной. Вопрос о взаимоотношениях между центрохелидами и эндосимбионтными водорослями практически не изучен.

В нашей работе на основе материалов из Черниговского и Киевского Полесья представлены данные о центрохедных солнечниках, в которых были найдены эндосимбионтные водоросли, а также обсуждаются некоторые аспекты взаимоотношений между этими двумя группами организмов.

Материалы и методы

Материал отбирался в период 2006–2010 г.г. во все сезоны на территории Киевского и Черниговского Полесья. В водоемах отбирали пробы планктона и бентоса, водной растительности и других субстратов (песок и т.д.). Последние промывали, и полученные пробы изучали. Сбор и обработку материала проводили по методикам принятой для этой группы протистов [2].

Камеральную обработку проб проводили в чашках Петри диаметром 55 мм под световым микроскопом Carl Zeiss-50 и Olympus BX51.

Живые клетки центрохелид отсаживали на кусочки предметных стекол и высушивали без предварительной фиксации, а затем изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа ISM-35C. Электронно-микроскопические исследования проводили в лаборатории электронной микроскопии Института ботаники им. Холодного НАН Украины.

Определение центрохелидных солнечников проводили по микрофотографиям перипластов этих протистов с использованием основных работ по этой группе организмов [2-4, 11, 12].

Результаты и обсуждения

В водоемах Киевского и Черниговского Полесья нами зарегистрировано 14 видов центрохелидных солнечников: *Chlamydaster sterni* Rainer, 1968, *Polyplacocystis ambigua* (Penard, 1904), *P. coerulea* (Penard, 1904), *P. pallida* (Schulze, 1874), *Pterocystis foliacea* (Dürrschmidt, 1985), *Raineriophrys echinata* (Rainer, 1968), *R. erinaceoides* (PetersenetHansen, 1960), *R. fortesca* (Nicholls, 1983), *Choanocys tisaculeata* (HertwigetLesser, 1874), *Acanthocystis dresscheri* Siemensma et Roijackers, 1988, *A. myriospina* Penard, 1904, *A. pectinata* Penard, 1889, *A. Penardi* Wailes, 1925, *A. turfacea* Carter, 1864. У двух из обнаруженных видов – *Acanthocystis turfacea u Raineriophrys fortesca* отмечены эндосимбионтные водоросли. Для первого вида, который является одним из самых крупных центрохедных солнечников и легко различим

под световым микроскопом, этот факт был известен достаточно давно [6]. По мнению Райнера [9], симбиоз *Acanthocystis turfacea* с зоохлореллами можно обозначить как облигатный, но нами найдены как водорослесодержащие формы этого вида, так и формы без водорослей, что согласуется с данными других исследователей [6, 7].

Об эндосимбиозе *Raineriophrys fortesca* с водорослями ранее не сообщалось. Этот вид был выявлен нами в ходе исследований сезонной динамики центрохелид в пруду близ села Хотов (окрестности Киева). В исследованном водоеме *Raineriophrys fortesca* дает вспышку численности в конце лета (август) и не встречается в другие сезоны года. В живых экземплярах *Raineriophrys fortesca* регистрировали по несколько десятков клеток водорослей окрашенных в желто-зеленый цвет.

В литературе отмечается наличие размерных отличий для водорослесодежащих и безводорослевых форм солнечникоподобных организмов. Так, размер клеток водорослесодержащих форм *Acanthocystis turfacea* составляет 60-90 мкм и может достигать 150 мкм [9], а экземпляры, не содержащие водоросли, меньше в диаметре на 10 мкм. По нашим данным диаметр клеток безводорослевых форм *Acanthocystis turfacea* составляет 60 мкм.

В ходе нашего исследования были обнаружены только водорослесодержащие формы *Raineriophrys fortesca* с диаметром клетки 50-80 мкм. Это значительно больше, чем указано в литературе для безводорослевых форм. По данным К. Х. Николса [7] диаметр зафиксированной клетки *Raineriophrys fortesca* составлял 8-10 мкм, по данным К.А. Микрюкова [2] – 9-15 мкм. Однако, так как особи этого вида были зарегистрированы в разных условиях и предыдущие исследователи работали с фиксированным материалом сравнение размеров представляется не корректным.

Следует отметить, что водорослесодержащие формы в ряде случаев рассматривались как отдельные виды. Так, в работах более ранних исследователей указано, что сократительные вакуоли формируются только у формы вида *Acanthocystis turfacea* лишенной зоохлорелл, а водорослесодержащая форма, у которой указанные органеллы не были обнаружены, была описана как отдельный вид – *Acanthocystis pallida* Greeff. Однако, позже К. Х. Николсом [7] было доказано, что клетки *Acanthocystis turfacea* как содержащие зоохлореллы, так и без них имеют несколько функционирующих сократительных вакуолей.

В настоящее время, значение зоохлорелл как для солнечникоподобных организмов, так и для протистов не вполне установлено. Существует несколько предположений о характере отношений между этими двумя группами протистов. Одно из них заключается в том, что в протоплазме

солнечникоподобных организмов живут комменсальные водоросли [10]. Другое состоит в том, что водоросли для них с одной стороны являются поставщиками кислорода, а с другой – живым запасом пищевых объектов [9]. Стоит отметить, что указанные в этой работе результаты экспериментов не дают однозначного подтверждения этого предположения, так как было выявлено, что особи *Acanthocystis turfacea* как с зоохлореллами, так и без них могут жить в темноте и без питания приблизительно один и тот же промежуток времени. В пользу этой точки зрения можно привести результаты других наблюдений, в которых находятся косвенные указания на то, что корненожки могут питаться эндосимбионтами. Так, по данным С. Аверинцева в цитоплазме первых наблюдались остатки одноклеточных водорослей, подвергшихся действию пищеварительных ферментов, при этом ему удалось проследить все стадии переваривания зоохлорелл до полного их обесцвечивания и окончательного разрушения клеток, за исключением их оболочек [1].

Интересный факт отмечен относительно типов водоемов, в которых обитают виды солнечникоподобных организмов с эндосимбионтными водорослями. Проведенные исследования [9] выявили, что "зеленые" представители указанной группы протистов, а именно – актинофриидные и центрохелидные солнечники – чаще встречаются в болотах. *Acanthocystis turfacea*, который обитает в широком диапазоне pH [9], был зарегистрирован нами в болотах, причем как его водорослесодержащие, так и безводорослевые формы. Стоит отметить, что у *Raineriophrys echinata*, который является ацидобионтом и встречается в водоемах с низким pH, таких как верховые болота, эндосимбионтные водоросли не выявлены. В тоже время, водорослесодержащие особи *Raineriophrys fortesca* были зарегистрированы нами только в прудах.

Выводы

Таким образом, исходя из выше изложенного, мы можем сделать вывод о наличии свидетельств комплексных взаимоотношений между солнечникоподобными организмами и зоохлореллами: с одной стороны – водоросли являются комменсалами этих простейших, с другой стороны – солнечникоподобные организмы могут использовать зоохлорелл, как дополнительный источник кислорода и питания. Вероятно, при разных условиях среды обитания превалирует один из компонентов этой симбионтной системы, которая в целом способна выполнять компенсаторную функцию для каждого из них в отдельности. Это позволяет функционировать симбионтной системе достаточно успешно. Однако, механизмы координирующие и поддерживающие такое взаимодействие изучены еще недостаточно.

Благодарности

Автор выражает свою искреннюю благодарность к.б.н. А. Ф. Крахмальному, И. Н. Шандановиной (Институт эволюционной экологии НАН Украины) и к.б.н. И. Д. Омери (Киевский университет имени Бориса Гринченка) за помощь и ценные консультации при подготовке этой статьи, а также Паниной Зое Александровне (Институт ботаники им. Холодного НАН Украины), которая была ассистентом во время работы на электронном микроскопе.

Список цитированной литературы

1. Аверинцев С. Rhizopoda пресных вод / Аверинцев С. // Санкт-Петербург, 1906. – 251 с. – (Труды С-Пб О-ва Естествоисп.; Т. XXXVI, вып. II).
2. Микрюков К. А. Центрохелидные солнечники (Centroheliozoa) / Микрюков К. А. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2002. – 136 с.
3. Dürrschmidt M. An electron microscopical study on freshwater heliozoa (Genus Acanthocystis, Centrohelidia) from Chile, New Zealand, Malaysia and Sri Lanka. III / M. Dürrschmidt // Arch. Protistenkd. – 1987. – Vol. 133, № 1–2. – P. 49–80.
4. Dürrschmidt M. Electron microscopic observations on scales of species of the genus Acanthocystis (Centrohelidia, Heliozoa) from Chile, I / M. Dürrschmidt // Arch. Protistenkd. – 1985. – Vol. 129, № 1–4. – P. 55–87.
5. Dürrschmidt M. Electron microscopical study of freshwater Heliozoa (genus Acanthocystis, Centrohelidia) from Chile, New Zealand, Malaysia and Sri–Lanka. II / M. Dürrschmidt // Arch. Protistenkd. – 1987. – Vol. 133, № 1. – P. 21–48.
6. Leidy J. Freshwater Rhizopods of North America / J. Leidy // Rep. of US. Geol. Surv. Of the Terr. Washington. – 1879. – Vol. 12. – 324 p.
7. Nicholls K. H. Little–known and new heliozoeans: the centrohelid genus Acanthocystis, including descriptions of nine new species / K. H. Nicholls // Can. J. Zool. – 1983. – Vol. 61, № 6. – P. 1369–1386.
8. PröscholdT.,Darienko T.,Silva P.C., Reisser W. and Krienitz L. The systematics of Zoochlorella revisited employing an integrative approach //Environmental Microbiology (2011) 13(2), 350–36.
9. Rainer H. Urtiere, Protozoa, Wurzelfussler, Rhizipoda, Sonnentiechen, Heliozoa. In Die Tierwelt Deutschland. / Rainer H. : edited by F. Dahl. – Gustav Fisher Verlag: Jena, 1968. – Teil 56. – 176 s.
10. Schaudinn F. Heliozoa / F. Schaudinn // Das Tierreich. – Berlin, 1896. – S. 1–24.
11. Siemensma F. J. A study of new and little–known acanthocystid heliozoeans, and a proposed division of the genus Acanthocystis (Actinopoda, Heliozoea) / F. J. Siemensma, R. M. M. Roijackers // Arch. Protistenkd. – 1988.– Vol. 135, № 1–4. – P. 197–212.
12. Siemensma F. J. The genus Raphidiophrys (Actinopoda, Heliozoea): scale morphology and species distinctions / F. J. Siemensma, R. M. M. Roijackers // Arch. Protistenkd. – 1988. – Vol. 136. – P. 237–248.
13. SiemensmaF. J. KlasseHeliozoaHaeckel, 1866 / F. J. Siemensma : Eds. F.C. Page, F.J. Siemensma. // NackteRhizipodaundHeliozoea. – Stuttgart: GustavFisherVerlag, 1991. – V. 2. – P. 171–297.

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ВОДОРОСЛИ БЕНТОСА ВОДОЕМОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ (УКРАИНА) И ПРИЛЕГАЮЩИХ К НИМ АКВАТОРИЙ ЧЕРНОГО МОРЯ

В. П. ГЕРАСИМЮК
Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65026, Украина,
gerasimyuk2007@ukr.net; *gerasimiuk2009@mail.ru*

Researched the species composition of benthic algae, microscopic water bodies (rivers, estuaries, lakes, reservoirs, ponds, puddles) North-Western Black Sea and the adjacent waters of the Black Sea. During 1980-2014 biennium as a result of processing the samples found 2777 and 770 species of algae have been identified of which 25 species have been marked as new for Ukraine and 9 species as new to the Black Sea.

Ключевые слова*:* микрофитобентос, водоросли, Северо-Западное Причерноморье, Черное море.

Введение

Микроскопические водоросли играют большую роль в водоемах Северо-Западного Причерноморья и прилегающих акваториях Черного моря. Они создают органическое вещество, некоторые геологические породы (диатомиты, известняки, строматолиты) и кислород в водоемах, очищают их от неорганического и органического загрязнений, участвуют в круговороте различных химических элементов, являются пищей для многочисленных гидробионтов (инфузорий, червей, моллюсков, ракообразных, рыб и т. д.).

Микроскопические водоросли водоемов Северо-Западного Причерноморья и прилегающих акваторий Черного моря изучали многие исследователи: Б.Н. Аксентьев [1, 2], К.С. Владимирова [3, 4], Н.Е. Гусляков [5], А.И. Иванов [6], О.А. Ковтун [7], И.И. Погребняк [8], А.И. Прошкина-Лавренко [9, 10], Д.О. Свиренко [11], М.К. Срединский [12] и др., однако их работы носили в основном фрагментарный характер.

Целью работы было изучение современного состояния микрофитобентоса водоемов Северо-Западного Причерноморья и прилегающих акваторий Черного моря. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: провести идентификацию видового состава микроскопических водорослей различных водоемов Северо-Западного Причерноморья, проанализировать систематическую структуру видового разнообразия водорослей и выявить закономерности распределения водорослей по различным типам водоемов, составить конспект флоры водорослей

разнотипных водоемов Северо-Западного Причерноморья и прилегающих акваторий Черного моря.

Материалы и методы

Исследования проводили в заливах северо-западной части Черного моря (Одесском, Джарылгачском), акватории о. Змеиный, в водоемах Северо-Западного Причерноморья (Бугском, Березанском, Тилигульском, Куяльницком, Хаджибейском, Сухом, Днестровском, Шаболатском и лиманах Тузловской группы, на Придунайских озерах, Белом, Писарском, реках Днестр, Дунай, Южный Буг, Большой Куяльник, Кодыма, Тилигул, Барабой, Каменка, Кучурган, Мертвовод, Синюха, Корабельная, Ягорлык, Когильник, Нетека, Хаджидер, Чога, Сарата, Царега, Кубанка, Кучурганском и Кошковском водохранилищах, прудах, ручьях и лужах) на протяжении 1980-2014 гг. Пробы отбирали в обрастаниях макроскопических водорослей и высших водных растений, камней, искусственных субстратов (бетонных сооружений, деревянных сваях, стеклах, резиновых покрышках, полиэтилена), на поверхности мягких грунтов (песках и илах), льдов. В течение этого периода было собрано и обработано 2777 проб на 249 станциях и изготовлено 1436 постоянных и 3147 временных препаратов.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований было выявлено 770 (793 таксонов внутривидового ранга) видов водорослей, которые относятся к 213 родам, 97 семействам, 50 порядкам, 12 классам и 8 отделам. К общему числу видов принадлежали диатомовые (502), синезеленые (86 видов), зеленые (80), харовые (34), эвгленовые (26), золотистые (17), динофитовые (13) и желто-зеленые (1) водоросли (табл. 1).

Таблица 1.

Таксономический спектр микрофитобентоса водоемов Северо-Западного Причерноморья и прилегающих к нему участков северо-западной части Черного моря

Отдел	Количество				
	классов	Порядков	семейств	родов	видов
Bacillariophyta	3	30	56	123	502
Cyanophyta	2	3	10	23	96
Chlorophyta	2	6	13	39	80
Euglenophyta	1	1	2	9	26
Chrysophyta	1	3	5	6	17
Charophyta	1	1	2	4	34
Dinophyta	1	5	8	8	13
Xanthophyta	1	1	1	1	1
Всего	12	50	97	212	770

Из общего числа водорослей 683 вида составляют флору водорослей Северо-Западного Причерноморья, 374 вида имеют отношение к флоре Черного моря.

Основную роль в альгофлоре района исследования играют классы *Bacillariophyceae* (434 вида), *Chlorophyceae* (75), *Hormogoniophyceae* (72), *Mediophyceae* (33), *Euglenophyceae* (26), *Cyanophyceae* (24), *Coscinodiscophyceae* (23), *Zygnematophyceae* (17), *Chrysophyceae* (14).

Господствующее положение в микрофитобентосе принадлежит порядкам *Naviculales* (151), *Chlorococcales* (65), *Bacillariales* (62), *Oscillatoriales* (48), *Achnanthales* (40), *Cymbellales* (36), *Thalassiophysales* (31), *Fragilariales* (30), *Surirellales* (28), *Chrorococcales* (23), *Nostocales* (20).

Наибольший вклад в биологическое разнообразие внесли ведущие семейства *Bacillariaceae* (62), *Naviculaceae* (52), *Oscillatoriaceae* (48), *Catenulaceae* (30), *Fragilariaceae* (30), *Pinnulariaceae* (27), *Surirellaceae* (26), *Scenedesmaceae* (25), *Diploneidaceae* (20) и *Pleurosigmataceae* (18) (табл.. 2).

Таблица 2.

Ведущие семейства альгофлоры водоемов Северо-Западного Причерноморья и прилегающих к нему акваторий северо-западной части Черного моря

Место	Ведущие семейства	Количество видов	% от общего количества видов
1	*Bacillariaceae*	62	9,3
2	*Naviculaceae*	52	7,7
3	*Oscillatoriaceae*	48	6,0
4	*Catenulaceae*	31	4,6
5	*Fragilariaceae*	30	4,5
6	*Pinnulariaceae*	27	4,0
7	*Surirellaceae*	26	4,0
8	*Scenedesmaceae*	25	3,6
9	*Diploneidaceae*	20	3,1
10	*Pleurosigmataceae*	18	2,8
Всего		338	49,6

Количество видов, которые входят в состав ведущих семейств, составляет почти половину (49,6 %) от общего числа видового состава альгофлоры Северо-Западного Причерноморья.

Роды *Nitzschia* Hassal (40), *Navicula* Bory (38), *Amphora* Ehrenb. (31), *Oscillatoria* Vaucher (23), *Diploneis* Ehrenb. (20), *Cocconeis* Ehrenb. (19), *Pinnularia* Ehrenb. (16), *Surirella* Turpin (15), *Mastogloia* Thw. (14) и *Gyrosigma*

Hassal (12) составилиосновувидовогосоставамикрофитобентосаразнотипныхводоемов.

СредивидовогосоставабылинайденыновыевидыдляводоемовСеверо-ЗападногоПричерноморья: *Oscillatoria redekei* Goor, *Anabaena sedovii* Kossinsk., *Spirulina minima* A. Wurtz., *Calothrix columbiana* G.S. West, *Eutreptia pyrenoidifera* Matv., *Astasia lagenula* (Schew.) Lemmerm., *Distigma striato-granulatum* Skuja, *Chrysamoeba radians* G.A. Klebs., *Ch. scherffelii* (Pascher) Matv., *Mallomonas apochromatica* Conrad, *M. coronata* (Grunow) Krammer, *Gomphonema subclavatum* van Heurck, *Achnanthidium minutissima* (Kütz.) Czarn., *Luticola goepertiana* (Bleisch) D.G. Mann, *Pinnularia distinguenda* (Cleve) Cleve, *P. fonticola* Hust., *Mayamaea fossalis* (Krasske) Lange-Bert., *Navicula alineae* Lange-Bert., *N. jentzschii* Grunow, *N. pseudogracilis* Skvortzov, *Craticula buderi* (Hust.) Lange-Bert., *Gyrosigma litorale* (W. Sm.) Griffith et Henfr., *Stauroneis tackei* (Hust.) Krammer et Lange-Bert., *Hantzschia marina* (Donkin) Grunow, *H. ucrainica* Gerasimiuk, *Nitzschia subvitrea* Hust., *N. sigmatoformis* Hust. var. *subrecta* Proschk.-Lavr., *Stenopterobia curvula* (W.Sm.) Krammer.

ВпервыедлятерриторииУкраинынамибылиотмеченыновыевиды*Synechococcus aeruginosus* Nägeli, *Spirulina breviarticulata* (Setch et Gardn.) Geitler, *S. minima* A. Wurtz., *Anabaena sedovii* Kossinsk., *Distigma striato-granulatum* Skuja, *Mallomonas apochromatica* Conrad, *Oxyneis binalis* (Ehrenb.) Round, *Gomphonema subclavatum* van Heurck, *Luticola goepertiana* IBleisch) D. G. Mann, *Pinnularia distinguenda* (Cleve) Cleve, *P. fonticola* Hust., *Diploneis mauleri* (Brun) Cleve, *Navicula alineae* Lange-Bert., *N. jentzschii* Grunow, *N. pseudogracilis* Skvortsov, *Craticula buderi* (Hust.) Lange-Bert., *Gyrosigma litorale* (W. Sm.) Griffith et Henfr., *Stauroneis tackei* (Hust.) Krammer et Lange-Bert., *Hantzschia ucrainica* Gerasimiuk, *Nitzschia frustulum* var. *asiatica* Hust., *N. subvitrea* Hust., *Stenopterobia curvula* (W. Sm.) Krammer, *Actinastrum aciculare* Playf., *Cosmarium anisochendrum* Nordst., *C. microsphinctum* Nordst.

К интересным флористическим находкам можно отнести *Oscillatoriaredekei*Goor, *Mallomonas coronata*Boloch., *Melosira undulate* (Ehrenb.) Kütz. var. *normanii* Arn., *Attheya decora* T. West, *Bacteriastrum hyalinum* Lauder, *Thalassiosira incerta* I. V. Makarova, *Cyclotella atomus* Hust., *C. distinguenda* Hust., *Cymbella austriaca* Grunow, *Cymbopleura incerta* (Grunow) Krammer, *Achnanthes triconfusa* Van Land., *A. gibberula* Grunow, *Pinnularia rupestris* Hantzsch, *Diploneis pseudoovalis* Hust., *Adlafia bryophila* (J. B. Petersen) Lange-Bert., *Navicula crucicula* (W. Sm.) Donkin, *N. gomphonematoides* Gusl., *N. microcephala* Grunow, *N. subrostellata* Hust., *Proschkinia complanatoides* (Hust. ex Simonsen) Karayeva, *Amphora castellata* Giffen, *A. genkalii* Gusl., *A. makarovae* Gusl., *A. staurophora* (Castrac.) Cleve, *A. subacutiuscula* Schoeman, *A. thumensis* (Mayer) A. Cleve, *A. wisei*

(Salah) Simonsen, *Hantzschia spectabilis* (Ehrenb.) Hust., *H. vivax* (W. Sm.) Perag., *Nitzschia pseudohybrida* Hust., *Tryblionella acuta* (Cleve) D.G. Mann, *Campylodiscus bicostatus* W. Sm., *Surirella peisonis* Pant., *Korshikoviella limnetica* (Lemmerm.) P.C. Silva.

Впервые для акватории Черного моря приведены новые виды *Aphanothece stagnina* (Spreng.) A. Br., *Rhabdogloe asmithii* (R. etF. Chodat) Komarek, *Synechococcus aerunosus* Nägeli, *Caloneis molaris* (Grunow) Krammer, *Pinnularia brauniana* (Grunow) Mills, *P. viridis*(Nitzsch) Ehrenb., *Navicula platystoma* Ehrenb., *Achanthidium affine* (Grunow) Czarn., *Oocystis parva* W. etG.S. West.

Редкими для акватории Черного моря были виды *Thalassiothrix longissima* Cleve et Grunow, *Achnanthes stromi* Hust., *Anorthoneis hummii* Hust., *Pinnularia quadratarea* (A.W.F. Schmidt) Cleve.

Выводы

1. В результате исследований было обнаружено 770 видов водорослей, которые относятся к 213 родам, 97 семействам, 50 порядкам, 12 классам и 8 отделам.
2. Из них 683 вида составляют альгофлору Северо-Западного Причерноморья, 374 вида –альгофлору Черного моря.
3. Среди видового состава водорослей обнаружено 28 новых видов для Северо-Западного Причерноморья, 25 новых видов для территории Украины и 9 новых видов для Черного моря.

Список использованной литературы

1. Аксентьев Б.Н. Материалы к фитопланктону Одесского залива // Журн. наук.-досл. кафедр м. Одеси. – 1926. – Т. 2, № 4. – С. 62 – 79.
2. Аксентьев Б. Н. Планктонные диатомеи низовий Днестра и некоторых прилегающих к нему водоемов // Журн. наук.– досл. кафедр м. Одеси. – 1926. – Т. 2, № 1. – С. 53 – 61.
3. Владимирова К.С. Фитомикробентос придунайских водоемов // Тр. Ин-та гидробиол. АН УССР. – 1961. – № 36. – С. 242 – 263.
4. Владимирова К.С. Фитомикробентос Дуная и заливов Килийской дельты // Тр. Ин-та гидробиол. АН УССР. – 1961. – № 36. – С. 128 – 144.
5. Гусляков Н.Е., Закордонец О.А., Герасимюк В.П. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов. – К.: Наук. думка, 1992. – 112 с.
6. Иванов А.И. Фитопланктон усьевых областей рек Северо-Западного Причерноморья. – К.: Наук. думка, 1982. – 212 с.
7. Ковтун О.О. Еколого-біологычна, морфологічна і таксономічна характеристика фітобентосу Тилігульського лиману: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд.. біол.. наук: спец."Екологія"; Одеськ. нац.. ун-т ім.. І.І. Мечникова. – Одеса, 2009. – 24 с.

8. Погребняк И.И. Донная растительность лиманов Северо-Западного Причерноморья и сопредельных им акваторий Черного моря: автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра биол. наук: спец. 03.00.05 "Ботаника", Одес. гос. ун-т им. И.И. Мечникова. – Одесса, 1965. – 31 с.
9. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. – 222 с.
10. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли бентоса Черного моря. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – 243 с.
11. Свиренко Д.О. О планктоне нижнего Днестра и некоторых водоемов его бассейна // Журн. наук.-досл. кафедр. – 1926. – Т. 2, № 4. – С. 21 – 40.
12. Срединский Н.К. Материалы для флоры Новороссийского края и Бессарабии // Зап. Новорос. о-ва естествоиспытателей. – 1872 – 1873. – Т. 1, 2. – 291 с.

ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЦИАНОБАКТЕРИЙ НА КОЛОРАДСКОГО ЖУКА В СВЕТЕ ГИСТОПАТОЛОГИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Е. Б. ГОЛЬДИН
Крымский агротехнологический университет, г. Симферополь, п/о Аграрное, Крым. Тел./факс: 380 652 221389;
E-mail: Evgeny_goldin@mail.ru

Abstract. We have already discussed pathological effects of cyanobacteria on invertebrate organism in our papers. This study involved natural communities of Microcystis aeruginosa and Colorado potato beetle larvae of the second instar: food and insects taken separately and together were treated by 0.5% water suspension of cyanobacterial powder. The dynamics of inhibitory cyanobacterial action and histological alterations were observed in larvae during 7 days. The pathological process took place in midgut (epithelial hypersecretion, vacuolization, proliferation, degradation and desquamation), Malphigian tubes (caryolysis and desquamation in epithelium) and fat body (vacuolization and caryolysis) during the first 24 hours. During the following days these processes progressed (necrosis of midgut epithelium, muscle layer exposed and intestine wall destructed, total degradation and necrobiosis of fat body, dystrophy of Malphigian tubes), alterations in muscle fibres were observed (tissue homogenization, refining of fibres and dystrophy). Treatment of larvae caused the destruction of cuticle, hypoderm, respiratory system and subcuticular fat body. Complex treatment caused intense mortality.

Ключевые слова: цианобактерии, Microcystis aeruginosa, колорадский жук, биологическая активность, гистопатология.

Введение

Биологически активные вещества цианобактерий (синезеленых водорослей, Cyanoprocariota) и их роль в межвидовых отношениях, привлекают внимание специалистов и широких кругов населения, вызывая самые различные мнения. За последние годы зарегистрировано много примеров долгосрочных и многосторонних симбиотических, антагонистических и паразитических связей, существующих между цианобактериями и растительноядными членистоногими ("grazers") в естественных экосистемах и зависящих от комплексных биохимических взаимодействий. Результаты исследований показывают, что вторичные метаболиты цианобактерий выполняют защитную функцию, оказывая влияние на жизненные функции конкурентов и/или растительноядных организмов, вызывая стресс, репеллентный и детеррентный эффекты, но не всегда летальный эффект, и служат важным инструментом в построении межвидовых взаимоотношений

в водных экосистемах. насекомых является одним из наиболее важных и интересных разделов биологической науки. При этом гистопатологические исследования изменений, происходящих в организме фитофага под воздействием цианобактерий, позволяет выявить причины гибели и определить механизм межвидовых взаимодействий в природе.

С практической точки зрения биоцидные метаболиты цианобактерий могут быть источником препаратов для сельского хозяйства и медицины, предназначенных для биологического контроля численности вредных организмов, что представляет собой одну из наиболее перспективных тенденций в прикладном аспекте использования вторичных метаболитов.

Материалы и методы

Нами было проведено изучение патологического процесса у личинок колорадского жука второго возраста на протяжении семи суток. Личинки подвергались пероральному, контактному или смешанному воздействию 0,5%-ной суспензии высушенной тепловым способом природной популяции цианобактерий (98,0% *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk.) из Днепра. Контрольные насекомые вели нормальный образ жизни и питались необработанным кормом. С первого по седьмой день через определенные интервалы (на первые, вторые, третьи, пятые и седьмые сутки) проводили параллельное изучение патоморфологического состояния органов и тканей тест-объектов.

Личинок, лишенных головной капсулы, фиксировали в растворе Буэна в течение 24 часов, а затем отмывали в 70˚ этаноле до его полной прозрачности. После промывки материал обезвоживали в последовательно сменяемых спиртах – 80˚, 90˚ (по три часа), 96˚, абсолютный (по 6-12 часов). Обезвоженный материал проводили через ряд смесей абсолютного спирта и ксилола (по 15-30 минут), а затем помещали на два часа в ксилол, после чего подвергали пропитыванию в смеси парафина с ксилолом (1:1) в термостате при 37˚С (два часа). Перед заливкой материал выдерживали в парафине, расплавленном при 57˚, в открытых чашках Петри. Парафин меняли дважды: первое пропитывание длилось три часа, а второе – два. Окончательную заливку осуществляли в специальных формочках.

Серию парафиновых срезов толщиной 5-6μ окрашивали гематоксилином по Бемеру с дополнительной окраской эозином. Наряду с общими методами окрашивания, в нашем исследовании применялись специальные: для выявления мышечных волокон – по Ван-Гизону, слизи – муцикармином, содержания полисахаридов и нейтральных мукополисахаридов – реактивов Шиффа (ШИК-реакция), кислых белков и кислых мукополисахаридов – толуидиновым синим в разведении 1:1000.

Результаты и обсуждение

Изучение общего состояния внутренних органов и покровов тест-объектов на протяжении экспериментов свидетельствует о существенных изменениях в организме, вызванных цианобактериями. Это влияние отражается практически на всех элементах строения личинок колорадского жука. Уже в первые 24 часа после начала питания обработанным кормом у многих насекомых в средней кишке происходит гиперсекреция эпителия, а в апикальных отделах начинается разрушение клеток. У отдельных особей эти процессы сопровождаются пролиферацией и десквамацией эпителия кишечника. В цитоплазме клеток жирового тела наблюдается распространенная крупно– и мелкокапельная вакуолизация, а в отдельных клетках – даже кариолизис. В мальпигиевых канальцах начинается десквамация единичных эпителиальных клеток. Остальные органы и ткани пока остаются незатронутыми.

В течение следующих суток получают развитие процессы гиперсекреции и пролиферации в базальных отделах эпителия средней кишки. На отдельных участках усиленно делящиеся клетки образуют куполообразные скопления под эпителиальным пластом. Продолжается десквамация эпителиальных клеток, оголяющая мышечную стенку кишечника. В клетках жирового тела уже преобладают крупные вакуоли, интенсивно протекает кариолизис, в результате которого образуются обширные участки безъядерных клеток. У некоторых клеток жирового тела гиперхромные ядра увеличиваются, приобретая неправильную форму. Поражается все больше клеток эпителия мальпигиевых сосудов – увеличивается число безъядерных клеток.

На вторые сутки патологические изменения появляются в мышечной ткани – происходит гомогенизация цитоплазмы и кариопикноз в миобластах. Наблюдается также гиперплазия и полиморфизм ганглиозных клеток.

На третьи сутки у большинства подопытных личинок эпителий средней кишки охвачен вакуолизацией, гиперсекрецией и пролиферацией, а у некоторых особей явно выражен некроз эпителиальных клеток и их десквамация с обнажением мышечного слоя. В клетках жирового тела продолжается патологическая вакуолизация. Их гиперхромные ядра с мелкораспыленным хроматином находятся в различном состоянии. В одних клетках они очерчены четко, в других – уплощены и сдвинуты к периферии, а в третьих – уже произошел кариопикноз и кариолизис, и в жировом теле заметно большое количество безъядерных клеток. В целом, жировое

тело находится на стадии начала дистрофии. Границы между клетками, в основном, сохраняются, но отмечена их тенденция к стиранию. Интенсивная гиперсекреция и пролиферация эпителия средней кишки в первоначальный период заражения могут быть расценены как защитная реакция организма на токсины цианобактерий.

По мере ослабления организма и снижения его сопротивляемости гиперсекреция и пролиферация в средней кишке как защитные механизмы на пятые и седьмые сутки выражены менее интенсивно. Но десквамация с обнажением мышечного слоя, дистрофические и некробиотические изменения становятся глубже.

Параллельно наблюдается деградация выделительной системы – мальпигиевых канальцев, очевидно связанная как с общей интоксикацией, так и поражением средней кишки – мальпигиевы сосуды впадают в просвет кишечника на границе средней и задней кишки.

Распад жирового тела частично связан с детеррентной активностью цианобактерий. По всей вероятности, в этом случае происходит не просто с сокращение жирового тела в объеме, но его дистрофия и некроз, что объясняется не только голоданием личинок, а также проникновением биологически активных веществ цианобактерий.

Общие изменения в пищеварительной и выделительной системах, возникающие при пероральном заражении, а также истощение насекомых, приводит к снижению их активности и дистрофии мышечных волокон. Однако обработка самих личинок тоже приводит к ряду патологических нарушений. В первые 24 часа у насекомых обнаруживаются очаговые изменения кутикулы, проявляющиеся в отслоении эпи– и экзокутикулы, кариолизисе и фрагментарном некрозе гиподермы.

Совместная обработка насекомых и корма резко меняет гистопатологическую картину, наблюдаемую при раздельном нанесении суспензии. Сочетание экзо– и эндогенного воздействия биологически активных веществ синезеленых водорослей вызывает значительно более глубокие поражения во всех органах насекомых, чем их пероральное попадание с кормом или наружная обработка в отдельности.

Поражение жизненно важных органов и невозможность их нормального функционирования приводят к гибели насекомых.

Выводы

1. Взаимоотношения цианобактерий и растительноядных организмов в природе носят сложный комплексный характер, что подтверждается результатами модельных опытов.

2. В комплексе взаимодействий цианобактерий и растительноядных

организмов доминирует детеррентная составляющая, но нельзя исключать и другие аспекты (ингибирующее действие токсинов).

3. Поверхностная обработка насекомых также приводит к тяжелым поражениям личинок.

4. Совместная обработка насекомых и корма вызывает значительно более глубокие поражения во всех органах насекомых, чем их пероральное попадание с кормом или наружная обработка в отдельности.

ЭПИФИТНЫЕ ЦИАНОПРОКАРИОТЫ И ВОДОРОСЛИ В СООБЩЕСТВАХ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ

Ирина ДУБОВИК
Башкирский государственный университет,
450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32,
тел. (347)2299671, dubovikie@mail.ru

The comparative characteristic of taxonomic and ecology structures of epiphytic cyanoprocaryotae-algae cenoses living on tree bark, under the varying degrees of anthropogenic stress in broadleaf forest is given. It was identified 141 species and intraspecific taxa cyanoprokaryota and algae. Forest communities were characterized by relatively high biodiversity cyanoprocaryotae-algae cenoses.

Keywords: epiphytic cyanoprocaryotae algae broadleaf forest biodiversity of anthropogenic stress

Введение

Актуальной проблемой современной биологии является разработка подходов к сохранению и рациональному использованию биологического разнообразия в условиях усиления роли антропогенных факторов. Особенно это касается территорий, которые непосредственно прилегают к крупным промышленным городам, а также парков и лесов, которые испытывают повышенную рекреационную нагрузку.

В связи с этим целью наших исследований послужило выявление особенностей развития эпифитных цианопрокариот и водорослей в сообществах широколиственных лесов, а также определение антропогенного влияния на их биоразнообразие.

Объекты и методы

Изучение биоразнообразия цианопрокарионт-водорослевых ценозов (ЦВЦ) проводилось на трех стационарных участках лесных сообществ, которые относятся к одной ассоциации растительности – *Aegopodio podagrariae – Tilietum cordatae* Schubert et al., 1979, однако характеризуются разной степенью нарушенности [6].

Стационарные площадки: участок 1 – лес возле пос. Иглино Иглинского района Республики Башкортостан (контрольные древостои), 2 – лес возле микрорайона ИНОРС г. Уфы, и 3 – лес возле оз. Ближнее в г. Уфе (два последних участка подвержены аэротехногенному загрязнению). На стационарных участках пробы отбирали ежегодно с 2007 по 2010 гг., а также дополнительно в течение вегетационного периода 2009 г.: в мае, июле и сентябре. По аэротехногенному загрязнению ключевые участки различались следующим

образом: первый (контрольный) расположен в 50 км от источников нефтехимического загрязнения, второй и третий участки находятся в 5 и 2 км от промышленной зоны – группы нефтеперерабатывающих заводов в г. Уфа с высоким уровнем аэротехногенного загрязнения окружающей среды. Средний уровень загрязнения воздушными выбросами в виде различных углеводородов на участках 2 и 3 участках составляет 2.8 ПДК.

Отбор проб осуществляли с использованием общепринятых в альгологии методов [2, 7]. Доминантные виды деревьев на стационарных участках – липа сердцелистная (*Tilia cordata* Mill.)и дуб черешчатый (*Quercus robur* L.).

Пробы коры отбирали с тех стволов древесных растений, на которых невооруженным глазом были заметны макроскопические разрастания цианопрокариот и водорослей, на высоте 0, 70 и 150 см от поверхности почвы. При сборе были соблюдены все требования методики[2]. Собрано и проанализировано 135 проб. Параллельно отбирались и анализировались почвенные пробы.

При идентификации эпифитных ЦВЦ использован метод чистых и накопительных культур в колбах Эрленмейера с жидкой средой Громова №6. Проведено прямое микроскопирование разрастаний, а также осуществлен посев измельченной коры на агаризованную среду Громова № 6 в чашках Петри [2,7].

Для характеристики флоры ЦВЦ учитывались: видовой состав, доминантные виды, встречаемость (постоянство) видов в пробах. В работе использован коэффициент сходства видового состава флор Серенсена.

Эколого-фитоценотическая организация ЦВЦ оценивалась с помощью состава экобиоморф (жизненных форм) [1, 7].

Результаты и обсуждение

За весь период исследований эпифитных ЦВЦ сообществ широколиственных лесов нами было выявлено сравнительно довольно высокое биоразнообразие цианопрокариот и водорослей, всего 141 вид и внутривидовой таксон, в том числе на коре дубов – 68, лип – 83 (табл.1).

В доминантный комплекс, составленный по данным всех исследуемых участков, вошли: *Desmococcus olivaceus* (встречаемость в пробах 68%), *Trentepohlia annulata* (52%), *T. gobbi* (48%), *Stichococcus minor* (46%), *S. chodatii* (34%), *Nostoc muscorum* (40%), *Aphanocapsa incerta* (28%). В целом, доминирование зеленых водорослей является отличительной чертой альгофлоры на растительных субстратах в умеренной зоне [3,4,5]. Поскольку среда их обитания подвержена таким колебаниям влажности и температуры, клетки покрыты толстыми, многослойными оболочками, содержат большой запас питательных веществ.

Таблица 1.

Таксономический спектр ЦВЦ коры деревьев на участке широколиственного леса

Число	Отдел					Всего
	Cyanopro-karyota	Chloro-phyta	Bacillario-phyta	Xantho-phyta	Euglено-phyta	
Классов	1	1	1	2	1	6
Порядков	3	5	1	3	1	13
Семейств	7	13	2	6	1	29
Родов	23	36	4	10	1	74
Видов*	54	67	5	14	1	141

*Термин здесь и далее включает видовые и внутривидовые таксоны

Из зелёных водорослей богатством видов отличались 2 семейства (Chlorococcaceae, Chlorellaceae), из цианопрокариот ведущая позиция наблюдалась у 4 семейств (Pseudanabaenaceae, Nostocaceae, Microcystaceae, Phormidiaceae), из жёлтозелёных – семейство Pleurochloridaceae.

Экологическая формула по всей совокупности эпифитов выглядит следующим образом: Ch35Cf18C15P15H13X13ampf9Aer9hydr7B4Nf1Pf1M1. Во главе спектра находятся формы, которые могут хорошо переносить неблагоприятные условия среды. Преобладает Ch-форма (виды родов *Botrydiopsis, Chloroccocum, Chlorella, Chlorosarcinopsis* и др.) – это убиквисты, которые отличаются исключительной устойчивостью к различным экстремальным условиям. Велика доля азотфиксирующих цианопрокариот (Cf-форма) (виды родов *Cylindrospermum, Nostoc, Anabaena*), нитевидных ксерофитов (P-форма) (виды родов *Phormidium, Leptolyngbya, Jaaginema*, некоторые *Oscillatoria*), а также представителей C-форм (виды рода *Chlamydomonas*), которые могут переживать недостаток влаги в пальмеллоидном состоянии.

Разделение выявленных цианопрокариот и водорослей по отношению к влажности [5] выглядит таким образом: $M_{56}O_{54}П_{31}$. Доминирующее положение занимают мезоатмофиты – организмы, более требовательные к содержанию воды в воздухе (виды C– и H-форм); с незначительным отставанием следуют олигоатмофиты, – водоросли, которые нуждаются в постоянном минимальном увлажнении Ch-, P– (и Pf-), M– форм, а также ряд видов B-формы (*Hantzschia amphioxys* и *Pinnularia borealis*); полиатмофиты, которые нуждаются в высокой влажности и затенении – виды X– и B-форм, занимают последнее место.

Максимальное число видов эпифитных ЦВЦ постоянно отмечалось на стволе деревьев у поверхности земли (28). С увеличением высоты ствола

наблюдалось уменьшение видового разнообразия эпифитных ЦВЦ, минимальное число (1-6) обнаруживалось на высоте 150 см. При этом представители Aer– формы (виды родов *Desmococcus, Trentepohlia*, *Trebouxia*) отмечались во всех пробах постоянно.

Изучение сезонной динамики эпифитных ЦВЦ не выявило четкой зависимости числа видов ЦВЦ от сезона года (табл. 2). Так, на первом участке максимальное число видов ЦВЦ зафиксировано на липе весной (26), на дубе – осенью (17), на участке 2 – на липе зимойи осенью (по 25), на дубе – летом (33), на участке 3 – на дубе весной и летом (33 и 34, соответственно).

Таблица 2.

Сезонная динамика отделов эпифитных ЦВЦ по всем участкам

Отделы	Зима	Весна	Лето	Осень
Cyanoprokaryota	17	17	13	15
Bacillariophyta	1	0	2	2
Xanthophyta	4	5	3	2
Chlorophyta	20	23	19	18
Всего	42	44	37	37

Цианопрокариоты и водоросли по степени их приуроченности к определённому сезону можно разделить на следующие комплексы: виды, вегетирующие круглый год (*Desmococcus olivaceus, Trentepohlia umbrina, Trebouxia arboricola, Actinochloris sphaerica, Mychonaster homoshaera, Stichococcus minor, Tetracystis aggregata*);

- виды, господствующие в летний период (*Synechococcus elongatus, Aphanocapsa incerta, Leptolyngbya foveolarum, L. frigida, Scytonema hofmanni, Nostoc calcicola, Borodinellopsis oleifera, Coccomyxa subglobosa f. subglobosa, Chlorhormidium nitens, Chlorosarcinopsis minor, Bracteacoccus minor, Chlorella vulgaris f. vulgaris, Chlorococcum infusionum);*
- виды, доминирующие в весенний период (*Synechocystis parvula, Synechococcus elongatus, Rhabdogloea smithii, Microcystis pulverea f. minor, Leptolyngbya angustissima, Chlorokybus atmophyticus*);
- виды, преобладающие в осенний период (*Aphanocapsa incerta, Microcystis pulverea f. minor, Leptolyngbya foveolarum, Scytonema hofmanni, Chlorosarcinopsis minor, Trentepohlia annulata,Coccomyxa gloeobotrydiformis*);
- виды, преобладающие в зимний период (*Microcystis pulverea f. minor, Chlorosarcinopsis minor*).

Выводы

Все изученные лесные сообщества, находящиеся на разных стадиях рекреационной сукцессии и имеющие различный уровень аэротехногенного загрязнения, характеризовались довольно высоким биоразнообразием ЦВЦ. Коэффициент флористического сходства Серенсена между ЦВЦ почвы и коры деревьев невелик (37% на участке 1, 46% на участке 2, 42% на участке 3). Это показывает случайное попадание цианопрокариот и водорослей из почвы на кору деревьев. Эти организмы – малоспециализированная в отношении субстрата группа. Большинство видов являются убиквистами, которые встречаются в самых разных условиях обитания

Состав и структура эпифитных ЦВЦ не зависит от места произрастания дерева и аэротехногенного загрязнения. Морфометрических и цитологических различий между клетками цианопрокариот и водорослей исследованных зон не обнаружено.

Таким образом, можно сделать вывод, что состав эпифитных ЦВЦ не может использоваться для биоиндикации лесных экосистем. Колебания биоразнообразия ЦВЦ носят случайный характер и определяются больше природными причинами.

Список литературы

1. *Алексахина Т.И., Штина Э.А.* Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 149 с.
2. Водоросли: Справочник / Под редакцией Вассера С.П. Киев: Наукова Думка, 1989. 608 с..
3. *Дубовик И.Е.* Водоросли эродированных почв и альгологическая оценка почвозащитных мероприятий. -Уфа.: Изд-во Башкирского университета, 1995. 154 с.
4. *Дубовик И.Е.* Перемещение водорослей аэрофитона и их поселения на различных субстратах // Альгология. 2002. Т. 67. № 1. с. 125–132.
5. *Егорова И.Н.* Эпифитная альгофлора Прибайкалья: видовое разнообразие и экологические особенности: Автореф. дис. … канд. биол. наук: 03.02.01. , 03.02.08. Улан-Удэ: Сиб. ин-т физиологии и биохимии растений, 2006. 19 с.
6. *Таран И.В.* Рекреационные леса Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1985. 228 с.
7. *Штина Э.А., Голлербах М.М.* Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 144 с.

СПЕЦИФИКА ЭКОТОННОГО АЛЬГО-ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА ОПУШКИ ЛЕСА

Любовь КОНДАКОВА[1,2], Людмила ДОМРАЧЕВА[2,3]
[1]Вятский государственный гуманитарный университет (Россия, г. Киров, ул.Красноармейская, д.26; e-mail: kaf_eco@vshu.kirov.ru)
[2]Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук
[3]Вятскаягосударственнаясельскохозяйственнаяакадемия

Algae-cyanobacterial flora specious composition of coniferous woodside and the adjoining ecotones was studied. A higher specious diversity was found in soil phototrophs of the woodside. As for the specious number, eukaryotic phototrophs prevail, as for the general amount, cyanobacteria dominate in autumn biofilms – 13160.0 ± 1287.0 thousand cells per 1 gr.
Keywords: woodside, ecotone, ecotope, algae-cyanobacterial flora, phototroph

Введение

Любые экотонные сообщества – яркий пример существования организмов в пограничных зонах, где различные физические, химические и биологические процессы протекают наиболее интенсивно. Совокупность эдафических факторов в подобных зонах обеспечивает, как правило, формирование группировок с наиболее богатым набором видов по сравнению с прилегающими экотонами.

Цель данной работы – выявить специфические особенности такого экотонного сообщества микрофототрофов, как опушка леса, где происходит смыкание лесной и луговой растительности.

Материалы и методы

Исследования проведены в природных биотопах пригородной зоны города Кирова (Россия). Определение видового состава осуществляли методом прямого микроскопирования свежесобранных образцов и постановкой чашечных культур со стёклами обрастания. Численность определяли методом прямого микроскопирования почвы.

Результаты и обсуждения

При флористическом анализе альгофлоры опушки леса выявлено 68 видов (табл. 1). Видовое разнообразие почвенных фототрофов примыкающего леса составляло 10 видов, а ближайшего луга – 54 вида. По числу видов преобладали цианобактерии (39,7%) и зелёные водоросли (33,8%).

Таблица 1.

Видовой состав микрофототрофов экотонных сообществ (1 – число видов, 2 – процент)

Экотон	Отделы													
	Cyano-bacteria		Chloro-phyta		Xantho-phyta		Eustig-mato-phyta		Bacilla-riophyta		Другие отделы		Всего	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Опушка елово-соснового леса	27	39,7	23	33,8	8	11,8	3	4,4	6	8,8	1	1,5	68	100
	22	40,7	20	37	3	5,6	0	0	8	14,8	1	1,9	54	100
Елово-сосновый лес	1	10	5	50	3	30	0	0	1	10	0	0	10	100

Отмечены различия доминирующих видов этих сообществ. Так, ведущая роль в экотонном сообществе опушки леса принадлежит следующим видам:*Tolypothrix tenuis, Fischerella muscicola, Scytonema ocellatum*, *Nostoc paludosum, Phormidium boryanum, Microcoleus vaginatus, Klebsormidium flaccidum, Cylindrocystis crassa, Cylindrocys tisbrebissonii, Hantzschia amphioxys, Pinnularia borealis*. В лесном экотопе доминантами являлись зелёные водоросли и цианобактерии: *Klebsormidium nitens, Pseudococcomyxa simplex, Phormidium boryanum, Leptolyngbya angustissima*, а в луговом : *Anabaena sphaerica, Nostoc muscorum, Phormidium boryanum , Phormidium formosum, Leptolyngbya foveolarum, Microcoleus vaginatus, Klebsormidium flaccidum, Hantzschia amphioxys, Nitzschia palea*.

Для лесных биогеоценозов спектр жизненных форм характеризуется резким преобладанием двух жизненных форм – X и C. В формулах экобиоморф экотонных сообществ на первые места выходят представители X-, P-, C-, B-формы (табл.2). Представители P-формы – нитевидные цианобактерии, тяготеют к голым участкам минеральной почвы, занимают пространство между растениями. X-форма – одноклеточные жёлтозелёные и многие зелёные водоросли, теневыносливые, неустойчивые к засухе и экстремальным температурам. B-форма – диатомовые водоросли, живущие в поверхностных слоях влажной почвы, холодостойкие, светолюбивые. C-форма включает одноклеточные, колониальные или нитчатые формы, которые могут образовывать обильную слизь [1].

Таблица 2.

Экологическая структура альгофлоры природных экотопов

Экотоп	Видовое обилие	Формула экобиоморф
Пойменный луг	54	$P_{12}\ C_{11}B_8\ X_6\ H_6\ Ch_4\ hydr_3\ M_2\ amph_2$
Опушка леса	68	$X_{14}P_{14}\ C_{10}Ch_8\ H_7\ B_6\ amph_4\ M_2\ hydr_2$
Елово-сосновый лес	10	$X_4Ch_3B_1P_1H_1$

Сравнительный анализ структуры экотонного сообщества опушки леса по видовому обилию и количественным характеристикам микробных группировок показывает, что эукариотные фототрофы преобладают по количеству видов, но наибольший вклад в численность фототрофных популяций вносят прокариоты (цианобактерии) (табл. 3).

Таблица 3.

Структура альго-цианобактериальных группировок экотонного сообщества опушки леса (%)

Показатель	Водоросли	Цианобактерии
Количество видов	60,3	39,7
Численность клеток	7,3	92,7

Пика развития фототрофные группировки экотона достигают при «цветении» почвы, когда их плотность достигает свыше 14 млн.кл/см^2, явление, никогда не диагностируемое на лесных почвах. «Цветение» почвы – факт, благоприятный для выделения альгологически чистых культур фототрофов с последующей перспективой их биотехнологического использования. В частности, цианобактерия *Fischerella muscicola*, которая является одним из доминантов поверхностных разрастаний, при тестировании на антагонистическую активность обнаружила сильнейший фунгицидный эффект против фитопатогенных грибов рода *Fusarium*.

Выводы

Дальнейшие исследования экотонных сообществ, с одной стороны, расширяют представления о биоразнообразии водорослей и цианобактерий природных экотопов, с другой стороны, – пополняют список микробов-продуцентов биотехнологического профиля.

Список цитированной литературы

1. Алексахина Т.И., Штина Э.А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 148 с.

DINOPHYTA ВОДОХРАНИЛИЩА «ДЕНЫШИ» (ЖИТОМИРСКАЯ ОБЛАСТЬ, УКРАИНА)

А.Ф. КРАХМАЛЬНЫЙ
Институт эволюционной экологии НАН Украины,ул. Академика Лебедева, 37, 03143 Киев, Украина, e-mail: krakhmalnyy_a@mail.ru

In the present paper seventeen species of Dinophyta belonging to eight genera are reported from "Denyshi" reservoir (Zhytomyr region, Ukraine). Two species – Ceratium furcoides (Levander) Langhans and Peridiniopsis borgei Lemmerm. are new for Ukraine. Detailed descriptions and original drawings along with critical notes are provided.

Ключевые слова: Dinophyta, р. Тетерев, водохранище «Деныши», Украина.

Введение

Водоросли реки Тетерев, включая водохранилище «Деныши», хорошо изучены, найдено более семисот видов [17]. Однако о динофитовых водорослях (Dinophyta) водохранилища информации очень мало, известно всего лишь несколько видов, относящихся к роду *Ceratium* Ehrenb. [18]. Целью данной работы стало изучение видового состава и морфологии динофитовых водорослей этого искусственного водоема.

Материал и методы

Образцы водорослей отобраны из поверхностного слоя воды водохранилища в июне 2008 года (планктонная сеть, газ № 76). Гимнодиниевые (Gymnodiniales) изучены в живом состоянии с помощью светового микроскопа (СМ) «Лабоваль 4», исследование фиксированных образцов (раствор формальдегида с конечной концентрацией 4%) было продолжено на СМ «Олимпус 51Х» (увеличение до 1000 раз). При изучении пластинок теки (Gonyaulacales, Peridiniales) применен метод окрашивания красителем Трипан-Блю [25]. В работе использована объединенная система свободноживущих и ископаемых динофлагеллят [21] с дополнениями автора [5]. Уже известные для водоемов Украины виды приведены без описаний, они опубликованы ранее [1, 5, 8, 22]. Такие виды сопровождаются рисунками, базионимами, если они имеются, наиболее известными синонимами, ссылками на литературу по распространению и таксономическими замечаниями. Новые для флоры Украины виды снабжены рисунками, оригинальными описаниями и точным местонахождением.

Результаты и обсуждение

Динофитовые водоросли водохранилища «Деныши»:

отд. **DINOPHYTA** Round 1965
пор. **Gymnodiniales** Apstein 1909
сем. ***Gymnodiniaceae***(Bergh) Lankaster 1885

Gymnodinium paradoxum A.J.Schill. 1891. Рис. 6. Synonyms: *Gymnodinium paradoxum* var. *maior* Lemmerm., *G. paradoxum* f. *astigmosa* Nygaard. Вид известный для водоемов зоны Украинского Полесья [2, 15].

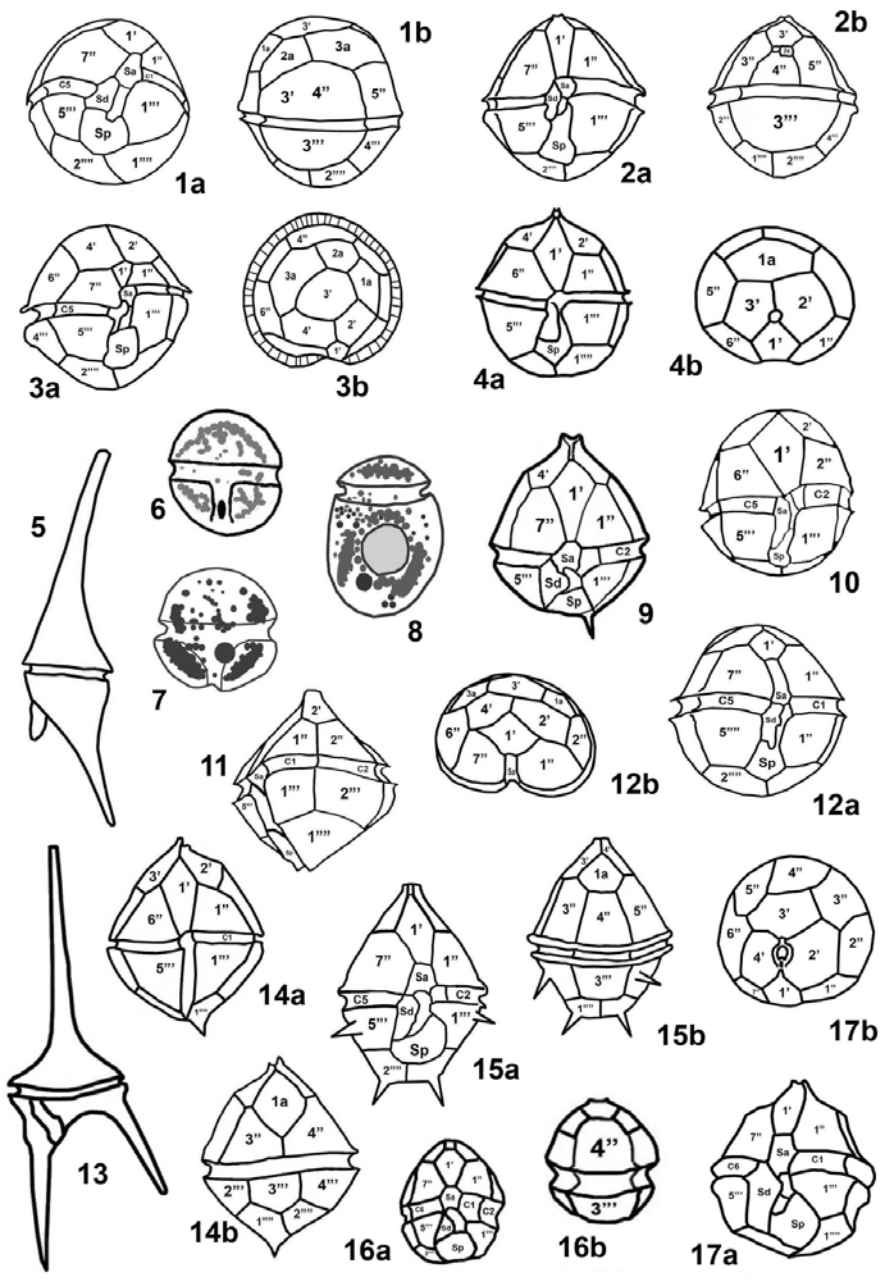


Рис. 1–17. **Dinophyta водохранилища «Деныши» (Житомирская область, Украина)**.1a–1b– *Peridinium cinctum* (O.F. Müll.) Ehrenb., 2a–2b– *Peridiniopsis polonicum* (Wołosz.) Bourr., 3a–3b– *Peridinium gatunense* Nygaard, 4a–4b– *Peridiniopsis borgei* Lemmerm., 5– *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans, 6– *Gymnodinium paradoxum* A.J. Schill. 7– *Katodinium fungiforme* (Aniss.) A. LoeblichIII, 8– *Amphidinium amphidinioides* (Geitler) J. Schiller, 9– *Parvodinium goslawiense*(Wołosz.) Carty, 10– *Durinskia baltica* (Levander) Carty et Cox, 11– *Protoperidiniumachromaticum* (Levander) Balech., 12a–12b– *Peridinium voltzii* Lemmerm., 13– *Ceratium hirundinella* (O.F. Müll.) Bergh, 14a–14b– *Peridiniopsis kevei* Grigorszky et al., 15a–15b– *Peridiniopsis quadridens (*F. Stein) Bourr., 16a–16b– *Parvodinium umbonatum*(F.Stein) Carty, 17a–17b– *Peridiniopsis elpatiewskyi* (Ostenf.) Bourr. Обозначения пластинок согласно системе Кофоида [5].

Katodinium fungiforme (Aniss.) A. Loeblich III 1965. Рис. 7. Basionym: *Gymnodinium fungiforme* Aniss. Synonyms: *Gymnodinium fungiforme* J.Schiller, *K. fungiforme* Fott, *Massartia fungiforme* J.Schiller. Впервые упоминается для Украинского полесья, но его неоднократно находили в других регионах Украины [5, 22].

Amphidinium amphidinioides (Geitler) J. Schiller 1933. Рис. 8. Basionym: *Gymnodinium amphidinioides* Geitler. Впервые упоминается для пресных водоемов Украины, однако вид известный из планктона Черного моря [5, 22].

пор. **Gonyaulacales** Taylor 1980

сем. ***Ceratiaceae*** Wiley et Hickson 1909

Ceratium furcoides (Levander) Langhans 1925. Рис. 5. Basionym: *Ceratium hirundinella* var. f*urcoides* Levander. Synonym: *Ceratium furcoides* f. *gracile* Entz. ЭтоперваянаходкавУкраине. Клетки веретеновидные, узкие, сильно сжатые дорзовентрально. Эпикон конический, апикальный рог длиннее антапикального. Поясок узкий. Гипокон широкий и короткий, имеет два рога. Центральный рог самый длинный. Эпикон с апикальной порой и четырьмя апикальными пластинками. Хлоропласты многочисленные, овальной формы. Размеры: 123–133 мкм дл. и 28–42 мкм шир. Местонахождение в Украине: водохранилище «Деныши» (координаты: 50º11'57.68" СШ, 28º22'30.29" ВД).

Ceratium hirundinella (O.F. Müll.) Bergh 1881. Рис. 13. Basionym: *Bursaria hirundinella* O.F. Müll.ИзвестендляводоемовУкраинскогоПолесья [3, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18].

пор. **Peridiniales** Haeck. 1894

сем. ***Peridiniaceae*** Ehrenb. 1828

Durinskia baltica (Levander) Carty et Cox 1986. Рис. 10. Basionym: *Glenodinium balticum* Levander. Synonym: *Peridinium balticum* (Levander) Lemmerm., *P. dybowskii* Wolosz. *Peridiniopsis balticum* (Levander) Bourr. Впервые упоминается для Украинского полесья, известен из других регионов Украины [5, 22].

Peridiniumcinctum (O.F. Müll.) Ehrenb. 1838. Рис. 1a–1b.Basionym: *Vorticella cincta* O.F. Müller.*P. cinctum* широко распространен и хорошо изучен, часто упоминается во флористических работах [5, 22]. Вид нередко путают с *Peridinium gatunense*, имеющим такую же табулярную формулу и асимметричное расположение пластинок на эпиконе. Основное морфологическое отличие между двумя видами заключается в строении вентральной области [19].

Peridiniumgatunense Nygaard 1925. Рис. 3a–3b. Synonym: *Peridinium cinctum* var. *gibbosum* M. Lefevre. Украинское Полесье [8].У экземпляров *P. gatunense*, обнаруженных в водохранилище «Деныши», меньшие размеры первой апикальной пластинки, чем те, которые упоминаются в литературе [24].

Peridiniumvoltzii Lemmerm. 1905. Рис. 12a–12b. В водоемах Украинского Полесья вид находили неоднократно [6, 9, 10]. *Peridiniumwillei* и *P. wolzii*Lemmerm. морфологически [20, 24] и генетически [26] близкие виды, из-за чего их часто путают или ошибочно объединяют в один вид: *P. willei*Huitf.– Kaas [27].

Peridiniopsis elpatiewskyi (Ostenf.) Bourr. 1968. Рис. 17–17b. Basionym: *Peridinium umbonatum* var. *elpatiewskyi* Ostenf. Synonyms: *Glenodinium elpatiewskyi* (Ostenf.) J.Schiller, *Peridinium elpatiewskyi* (Ostenf.) Lemmerm., *P. elpatiewskyi* var. *pseudopenardii* Er.Lindem., *P. umbonatum* var. *elpatiewskyi* Ostenf. *P. elpatiewskyi* – это также один из наиболее широко рапространненых и наиболее изученных видов пресноводных динофлагеллят [5, 22].

Peridiniopsis borgei Lemmerm. 1904. Рис. 4a–4b. Впервые найден в Украине. Клетки овальной, округлой или грушеподобной формы, немного сжатые дорзовентрально. Эпикон чаще шлемоподобный, остроконечный, с апикальной порой. Гипокон широко-округлый или обратнотрапецевидный. Поясок медиальный, нисходящий. Борозда слегка заходит на эпикон, расширяется книзу, но антапекса не достигает. Края пояска и борозды часто с развитыми перепонками (крыльями). Пластинки с сетчатым узором или морщинистые. Хлоропласты многочисленные, дискообразные. Формула теки: Po, 3', 1a, 6", C5, S4-5(?), 5"', 2''''. Размеры клеток: 40–55 мкм дл., 35–41 мкм шир. Местонахождение в Украине: водохранилище Деныши. *P. Borgei* морфологически близок к*P. kevei*[4, 29], оба имеют одинаковую текальную формулу, но *P. kevei*ромбовидной формы.

Peridiniopsis keveiGrigorszky et al. 1998.Рис. 14a–14b. Synonyms: *Peridiniopsis corillionii*Leirag et al.,*P.rhomboides* Krachmalny. В водоемах Украинского Полесья единственная находка [4].Из-за ромбовидной формы клеток и присутствия на антапексе шипа *P. kevei*занимает особое положение в роде *Peridiniopsis*. По общей форме напоминает представителя другого

рода – *Peridinium wisconsinense* Eddy, но *P. wisconsinense* до сих пор находили только в Северной Америке и у *P. kevei*нет передних интеркалярных пластинок. По текальной формуле *P. kevei*близок к *Peridiniopsis borgei* Lemm. Впервые *P. kevei* был найден в озере Балатон. Первое упоминание нового таксона опубликовано с нарушениями МБК и в малодоступном сборнике конференции [29], из-за чего были переописания вида под другими названиями во Франции [23] и Украине [4].

Peridiniopsis polonicum (Wołosz.) Bourr. 1968. Рис. 2a–2b. Basionym: *Peridinium polonicum* Wołosz. Вид неоднократно находили в Украинском Полесье [1, 9, 10, 13, 14].Й.Шиллер [28], а вслед за ним И.А. Киселев [1], А.М. Матвиенко, и И.Р. Литвиненко [8] *Peridinium polonicum* ошибочно рассматривали как синоним *Glenodinium gymnodinium* Penard.

Peridiniopsis quadridens (F.Stein) Bourr. 1968. Рис. 15a–15b. Basionym: *Peridinium quadridens* F.Stein. Synonym: *Glenodinium quadridens* (F.Stein) J.Schiller. ШирокораспространенповсемрегионамУкраины [5, 22]. *P. quadridens* иногда, ошибочно, определяют как *P. cunningtonii*, отличается симметрично расположенной передней интеркалярной пластинкой и "лишней" предпоясковой.

Parvodinium goslawiense(Wołosz.) Carty 2008. Рис. 9. Basionym: *Peridiniumgoslawiense*Wołosz. Synonym: *Peridinium umbonatum* var. *goslaviense* (Wołosz.) PopovskyetPfiester. Упоминается впервые для Украинского полесья, но известен из других регионов Украины [5, 22].

Parvodinium umbonatum (F.Stein) Carty 2008. Рис. 16a–16b. Basionym:*Peridiniumum bonatum* F.Stein. Это один из наиболее широко распространенных и морфологически вариабельных видов [5, 22]. Рисунки, используемые разными авторами, значительно разнятся. Единственное, что объединяет их – это парные, симметрично расположенные передние интеркалярные пластинки, разделенные третьей апикальной.

Protoperidinium achromaticum (Levander) Balech. 1974. Рис. 11. Basionym: *Peridinium achromaticum* Levander. Synonyms: *P. achromaticum* Lebour, *P. achromaticum* J.Schiller. Упоминается впервые для Украинского полесья. Род *Protoperidinium* морской, однако этот вид является исключением и его не раз находили в континентальный водоемах [5, 22].

Выводы

В итоге проведенного изучения альгофлоры водохранилища «Деныши» выявлено 17 видов динофитовых водорослей, относящихся к 3 порядкам (Gymnodiniales**,** Gonyaulacales**,** Peridiniales), 3 семействам (*Gymnodiniaceae*, *Ceratiaceae*, *Peridiniaceae*) и 8 родам (*Gymnodinium*, *Katodinium*, *Amphidinium*, *Ceratium*, *Durinskia*, *Peridinium*, *Peridiniopsis*, *Parvodinium*, *Protoperidinium*). Два вида (*Ceratiumfurcoides* и *Peridiniopsisborgei*) – новые

для водоемов Украины, 10 – новые для района исследований и 5 – новые для Украинского Полесья.

Список использованной литературы

1. КиселевИ.А. Пирофитовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. – М.: Советская наука, 1954. – Вып. 6. – 212 с.
2. Клоченко П.Д., Митківська Т.І. Фітопланктон приток верхнього Дніпра // Укр. ботан. журн. – 1993. –**50**, N 2. – С. 69–79.
3. Крахмальный А.Ф. Сравнительный анализ фитопланктона рек Припятского Полесья в условиях крупномасштабной мелиорации региона. – Киев. – 1990.– 50 с.– Рукопись деп. в ВИНИТИ 27.06.90, N 3673–В90.
4. Крахмальный А.Ф. Новый вид рода *Peridiniopsis*Lemm. (*Peridiniales, Dinophyta*) // Альгология. – 2001. – **11**, № 4. – С. 468–473.
5. Крахмальный А.Ф. Динофитовые водоросли Украины (иллюстрированный определитель). – Киев: Альтерпрес, 2011. – 444 с.
6. Литвиненко Р.М. Пресноводные перидиниевые водоросли Украины. Дис. ...канд. биол. наук. – Харьков. – 1972.– 183 с.
7. Литвинова М.О. До вивчення фітопланктону верхнього Дніпра // Укр. ботан. журн. – 1964. –**21**, № 3. – С. 43– 52.
8. Матвієнко О.М., Литвиненко Р.М. Пірофітові водорості – Pyrrophyta / Визначник прісноводних водоростей Української ССР. ІІІ. Част. 2. – Київ: Наук. думка, 1977. – 386 с.
9. Радзімовський Д.О. До мікрофлори водоймищ по околицях Києва.ІІ. оз. Конча // Пр. Дніпровської біол. ст.– Київ, 1929. – **5**. – С.253–268.
10. Радзімовський Д.О. Замітка про фітоплнктон оз. Заспа // Пр. гідробіол. ст. АН УСРСР.– 1937.– № 14. – С.150–175.
11. Радзимовский Д.А. Фитопланктон новопостроенных рыбоводных прудов УССР в первый год заполнения их водой // Тр. Ин–та гидробиолог. АН УССР.– 1955.–**32**.– С.48–56.
12. Радзімовський Д.О., Гринь В.Г. До питання про сезонну динаміку фітопланктону р.Дніпро вище Києва та гирла р.Прип'яті // Укр. ботан. журн. – 1962. –**19**, № 5. – С. 84–93.
13. Радзімовський Д.О., Поліщук В.В. Планктон річки Прип'ять. – Київ: Наук. думка, 1970. – 212 с.
14. Ролл Я.В. Фітопланктон Дніпра, Прип'ятіі гірла Десни // Пр. Ін–ту рибного господарства України.–1936.– № 2.– С. 1–50.
15. Сиренко Л.А., Корелякова И.Л., Михайленко Л.Е. и др. Растительность м бактериальное население Днепра и его водохранилищ. – Киев: Наук. думка, 1989. – 232 с.
16. Фролова И.А. Водоросли озер и прудов и их значение для типологии водоемов. Автореф. дис. ... канд. биолог. наук.– Киев. – 1952.– 18 с.
17. Шелюк Ю.С., Корнейчук Н.Н. Таксономическое разнообразие водорослевых сообществ р. Тетерев (Украина) // Альгология. 2009. – **19**, № 3. – С. 284–293.
18. Щербак В.И., Кузьминчук Ю.С. Фитопланктон реки Тетерев в условиях неоднородности формирования речного стока (Украина) // Альгология. – 2006. – 16, № 1. – С. 81–91

19. Boltovskoy A. *Peridinium cinctum* f. *westii* del ar de Galilea, sinonimo de *Peridinium gatunense* (Dinophyceae) // Limnobios. – 1983. – **2**,N 6. – P. 413–418.
20. Boltovskoy A. *Peridinium willei* (Dinophyceae) y sus formas: Ecologia y Distribucion en la Argentina // Bol. Soc. Argent. Bot. – 2003. –**38** (1–2). – P. 175–184.
21. Fensome R. A., Taylor F.J.R., Norris G., Sarjeant W.A.S., Wharton D.I., Williams G.L. Classsificatio of living and fossil *Dinoflagellates* // American Museum of Natural Histiry. Micropaleontology. Special publication. – 1993. – N 7. – 351 p.
22. Krakhmalnyy A.F., Panina Z.A., Krakhmalnyy M.A. Dinophyta. In. Algae of Ukraine: Diversity, Nomenclature, Taxonomy, Ecology and Geography / Edited by P.M.Tsarenko, S.P.Wasser, E.Nevo. Vol. 1. Cyanoprocaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta, Rhodophyta. Ruggell. A.R.A. Gantner Verlag K.G. / Liechtenstein. – 2006. – P. 470–532.
23. Leitag M., Ten-Hage L., Mascarell G., Coute A. *Peridiniopsis corillionii* sp. nov. (Dinophyta), une nouvelle dinophycee d'eau douce de France responsible de merees roouges en riviere // Algological Studies. – 2001. –**102**. – P. 1–15.
24. Ling H.U., Croome R.L., Tyler P.A. Freshwater Dinoflagellates of Tasmania, a Survey of Taxonomy and Distribution// Br. Phycol. J. – 1989. – **24**. – P. 111–129.
25. Okolodkov Y. B.*Protoperidinium* Bergh (Dinophyceae) of the National Park sistema arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico, with a key for identification // Acta Botanica Mexicana.– 2008. – **84**. – P. 93–149.
26. Pfiester L.A., Carty S. Utex 1336: *Peridinim cinctum* or *Peridinim volzii* (Dinophyceae)? //J. Phycol. –1985. – 21. – P. 509–511.
27. Popovsky J., Pfiester L. *Dinophyceae* (Dinoflagellida). Susswasserflora von Mitteleuropa Band. **6**. Jena. Stutgart: Gustav Fischer, 1990. – 272 p.
28. Schiller J. *Dinoflagellatae*(*Peridineae*) inmonographischerBehandlung. Rabenhorst'sKryptogamenFlora, Band 10, Abt.3. –Leipzig: Akad. verlag, 1935. – **2**, № 1. – S.1–160.
29. VasasF., GrigorszkyI., KleeR. *Peridiniopsiskevei*anewfreshwaterdinoflagellate (Peridiniaceae, Dinophyta) fromHungary / HungarianAlgologicalMeeting. Gardony, 12–15 May 1998. Ed. E.Acs, K.T.Kiss. – 1998. – P. 8.

ОБЗОР ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ БАССЕЙНА Р. АРАГВИ

Л.К. КУХАЛЕИШВИЛИ
Институт ботаники государственного университета Ильи, г. Тбилиси, Грузия.
lalikuk@yahoo.com

Abstract. In different types of water reservoirs of the river Aragvi basin 263 taxa of 3 classes, 12 orders, 26 families and 45 genera. The order Bacillariophyceae is represented by the highest number of species, the number of which is 216, i.e. 82% of the total number of the diatom species recorded on the study area. The class Fragilarophyceae is represented by 45 taxa, i.e. 17% of the total number of the recorded diatoms. The class Coscinodiscophyceae is represented by only 2 species (1%).

Of the species of Bacillariophyceae the following orders are lading by the number of species present: Naviculales (80), Cymbellales (47), Bacillariales (43) and Achnanthales (20).

In the class Fragilariophyceae the order Fragilariales is the most diverse on the studied area.

The majority of the diatoms recorded by us in the rivers of Aragvi basin are benthic, while phytoplankton is better developed in lakes.

In all types of the water bodies species of the following genera are the most frequent: Diatoma, Cymbella, Navicula, Synedra, Gomphonema, Nitzschia,Hannaea, Cocconeis, Fragilaria

Ключевые слова: диатомовые, виды, роды, Водоемы.

Введение

Бассейн р. Арагви расположен на южном склоне центрального Кавкасиони. Его площадь 2724 км^2. Рельеф бассейна сложный, разнообразный. Здесь представлены высокие хребты с крутыми глубоко расчлененными склонами, узкие ущелья, высокие вулканические горы и плато, холмистые предгорья, широкие террасированные долины и аккумулятивные равнины.

Речную систему бассейна создают четыре более или менее равные друг другу довольно большие реки: Мтиулетская или Белая, Гудамакарская или Черная, Хевсуретская и Пшавская Арагви. По стоку и длине за главную реку принимается Мтиулетская или Белая Арагви. Она берет начало в северной части вулканического плато Кел-Непискало на высоте 3155 м. над ур. м. У поселка Пасанаури с ней соединяется Гудамакарская или Черная Арагви, которая зарождается южнее гор Чаухи на высоте 2952 м. над ур. м. Около села Жинвали Белая Арагви принимает Пшавскую Арагви. Она начинается от южного склона горы Диди Борбапо на высоте 3084 м. над ур. м. В местности Орцхали в нее впадает р. Хевсуретская Арагви, которая

образуется слиянием нескольких речек. Часть из них стекает с гор Чаухи, а часть берет начало с южных склонов Центрального Кавказского хребта и соединяются они у села Гули. В городе Мцхета р. Арагви слева впадает в р. Мтквари (Куру).

В истоках основных рек (Белая, Черная, Хевсуретская, Пшавская Арагви) ущелья узкие и глубокие. Реки в этой части характеризуются большой скоростью течения (2 – 2,5м/сек.). В нижнем течении р. Арагви образует широкое ущелье. [1,2,4].

Бассейн беден озерами. Почти все они невелики по площади и в основном расположенный в высокогорной части бассейна [3]. В нижней части изучаемого региона озер почти нет. Нами были исследованы озеро Абуделаури (ущелье р. Хевсуретской Арагви), Нариана (у истоков р. Черной Арагви), небольшие озера расположенные на Кельском вулканическом плато, а так же наиболее крупное озеро – Базалети, которое расположено в нижней части бассейна, в 5 км. от г. Душети.

Бассейн р. Арагви изобилует подземными водами и родниками. Заслуживает внимания Булачаурские, Натахтарские и Сагурамские родники, снабжающие питевой водой г. Тбилиси.

На исследуемой территории встречаются минеральные источники, среди них самый большой и значительный «Важас-цкаро», находящийся в ущелье р. Пшавской Арагви.

Материалы и методы

До начало наших исследований обстоятельное изучение диатомовых водорослей бассейна р. Арагви не проводилось. Было изучено только оз. Базалети [6]. Кроме того отрывочные сведения о диатомовых водорослях данного региона имеются в работах И. Плутенко [9], К. Канчавели [7] и Л. Кухалеишвили [8].

Материал мы собирали из разнотипных водоемов: рек, озер, ручейков, прудов, водопадов, родников, временных водоемов, минеральных источников и пр. Пробы были взяты с различных орошаемых субстратов (скалы, камни, железные и бетонные предметы), брали бентос и планктон.

Во время идентификации диатомовых водорослей мы в основном пользовались 4 томом из серии "Определитель пресноводных водорослей СССР" [5], а так же определителями диатомовых водорослей Ruth Patrick Charles W. Reimer " The diatoms of the United States" [11] и Astrid Cleve – Euler "Die diatomeen von Schweden und Finnland" [10].

Результаты и обсуждения

Нами в водоемах бассейна р. Арагви обнаружены 263 таксона диатомовых водорослей. Они принадлежат к 3 классам, 12 порядкам, 26 семействам и

45 родам. Наиболее богато представлен класс *Bacillariophyceae.* К нему относится 216 видов с разновидностями. Это 82% от числа всех выявленных нами диатомовых водорослей в водоемах данного региона. Класс *Fragilariophyceae* объединяет 45 таксона, что составляет 17% от числа найденных нами здесь диатомовых. Лишь 2 вида принадлежат к классу *Coscinodiscophyceae* (1%).

Среди класса *Bacillariophyceae* по богатству видов выделяется порядок *Naviculales*, к которому принадлежит 80 видов и внутривидовых таксонов. Здесь основную массу составляют виды родов *Navicula* (23) и *Pinnularia* (21). Остальные роды этого порядка представлены небольшим количеством видов: *Neidium* – 8, *Caloneis* и *Stauroneis* – по 7, *Gyrosigma* – 6, *Sellaphora* – 3, *Frustulia*, *Diploneis* – по 2, Cavinula – 1.

Достаточно богато представлены порядки *Cymbellales* (47), *Bacillariales* (43) и *Achnanthales* (20). Менее разнообразны другие порядки этого класса – *Surirellales* включает в себя 11, *Eunotiales* – 8, *Rhopalodiales* – 5 и *Thalassiophysales* – 3 вида. Среди этих порядков наибольшее видовое разнообразие наблюдается в роду *Nitzschia* (пор. *Bacillariales*), к которому принадлежит 34 таксона. Довольно многочисленны также роды *Cymbella* – 22 и *Gomphonema* – 18 (пор. *Cymbellales*).

В классе *Fragilariophyceae* (45) по таксономическому разнообразию ведущим является порядок *Fragilariales*. В нем объединены 44 представителя из 9 родов или 98% от общего числа диатомовых данного класса. Они небогаты видами. Среди них сравнительно многочисленны роды *Fragilaria*, *Synedra* – по 11 и *Diatoma* – 8 видов. Другие роды этого порядка представлены скудно от 1 до 4 видов.

Как было отмечено выше, основная часть водоемов бассейна р. Арагви представлена реками. Большинство доминирующих видов диатомовых водорослей выявленных нами в реках бассейна, являются характерными обитателями бентоса и обрастании. Фитопланктон в них чрезвычайно беден. Планктонные формы иногда встречались в заводях рек с очень медленным течением. В пробах планктона нам попадались лишь бентосные формы, поднятые течением со дна.

Фитопланктон озер (за исключением оз. Базалети) тоже не очень богат. Диатомовые свойственные только планктону были найдены в малом количестве. Здесь они представлены видами родов: *Aulacoseira*, *Diatoma*, *Fragilaria*, *Navicula* и некоторыми другими. В основном они были обнаружены в литоральной зоне, так как открытая часть озер была недоступна для нас.

В минеральных источниках бассейна р. Арагви обнаружено небольшое число диатомовых водорослей: *Navicula radiosa* Kütz., *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehrenb., *Caloneis bacillum* (Grunow) Mer., *C. alpestris* Cleve, *Gyro-*

sigma acuminatum (Kütz.) Rabenh., *Cymbella aequalis* W.Sm., *Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabenh., *Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grunow.

Часто встречающимися во всех типов водоемов (реки, родники, ручейки , лужи. озера и т д.) , были широко распространенны, преимущественно холодолюбивые формы: *Diatoma hiemale* (Roth) Heib., *D. mesodon* (Ehrenb.) Kütz., *Cymbella affinis* Kütz., *C. ventricosa* Kütz., *C. helvetica* Kütz., Encyonema *hebridica* (Greg.) Grunow in Cleve et Möll., *Hannaea arcus* (Ehrenb.) Patr. var *arcus* et var. *amphioxys* (Rabenh.) Patr., *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenb., *Gomphoneis olivaceum* (Horn) Dawson ex Ross et Sims, *Gomphonema angustatum* Kütz., *Nitzschia linearis* (Agardh)W.Sm., *N. palea* (Kütz.) W.Sm., *Cocconeis euglypta* Ehrenb., *Navicula* r*adiosa* Kütz., *N. tripunctata* (O.F.Müll.) Bory, *Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grunow in Cleve et Grunow, *Fragilaria vaucheriae* (Kütz.) Boye-Pet. Они имеют наибольшее значение в диатомовой флоре бассейна р. Арагви.

Многие диатомовые встречались сравнительно реже, но развивались обильно такие как: *Meridion circulare* (Grev.) Agardh, *Cymatopleurasolea* (Bréb.) W.Sm., *Surirella minuta* Bréb. in Kütz., *Gomphonema productum* (Grunow in Van Heurck) Lange–Bert. et Reichelt, *Pinnularia microstauron* (Eherenb.) Cleve var. *brebissonii* (Kütz.) Mayeri некоторые другие. Вместе с выше перечисленными видами они тоже играют заметную роль в диатомовой флоре бассейна. Большинство же диатомовых найденных в исследуемом регионе, встречались редко и в малом количестве.

Выводы

Подводя итоги общему обзору (систематического состава) диатомовых водорослей бассейна р. Арагви, отметим, что здесь ведущая роль в отношении видового разнообразия и массовости развития принадлежит классу *Bacillariophyceae.* Здесь обильно развиваются и к тому же широко распространенны некоторые представители родов: *Gomphonema*, *Nitzshcia*, *Cocconeis*, *Navicula*, *Cymbella*, *Hantzschia*.

Наиболее обычны для всей исследованной территории и достигающие большого развития холодолюбивые, свойственные высокогорным водоемам диатомовые: *Meridion circulare* (Grev.) Agardh, *Hannaea arcus* (Ehrenb.) Patr. var *arcus* et var. *amphioxys* (Rabenh.) Patr., *Diatoma hiemale* (Roth) Heib., *D. mesodon* (Ehrenb.) Kütz. *D. tenue* Agardh, *Cymbella ventricosa* Kütz., *Gomphonema olivaceum* (Lyngb.) Kütz., *Nitzschia linearis* W.Sm. и некоторые др.

Список цитированной литературы

1. Апхазава И. С. 1964[a]. Ландшафтная характеристика бассейна р. Арагви. Диссерт. на соискание учен. степ. канд. геогр. наук. Тбилиси (на груз. яз.)

2. Апхазава И. С. 1964[б]. Ландшафтная характеристика бассейна р. Арагви. Автореф. диссерт. на соискание учен. степ. канд. геогр. наук. Тбилиси, с. 3 – 29. (на груз. яз.)
3. Апхазава И. С. – Озера Грузии – «Мецниереба», Тбилиси, 1975, с. 154 – 165
4. Джавахишвили А.Н. 1926. География Грузии, т. 1. Геоморфология. Тбилиси, с. 87 – 93. (на груз. яз.)
5. Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина – Лавренко А.И., Шешукова В.С. – Определитель пресноводных водорослей СССР, Вып. 4, М., “Советская наука”, 1951, 619 с.
6. Т. И. Имерлишвили, Б.Д.Гавриленко, К.Г.Канчавели – Материалы к изучению флоры озера Базалети – Тр. Тбилисского Ботанического Института, т. XXII, 1962, с. 45 – 63
7. Канчавели К.Г. – Материалы к флоре диатомовых водорослей водоемов Восточной Грузии – Тр. Тбилисского Ботанического института, т. XXIII, 1964, с. 3 – 53
8. Кухалеишвили Л.К.– Материалы к флоре диатомовых водорослей долины р. Арагви – Сообщ. АН Груз. ССР, 64, № 3, 1971, с.663-666
9. Плутенко Ив. – Очерки Кавказской флоры безцветковых. Водоросли. – Записки Киевск. общ. естествоисп., т.3, вып. 1, 1872, с.48-103.
10. Astrid Cleve – Euler – Die diatomeen von Schweden und Finnland – Teil IV, Stockholm, 1955, s.232
11. Ruth Patrick, Charlts W. Reimer – The diatoms of the United Stases – Vol. I. Philadelphia, 1966, p. 688

ФИТОПЛАНКТОН И ФИТОПЕРИФИТОН В РАЗНОВОЗРАСТНЫХ КАРЬЕРНЫХ ВОДОЕМАХ ОТРАБОТАННЫХ МЕЛОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (БЕЛАРУСЬ)

Тамара А. МАКАРЕВИЧ, Ирина В. САВИЧ
Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь,
makarta@tut.by

The studies ofphytoplankton andphytoperiphyton were conducted on sixquarry reservoirs, whose age ranges fromless than 1 yearto 60 years. Communities in these waterbodies undergo different stages of ecological succession. It has been shown that the phytoplankton in the early stages of succession (<1 year after flooding ofquarry) is characterized by low values of density and biomass with absolute dominance in biomass of the large colonial algae Dinobryon divergens Jmhof (Chrysophyta). By the number of algae species in the plankton and periphyton of then ewly flooded reservoir (age less than 1 year) dominant were diatoms, while in other reservoirs green algae were dominating. The structure parameters of phytoplankton and phytoperiphyton in the quarry reservoir with the age about 20 years were similar to that in the long-lived (nearly 60 years) reservoirs. This fact gives the evidence of a relatively highspeed of the succession process in plankton and periphyton communities in such reservoirs.

Ключевые слова: карьерные водоемы; фитопланктон; фитоперифион; структура сообществ; экологическая сукцессия

Введение

Водоемы, сформированные в результате заполнения грунтовыми водами, водами поверхностного стока и атмосферными осадками карьеров, образованных открытой добычей нерудных полезных ископаемых, являются чрезвычайно интересными объектами для изучения с позиций как прикладной, так и теоретической лимнологии. Во-первых, представления о струкрурно-функциональной организации экосистем, о специфике их развития, связанной с комплексным влиянием природных и техногенных факторов, необходимы для разработки научно-обоснованных подходов к управлению искусственно созданными водными объектами с целью обеспечения их устойчивого функционирования. Во-вторых, вновь созданные экосистемы можно использовать в качестве натурных моделей для изучения эволюции озер, детального исследования сукцессионных процессов. Формирование и развитие экосистем затопленных карьеров, образованных после выработки месторождений мела, песка, гравия, представляет собой пример редко встречающейся в природе первичной экологической сукцессии.

Лимнологические исследования карьерных водоемов Беларуси начаты в 80–90-ые годы прошлого века [3, 4]. Однако сообщества гидробионтов изучены крайне слабо. В частности по фитопланктону имеются единичные данные, а по перифитону сведения отсутствуют. Исследования фитопланктона и фитоперифитона разновозрастных карьерных водоемов отработанных меловых месторождений выполнены с целью анализа структуры сообществ на разных стадиях сукцессионного процесса.

Материал и методика

Материал собран в июле 2012 г. в рамках комплексной научной экспедиции по изучению водных объектов отработанных меловых карьеров месторождений Россь и Колядичи (Гродненская обл., Беларусь) [1].Возраст карьерных водоемов месторождения Россь (Голубой, Лазурный, Россь-линза 2 и Россь-линза 4) составляет около 60 лет, водоема Колядичи-линза 3 – около 20 лет, Колядичи-линза 14 – менее 1 года (на период обследования).

Все водоемы достаточно глубокие и близки по своим морфометрическим характеристикам. Особенностью водоемов являются крутые, почти отвесные берега, высотой до 50–60 м. Водосборы небольшие, в целях биологической рекультивации высажен лес. Данные морфометрических и батиметрических обследований есть по двум водоемам – Голубой и Лазурный [4]. Площадь водоема Голубой 5,4 га, максимальная глубина 14 м, средняя глубина 8,4 м, площадь водосбора 167 га; соответствующие показатели для водоема Лазурный составляют – 2,29 га; 5,1 м; 3,8 м; 151 га.

Обследованные водоемы близки по основным физико-химическимхарактеристикам водной массы (таблица 1). Величины показателей в целом укладываются в диапазон значений для естественных озер региона.

Пробы фитопланктона отобраны в прибрежной части с глубины 0,5 м. Концентрировали планктон осадочным методом, фиксировали раствором Утермеля, плотность и биомассу фитопланктона определяли стандартным счетно-объемным методом. Образцы перифитона во всех водоемах собраны с хвоща, тростника и рдестов в прибрежной зоне с глубины 0,3–0,5 м. Камеральную обработку проб проводили при помощи микроскопа марки ZeissAxiolab при увеличении ×100, ×400, ×1000 на живом и фиксированном материале.

Таблица 1.

Физико-химические характеристики обследованных карьерных водоемов [1]

Показатель	Водоем					
	Колядичи-линза 14	Колядичи-линза 3	Россь-линза 2	Россь-линза 4	Россь-Лазурный	Россь-Голубой
Водородный показатель (pH)	8,29	8,34	8,04	7,20	6,98	7,09
Цветность, °Pl-Co шкала	6	21	12	32	3	18
Гидрокарбонаты, мг/дм^3	109,84	109,84	146,45	109,84	122,04	158,65
Кальций, Ca^{2+}, мг/дм^3	28,86	32,06	32,06	25,65	38,48	40,08
Магний, Mg^{2+}, мг/дм^3	10,70	5,84	5,84	3,89	5,84	9,73
Нитриты, мг NO_2^- /дм^3	0,04	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Нитраты, мг NO_3^- /дм^3	5,6	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ионы аммония, мг NH_4^+ /дм^3	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Фосфаты, мг PO_4^{3-} /дм^3	< 0,015	0,030	< 0,015	0,093	< 0,015	0,036
Минерализация, мг/дм^3	196,9	194,9	254,7	150,8	201,7	244,2

Результаты и их обсуждение

В планктоне и перифитоне обследованных карьерных водоемов выявлено соответственно 88 и 89 видов водорослей. При одинаковом показателе видового богатства обеих биотопических группировок водорослей таксономическая структура их существенно различается. Водоросли планктона относятся к 8 отделам, из которых наиболее значимы три – Chlorophyta (44 % общего числа видов), Chrysophyta (17 %) и Bacillariophyta (16 %). В перифитоне присутствовали водоросли из 6 отделов, эвгленовые и желтозеленые не выявлены. В перифитоне карьерных водоемов, также как и в перифитоне озер Беларуси, основную долю общего числа видов составляют отделы – Chlorophyta (57 %), Bacillariophyta (20 %) и Cyanophyta (16 %). Водоросли планктона относятся к 45 родам, перифитона – к 48. Подавляющее число родов как в планктоне, так и перифитоне представлены одним–двумя видами, пятью и более видами в перифитоне представлены три рода – Cosmarium (14 видов), Ankistrodesmus (6), Scenedesmus (5), а в планктоне два – Oocystis

(6) и Dinobryon (5). Общими для планктона и перифитона являются 16 видов водорослей. Как правило, это типично планктонные массовые виды.

Все водоросли, обнаруженные в меловых карьерах, широко распространены в водоемах и водотоках Беларуси.

Анализ экологии водорослей показал, что подавляющее число видов являются космополитами с широкой экологической валентностью. По биотопической приуроченности и в планктоне, и в перифитоне преобладают типично планктонные и планкто-бентосные формы. На их долю приходится свыше 60 % общего числа видов.

Таксономическая структура фитопланктона и фитоперифитона в карьере Колядичи-линза 14, экосистема которого находится на начальной стадии формирования, заметно отличается от структуры водорослей планктона и перифитона в карьерах месторождения Россь, которые были затоплены около 60 лет назад (таблица 2). В карьерах месторождения Россь основу видового состава составляют зеленые водоросли, а в карьере Колядичи-линза 14 – диатомовые. Таксономическая структура обеих экологических группировок водорослей карьера Колядичи-линза 3, время существования которого около 20 лет, близка к структуре альгофлоры водоемов возрастом около 60 лет, что указывает на достаточно высокие скорости начальных стадий сукцессионного процесса.

Таблица 2.

Таксономическая структура водорослей планктона (пл) и перифитона (пр) карьерных водоемов меловых месторождений Россь и Колядичи, 17–24. 07. 2012 г.

Водоем	Возраст, годы	Доля (%) общего числа видов									
										прочие	
		пл	пр	пл	пр	пл	пр	пл	пр	пл	пр
Колядичи-линза 14	< 1	22	20	13	25	30	40	22	10	13	5
Колядичи-линза 3	~ 20	55	63	0	19	7	13	28	0	10	5
Россь-линза 2	~ 60	60	58	8	22	12	17	16	0	4	3
Россь-линза 4	~ 60	22	55	4	10	15	25	33	5	26	5
Россь-Лазурный	~ 60	35	47	6	23	12	20	29	7	18	3
Россь-Голубой	~ 60	52	44	8	22	16	28	12	6	12	0

Показатели плотности и биомассы сообществ фитопланктона в обследованных карьерных водоемах изменялись в пределах 0,845–6,574 млн организмов в литре и 0,49–3,74 мг сырой массы в литре (таблица 3). Минимальные величины зарегистрированы в самом молодом карьере Колядичи-линза 14. Основную долю общей биомассы (свыше 76 %) в этом водоеме составляли золотистые водоросли при монодоминировании крупноклеточ-

ной колониальной водоросли *Dinobryon divergens*Jmhof (свыше 67 % общей биомассы фитопланктона). По численности доминировали мелкоклеточные хлорококковые (около 36 %) и золотистые (около 22 %) водоросли.

Таблица 3.

Структура сообщества фитопланктона карьерных водоемов меловых месторождений Россь и Колядичи, Беларусь, 17–24. 07. 2012 г.

Водоем	Возраст, годы	Плотность		Биомасса		I, кл./орг.	V, мкм^3
		$N_{общ.}$, млн орг./л	доминирующая группа, % $N_{общ.}$	$B_{общ.}$ мг/л	доминирующая группа, % $B_{общ.}$		
Колядичи-линза 14	< 1	0,845	хлорококковые (35,7 %); золотистые (21,6 %)	0,49	золотистые (76,3 %)	3,2	185,0
Колядичи-линза 3	~ 20	5,047	золотистые (46,0 %); хлорококковые (27,0 %)	1,64	хлорококковые (30,5 %); динофитовые (19,2 %); золотистые (18,5 %)	1,2	281,0
Россь-линза 2	~ 60	4,861	хлорококковые (53,0 %); диатомовые (28,3 %)	0,77	диатомовые (44,6 %); хлорококковые (34,8 %)	1,9	83,9
Россь-линза 4	~ 60	2,753	золотистые (63,5 %); криптофитовые (16,9 %)	3,74	золотистые (78,6 %); криптофитовые (15,6 %)	2,8	493,8
Россь-Лазурный	~ 60	3,405	диатомовые (56,6 %); криптофитовые (13,7 %)	0,58	диатомовые (47,6 %); криптофитовые (17,9 %)	1,6	107,6
Россь-Голубой	~ 60	6,574	хлорококковые (49,2 %); диатомовые (24,9 %)	2,38	хлорококковые (78,7 %)	3,4	106,4

Примечание: N – плотность; B – биомасса; I – показатель степени колониальности фитопланктонных организмов; V – средний объем планктонной клетки

Плотность видов в фитопланктоне, которую в первом приближении можно оценить числом видов в стандартной планктонной пробе, в водоемах разного возраста была близкой и достаточно высокой (23–29 видов в пробе).

В планктоне преобладали одноклеточные водоросли или виды с небольшим числом клеток в колониях. Степень колониальности фитопланктона карьерных водоемов (1,2–3,4 кл./орг.) существенно ниже в сравнении с озерным фитопланктоном. Так, в наиболее изученных белорусских озерах Нарочь, Мястро, Баторино в среднем за вегетационный сезон 2012 г. этот показатель составил от 20 до 48 кл./орг. [2]. Средний объем фитопланктонной клетки в карьерных водоемах разного возраста составил 84–494 мкм^3, что значительно выше этого показателя для фитопланктона Нарочанских озер (11–87 мкм^3 в среднем за вегетации оный сезон 2012 г.).

Сообщество фитопланктона карьерного водоема, время существования которого около 20 лет, по уровню количественного развития и показателям структуры близко к сообществам водоемов возрастом около 60 лет. Этот результат согласуется с данными по таксономической структуре альгофлоры планктона и перифитона в разновозрастных карьерных водоемах и дает основание сделать вывод о достаточно высоких скоростях начальных стадий сукцессионного процесса сообществ.

Заключение

Сообщества фитопланктона и фитоперифитона в разновозрастных карьерных водоемах (менее 1 года – около 60 лет) находятся на разных стадиях экологической сукцессии. Фитопланктон в начальной стадии сукцессии (< 1 года после затопления карьера) характеризуется низкими величинами плотности и биомассы, монодоминированием по биомассе крупноклеточной колониальной золотистой водоросли *Dinobryon divergens*. По числу видов в планктоне и перифитоне водоема возрастом менее года преобладают диатомовые водоросли, тогда как в других обследованных карьерных водоемах – зеленые. Уровень количественного развития и структура сообщества фитопланктона, а также таксономическая структура альгофлоры планктона и перифитона карьерного водоема, время существования которого около 20 лет, близки к сообществам водоемов возрастом около 60 лет, что указывает на достаточно высокие скорости начальных стадий сукцессионного процесса.

Список цитированной литературы

1. Анализ структуры сообществ гидробионтов и функционирования уникальных водных экосистем отработанных меловых карьеров с целью разработки рекомендаций по их использованию (охрана, экотуризм, зарыбление): отчет о НИР (заключ.) / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»; рук. темы В.М. Байчоров. – Минск, 2014. – 53 с. № ГР 228.
2. Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино (2012 год) / Т.В. Жукова [и др.]; под общ. ред. Т.М. Михеевой. – Минск: БГУ, 2013. – 119 с.
3. Хомич С.А. Карьерные водоемы как лимнические системы // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2, Хим., биол., геогр., 1986. № 1. – С. 73-74.
4. Хомич С.А. Геоэкологические аспекты водохозяйственной рекультивации нарушенных земель Беларуси. – Мн.: Институт геологических наук, 2001. – 124 с. ISBN 985-6117-57-7

РОД *CHROMULINA* CIENK. В СТРУКТУРЕ АЛЬГОФЛОРЫ УКРАИНЫ

Ю. П. МАЛАХОВ
Институт ботаники им. М.Г. Холодного НАН Украины,
Терещенковская, 2, Киев.
e-mail: yur.malakhov@gmail.com

Distributional analysis of the genus Chromulina Cienk. in the algal flora of Ukraine is done. Peculiarities of zonal distribution of the genus are discussed. The description and the figure of the newly recorded species are presented. Chromulina verrucosa G.A. is a new species for the Ukrainian flora of algae.

Род *Chromulina* рассматривается как один из центральных родов *Chrysophyta*. Типовой вид рода – *Chromulina nebulosa*Cienk. – описан во второй половине XIX-го века из сфагновых болот в окр. г. Ярославль, Россия [3]. Согласно современным данным в составе этого рода известно от 87 до 140 видов, но некоторые из них являются спорными или недостаточно полно описанными [4; 6]. Молекулярно-филогенетический анализ рода показывает, что он является полифилетическим, и соответственно, вероятно одноклеточные голые флагелляты в составе *Chrysophyta* возникали независимо несколько раз в ходе редукционной эволюции [2].

Виды рода *Chromulina* – одноклеточные, свободноплавающие, характеризуются преимущественно монадным типом морфологической структуры талома. Клетки более-менее метаболичны, разнообразной формы, овальные или почти круглые в поперечном сечении, очень редко сплющенные. Жгутик один, покрыт субмикроскопическими мастигонемами, обычно в 1,5 – 2 раза превышающий длину клетки. Второй жгутик очень сильно редуцирован, его можно наблюдать только с помощью электронного микроскопа. Клеточная оболочка (настоящая) отсутствует, но внешний слой цитоплазмы очень сильно уплотнен и формирует так называемый перипласт. Последний обычно тонкий, нежный, гладкий, но у некоторых видов может быть покрыт неравномерными бородавчатыми выростами. Хлоропласт 1, реже 2, разнообразной формы, размещен в клетке разнообразно. Стигма круглая, обычно присутствует на вершине хлоропласта, иногда маленькая и едва заметная, реже отсутствует. Пульсирующих вакуолей обычно от 1 до 6. Также в цитоплазме могут присутствовать пищеварительные вакуоли, включения в виде гранул и липидные капли. Клетки обычно свободноплавающие, но иногда могут сбрасывать жгутик и прикрепляться к субстрату на некоторое время, или переходить в непродолжительное амебоидное состояние.

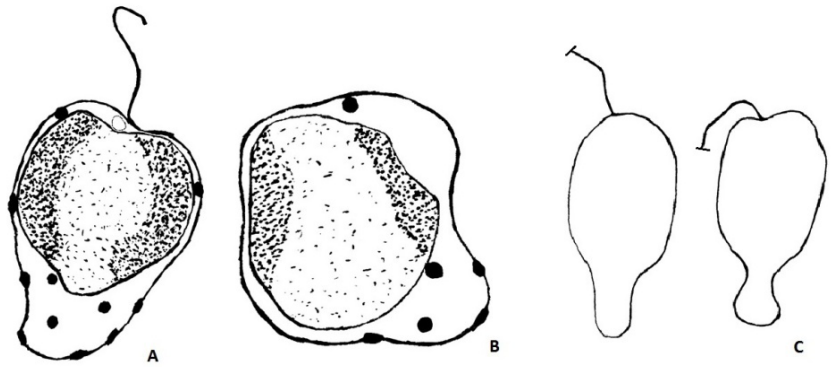
Большинство видов рода обитает в планктоне пресноводных болот, заболоченных и стоячих водоемов, но также известны некоторые солоноватоводные представители [4; 8].

Водоросли рода *Chromulina*, по-видимому, широко распространены в природе, но трудности, сопряженные с их морфологической идентификацией и сбором материала, создают некоторые препятствия при попытке проведения биогеографического анализа их распространения. Например, для выявления в альгологических пробах типового вида рода, собранному материалу необходимо отстоятся («период покоя или акклиматизации») около 6 – 10 недель в условиях накопительной культуры [R .A. Andersen, персон. сообщ.].

За период альгофлористических исследований на территории Украины обнаружено 18 видов водорослей из рода *Chromulina*. На видовом уровне это составляет 12-20 % от общемирового разнообразия. Около половины видов в структуре альгофлоры Украины выявлено В. В. Никифоровым во время изучения золотистых водорослей Горного Крыма и Украинских Карпат. Встречаемость рода довольно низкая, около половины видов отмечено на территории Украины не более одного раза [1, 9].

По территории Украины водоросли рода *Chromulina* распределены неравномерно. Согласно физико-географическому районированию наибольшее количество видов обнаружено в водоемах Горного Крыма – 12, значительно меньше – в водоемах Украинских Карпат (6), Лесостепи (6) и Степи (5) [1]. Согласно литературным данным, на территории Украинского Полесья не выявлено ни одного представителя данного рода. Отмеченный характер распределения является закономерным: *Chrysophyta* Украинского Полесья являются наименее изученными, но также и странным, так как именно в этой природной зоне наиболее распространены характерные биотопы (болота, заболоченные реки и озера) для представителей рода *Chromulina*. Из водоемов Украинского Полесья известно лишь 11% от общего видового состава золотистых водорослей в альгофлоре страны. Такую особенность, по-видимому, можно объяснить тем, что данный регион не был охвачен монографическими исследованиями группы и имеющиеся в литературе сведения охватывают лишь обычные, широко распространенные виды [7].

В 2013 году нами начаты системные исследования альгофлоры Ривненского природного заповедника. Территория заповедника (47 046,8 га) репрезентирует крупнейшие, почти нетронутые болотные массивы Украины. Территория заповедника принадлежит к области Волынского Полесья, зоны смешанных лесов, согласно физико-географическому районированию Украины. В результате исследований фитопланктона озера Сомыно, которое входит в состав заповедника, нами выявлен интересный представитель – *Chromulina verrucosa* G.A. Klebs (Фиг. 1).



***Фигура 1. Chromulina verrucosa* G.A. Klebs, найденная в фитопланктоне о. Сомыно (Ривненский ПЗ, Украина). А – монадное состояние; В – амебоидное; С – метаболическое изменение формы клеток.**

Выявленные нами клетки имели бородавчатый перипласт. По форме клетки можно охарактеризовать как овальные, усеченные спереди, с небольшой выемкой. Клетки метаболичны, особенно сильно на заднем конце. Во время наблюдения, форма клетки варьировала от округлой до овальной, овально-удлиненной с отростком на заднем конце (Фиг. 1С). Отмечено также довольно продолжительное амебоидное состояние. В световой микроскоп различим один жгутик, приблизительно равный длине клетки. Хлоропласт 1, крупный, корытовидный, желто-бурого цвета. Стигма не наблюдалась. Сократительная вакуоль одна, расположена на переднем конце клетки возле основы жгутика, небольших размеров.

Клетки обнаружены в накопительной культуре фитопланктона о. Сомыно. Первоначально альгологические пробы воды длительное время сохранялись в холодильнике, позже были размещены на северном окне комнаты. После нескольких месяцев экспозиции в накопительных культурах наблюдались вышеописанные клетки.

Исходя из упомянутых нами признаков, данный вид можно охарактеризовать как *Chromulina verrucosa* G.A. Klebs. Но, обнаруженные нами экземпляры, существенно отличались по таким признакам, как форма клетки, размеры и метаболичность, от диагнозов, приведенных в определителях [6, 8]. В «Визначнику прісноводних водоростей УРСР» и в определителе серии «SüßwasserfloravonMitteleuropa» клетки этого вида характеризуются как широкояйцевидные, спереди срезанные, слабо метаболические. На переднем конце хлоропласта расположена маленькая точковидная стигма. Длина – 20-23 мкм.

В 2007 году, Г. Хейниг наблюдал [5] сильно метаболичные экземпляры *Ch. verrucosa* несколько больших размеров – 25-28 мкм длиной и около 20 мкм шириной. Описанные им клетки переходили в продолжительное амебоидное состояние, образуя вокруг себя сеть псевдоподий.

Судя по литературным данным, длина клеток колеблется в диапазоне 16-20-25-28 мкм, где экземпляры, обнаруженные нами и наблюдаемые Г. Хейнигом, являются крайними показателями. Таким образом, *Ch. verrucosa*, вероятнее всего,является морфологически лабильным, малоизученным видом с широким диапазоном вариабельности морфологических признаков, в том числе размерных характеристик. Прояснить ситуацию могли бы дальнейшие наблюдения этого вида в культурах и исследования с помощью современных молекулярных методов.

Заключение

В структуре альгофлоры Украины видовое разнообразие рода *Chromulina*, составляет от 12 до 20% от общемирового разнообразия. Зональное распределение этого рода по территории Украины является неравномерным. Малообъяснимым является факт отсутствия сведений о видах рода *Chromulina* в водоемах Украинского Полесья – наиболее подходящей для их развития природной зоны. Это можно объяснить лишь тем, что на этих территориях ранее не проводились специфические исследования группы золотистых водорослей. Дальнейшие целенаправленные исследования по изучению *Chrysophyta* (в целом) и рода *Chromulina* (в частности) являются актуальными и необходимыми как во флористическом, так и морфолого-таксономическом направлении.

Список цитированной литературы

1. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 1. Cyanoprokaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta, and Rhodophyta // Eds. P.M. Tsarenko, S.P. Wasser & E. Nevo. – Ruggell: Gantner Verlag, 2006. – 413 p.
2. Andersen, R. A. Molecular systematics of the Chrysophyceae and Synurophyceae. // In "Unravelling the algae: the past, present, and future of algal systematics". Eds. J. Brodie & J. Lewis – London: CRC Press, 2007. – 402 p.
3. Cienkowski, L. Über Palmellaceen und einige Flagellaten // Archiv Mikroskop. Anatomie. – 1870. – 7. – P. 421-438.
4. Encyclopedia of Chrysophyte Genera // Eds. J. Kristiansen & H. R. Preisig. – Berlin-Stuttgart: Gebrüder Borntraeger Verlag, 2001. – 260 p.
5. Heynig, H. Zur Morphologie und Taxonomie ausgewählter Planktonarten aus Talsperren des Osterzgebirges (Sachsen, Deutschland) // Hercynia N.F. – 2007. – 40. – p. 41-62.
6. Starmach, K. Chrysophyceae und Haptophyceae (Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 1.). – Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1985. – 515 p.
7. Догадина Т.В., Горбулин О.С. Видовой состав и распространение Chrysophyta в Украине // Альгология. – 2001. – 11, №2. – С. 215-221.
8. Матвієнко О.М. Золотисті водорості – Chrysophyta (Визн. прісноводор. Укр. РСР. Вип. 3. Ч. 1). – К.: Наук. думка, 1965. – 368 с.
9. Никифоров В. В. Золотисті водорості (Chrysophyta) Гірського Криму та Українських Карпат.: автореф... канд. біол. наук: спец. 03.00.05 "ботаніка". – Київ, 1993. – 24 с.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ХИТРИДИЕВОГО ГРИБА *RHIZOPHYDIUM MAMMILATUM* (BRAUN) FISHER– ПАРАЗИТА ЖЕЛТОЗЕЛЕНОЙ ВОДОРОСЛИ *TRIBONEMA GAYANUM*PASH

М.А. МАМКАЕВА [1]
Санкт-Петербургский Государственный Университет кафедра микробиологии, Санкт-Петербург, 16 линия дом 28, (812)3213358, art-bio@ya.ru

Abstract. Among the lower fungi parasitism is widespread. One of the most commonly affected objects is microscopic algae. Interaction in the system "host-parasite" are poorly understood, both in natural conditions and in culture. Rhizophydium mammilatum – parasite yellow-green alga Tribonema gayanum is one of the most common chytrid fungi in the North-West of the Russian Federation. The ability to detect, and elimination of the parasite gives us an idea of its distribution in nature. Culturing the parasite in the binary culture "host-parasite" gives the prospects of using these objects as a model system for studying aspects of parasitism of microscopic eukaryotes.

Ключевые слова: паразиты водорослей, Rhizophydium mammilatum, Tribonema gayanum, обнаружение паразитов водорослей.

Введение

Паразитизм – очень широкая форма взаимоотношений в природе [13]. Это явление часто встречается среди примитивных грибов, относящихся к группе Chytridiomycota, при этом одними из наиболее часто поражаемых объектов являются водоросли [2]. Роль микроскопических паразитов водорослей в природных экосистемах изучена недостаточно. Известно, что некоторые виды способны вызывать эпифитотии [2,8]. При этом взаимодействия в такой системе «паразит-хозяин» изучены плохо. В настоящей работе представлены данные по распространению, особенностям выделения и культивирования паразитического хитридиевого гриба *Rhizophydium mamillatum* (Braun) Fisher, развивающегося на желто-зеленой водоросли *Tribonema gayanum* Pash. Данный паразитический организм формирует характерные эпибиотические иноперкулятные лимоновидные спорангии на водоросли, размером 20×15 мкм, зооспоры 2 мкм в диаметре, покоящихся спор не наблюдается [2]. Северо-Запад РФ (в частности Ленинградская область) – один из наиболее изученных регионов РФ в отношении хитридиевых грибов [1]. Впервые данный организм для Северо-Запада РФ был описан Сербиновым [9] и повторное обнаружение было опубликовано в 2000 году [4]. Данная работа была проведена для оценки частоты встречаемости *Rhizophydium mamillatum*, а также с целью выделения в культуру данного организма.

Материалы и методы

Сбор проб осуществлялся в весенне-летний период. К предварительно выращенной культуре *T. gayanum* (CALU 20) (CALU – коллекция культур водорослей лаборатории микробиологии Биологического института Санкт-Петербургского Государственного Университета) в 100 мл среды №1 [3] добавлялось 100 мл пробы воды. Затем зараженная культура водоросли помещалась в люминостат, после чего регулярно микроскопировалась в течении 30 дней. Выделение в культуру осуществлялось капиллярным методом. Культивирование проводилось при температуре 20 °С на люминостате при величине светового потока 25μмоль фотонов $м^{-2}с^{-1}$, обеспечиваемого лампами дневного света. Всего было исследовано 50 водоемов и выделено 3 штамма паразитического хитридиевого гриба *Rhizophydium mamillatum*.

Результаты и обсуждение

Наличие паразита *Rhizophydium mamillatum* в водоемах С-З РФ представлено в таблице 1. Из 50 водоемов паразит был обнаружен в 12, что говорит о его относительно широком распространении в данном регионе. Пробы отбирались как в крупных водоемах – озеро Перетно (Новг. обл), Финский залив (Выборг, Санкт-Петербург), Окуловское озеро (Новг. обл), Нарвское водохранилище (Кингисеппский р-н), река Равань (Лен. обл), Ладожское озеро (д. Кошкино), река Кренично (Новг. обл), так и в небольших (пруды, придорожные канавы). При этом паразит ни разу не обнаруживался в проточных водах и в заболоченных водоемах. Наиболее часто данный паразит обнаруживался в гетеротрофных водоемах (придорожные канавы, пруды, большие лужи) – 9 проб. Наличие характерных морфологических признаков позволяет легко идентифицировать данный организм в пробе воды. Очевидно, что некоторые паразиты в той или иной степени могут влиять на численность водорослей. Так, изучение фитопланктона в озерах Англии показало, что при увеличении численности паразитического хитридиевого гриба *R. planktonicum* Canter уменьшало количество водоросли Asterionella. Некоторые виды паразитов поражали лишь ослабленные клетки водорослей, а вид *Zygorhizidium melosirae* Canter встречался спорадически и не оказывал сильного влияния на плотность популяции [10,11,12]. Исследование хитридиевого гриба *Zygorhizidium planktonikum* Canter паразитирующего на диатомовой водоросли *Asterionella Formosa* Hass. показало, что большую роль на взаимодействие «паразит-хозяин» играет температура окружающей среды. Так, при низких температурах развитие паразита подавляется, в то время как повышение температуры усиливает инфекцию водоросли [19]. Исследование этой же системы «Паразит-хозяин» в природных условиях показало, что холодные зимы способствуют последующему активному

цветению Asterionella и, как следствие, всплеск инфекции хитридиевого гриба на водоросли. Высокая плотность популяции водоросли облегчает передачу зооспор. В мягкие зимы подобного явления не наблюдается, и инфекция остается умеренной. При этом сокращение популяции водоросли, как результат низкого уровня инфекции, позволяет другим видам занять доминирующее положение в экосистеме. Таким образом, понятно, что взаимодействия «паразит-хозяин» крайне сложные, и на них способны оказывать влияние и другие факторы [16]. Помимо влияния на межвидовой состав фитопланктона известны данные, когда хитридиомикоз может увеличивать генетическое разнообразие клональных микроорганизмов во время цветения. Генотип-специфический паразитизм может быть одним из механизмов поддержания высокого генотипического разнообразия внутри такой популяции [15]. Специфичность у различных паразитических грибов – может варьировать в пределах вида. Так два штамма *Rhizophydium mammilatum* отличались по своей способности поражать различные виды водорослей. Встречаются как широко специфичные паразиты, так и узкоспецифичные, развивающиеся на определенных систематических группах водорослей или на одном виде [5,6]. Отличаются паразиты и по своей агрессивности. Если некоторые вызывают умеренные инфекции, то другие способны поражать всю популяцию водоросли [7]. В настоящий момент считается, что помимо взаимодействия с хозяином паразитические хитридиевые входят в состав пищевых цепей за счет того, что служат пищей для зоопланктона. Таким образом, при высокой инфекции фитопланктона, питательные вещества переходят к зоопланктону посредством зооспор паразитических хитридиевых грибов. Это явление было названо "Mycoloop", вероятно оно может играть большую роль в формировании водных экосистем [17]. Большое количество паразитических хитридиевых грибов описано для желто-зеленой водоросли *Tribonemagayanum* , что, возможно, связано с особенностями строения данного хозяина, что требует дополнительных исследований [2,9, 14,18]. Изучение этих паразитов в Ладожском озере показало, что наиболее часто встречаются виды *R. mamillatum, Chytridiumla genula* Braun*, R. sp.* Количественный учет паразитов показал, что их концентрация может сильно варьировать для разных водоемов, а кроме того видовой состав для разных бассейнов Ладожского озера отличался [14]. Данные проведенной нами работы совпадают с предыдущими данными по распространению *Rhizophydium mamillatum*. Можно предполагать, что *Rhizophydium mamillatum* является постоянным участником водных экосистем и, вероятно, оказывает влияние на численность некоторых микроскопических водорослей и, возможно, формирует трофические связи с зоопланктоном. Частое обнаружение паразитического гриба в небольших гетеротрофных

водоемах может свидетельствовать о том, что данный организм предпочитает именно такие места обитания. Широкое распространение, относительная простота обнаружения и выделения данного паразита дает перспективы его использования в модельной системе «Паразит-хозяин».

Выводы

Данная работа показала, что паразитический хитридиевый гриб *Rhizophydium mamillatum* имеет относительно широкое распространение в водоемах Северо-Запада Российской Федерации. Наиболее частые места обнаружения данного паразитического хитридиевого гриба – небольшие гетеротрофные водоемы. Полученные штаммы данного организма устойчиво культивируются в бинарной культуре с использованием водоросли-хозяина.

Список литературы

1. Голубева О.Г. Пресноводные хитридиевые грибы Ленинградской области. Микология и фитопатология.1982, №5, с.385-388
2. Голубева О.Г. Класс //Определитель грибов России. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 168с.
3. Громов Б.В, Титова Н.Н. CALU–коллекция культур водорослей лаборатории микробиологии Биологического института Санкт-Петербургского Государственного Университета// Каталог культур микроводорослей в коллекции СССР. – Москва, 1991. – С.76-127
4. Мамкаева М.А., Громов Б.В., Развитие хитридиевого гриба *Rhizophydiummamillatum*Fisher в культуре желтозеленой водоросли *Tribonemagayanum*Pash. //Тезисы докладов : VII молодежная конференция ботаников в Санкт-Петербурге, СПГУТД, Санкт-Петербург, 2000, с.71 (1)
5. Мамкаева М.А., Плющ А.В., Мамкаева К.А.. Субстратная специфичность хитридиевых грибов, паразитирующих на микроскопических водорослях// Тезисы докладов: «Глобализм и глобалистика: проблемы ноосферы, экологии и молодежи». Десятая научно-практическая конференция, Санкт-Петербург, 2003, с.130-132 (2)
6. Мамкаева М.А., Плющ А.В., Мамкаева К.А., О некоторых особенностях штаммов *Rhizophydiummamillatum*Fisher, выделенных из пресноводных водоемов Северо-Запада Российской Федерации// Микология и Фитопатология. 2006, №5, с.110-113
7. Мамкаева М.А., Взаимоотношение паразитических хитридиевых грибов с водорослями-хозяевами//Тезисы докладов: Грибы и водоросли в биоценозах, Макс-Пресс, Москва, 2006, с.106
8. Мюллер Э., Леффлер В. Микология. – М.:Мир, 1995. – 343с.
9. Сербинов И.Л. Организация и развитие некоторых ChytridineaeSchroet.// Ботанические записки,1907. – Вып.24. – С.65-70
10. Canter H.M.&Lund J.W.G. Studies on plankton parasites. I. Fluctations in the numbers of Formosa Hass. In relations to fungal epidemies//New Phytologist. – 1948. – V.47. – P.238-261

11. Canter H.M.&Lund J.W.G. Studies on plankton parasites. III. Examples of the interaction between parasitism and other factors determing the growth of diatoms//Ann.Bot. (N.S.). – 1951. – V.15. – P.359-371
12. Canter H.M.&Lund J.W.G. Studies on plankton parasites. II. The parasitism of diatoms with special reference to lakes in English Lake District//Trans. Brit. Mycol. Soc. – 1953. V. 36. – P. 14-37
13. Cavalier-Smith T., Kingdom protozoa and its 18 phyla// Microbiologycal Reviews, 57 (4), 1993. – pp. 953 – 994
14. Gromov B.V., Mamkaeva K.A., Pljusch A.V., Voloshko L.N., Mamkaeva M.A. Estimation of the content of certain algal parasites in Ladoga Lake and adjacent water bodies//Algological studies. – 2002. – V.145,№ 107. – P. 151 – 160
15. Gsell, A.S. , De Senerpont Domis, L.N., Verhoeven, K.J.F., Van Donk, E., Ibelings, B.W. Chytrid epidemics may increase genetic diversity of a diatom spring-bloom//ISME Journal, Volume 7, Issue 10, October 2013, Pages 2057-2059
16. Ibelings, B.W. , De Bruin, A., Kagami, M., Rijkeboer, M., Brehm, M., Van Donk, E. Host parasite interactions between freshwater phytoplankton and chytrid fungi (Chytridiomycota) // Journal of Phycology,Volume 40, Issue 3, June 2004, Pages 437-453
17. Kagami M., Miki T., Takimoto G. Mycoloop Chytrids in aquatic food webs// Frontiers in Mycrobiology, vol.5, Issue APR, 2014, Article 166
18. Sparrow F.K. Aquatic Phycomycetes//Ann. Arbor. 1960. 1187p
19. Van Donk E. The effect of fungal parasitism on succession of diatoms in lake Maarsseveen I (The Netherlands)//Freshwater Biology, 13(3), pp. 241 – 251

РАСПРОСТРАНЕНИЕ EUGLENOPHYTA В МАЛЫХ РЕКАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

А. Н. МИРОНЮК, Ткаченко Ф. П. ТКАЧЕНКО
Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, кафедра ботаники, ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина
e – mail: adgj123tu@rambler.ru

At the North-Western Black Sea Region 36 Euglenophyta specieswere identified, relating toClass 1, 2orders, 3 families and 6genera. The greatest number of certain types belongs to Phacus Dujardand Euglena Ehrenb. In seasonal aspect Euglena ehrenbergii Klebs dominated in spring, in summer – Euglena hemichoramata (Ehrenb.) Kütz., Phacus caudatus Hübn., in autumn – Euglena deses Ehrenb. Most often and most massively euglenophytes were meti n the late summer and early autumn. In spring only sporadic isolated instances were found. With respect to organic pollution mesosaprobic group of algae was predominant therefore trophic level in this reservoir ranges from mesotrophic oeutrophic.

Ключевые слова: малые реки, эвгленовые, биоразнообразие, экология.

Введение

Малые реки (м.р.) – важнейший компонент водных ресурсов Украины, особенно ее южных засушливых территорий. Одной из них является Одесская область, где насчитывается около 200 малых рек длиной более 10 км. Эти водоемы в последние десятилетия испытывают интенсивную антропогенную нагрузку, что привело к их значительной деградации [8].

Истоки м.р. Северо-Западного Причерноморья (СЗП) междуречий Южный Буг-Днестр-Дунай находятся на южных окраинах Волыно-Подольской возвышенности, окаймляющей с севера Причерноморскую низменность. Большинство из этих рек впадают в лиманы Черного моря (Сасык, Тузловские, Кучурган, Грибовский, Хаджибейский, Куяльницкий, Тилигульский), а часть – являются притоками Южного Буга и Днестра [12]. В свою очередь у основных м.р. региона есть множество небольших рек-притоков последующих порядков. Большинство степных рек Одесской области в летнее время пересыхают или превращаются в цепочку водоемов-стариц. Как известно [6] основой существования водных биоценозов является их растительный компонент, прежде всего водоросли. Немаловажная роль среди них принадлежит эвгленовым. Это одноклеточные растительные организмы, в основном с монадной (жгутиковой) морфологической структурой, обитающие в пресноводных стоячих водоемах. Они объединяют более 1000 видов, широко распространенных на Земном шаре, обнаруженных на всех континентах (кроме Антарктиды) и во всех флористических царствах и областях Земли Эвгленовые

водоросли играют заметную роль в природе и жизни человека, они способны к поглощению растворенных органических веществ – очищению воды, являются биологическими индикаторами санитарного состояния водоемов. Некоторые виды эвгленовых хорошо культивируются и их применяют в экспериментальной биологии в качестве тест-объектов. Флора эвгленовых в Украине изучена уже достаточно подробно [1, 3, 4, 5, 10, 11], обобщенная информация о них представлена в [13], но все же эта работа продолжается. Выявляются новые виды и новые местонахождения эвгленовых, уточняются ареалы их распространения[7]. Всего в Украине их выявлено 369 видов (514 в.в.т.), которые входят в состав 1 класса, 2 порядков, 5 семейств и 28 родов [13].

В отношении м. р. региона исследования сведения об эвгленовых водорослях весьма ограничены. Поэтому целью данной работы является анализ видового состава Euglenophyta и его экологических особенностей в водоемах долин малых рек СЗП.

Материалы и методы

Объектами исследования были такие малые реки СЗП как Когильник, Чага, Сарата, Хаджидар, Кучурган, Барабой, Большой Куяльник, Малый Куяльник, Кодыма, Тилигул, Царегол, Чичиклея и Ягорлык. Исследования были проведены в 2009 – 2014 гг. Пробы фитобентоса отбирали в вегетационный период по стандартной методике гидроэкологических исследований [6]. Всего собрано и обработано 100 проб. Для идентификации видового состава эвгленовых водорослей использовали определители и специальные монографии [1, 3, 4, 5]. Систематика эвгленовых представлена по [13]. Об экологическом состоянии малых рек СЗП судили, анализируя состав эвгленовых водорослей-индикаторов, обитающих в этих водоемах [2].

Результаты и обсуждение

К настоящему времени в фитобентосе исследуемых малых рек СЗП нами выявлено 320 видов водорослей [9]. Доминирующая роль в альгоценозах этих водоемов принадлежит Bacillariophyta (137 видов). Cyanoprocaryota были представлены 62, Chlorophyta – 52, Euglenophyta – 36, Streptophyta – 23, Chrysophyta – 8 и Xanthophyta – 4 видами.

Как следует из представленных данных, в м.р. СЗП обитало 36 видов эвгленовых водорослей. Их распределение по рекам выглядело так: в Когильнике, Хаджидере и Чаге выявлено по 11 видов, Сарате – 10, Большом Куяльнике, Цареге и Малом Куяльнике – по 9, Тилигуле и Барабое – по 7, Чичиклее – 6, Ягорлыке – 4, Кодыме и Кучургане – по 3. Таксономический спектр Euglenophyta района исследования был представлен 1 классом, 2 порядками, 3 семействами и 6 родами (табл. 1). Наибольшее видовое насыщение было характерно для родов Phacus Dujard и Euglena Ehrenb.

Таблица 1.

Таксономический спектр эвгленовых водорослей м.р. СЗП

Класс	Порядок	Семейство	Род
Euglenophyceae Schoenichen	Euglenales Bütschli	Eutreptiaceae A. Hollande	Eutreptia Perty (1 вид)
		Euglenaceae H. J. Carter	Collacium Ehrenb. (1)
			Cyclidiopsis Korschikov (1)
			Euglena Ehrenb. (21)
			Lepocinclis Perty (1)
			Phacus Dujard (10)
	Peranematales G. A. Klebs	Peranemataceae G. A. Klebs	PeranemaDujard. (1)

Экологический анализ выявленных видов эвгленовых водорослей показал, что индикаторами солености среди них являются 23. Они предтавлены индифферентами – 16 видов (69,5 %), мезогалобами – 2 (8,8 %) и полигалобами – 5 (21,7 %). Индикаторов pH среды были 21 вид, из них алкалифилов – 3 (14,3 %), индифферентов – 17 (80,9 %) и ацидофилов – 1 (4,8 %). Среди индикаторов сапробности отмечено 29 вида, преобладающей группой была мезосапробная: β-мезосапробы – 11, о-мезосапробы – 4, β-α– мезосапробы – 6, α-р-мезосапробы – 2, α-, β-о– и β-р-мезосапробы и изосапробы – по 1; полисапробы – 1.

Географическое распространение известно для 25 видов, из них 21 относятся к космополитам и 4 – к бореальным (табл. 2).

Таблица 2.

Эколого – геогафические характеристики видового состава эвгленовых водорослей м.р. СЗП

№	Таксоны водорослей	Экологические особенности					География
		Место произрастания	Реофильность	Галобность	Алкалифильность	Сапробность	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	*Eutreptia lanowii* Steuer	B		ind			
2.	*Colacium arbuscula* F. Stein		st				k

3.	*Cyclidiopsis acus* Korschikov	B	st	ind		P	
4.	*Euglena acus* Ehrenb.	B	st	pg	ind	β	
5.	*E. acus Ehrenb. var. acauda Swiz.*						
6.	*E. caudata* Hübner	B	st-str	ind		α-p	k
7.	*E. convoluta* Korschikoff		st	ind	ind	o	b
8.	*E. deses* Ehrenb.	B	st-str	ind	alkf	p	k
9.	*E. ehrenbergii* G. A. Klebs.	B	st-str	ind	ind	β	k
10.	*E. elenkinii*J. Poljansk	B	st				b
11.	*E. intermedia* (G. A. Klebs) Schmitz	B	st	ind	ind	β	k
12.	*E. fenestrata* Elenk	B					
13.	*E. hemichromata* Skuja	B	st-str		acf	β-o	k
14.	*E. mutabilis* Schmitz	Pl	st-str		ind	o	k
15.	*E. obtusa* Schmitz		st	m		β-α	
16.	*E. oxyoris* Schmarda	B	st-str	ind	ind	β-α	k
17.	*E. pavlovskoensis* (V. I. Poljansky) T. G. Popova	Pl	st-str		ind		b
18.	*E. polymorpha* P. A. Dang	B	st-str	pg	ind	α	k
19.	*E. proxima* P. A. Dang	B	st-str	pg		p	k
20.	*E. satelles Brasl.– Spect.*	B	st-str			β-α	
21.	*E. spathirhyncha* Skuja	B	st-str	ind		p-α	

22.	*E. spllendens* Dang.	B	st-str			β	
23.	*E. tripteris* (Dujard.) G. A. Klebs	B	st-str	m	ind	β	k
24.	*E. viridis* Ehrenb.	B	st-str		alkf	i	k
25.	*Lepocinclis elongata* (Svirenko) M. A. Conrad	B	st	ind			
26.	*Phacus acuminatus* A. Stokes	B	st-str	ind	ind	β-α	k
27.	*Ph. alatus* G. A. Klebs	Pl	st	ind	ind	o	k
28.	*Ph. caudatus* Hübner.	B	st-str	ind	alkf	β	k
29.	*Ph. longicauda* (Ehrenb.) Dujard.	Pl	st	ind	ind	β-α	k
30.	*Ph. oscillans* G. A. Klebs	B	st-str	pg	ind	β	k
31.	*Ph. orbicularis* Hübn	B	st-str	ind	ind	β	k
32.	*Ph. parvulus* G. A. Klebs	Pl	st-str	ind	ind	β	k
33.	*Ph. platyaulax* Pochm	B				β	
34.	*Ph. pyrum* (Ehrenb.) F. Stein	Pl	st-str	pg	ind	β	k
35.	*Ph. wettsteinii* Drez.	B				o	b
36.	*Peranema pleururum* Skuja	B	st-str		ind	α-β	k

Примечание: приуроченность к местообитанию (pl – планктон, b – бентос); категория сапробности (o – олигосапроб, β – мезосапроб, α – мезосапроб, β-α и α-β-мезосапроб, p–полисапроб, i – изосапроб); категория галобности (gl – галофил, pg – полигалоб, ind – индифферент); pH – категория (alkf – алкалифил, ind – индифферент, acf – ацидофил); географическое распространение (b – бореальный вид, k – космополит), отношение к текучести водоема (st – стоячие, str –текучие).

В сезонном аспекте весной преобладали *Euglena ehrenbergii*, летом – *E. hemichoramata* и *Phacus caudatus,* осенью – *E. deses*.

Чаще всего и наиболее массово эвгленовые встречались в конце лета и в начале осени. Это связано, как отмечалось выше, с особенностями гидрологии м.р., т.е. их пересыханием в летнее время на большей протяженности русла и превращением в цепочки стоячих мелководных водоемов с избытком органических веществ. Весной при наличии русловых потоков встречались лишь единичные экземпляры эвгленовых.

В целом наиболее массовыми в м. р. СЗП были такие виды эвгленовых водорослей как *Euglena deses, E. viridis*, *Phacus caudatus, Ph. orbicularis*, *Ph. pyrum*. Редко встречающимися видами были: *Eutreptia lanowii*, *Colacium arbuscula*, *Euglena convoluta*, *E. pavlovskoensis*, *Lepocinclis elongata*, *Ph. wettsteinii*.

Впервые для СЗП нами выявлены *Peranema pleururum* Skuja, *Phacus platyaulax* Pochm, *Euglena obtuse* Schmitz (рис. 1.3).

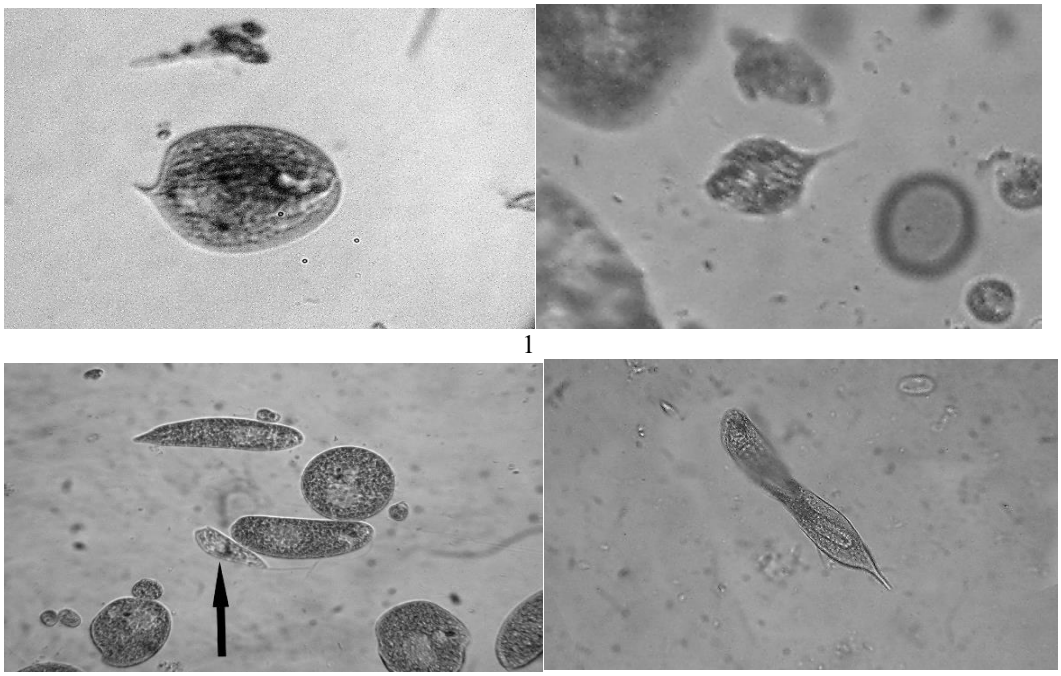


Рис. 1. **Некоторые виды Euglenophyta м.р. СЗП:** 1 – *Phacus acuminatus* A. Stokes; 2 – *Ph. pyrum*; 3 – *Euglena obtusa*, *Peranema pleururum* (стрелка); 4 – *E. tripteris*var. tripteris

Выводы

В течение 2009-2014 гг. было изучено разнообразие эвгленовых водорослей 13 малых рек СЗП. Всего было идентифицировано 36 видов эвгленовых водорослей, относящихся к 1 классу, 2 порядкам, 3 семействам и 6

родам. Наибольшее количество определенных видов принадлежит родам Phacus Dujard и Euglena Ehrenb. В сезонном аспекте весной преобладали *Euglena ehrenbergii*, летом *Euglena hemichoramata*, *Phacus caudatus,* осенью *Euglena deses*. Чаще всего и наиболее массово эвгленовые встречались в конце лета, в начале осени. Весной были найдены единичные экземпляры. Большинство найденных видов впервые приводятся для некоторых исследуемых водотоков, так же впервые для малых рек СЗП приведены следующие виды: *Peranema pleururum*, *Phacus platyaulax*, *Ph. pyrum, Euglena obtusa*. По отношению к органическому загрязнению преобладающей группой водорослей была мезосапробная, следовательно, уровень трофности в этих водоема колеблется от мезотрофного до эвтрофного.

Список цитированной литературы

1. *Асаул* З.І. Визначник евгленових водоростей Української РСР. – Киев: Наук. думка, 1975 – 184 с.
2. *Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В.* Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – Тель Авив: Pil. Stud., 2006. – 498 с.
3. *Ветрова З. И.* Флора водорослей континентальных водоемов Украины. Эвгленофитовые водоросли. К.: Наук. думка, 1986 – Вып. 1, Ч. 1 – 347 с.
4. *Ветрова З. И.* Флора водорослей континентальных водоемов Украины. Эвгленофитовые водоросли. К.: Наук. думка, 1993. – Вып. 1, Ч. 2. – 260с.
5. *Ветрова З. И.* Эвгленофитовые водоросли. – Тернополь: Лилея, 2004 – 272 с.
6. *Водоросли.* Справочник / Вассер С. П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.Н. и др. – К.: Наук. думка, 1989. – 606 с.
7. *Герасимова О. В*. Euglenophyta Дніпровсько-Орільського природного заповідника // Заповідна справа в Україні. — 2005. — Т. 11, вип. 1. — С. 15-19.
8. *Игошин Н. И.* Проблемы восстановления и охраны малых рек и водоемов. Гидроэкологические аспекты. Учебное пособие. – Харьков: Бурун книга, 2009 – 240 с.
9. *Миронюк О.М., Ткаченко Ф.П.* Состав водорослей-индикаторов малых рек северо-западного Причерноморья // Вісник ХНАУ. Серія біологія.– 2013. – вип. 2 (29). – С. 93-102.
10. *Ролл Я. В.* Новые виды водорослей, найденные в окрестностях Сев. – Донецкой биологической станции // Рус. архив протистологии. – 1925. – Т. 4. Вып. 3-4. – С. 137 – 152.
11. *Свиренко Д.О.* Материалы к флоре водорослей России. Некоторые данные к систематике и географии Euglenophyta// Тр. о-ва испыт. природы при Харк. ун-те. – 1915. – № 26. – С. 67 – 148.
12. *Швебс Г. І., Ігошин М. І.* Каталог річок і водойм України. – Одеса: Астропринт, 2003. – 390 с.
13. *Algae*ofUkraine: Diversity, Nomenclature, Taxonomy, EcologyandGeography/ byTsarenkoP. M., WasserS. P., NevoEvitor. – Ruggel: A. R. A. GantnerVerlag, 2006. – Vol. 1. – 713p.

АЛЬГОФЛОРА ПОЙМЕННЫХ БИОЦЕНОЗОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ»

Ольга ПИРОГОВА
Вятский государственный гуманитарный университет
(Россия, г. Киров, ул. Красноармейская, д. 26;
e-mail: kaf_eco@vshu.kirov.ru)

A comparative analysis of soil algae specious diversity in forest and meadow phytocenoces in the nature reserve Nurgush identified 58 species of soil algae. Different plant communities have different species composition (species composition of soil algae varies according to the type of phytocenosis). In forest phytocenoces cyanobacteria and green algae dominate, in meadow phytocenoces green algae dominate.
Keywords: nature reserve, phytocenoces, biocenosis, soil algae

Введение

Почвенные водоросли являются единственным фототрофным компонентом почвенной микрофлоры и вносят существенный вклад в жизнь биогеоценозов. Они усиливают микробиологическую активность почвы, накапливают органическое вещество и фиксированный азот, оказывают влияние на физические свойства почвы. Видовой состав водорослей является одним из диагностических признаков типа почвы. Изучение заповедных территорий является актуальным, так как заповедник – наиболее эффективный способ охраны биоразнообразия, он обеспечивает сохранность сообществ и ландшафтов, являющихся естественной средой обитания.

Исследование проведено в федеральном государственном учреждении «Государственный природный заповедник «Нургуш», который находится в центральной части Кировской области и располагается в излучине правого берега р. Вятки в её среднем течении. Территория заповедника занимает первую надпойменную террасу, река Вятка ограждает заповедник с трех сторон – севера, востока и юга, на западе – р. Прость и цепочка пойменных озер. Территория заповедника сложена современными аллювиальными отложениями. Рельеф заповедника типично пойменный, относительно плоский, осложнен множеством грив и межгривных понижений, обилием озер-стариц. Весной почти вся территория заповедника заливается. [4].

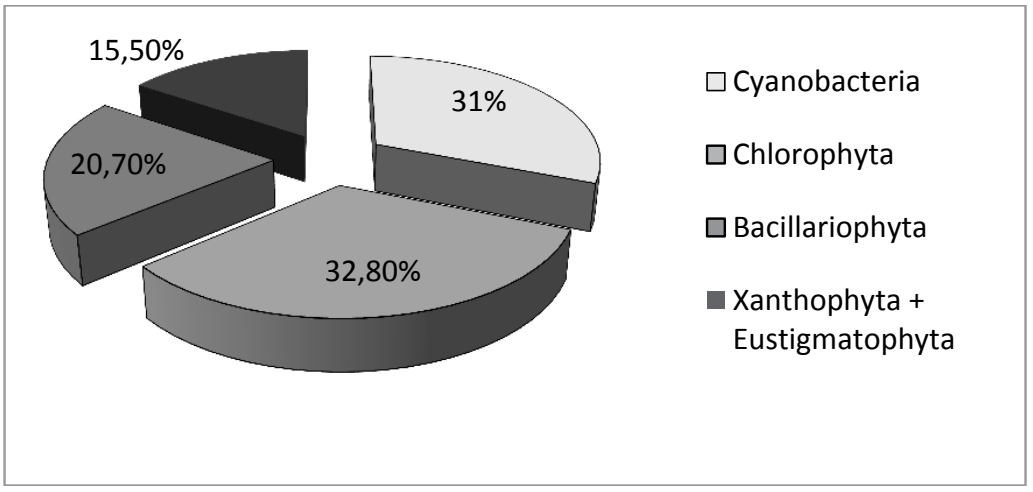
Целью исследования являлось изучение флористического состава и количественных показателей альгофлоры пойменных биоценозов ГПЗ «Нургуш».

Материалы и методы

Пробы почв были отобраны в шести пойменных биогеоценозах заповедника: злаково-разнотравный луг костров-осоково-таволговый; разнотравно-злаковый луг таволго-мятликово-костровый; осиново-липовый лес хвощево-будрово-снытевый; липово-дубовый лес клеверо-снытево-костровый; дубняк чинно-подмаренниково-снытево-клеверный; ивняк горцево-двукисточниково-осоковый. Почвенные образцы отбирались с глубины 0-5 см. Отбор проб и изучение видового и количественного состава альгофлоры проводили в соответствии с требованиями микробиологических исследований [2,5]

Результаты и обсуждение

В изученных биогеоценозах было выявлено 58 видов почвенных водорослей и цианобактерий, в том числе Cyanobacteria – 18, Chlorophyta – 19, Bacillariophyta – 12, Xanthophyta + Eustigmatophyta – 9 (фигура 1). По видовым показателям преобладают представители отделов Chlorophyta и Cyanobacteria.



Фигура 1. **Таксономический состав почвенных водорослей ГПЗ «Нургуш»**

В почвах лесных фитоценозов было выявлено 48 видов почвенных водорослей и цианобактерий (табл. 1).

Таблица 1.

Видовой состав водорослейпод ассоциациями лесной растительности

Фитоценозы	Число видов водорослей									
	Cyanobacteria		Chlorophyta		Bacillariophyta		Xanthophyta + Eustigmatophyta		Всего	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Осиново-липовый лес	8	32	9	36	4	16	4	16	25	100
Липово-дубовый лес	4	20	7	35	5	25	4	20	20	100
Дубовый лес	9	34,6	7	26,9	7	26,9	3	11,5	26	100
Ивняк	15	50	6	20	6	20	3	10	30	100
Всего видов в лесных фитоценозах	17	35,4	14	29,2	10	20,8	7	14,6	48	100

Примечание: 1 – число видов; 2 – процент

Преобладают представители отделов Chlorophyta и Xanthophyta, что согласуется с литературными данными [1,3]. Спектр жизненных форм лесных фитоценозов представлен формулой: $P_{11}B_{10}Ch_9X_6H_6C_5hydr_1$. Преобладают нитчатые ЦБ, обладающие ксероморфной структурой, а также требовательные к влажности виды. Наиболее богатое видовое разнообразие выявлено в ивовых зарослях на песчаной почве, где ведущее место занимают цианобактерии. Доминантами являлись: *Leptolyngbya angustissima, Leptolyngbya foveolarum, Phormidium autumnale, Phormidium molle, Bracteacoccus minor, Klebsormidium flaccidum, Xanthonema exile, Luticola mutica var. mutica, Hantzschia amphioxys*. Наименьшие видовые характеристики альгофлоры представлены в липово-дубовом лесу, что, возможно, связано с большей затененностью почвенного покрова данного фитоценоза. Доминантами сообществ являлись: *Chlamydomonas gloeogama, Chlorella vulgaris, Stichococcus minor, Xanthonema exile, Botrydiopsis eriensis*. Альгогруппировки осиново-липового и дубового лесов характеризуются преобладанием водорослей из отделов Chlorophyta и Cyanobacteria. Доминирующие позиции занимали: *Leptolyngbya frigida, Phormidium autumnale, Phormidium molle, Chlorella vulgaris, Klebsormidium flaccidum, Stichococcus bacillaris, Xanthonema exile, Eustigmatos magnus, Navicula pelliculosa, Hantzschia amphioxys.*

В почвах луговых фитоценозов было обнаружено 54 вида почвенных водорослей (табл. 2). Формула экобиоморф: $P_{12}Ch_{10}B_9C_8X_8H_7$. Преобладают нитевидные синезеленые водоросли и виды-убиквисты.

Таблица 2.

Видовой состав водорослей луговых фитоценозов

Фитоценозы	Число видов водорослей									
	Cyanobacteria		Chlorophyta		Bacillariophyta		Xanthophyta + Eustigmatophyta		Всего	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Пойменный злаково-разнотравный луг костово-осоково-таволговый	16	34	15	31,9	9	19,2	7	14,9	47	100
Пойменный разнотравно-злаковый луг таволго-мятликово-костровый	13	34,2	12	31,6	7	18,4	6	15,8	38	100
Всего видов в луговых фитоценозах	17	31,5	19	35,1	9	16,7	9	16,7	54	100

Примечание: 1 – число видов; 2 – процент

Наиболее богатыми видовыми характеристиками обладает пойменный злаково-разнотравный луг. Доминируют: *Leptolyngbya angustissima, Leptolyngbya foveolarum, Phormidium autumnale, Phormidium boryanum, Chlamydomonas globosa, Klebsormidium nitens, Stichococcus bacillaris, Xanthonema exile, Botrydiopsis eriensis, Eustigmatos magnus, Navicula pelliculosa.* Видовое разнообразие альгофлоры пойменного разнотравно-злакового луга представлено 38 видами. Доминантами являются представители отделов Chlorophyta и Cyanobacteria (31,6% и 34,2% соответственно).

Количественные характеристики альгофлоры почв пойменных биоценозов за осенний период приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Количество клеток водорослей пойменных биоценозов ГПЗ «Нургуш»

№	Фитоценоз	Тип почвы	Количество клеток (тыс. кл. на 1 г. почвы)		
			Cyanobacteria	Bacillariophyta	Всего
1	Липово-дубовый лес клеверо-снытево-костровый	Аллювиальная дернвая суглинистая на современном аллювии	–	28,6±4,8	28,6±4,8

2	Дубняк чинно-подмаренниково-снытево-клеверный	Аллювиальная дерновая суглинистая на современном аллювии	–	27,3±3,8	27,3±3,8
3	Ивняк горцево-двукисточниково-осоковый	Аллювиальная дерновая	–		
4	Осиново-липовый лес хвощово-будрово-снытевый	Аллювиальная дерновая суглинистая		54,1±7,5	
5	Пойменный разнотравно-злаковый луг таволго-мятликово-костровый	Аллювиальная дерновая суглинистая	–	57,7±10,4	57,7±10,4
6	Пойменный злаково-разнотравный луг кострово-осоково-таволговый	Аллювиальная дерновая среднесуглинистая	–		

В осенних пробах основная численность почвенных водорослей принадлежит диатомовым водорослям. Их количество составляло от 27 до 140 тыс. кл в 1 г. почвы. В осиново-липовом лесу по численности клеток преобладают цианобактерии.

Выводы

В изученных пойменных фитоценозах заповедника выявлено 58 видов почвенных водорослей. Видовое разнообразие почвенных водорослей и цианобактерий под луговой растительностью богаче данных показателей лесных почв. Видовой состав альгофлоры различается в зависимости от фитоценоза и типа почвы. В осенний период доминантами сообществ пойменных биоценозов были диатомовые водоросли.

Список цитированной литературы

1. Алексахина Т.И., Штина Э.А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 148 с.
2. Домрачева Л.И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
3. Новаковская И.В., Патова Е.Н. Почвенные водоросли еловых лесов и изменения в условиях аэротехногенного загрязнения. Сыктывкар, 2011. 128 с.
4. Тарасова Е.М., Кондрухова С.В., Целищева Л.Г. Государственный природный заповедник «Нургуш» // Труды Государственного природного заповедника «Нургуш». Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2009. С. 17-30.
5. Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.

ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ СЕВЕРНЫХ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА

Евгений СЕМЕНЮК, Виктор ШАЛАРУ
Лаборатория научных исследований «Альгология», Молдавский Государственный Университет, ул. А. Матеевич, 60, Кишинёв, MD-2009, sema3_87@mail.ru

Abstract. Study of soil algae in the Republic of Moldova paid less attention in comparation with aquatic algae. For today in the soils of Moldova is found more than 600 species of these microorganisms. The aim of this work is to identify the structural and taxonomic properties of algal communities in the soils of the northern regions of Republic of Moldova. In the studied soils formed under the main phytocenoses of the northern regions identified 213 species and varieties of soil algae, relating to the 4 divisions, 16 orders, 35 families, 65 genera.

Введение

В современной альгологии за последние 10-15 лет накопилось значительный объём информации относительно изучения свойств и применения почвенных водорослей, различных физико географических регионов Земли. Изучению почвенных водорослей в Республике Молдова, в отличие от водных водорослей, уделяется необоснованно меньше внимания, не смотря на большое разнообразие почв, флористических зон и преимуществ данной экологической группы организмов перед другими [2,5]. К таким преимуществам можно отнести участие водорослей в большинстве физико-химических и биологических процессах, протекающих в почвах, накопление водорослями органических веществ в почвах, способствуя тем самым увеличению плодородию, защита почв от различного рода эрозий, восстановление деградированных почв, организация мониторинга почвенных экосистем, выявление временных или долгосрочных негативных процессов в почвах [3,7]. Особенная роль принадлежит водорослям в накоплении атмосферного азота в почве и обогащению почв этим важным биогенным элементом [4,7]. На сегодняшний день в почвах Республики Молдова обнаружено более 600 видов и вариаций этих микроорганизмов [5,6].Однако в связи с ростом промышленного производства, процессами урбанизации и интенсивности антропогенного воздействия на природные экосистемы становится сложно провести структурно – функциональную оценку изменений происходящих в видовом составе почвенных водорослей [8,9]. Многие из этих видов были обнаружены единожды и наличие их в почвах Молдовы – уточняется, другие же виды вовсе исчезли, так и не успев быть детально изученными и сохранёнными.

Материалы и методы

Целью данной работы является выявление структурно-таксономических свойств водорослевых сообществ, в почвах северных районов Республики Молдова в зависимости от различных типов высшей растительности, а так же изучение экологических свойств водорослей с целью использования их в качестве биологического индикатора общего экологического состояния почв. Почвенно-альголгические исследования проводились в период 2010-2014 год в 7 районах севера республики: Бричаны, Липканы, Единцы, Окница, Глодяны, Рышканы, Бельцы. Почвенные образцы были отобраны в наиболее характерных экосистемах, а именно: агрофитоценозы, фитоценозы степных участков, луговых и широколиственных лесов. Все пробы отбирались с глубины 0-1см и 1-5см при соблюдении стерильности, правил этикетирования и хранения образцов [7,8,9]. На каждой пробной площади проводилось полное геоботаническое исследование с указанием плотности дерновины, размером листового опада, типом увлажнения и флористическим составом высшей растительности. Изучение видового состава в отобранных образцах проводилось по стандартным методам принятым в почвенной альгологии [2,7,8,9]. Культуры выдерживались в лабораторных условиях под искусственным освещением в течении всего периода изучения при интенсивности освещения искусственной лампы в 3000 лк.

Результаты и обсуждение

В исследованных почвах, формирующихся под основными фитоценозами северных районов республики, выявлено 213 видов и внутривидовых таксона почвенных водорослей, относящихся к 4 отделам, 16 порядкам, 35 семействам, 65 родам: *Cyanophyta* – 82, *Chlorophyta* – 71, *Xanthophyta* – 49, *Bacillariophyta* – 11.

Наиболее полно в почвах представлены водоросли из отдела *Cyanophyta*– 82 вида, они составляют 38,49 % от всех обнаруженных видов. Доминирование в почвах представителей отдела *Cyanophyta* объясняется наличием своеобразных условий обитания, большим разнообразием экотопов и большой экологической пластичностью этих видов.

Водоросли отдела *Chlorophyta* представлены в почвах 71 видом, что составляет 33,33 %. Водоросли этого отдела представлены в большинстве одноклеточными формами, характерные увлажнённым почвам затенённых лесов. Список видов отдела *Xanthophyta* в исследуемых почвах представлен 49 видами, что составляет 23% от общего числа. Наименьшее число видов в исследуемых почвах обнаружено из отдела *Bacillariophyta* – 11, что составляет только 5,1 % от общего числа видов. Не смотря на небольшое количество обнаруженных видов данного отдела, некоторые из них встречались повсеместно в почвах всех изученных фитоценозов.

Наиболее репрезентативные луговые экосистемы характерные северным районам республики являются: пойменные, заливные, суходольные, разнотравные луга. Высшая сосудистая растительность лугов представлена преобладанием видов семейства*Poaceae*, и примесью видов из семейств *Lamiaceae, Fabaceae, Asteraceae*. Специфическими видами для данной растительности являются *Agropyron repens* Gaertn., *Phleum pretense* L., *Agrimonia eupatoria* L., *Vicia cracca* L., *Lotus corniculatus* L., *Dianthus deltoides* L., *Melilotus officinalis* (L.) Lam., *Cichorium inthybus* L., *Phlomis tuberosa* L., *Salvia pratensis* L., *Thymus serpyllum* L., [1]. Наибольшее видовое разнообразие почвенных водорослей обнаружено в почвах луговых фитоценозах, 188 видов и внутривидовых таксона. В почве луговых экосистем самыми многочисленными являлись виды отдела *Cyanophyta* – 69 видов (36% от общего числа обнаруженных на лугах). Водоросли отдела *Chlorophyta* в почвах лугов представлены 62 видами и 32% соответственно. Отдел *Xantophyta* представлен в почвах лугов 47 видами, что составляет наибольший показатель видового разнообразия представителей данного отдела среди изученных флористических ассоциаций. Водоросли отдела *Bacillaryophyta* представлены наименьшим количеством видов и составляют 10 видов и внутривидовых таксонов, в почвах лугов. В комплекс доминирующих видов в почвах лугов входили нитчатые сине-зелёные *Microcoleus vaginatus* Gomont ex Gomont*, Lyngbya circumcreta* Ghose*, Oscillatoria chalibea* Mertens ex Gomont*,* одноклеточные зелёные и жёлтозелёные *Chlorococcum botryoides* Rabenhorst*, Chlamydomonas sp., Chloridella simplex* Pascher и др.

Наиболее сходны по видовому составу с луговыми альгогуппировками является альгоценоз почв широколиственных лесов. Наиболее характерные для северных районов республики являются лесные массивы из Дуба черешчатого *Quercus robur* L., с примесью Черешни птичьей *Cerasus avium* L.. Средний ярус растительности лесных фитоценозов представлен кустарниками формирующими подлесок *Cornus mas* L*, Eonymus verrucosus* Scop*., Sambucus nigra* L., *Prunus spinosa* L., *Crataegus monogyna* Jacq. Специфическими видами травянистой растительности для данного фитоценоза являются *Asarum europaeum* L., *Aegopodium podagraria* L., *Carex hirta* L., *Urtica dioica* L.[1,6]. Всего в почвах широколиственных лесов обнаружено 176 видов и внутривидовых таксона почвенных водорослей. Как и в луговых фитоценозах, ведущая роль принадлежит отделу *Cyanophyta*– 62 вида, и 35 % от общего числа видов обнаруженных в лесах. Отдел *Chlorophyta* представлен в почвах лесов 60 видами с преобладанием одноклеточных форм. Водоросли отдела *Xantophyta* обнаружены численностью в 44 вида. Отдел *Bacillaryphyta* в почвах лесов, как и в случае луговых ассоциаций, проявляют определённую видовую константность и составляют 10 видов. В комплекс

доминирующих видов в почвах широколиственных лесов входили *Microcleus lacustris* Farlow ex Gomont, *Nostoc microcopicum* Carm., *Cylindrospermum licheniforme* Kützing ex Bornet & Flahault, *Phormidium autumnale* Gomont, *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunowin Cleve & Grunow, *Botrydiopsis eriensis* Snow, *Chlorella ellipsoidea* Gerneck, *Desmococcus viridis* C. Agardh. Такое обилие видового состава водорослей в почвах лесов обусловлено экологическими условиями формирующие данные геоботанические регионы, а именно: наличие ярусной структуры высшей растительности, присутствие листового опада и подстилки, которые местами достигают до 10 см, плодородные черноземы, а так же умеренное увлажнение (1,2 гтк).

В виду того что на территории Республики отсутствуют месторождения минеральных ресурсов, экономика основана на сельском хозяйстве. Сельхозугодия составляют около 60% площади. Пробы почвенных образцов отбирались на культивированных почвах по выращиванию таких культур как *Zea mays* L., *Helianthus annuus* L., *Medicago sativa* L. и др. Всего в почвах агрофитоценозов обнаружено 153 вида почвенных водорослей. Наибольшим видовым разнообразием отличается отдел *Cyanophyta* – 65 видов, что составляет 44% от общего числа обнаруженных в почве агрофитоценозов видов. Отдел *Chlorophyta* представлен 47 видами водорослей и 30% соответственно, водоросли отдела *Xantophyta* представлены 35 видами и 22 %, а диатомовые водоросли представлены в почвах различных агрофитоценозов только 6 видами. В комплекс доминирующих видов в почвах агрофитоценозов входили *Chlorococcum botryoides* Rabenhorst, *Chlorosarcinopsis arenicola, Pleurohloris anomala* E. J. James, *Gloeobotrys chlorinus* Pascher, *Phormidium autumnale* Gomont, *Ph. foveolarum* Gomont, *Ph. frigidum* F. E. Fritsch, *Nostoc coeruleum* Lyngb, *N. microscopicum* Carmichael ex Bornet & Flahault. Очевидно, что уменьшение разнообразия и численности водорослей в почвах агрофитоценозов, обусловлено неконтролируемым внесением азотосодержащих удобрений и отсутствием толерантности к различного рода гербицидов и других химических удобрений (Отчёт Министерства Сельского хозяйства).

Степные участки северных районов республики являются исчезающими и в большинстве своём взяты под государственную охрану. Специфическими видами сосудистых растений для данных фитоценозов являются *Festuca valesiaca* Schileich. ex Gaudin, *Achillea millefolium* L., *Artemisia austriaca* L. [1]. Альгогруппировки исследованных степных участков оказались менее богатыми почвенными водорослями, а общий список обнаруженных видов составляет 135 видов и 63% от всех обнаруженных в почвах северной лесостепной провинции видов. Таким образом, видовой состав представлен следующими видами по отделам: *Cyanophyta* – 44 вида, *Chlorophyta* – 46

видов и *Xanthophyta*– 38 видов и *Bacillariophyta* – 7. В комплекс доминирующих видов в почвах степных участков входили *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet & Flahault, *Nostoc edaphicum* Kondrateva, *Phormidium ambiguum* Gomont, *Phormidium frigidum* F. E. Fritsch, *Phormidium tenue* Gomont, *Oscillatoria begiatoiformis* Kützing ex Gomont, *Schizothrix lardacea* Gomont, *Chloridella cystiformis* Pascher, *Botrydiopsis arhiza* Borzì, *Gloeobotrys chlorinus* Pascher,*Chlorococcum sp, Chlorella sp, Klebsormidium flaccidum* (Kützing) P.C.Silva, K.R.Mattox & W. H. Blackwell, *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg.) Grunow, *Navicula lanceolata* Ehrenberg. Опять же сходство флористической структуры почвенных водорослей этих зон обусловлено экологическими факторами и интенсивной антропогенной нагрузкой – нерациональная агротехническая эксплуатация культивируемых земель и жёсткий выпас, и сенокос степных участков.

Выводы

В результате полученных данных, можно отметить, что в почвах северомолдавской лесостепной провинции, наибольшее видовое разнообразие выявлено у водорослей отдела *Cyanophyta,* которые составляют 38,4 % от общего числа обнаруженных видов. Водоросли отдела *Chlorophyta* уступают по количеству обнаруженных видов и составляют 33,33% от общего видового состава. Значительно уступает по количеству обнаруженных видов отдел *Xantophyta,* которые составляют 23,00%. Видовое разнообразие диатомовых водорослей немногочисленно, всего 5,2%, однако некоторые виды были отмечены как доминанты во всех изученных местообитаниях – *Hantzschia amphyoxys* (Ehrenberg) Grunow., *Navicula mutica* Kützing, *Nitzschia intermedia* Hantzsch. ex Cleve. & Grunow.. Большинство видов принадлежит таким семействам как *Oscillatoriaceae, Nostocaceae, Gloebotrydaceae, Chlorococcaceae, Chlamydomonodaceae, Chaetophoraceae, Chlorellaceae, Ulothricchaceae, Naviculaceae.* Наиболее богаты в видовом составе роды *Phormidium, Oscillatoria, Chlamydomonas, Nostoc, Chlorella, Navicula.* Наибольшее видовое сходство обнаружено в почвах лесных и луговых фитоценозов, которые в большинстве своём встречаются в заповедных территориях, а почвы агрофитоценозов и степных участков менее богаты видовым разнообразием почвенных водорослей, что обусловлено интенсивным природопользованием этих территорий.

Список использованной литературы

1. Гейдеман Т. С. Растительный покров Молдавии и его антропогенные изменения // Охрана важнейших ботанических объектов Украины, Белоруссии, Молдавии. – Киев, 1989, С. 287-314.
2. Негру М. А., Сабельникова В. И., Шаларь В. М. Распространение водо-

рослей в почвах Молдавии – Изв. АН МССР. Сер.биол. и хим. наук, Кишинев, 1970, № 6, С. 7-10.
3. Османова Р. А. Скорость роста почвенных водорослей и их влияние на развитие высших растений – В кн.: Развитие и значение водорослей в почвах Нечерноземной зоны – Пермь, 1977, С. 65-67.
4. Третьякова А. Н. Влияние штаммов азотфиксирующих сине-зелёных водорослей на накопление азота и рост растений. – В кн.: Современное состояние иперспективы изучения почвенных водорослей в СССР, Киров, 1967, С. 246-253.
5. Шалару В.В. К методикеанализасистематическойструктурыальгофлорыпочв // Альгология, Киев, 1994, Т.4,№4,с.64-73.
6. Шаларь В. В. Почвенные водоросли основных типов леса Молдавии: Авторефдис. канд. биол. наук, Кишинев, 1986, 22 с.
7. Штина Э. А. Методы изучения почвенных водорослей // Микроорганизмы как компоненты биогеоценозовю – М.: Наука, 1984, С. 58-74.
8. Штина Э. А. Обзор факторов, обуславливающих динамику почвенных водорослей. – В кн.: Динамика микробиологических процессов в почве и обуславливающие ее факторы. Таллинн, 1974, ч. 1, С. 35-40.
9. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей, М.: Наука, 1976, 144 с.

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНО-ВОДОРОСЛЕВЫХ ЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Наталья СУХАНОВА
Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акмуллы 450000, РФ, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул.Октябрьской революции, 3 а, 8(347)273-02-90, n_suhanova@mail.ru

Due to the increasing urbanization recreational impacts on natural systems is constantly grows. Trampling is primarily reflects on land cover. We studied soil cyanobacterial-algal cenoses with various rate of recreational load in settlements of South Ural forest-steppe zone. There was found 119 species of soil algae and cyanobacteria, including forms and variations. 37 % of them belonged to Cyanoprocariota, 38% – to Chlorophyta, 22% – to Ochrophyta (9% – Xanthophyceae, 12% – Bacillariophyceae, 1% – Eustigmatophyceae), 2% – to Streptophyta , 1% – to Euglenophyta. Biodiversity of edaphotrophs is presented with 5 division, 9 classes, 21 orders, 46 families, 67 genus. We identified a group of frequently occurring species, dominant and subdominant, identified leading families in terms of the number of species. It was found out that the spices diversity and abundance of soil phototrophs increase upon the low recreational influence, at the significant recreational influence – considerable decline.

Ключевые слова: рекреационная нагрузка, цианобактериально-водоросленые ценозы, биоразнообразие.

Введение

Наиболее чувствителен к рекреационной нагрузке почвенный и растительный покров. Основные нарушения, отражающиеся на почвенно-растительном комплексе и почвенной микробиоте, связаны с вытаптыванием. Оно проявляется в виде прямого механического повреждения растений и верхнего горизонта почв и в виде косвенного влияния – через ухудшение физических и химических свойств почвы.

Сведения о влиянии рекреационной нагрузки на сообщества почвенных фототрофов касаются в основном особо охраняемых территорий [3], окрестностей населенных мест [5], парков и лесопарков [4]. На территории населенных мест кроме парков и лесопарков имеется ряд биотопов, где основным фактором воздействия на почвенно-растительный покров является вытаптывание. К ним относятся дворы домов, школ, детских садов, площадки возле кинотеатров, кафе, магазинов, рынков, вокзалов и т.п. Рекреационная нагрузка в данных местообитаниях накладывается на другие формы антропогенного воздействия (загрязнение хозяйственно-

бытовыми отбросами, выхлопными газами автотранспорта и др.). Нарушения почвенно-растительного покрова здесь более серьезны, чем в окрестностях населенных мест, парках и лесопарках. Поверхность почвы обычно сильно уплотнена и имеет примесь стекла, песка или гальки. Высшие растения имеют низкий процент проективного покрытия или вовсе отсутствуют. Данные местообитания относятся в основном к VII стадии отрицательных последствий вытаптывания для почвенного покрова [6] – увеличение эрозии почв, развитие плоскостной эрозии и смыва.

Целью нашей работы было изучение влияния рекреационного воздействия на качественные и количественные характеристики цианобактериально-водорослевых ценозов (ЦВЦ) почв в условиях городской среды.

Материалы и методы

Материалом для работы послужили 44 смешанных почвенных пробы, отобранных классическими альгологическими методами [1]. При выявлении видового состава водорослей и цианобактерий применяли разные варианты культурального метода: 1) метод «стекол обрастания», 2) посев почвы на агаризованную среду Болда. Для оценки обилия видов использовали модифицированную пятнадцатибальную шкалу [2]. Для каждого вида рассчитывали постоянство (встречаемость) по формуле: C (%)= n/N x 100, где n – число проб, в которых вид обнаружен, N – общее число проб. Таксоны, содержащие число видов выше среднего, были выделены в ранг ведущих. Названия таксонов даны по algaebase.org [7].

Результаты исследования

Всего в местообитаниях подверженных рекреационному воздействию на территории населенных мест лесостепной зоны Южно-уральского региона обнаружено 119 видов почвенных водорослей и цианобактерий, включая формы и вариации. Из них 37% принадлежало *Cyanoprocariota,* 38%– *Chlorophyta,* 22% – *Ochrophyta*(9%– *Xanthophyceae,* 12%– *Bacillariophyceae,* 1% – *Eustigmatophyceae*), 2% – *Charophyta (Streptophyta)* 1%– *Euglenozoa* (*Euglenophyta*). Биоразнообразие эдафофототрофов представлено 5 отделами, 9 классами, 21 порядками, 46 семействами, 67 родами.

Среди цианобактерий выявлено 24 вида порядка *Oscillatoriales* (виды родов *Lyngbya, Microcoleus, Oscillatoria, Phormidium, Symploca*), 12 видов порядка *Nostocales* (виды родов *Anabaena, Calothrix, Cylindrospermum, Nostoc, Desmonostoc, Trichormus, Tolypothrix)*, 6 видов порядка *Pseudanabaenales* (виды *Leptolyngbya*, *Schizothrix,Jaaginema*), 2 вида порядка *Synechococcales* (виды родов *Synechococcus, Aphanocapsa*).

Отдел *Chlorophyta* представлен 7 порядками: 1 видом *Chaetophorales* (вид *Gongrosira*), 17 видами *Chlamydomonadales* (виды *Chlamydomonas,*

Chlorococcum, Tetracystis, Dispora, Protosiphon и др.), 14 видами *Sphaeropleales* (виды *Bracteacoccus, Dictyococcus, Chlorosarcinopsis, Scenedesmus, Planktosphaeria* и др.), 5 видов *Chlorellales* (виды *Chlorella, Leptosira, Pseudococcomyxa* и др.), 3 вида *Prasiolales* (виды *Koliella*, *Stichococcus* и *Desmococcus*),4 вида *Trebouxiales* (виды *Lobococcus, Myrmecia* и др.) и др.

Отдел *Streptophyta* представлен 1 видом *Desmidiales* (вид *Closterium*), 1 видом *Klebsormidiales* (вид *Klebsormidium*).

Цианобактериально-водорослевые ценозы данных местообитаний включали 27 видов отдела *Ochrophyta.* Среди желто-зеленых обнаружено 3 вида порядка *Botrydiales* (виды *Botrydium, Botrydiopsis*), 2 вида *Mischococcales* (*Bumilleriopsis, Chloridella*), 6 видов порядка *Tribonematales* (виды *Bumilleria, Heterococcus, Xanthonema, Tribonema*). 15 видов диатомовых водорослей принадлежали порядкам *Thalassiophysales* (1 вид *Amphora*), *Bacillariales* (3 вида родов *Hantzschia u Navicula*), *Naviculales* (11 видов *Mayamaea, Fistulifera, Adlafia, Navicula, Luticola*). Эустигматовые представлены видом *Eustigmatos magnus*. Встречен 1 вид порядка *Euglenales (Euglenophyta) –Euglenaviridis*.

Ведущими таксонами (по числу видов) являлись *Chlorophyta, Cyanophyceae, Oscillatoriales, Phormidiaceae, Phormidium*. По количеству видов ведущим семейством являлось *Phormidiaceae,* кроме того в список ведущих вошли еще 4 семейства цианобактерий, зеленые (3 семейства) и диатомовые водоросли (2 семейства) (табл.1).

Таблица 1.

Ведущие по числу видов семейства мест высокой рекреационной нагрузки населенных мест лесостепной зоны

Ранг	Семейство	Число видов
1	*Phormidiaceae*	16
2	*Nostocaceae*	10
2	*Chlamydomonadaceae*	10
3	*Naviculaceae*	7
4	*Pseudanabaenaceae*	5
5	*Microcoleaceae*	4
5	*Oscillatoriaceae*	4
5	*Chlorococcaceae*	4
5	*Trebouxiaceae*	4
5	*Diadesmidaceae*	4

Группа часто встречающихся видов состояла из: *Desmonostoc muscorum* (56%), *Microcoleus vaginatus* (67%), *M. autumnalis* (78%), *Phormidium breve* (56%), *Pseudophormidium hollerbachianum* (44%), *Leptolyngbya foveolara*

(78%), *L. gracillima* (44%), *Pleurastrum terricola* (61%), *Chlorella vulgaris* (50%), *Hantzschia amphioxys f. capitata* (61%), *Fistulifera pelliculosa* (44%), *Luticola mutica* (56%), *L. ventricosa* (78%). Количество видов в пробах составляло от 9 до 61 (в среднем 22), при сумме баллов обилия видов на стеклах обрастания от 15 до 239 (в среднем 79).

Доминирующие виды местообитаний с высокой рекреационной нагрузкой населенных мест лесостепной зоны: *Phormidium breve, Ph. animale, Ph. corium, Ph. grunowianum, Ph. schroeteri, Oscillatoria sp., Leptolyngbya foveolara, L. gracillima, Tetracystis sp., Chlorella vulgaris, Hantzschia amphioxys,H. Amphioxys f. capitata, Nitzschia palea, Fistulifera pelliculosa, Luticola mutica, L. ventricosa, L. nivalis.* Субдоминанты: *Microcoleus vaginatus, M. autumnalis, Phormidium dimorphum, Leptolyngbya tenuis, Chlorococcum infusionum.*

В зависимости от состояния почвенно-растительного покрова, исследованные нами местообитания, мы разделили на три группы:

1. Почвенно-растительный покров менее нарушен, чем в других местообитаниях. Растительные сообщества принадлежат к союзу *CynosurionTx. 1947 (Кл. Molinio-Arrhenatheretea Tx. 1937).* Общее проективное покрытие (ОПП) растений составляло 70-90%. К этой группе относятся посадки деревьев возле кинотеатров, вокзалов.

2. Рудеральные сообщества союза *Polygonion avicularis Br.-Bl. 1931 (кл. Plantaginetea majoris Tx. et Prsg. in Tx. 1950*). Сообщества союза формируются в условиях достаточного увлажнения при интенсивном вытаптывании, широко распространены в населенных местах. Обычными для данного союза являются виды *Capsella bursa-pastoris, Chamomilla suaveolens, Lipidium ruderale, Plantago major, Polygonum aviculare, Poa annua.* Изученные нами местообитания приурочены к дворам домов, площадкам перед кафе, магазинами. ОПП=30-60%.

3. Высшие растения отсутствуют полностью. Встречаются поверхностные разрастания почвенных водорослей. Это характерно для дворов детских садов, школ, рынков, с сильно нарушенным почвенным покровом.

В ЦВЦ первой группы местообитаний преобладали зеленые водоросли (40-50% общего числа видов при сумме баллов обилия 18-42) и цианобактерии (25-36% и 23-39 баллов), далее следовали диатомовые (8-17% и 8-18 баллов) и желто-зеленые водоросли (8-16% и 4-6 балла). В пробах обнаруживалось в среднем 25 видов водорослей (рис.). Доминировала диатомовая водоросль *Hantzschia amphioxys*, субдоминантами были цианобактерии *Leptolyngbya foveolara* и *Microcoleus vaginatus*.

Для ЦВЦ второй группы местообитаний характерно увеличение разнообразия почвенных фототрофов и усложнение систематической структуры.

Среднее число видов на одну пробу составляло 40. Здесь как по видовому разнообразию, так и по обилию доминировали цианобактерии. На их долю приходилось 40-63% при сумме баллов обилия популяций 58-142. Значительно меньше было водорослей отдела *Chlorophyta* (22-36% и 11-30 баллов). Доля диатомовых колебалась от 11-13%, развивались они довольно активно (5-55 баллов). Желто-зеленые водоросли в этом типе биотопов в целом обнаруживали слабое развитие. Их доля составляла 3-16%, а сумма баллов обилия 1-18. Комплекс доминирующих видов богат диатомеями и цианеями. Доминировали *Luticola nivalis, L. ventricosa, Fistulifera pelliculosa, Leptolyngbya gracillima, Phormidium corium*. К субдоминантам относились *Phormidium dimorphum, Leptolyngbya tenuis, Hantzschia amphioxys v. capitata*.

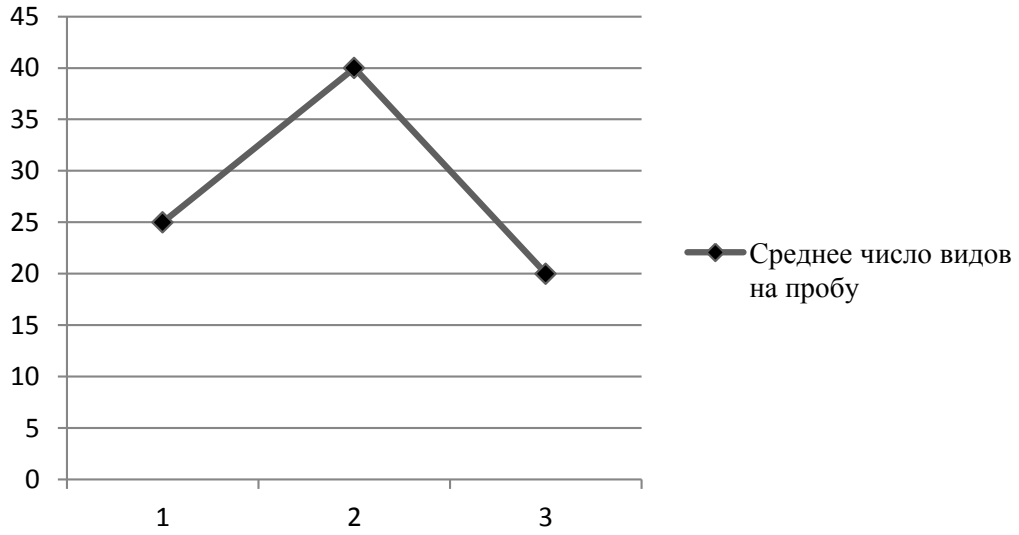


Рис. 1. **Среднее значение числа видов в пробах местообитаний с высокой рекреационной нагрузкой населенных мест лесостепной зоны.**
Примечание: характеристика групп местообитаний 1-3 дана выше в тексте

В местообитаниях, где почвенно-растительный покров нарушен в большей степени, где уже не осталось высших растений, в пробах снижалось количество почвенных водорослей и цианобактерий. Среднее число видов на одну пробу равно 20. Как и в предыдущей группе местообитаний, большую часть ЦВЦ составляли представители *Cyanobacteria* (45-56% и 5-53 балла обилия). Далее следовали зеленые (23-43% и 6-28 баллов) и диатомовые водоросли (9-21% и 1-28 баллов). Встречались единичные экземпляры желто-зеленых *Botrydiopsiseriensis* и *Xanthonemaexile*. Доминировала *Leptolyngbya foveolara.* Субдоминантами выступали *Microcoleus autumnalis* и *Luticola nivalis*.

В целом, для всех трех групп местообитаний характерно интенсивное развитие нитчатых цианобактерий порядка *Nostocales и Oscillatoriales*. Видовой спектр зеленых водорослей довольно разнообразен, но массового развития они не достигали. Диатомовые водоросли при невысоком видовом разнообразии разрастались обильно. Желто-зеленые водоросли заметного участия в создании ЦВЦ не принимали.

Таким образом, рекреационное воздействие оказывает двоякое влияние на цианобактериально-водорослевые ценозы. Умеренное вытаптывание приводит к увеличению видового разнообразия, при интенсивном вытаптывании оно резко снижается. Рекреационный процесс в городских биотопах лесостепной зоны Южно-уральского региона приводит к формированию ЦВЦ с преобладанием цианобактерий.

Список использованной литературы

1. Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969. 228с
2. Кабиров Р.Р., Суханова Н.В. Почвенные водоросли городских газонов// Бот. журн., 1997. Т.82, №3. С.46-57.
3. Рахматуллина И.В. Биоразнообразие цианобактериально-водорослевых ценозов в зоне рекреации территории Национального парка «Башкирия»:Автореф. дис. … канд. биол. наук. Уфа: Изд-во БашГУ, 2008. 16 с.
4. Суханова Н.В., Фазлутдинова А.И., Хайбуллина Л.С. Диатомовые водоросли почв городских парков// Почвоведение, 2000. №7. С.840-846.
5. Чижевская М.В., Трухницкая С.М. Сравнительная характеристика сообществ почвенных водорослей городских рекреаций (на примере г.Красноярска)// Красноярск: Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. ак. М.Ф.Решетнева, 2006. №3. С.171-173.
6. Чижова В.П. Рекреационные нагрузки в зонах отдыха. М.: Лесная промышленность, 1977. 48с.
7. http://www.algaebase.org

РАЗНООБРАЗИЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Альфия ФАЗЛУТДИНОВА, Ева СУГАЧКОВА
Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, г. Уфа, ул. Октябрьскойреволюции, 3а, тел. (347)273-02-90,
e-mail: alfi05@mail.ru

The species complexes of diatoms mountain ecosystems in Austria, Georgia, Russia, Turkey and France were studied. The comparative analysis of groups of diatoms on geographical-based position and altitudinal gradient was held. The changes in species composition, structure, complex dominant species and abundance of diatom communities were found. The level of similarity in species composition between the complexes of diatoms mountain ecosystems was determined.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, видовой состав, горные экосистемы, вертикальная поясность.

Введение

Особенностью горных экосистем является высокое биологическое разнообразие за счет вертикальной поясности, различий экологических условий на склонах разных экспозиций и их крутизны, пестроты геологических пород. Все горные экосистемы обладают низкой устойчивостью к режиму хозяйственного использования [3]. В последнее время горные экосистемы подвергаются сильному рекреационному использованию, что в свою очередь может привести к их необратимому изменению. К сожалению, горные экосистемы это одни из наименее изученных сообществ [5,7,11,17]. Важнейшей частью исследований, направленных на изучение биоразнообразия этих экосистем является выявление видового состава диатомовых водорослей. Диатомовые водоросли выполняют важную роль в структуре и функционировании горных экосистем, они характеризуются высокой информативностью об условиях изменения параметров окружающей среды.

Материалы и методы

Исследованиями были охвачены следующие горные экосистемы: Западный Тавр (Турция), Альпы (Австрия, Франция), Лихский (Сурамский) горный хребет (Грузия), Иремель, Южный Урал (Россия). Поскольку главной особенностью гор является зависимость климата и почв от высотной поясности отбор проб проводили на разных высотах. Районы исследования отличались друг от друга по рельефу, климату и растительности. Материалом для работы послужили 30 смешанных почвенных образцов (каждый из 5 индивидуальных проб). Отбор проб и анализ видового разнообразия осу-

ществлялся классическими в почвенной альгологии методами [8]. Техническую подготовку проб проводили по общепринятой методике [2], створки от протопластов очищались путем кипячения в концентрированной азотной кислоте. Для изготовления препаратов очищенные створки помещяли в смолу Naphrax™ [9]. Для видовой идентификации таксонов диатомовых водорослей использовали отечественные и зарубежные определители [1,10,12-16].

Для выявления роли отдельных видов и внутривидовых таксонов в комплексе диатомовых водорослей применяли метод глазомерной оценки обилия, которое выражали в баллах по видоизмененной шестибалльной шкале Кольбе-Вислоуха [6]. В доминирующий или основной комплекс нами были включены виды и внутривидовые таксоны с обилием от 3 до 6 баллов. Диатомовые с 6 баллами были признаны доминантами, субдоминанты имели 4 – 5 баллов, а представители с 3 баллами отнесены к числу сопутствующих. Для характеристики сообществ диатомовых водорослей использовали коэффициент встречаемости, по которому устанавливается роль отдельных видов и внутривидовых таксонов в группировках диатомовых водорослей и оценивается степень их однородности и специфичности и коэффициент сходства флористического состава Съеренсена – Чекановского, который рассчитывали с помощью программного модуля «Graphs» [4]. Данная программа позволяет отображать полученные результаты в виде графов, где оценивается связь между видовым составом сообществ диатомовых водорослей и различными экологическими факторами.

Результаты и обсуждения

Всего в почвах горных экосистем выявлен 61 вид с внутривидовыми таксонами диатомовых водорослей. Большинство идентифицированных видов являются типичными представителями почвенной биоты. Самое большое число видов диатомовых водорослей найдено в Западном Тавре (34 таксона) и на Лихском (Сурамском) хребте (28), а самое малое – во французских Альпах (5). Иремель и австрийские Альпы по числу видов занимали промежуточное положение 14 и 11 таксонов соответственно. Низкое видовое богатство диатомовых водорослей в Альпах и на Иремеле может быть обусловлено более холодным климатом. Исследования Эцтальских Альп проведенные нами в 2008 году [7] также показали скудность видового состава диатомовых водорослей, тогда было выявлено всего 3 вида – *Hantzschia amphioxys, Luticola mutica* и *Pinnularia borealis*. Видовые комплексы диатомей в исследованных горных экосистемах отличались друг от друга по видовому составу, структуре, комплексу доминирующих видов, обилию.

Западный Тавр. Данная экосистема характеризовалась наибольшим видовым богатством, здесь были встречены представители 24 родов. До-

минировали *Achnanthes holsatica* Hustedt in Schmidt et al., *Luticola mutica* (Kützing) D.G.Mann in Round et al., *Mayamaea atomus* (Kützing) Lange-Bertalot, *Nitzschia palea* (Kützing) W.Smith.Роль субдоминантов выполняли *Diadesmis contenta* (Grunow ex Van Heurck) D.G.Mann in Round, Crawford & Mann, *Halamphora montana* (Krasske) Levkov *Luticola ventricosa* (Kützing) D.G.Mann in Round, Crawford & Mann, *Staurosirella pinnata* (Ehrenberg) D.M.Williams & Round. Максимальное количество видов (27) было обнаружено на высоте 300 м (рис. 1).

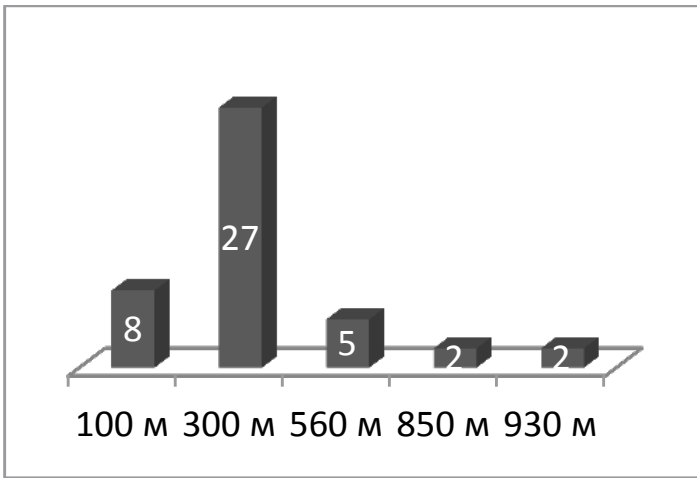


Рис. 1. **Число видов диатомовых водорослей в экосистеме Западного Тавра.**

Лихский (Сурамский) горный хребет. Видовой комплекс представлен 20 родами. Массово развивались *Diadesmis contenta* (Grunow ex Van Heurck) D.G.Mann in Round, Crawford & Mann и *Hantzschia abundans* Lange-Bertalot. К числу субдоминантов относилась *Luticola mutica* (Kützing) D.G. Mann in Round et al. Наибольшим видовым разнообразием характеризовалась группировка диатомей на высоте 430 м, здесь было обнаружено 20 таксонов, что составляет 71% от общего числа видов (рис. 2).

Иремель. В данной экосистеме найдены представители 8 родов диатомовых водорослей. Доминирующий комплекс представлен двумя видами *Hantzschia abundans* Lange-Bertalot и *Luticola mutica* (Kützing) D.G.Mann in Round et al. Субдоминант – *Pinnularia borealis* Ehrenberg. На территории базового лагеря в смешанном лесу выявлено 7 видов (рис. 3). Далее с увеличением высоты число таксонов постепенно снижалось с небольшим пиком на высоте 1400 м. На высоте 1340 и 1450 м. был отмечен один вид – *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow in Cleve & Grunow.

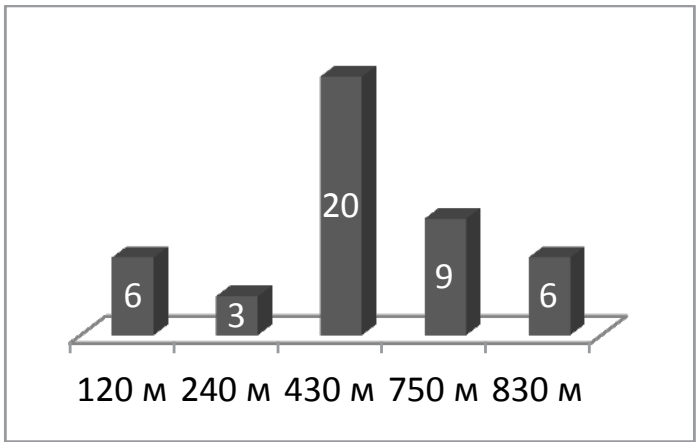


Рис. 2. **Число видов диатомовых водорослей в экосистеме Лихского горного хребта**.

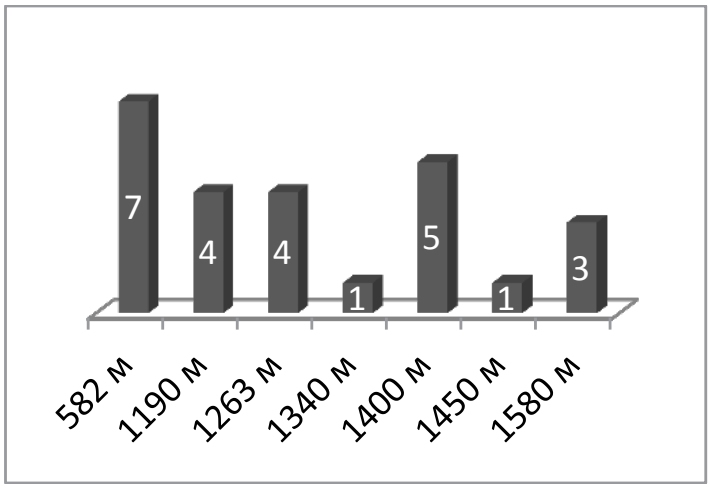


Рис. 3. **Число видов диатомовых водорослей в экосистеме Иремеля.**

Австрийские Альпы (Тироль). Экосистема отличается слабым развитием диатомовых водорослей. Состав относительно беден и включает всего 11 таксонов из 8 родов. Доминировали два вида *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow in Cleve & Grunow и *Pinnularia borealis* Ehrenberg. Субдоминантов нет. На высотах 2227 и 2820 м виды отсутствовали (рис. 4). Увеличение числа видов на высоте 1992 м. возможно связано с высокой гетерогенностью экологических факторов среды, а именно температурой, количеством осадков, типом почвы, ее химическими свойствами, степенью нарушенности почвенного покрова и т.д.

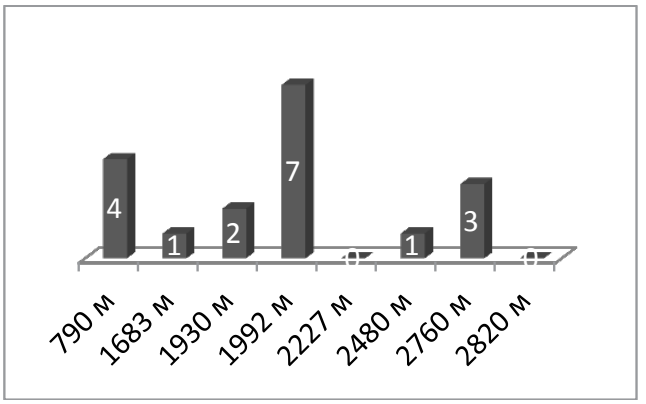


Рис. 4. **Число видов диатомовых водорослей в экосистеме австрийских Альп.**

Французские Альпы (Рона-Альпы). Здесь формируется своеобразный комплекс диатомовых водорослей, особенностью которого является низкое видовое разнообразие, всего обнаружено 5 таксонов, и одновременно высокое обилие отдельных видов. Скудность видового состава можно объяснить, прежде всего, тем, что французские Альпы намного выше австрийских и, следовательно, характеризуются более экстремальными условиями местообитания (резкие перепады температур, выдувание снежного покрова, высокая инсоляция и т.д.). Доминировали *Hantzschia abundans* Lange-Bertalot, *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow in Cleve & Grunow, *Pinnularia borealis* Ehrenberg. Субдоминантов нет. Мелкоклеточные *Luticola mutica* (Kützing) D.G. Mann in Round et al. и *Luticola ventricosa* (Kützing) D.G. Mann in Round, Crawford & Mann. были выявлены только один раз и только в одной пробе, на высоте 2307 м. На высоте 3130 м диатомовые отсутствовали, максимальное количество видов обнаружено на высоте 2307 м (рис. 5).

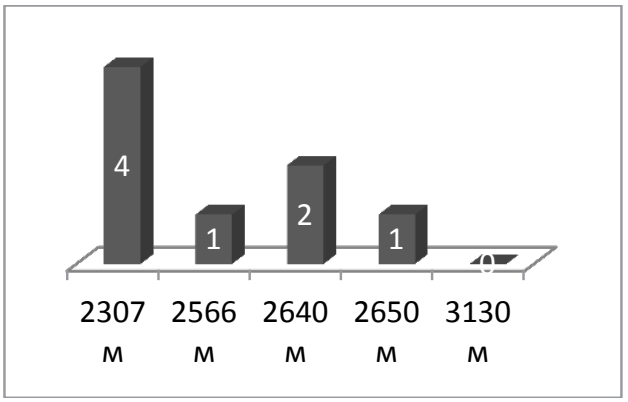


Рис. 5. **Число видов диатомовых водорослей в экосистеме французских Альп.**

Анализ видовых комплексов диатомовых водорослей горных экосистем показал относительно невысокое сходство. Величина коэффициента Съеренсена-Чекановского варьировала от 5 до 34% (рис. 6). По результатам расчетов выделилось два кластера. В первый кластер вошли Западный Тавр и Лихский (Сурамский) горный хребет. Данные территории характеризуются теплым и влажным климатом с жарким безоблачным летом и дождливой зимой. Сумма годовых осадков изменяется от 800-1300 мм. Основу разнообразия комплекса диатомовых водорослей составили представители 35 родов. Всего обнаружено 47 видовых и внутривидовых таксонов. Во второй кластер объединились Иремель, австрийские и французские Альпы. Климат этих районов континентальный с продолжительной холодной и суровой зимой с большим количеством осадков. В этих районах выявлены представители 13 родов. Общее число видов – 23.

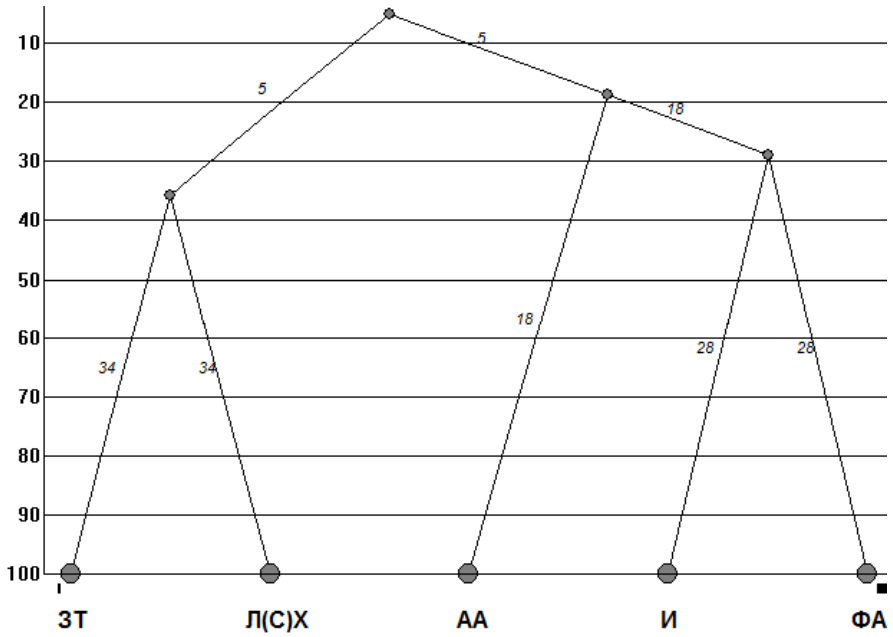


Рис. 6. **Дендрограмма сходства видового состава диатомовых водорослей исследованных горных экосистем. Примечание. ЗТ – Западный Тавр (Турция), Л(С)Х – Лихский (Сурамский) горный хребет (Грузия), И – Иремель, Южный Урал (Россия), АА – австрийские Альпы, ФА – французские Альпы; цифрами указано сходство видового состава в %.**

Выводы

Видовые комплексы диатомовых водорослей изученных экосистем отличались друг от друга по структуре и составу доминирующих видов. Наиболее разнообразными были сообщества горных экосистем Западный Тавр и

Лихский (Сурамский) хребет. В состав доминирующего комплекса исследованных горных экосистем входили *Achnanthes holsatica, Diadesmis contenta, Hantzschia abundans*, *H. amphioxys, Luticola mutica, Mayamaea atomus, Nitzschia palea, Pinnularia borealis*. Наиболее представительными были рода Diadesmis, Hantzschia, Luticola и Pinnularia. Группировки диатомовых водорослей, сформировавшиеся на разной высоте также сильно отличались друг от друга. Поскольку с поднятием в горы меняются температура, увлажнение, солнечная радиация, направление и сила ветра, типы погоды, а, следовательно, и увеличивается разнообразие природных комплексов.

Список использованной литературы

1. Диатомовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР / Под ред. Забелиной М.М, Кисилевой И.А., Прошкиной-Лавренко А.И. и др. // М.: Сов. наука, 1951. Вып. 4. 620 с.
2. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные) / Отв. ред. Прошкина-Лавренко А.И. Т. 1. Л.: Наука, 1974. 403 с.
3. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Проблемы, понятия и термины современной экологии: Словарь-справочник. – Уфа: АН РБ, Гилем, 2010. – 400с.
4. Новаковский А.Б.Возможности и принципы работы программного модуля «Graphs». Сыктывкар, 2004. 31 с. (Сер. Автоматизация науч. исследований / Коми НЦ УрО РАН; Вып. 27).
5. Патова А.Д., Новаковская И.В. Особенности популяции Nostoc commune из горных местообитаний. Тезисы докладов 2(10) Международной Ботанической конференции молодых ученых в Санкт-Петербурге, 11-16 ноября, 2012. 2012, 37.
6. Стенина А.С. Диатомовые водоросли (Bacillariophyta) в озерах востока Большеземельской тундры. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2009. 176 с.
7. Сугачкова Е.В., Фазлутдинова А.И. Почвенные водоросли Этцтальских Альп (Австрия). Вестник ОГУ. – Оренбург. №6 (100). 2009. – С. 613-615.
8. Хазиев Ф.Х., Кабиров Р.Р. Количественные методы почвенно-альгологических исследований. Уфа: БФАН. СССР, 1986. 172 с.
9. Acker F., Russell B., Morales E. Preparation of diatom slides using Naphrax™ mounting medium // PCER, ANSP. 2002. Protocol P-13-49. P. 41-54.
10. Ettl H., Gartner G. Syllabus der boden-, luft-, und flechtenalgen. Stuttgart: VEB Gustav Fischer Verlag, 1995. 721 p.
11. Karsten U., Hoizinger A. Light, temperature and dessication effects on photosynthetic activity and drought-induced ultrastructural changes in the green alga Klebsormidium dissectum (Streptophyta) from a high Alpine soil crust. Microbial Ecol. 2012. 63, № 1, 51-63.
12. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 1: Naviculaceae // Sußwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgard, New-York: VEB Gustav Fischer Verlag, 1986. Bd. 2. 876 s.
13. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae // Sußwasserflora von Mitteleuropa. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1988. Bd. 2. 536 s.

14. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 3: Centrales; Fragilariaceae, Eunotiaceae // Sußwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgard, Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1991. Bd. 2. 576 s.
15. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 4: Ahnanthaceae, kritische erganzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema gesamtliteraturverreichnis // Sußwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgard, Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1991. Bd. 2. 437 s.
16. Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. The diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge, New-York, Port Chester, Melbrourne, Sydney: Cambridge University, 1990. 747 p.
17. Tark R., Garther G. Biolodgical soil crusts subalpine, alpine and nival areas in the Alps. In: J.Belnap and O. L.Lange (eds.) Biolodgical soil crusts: structure, function and management: Ecological studies. 2001. Vol. 150. P. 67-73.

СОВРЕМЕННОЕ ПОНЯТИЕ, ТРАКТОВКА И ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СТАТУС ГРУППЫ КОККОИДНЫХ ЗЕЛЕНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

П.М. ЦАРЕНКО
Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины,
ул. Терещенковская, 2, 01601 Киев, Украина;
e-mail: ptsar@ukr.net

Modern approaches and criteria of differentiation and content of "coccoidal green algae group" are analysed. Its taxonomic differentiation into overgenera level is represented. Issues of taxonomy and complex approach in systematics of this group of algae are discussed.

Key words: coccoidal green algae, taxonomy, concept of group, approaches of classification.

* * *

Проанализированы современные подходы и критерии разграничения и обьема группы «коккоидных зеленых водорослей». Представлено ее таксономическую дифференецииацию на надродовом уровне. Обсуждены вопросы таксономии и комплексного подхода в систематике данной группы водорослей.

Ключевые слова: коккоидные зеленые водоросли, таксономия, концепция группы, подходы классификации

Современный этап развития и становления таксономии водорослей в целом и отдельных таксономических групп характеризуется кардинальными изменениями в классических представлениях их обьема, принадлежности, критериев обьединения и диагностики. В последние десятилетия терминологический и таксономический смысл понятия «протококковые», «хлорококковые», «коккоидные зеленые» приобрел расплывчатую, неоднозначную трактовку и заслуживает обсуждения и уточнения.

Исходное представление по определению «коккоидные зеленые водоросли» базировалось на морфолого-таксономическом принципе и определялось внешним габитусом организма, его морфологической структурой, а также особенностями строения таллома. Молекулярно-биологические и морфолого-таксономические исследования конца прошлого – начала нынешнего тысячелетия внесли кардинальные изменения в представление обьема, представленности и разнообразия, а также таксономии указанной группы водорослей. Понятия "Protococcales", "Chlorococcales", "Sphaeropleales", "Chlorellales", "Trebouxiales" представляют не только разный исторический аспект восприятия группы коккоидных зеленых водорослей, ее трактовке, но и разный подход в их таксономической дифференциации, охвате видо-

вого состава и его специфике [2, 4-8, 19-21, 28]. Синонимизация понятия "Protococcales" – "Chlorococcales" укладывалась в рамки восприятия 80-х годов XX в. [17], но детальные ультраструктурые исследования разных представителей зеленых водорослей коккоидной морфоструктуры показали разноплановость этой «линии эволюции», ее таксономическую неоднородность и полифилитичность [9, 10, 20, 23]. Однако базовым принципом таксономической дифференциации и диагностики оставались морфолого-цитологические (репродукционные, ультраструктурные и т.п.) критерии – фенотипические характеристики и строение клетки, вариабельность организма и признаков в культуре и природной среде, характер и особенности процесса размножения и онтогенеза, а также его репродуктивных клеток, тип деления и ультраструктурные особенности строения (в частности, корневой системы жгутикового аппарата и т.п.). Использование физиолого-биохимических критериев, поиск комплекса диагностических признаков оставались проблематичными и неоднозначными на родовом и видовом уровнях [1, 14-16, 22, 26]. Анализ ультраструктурных признаков показал их важность в таксономии коккоидных зеленых водорослей и диагностичность на родовом и видовом уровне, а также необходимость изучения более обширного и таксономически разнообразного материала, с особым вниманием к ультраскульптуре поверхности клеточной оболочки [3, 12, 18, 24, 27]. Ультраструктурные признаки приобрели статус ведущих, как основные, определяющие на разных таксономических уровнях [11, 23].

Значительные изменения и реклассификацию коккоидных зеленых водорослей обусловило привлечение молекулярно-биологических подходов по изучению нуклеотидной последовательности отдельных генов (rbcL, SSURNA, 5.8SrRNA, ITS1, ITS2) и изучение филогенетического родства некоторых таксонов [напр., 9, 13, 19, 21]. Претерпели изменения таксономический статус группы, ее обьем и характер родственных связей, проведено перераспределение ее представителей между классами Chlorophyceae и Trebouxiophyceae, а также отдельными родами и описаны многочисленные новые (на базе комплекса современных диагностических признаков), аппробирована новая трактовка некоторых таксонов родового (*Chlorella* Beijer., *Pediastrum* Meyen, *Micractinium* Fresen., *Golenkinia* Chodat, *Dictyosphaerium* Nägeli, *Scenedesmus* Meyen, *Desmodesmus* (Chodat) An, Friedlet E.Hegew., *Coelastrum* Nägeli, *Hyaloraphidium* Pascheret Korschikov ex Korschikov, *Trebouxia* Puym., *Asterochloris* Tscherm-Woess.) и надродового ранга [4, 10, 11, 19, 20]. С учетом полифазного подхода проведена ревизия и расформированы полифилетичные роды – *Pediastrum* (*Monactinus* Corda, *Lacunastrum* Mc Manus, *Parapediastrum* E. Hegew., *Pediastrum* Meyens. str., *Pseudopediastrum* E. Hegew., *Stauridium* Corda), *Scenedesmus* Meyen (*Acutodesmus* (E. Hegew.) P. Tsarenko, *Comasiella*

E. Hegew. et al., *Desmodesmus* (Chodat) Anetal., *Scenedesmus* Meyens. str., *Pectinodesmus* E. Hegew. Et al., *Chodatodesmus* E.Hegew., C.Bocket Krienitz, *Verrucodesmus* E. Hegew.), *Chlorella* (*Auxenochlorella* (Shih. et Krauss) Kalinaet Punčoch., *Chlorella* Beij., *Heterochlorella* Neustrupa et al., *Leptochlorella* Neustrupa, *Parachlorella* Krienitzetal., *Planktochlorella* Škaloudet Němcová, *Watanabea* Hanagataetal.). К классу хлорофициевых водорослей отнесены [29] представители порядка Chlorococcales (семейства Chlorococcaceae, Actinochloridaceae, Characiochloridaceae, Protosiphonaceae, Sphaerocystidaceae, Rhopalosolenaceae, Treubariaceae, Cylindrocapsaceae, Scotiellocystoidaceae) (напр., 48 родов альгофлоры Украины) и Sphaeropleales (семейства Neochloridaceae, Chlorosarcinaceae, Bracteacoccaceae, Radiococcaceae, Characiaceae, Hydrodictyaceae, Selenastraceae, Scenedesmaceae, Microsporaceae, Sphaeropleaceae). В последнее время претерпел существенных изменений обьем класса требуксиефициевых, и вместо симбиотических представителей, как исходно определялся класс [10], в его состав входят большинство свободноживущих в водной среде автоспороформирующих коккоидных зеленых водорослей [29]: порядок Chlorellales (семейство Chlorellaceae, Oocystaceae, Chlorochytriaceae, Elakatotrichaceae) и порядок Trebouxiales (семейства Botryococcaceae, Choricystidaceae, Ctenocladaceae, Leptosiraceae, Trebouxiaceae), а также представители протонитчатой и пропластинчастой морфологической организации таллома с типичным и десмосхизоидным делением клетки (порядок Microthamniales, Prasiolales).

В настоящее время комплексный (полифазный) подход и критический анализ результатов морфологических и молекулярно-биологических исследований способствует уточнению таксономической принадлежности и обсуждению самостоятельности отдельных таксонов [9, 19, 25]. Однако ограниченный обьем используемых культур водорослей, а иногда непроверенная систематиками точность идентификации конкретных представителей и, чаще-всего, отсутствие повторности определенных исследований разными группами («коллективами») исследователей ставит под сомнение обоснованность некоторых номенклатурно-таксономических изменений (особенно надвидового ранга). Современные молекулярно-биологические подходы иллюстрируют филогенетическое сходство и родство конкретных таксонов, способствуют уточнению места нахождения исследованного таксона на филогенетическом древе, но вряд ли должны рассматриваться как исключительные и окончательные в таксономическом аспекте. Родство генотипа свидетельствует об исходной близости анцестральных форм, а морфологическое своеобразие (фенотипичесая представленность) и дифференциация – о степени пластичности и современном представлении конкретного индивида, его возможном становлении как самостоятельного таксона. Спорным и субьек-

тивным остается критерий количественных показателей степени родства/ сходства исследованных штаммов отдельных видов и их таксономическая интерпретация. Чрезмерная увлеченность молекулярно-биологическими критериями и ограниченность в исследованиях как по обьему материала, так и повторностей его изучения должна сочетаться с результатами классических морфолого-таксономических и эколого-географических исследований и действительным комплексным подходом в диагностике и интерпретации таксонов видового и внутривидового ранга. При всей положительности и модерности молекулярно-биологического подхода в таксономических исследованиях водорослей, вряд ли абсолютизация результатов одного метода изучения организма при использовании только ограниченного участка одного гена может быть определяющей для установления реального таксономического статуса конкретного индивида водорослей.

Список использованной литературы

1. Громов Б.В., Авилов И.А. Фенетичкая классификация водорослей рода *Chlorella* // Вестн. Ленинград. ун-та, сер. Биол. – 1965. – № 9. – С. 118-123.
2. Коршіков О.А. Підклас протококові (Protococcineae). Вакуольні (Vacuolales) та протококові (Protococcales) / Відп. ред. Я.В. Ролл. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. V. – К.: Вид-во АН УРСР, 1953. – 440 с.
3. Седова Т.В. Кариология водорослей. – Санкт-Петербург: Наука, 1996. – 368 с.
4. Царенко П.М. Номенклатурно-таксономические изменения в системе "зеленых" водорослей // Альгология. – 2005. – 15, N 4. – С. 459-467.
5. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 1. Cyanoprocaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, GlaucocystophytaandRhodophyta / Eds.: P.M. Tsarenko, S. Wasser&E. Nevo. – Rugell: A.R.G. GantnerVerlag, 2006. – 713 p.
6. Brunnthaler J. Protococcales / Ed. Pascher A. : Süsswasserflora Deutschlands, Österreich und der Schweiz. Heft 5. Chlorophyceae 2. – Jena: Fischer, 1915. – S. 53-305.
7. Buchheim, M.A., Michalopulus, E.A. & Buchheim, J.A. 2001. Phylogeny of the Chlorophyceae (Chlorophyta) with special reference to the Sphaeropleales: A study of 18S and 28S rDNA data. *J. Phycol.* 37: 819-835.
8. Buchheim, M., Buchheim, J., Carlson, T., Braband, A., Hepperle, D., Krienitz, L., Wolf, M. & Hegewald, E. Phylogeny of the Hydrodictyaceae (Chlorophyceae): inferences from rDNA data // J. Phycol. – 2005. – **41**. – P. 1039-1054.
9. Buchheim M.A., Keller A., Koetschan C., Förster F., Merget B., Wolf M. Internal transcriber spacer 2 (nu ITS2 rRNA) sequence-structure phylogenetics: towards an automated reconstruction oft he green algal tree of life// PLOS ONE. – 2011. – **6** (2). – P. 1-10.
10. Friedl T. Inferring taxonomic positions and testing genus level assignments in coccoid green lichen algae: a phylogenetic analysis of 18S ribosomal RNA sequences from *Dictyochloropsis reticulata* and from members of the genus

Myrmecia (Chlorophyta, Trebouxiophyceae cl. nov). // J. Phycol. – 1995. – 31. – P. 632-639.
11. Graham L.E., WilcoxL.W.Algae. – London: Prentice Hall, 2000. – 700 p.
12. Hegewald E. Eine neue Unterteilung der Gattung *Scenedesmus* Meyen // Nova Hedwigia. – 1978. – **30** (3/4). – P. 343-376.
13. Hegewald E., Bock C., Krienitz L. A phylogenetic study on Scenedesmaceae with the description of a new species of *Pectinodesmus* and the new genera *Verrucodesmus* and *Chodatodesmus* (Chlorophyta, Chlorophyceae) // Fottea. – 2013. – **13**(2). – P. 149-164.
14. Kessler E. Comparative physiology, biochemistry and the taxonomiy of *Chlorella* (Chlorophyceae) // Plant Syst. Evol. – 1976. – **125** (3). – P. 129-138.
15. Kessler E. Chaemptaxonomy in the Chlorococcales / Eds. Round F.E., Chapman D.I. Progress in phycological research. Vol. 1. – Amsterdam: Elsevier Biomed. Press, 1982. – P. 111-135.
16. Kessler E. A general review on the contribution of chaemotaxonomy to the systematics of green algae. – London, Orlando: Acad. Press, 1984. – P. 391-407.
17. Komárek, J. & Fott, B. Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung: Chlorococcales. In: Binnengewässer. Phytoplankton des Süsswassers. 16 (7, 1). – Stutgart: Schweitzerbart. Verlags,1983. – 1044 S.
18. Komárek J., Ludvik J. Die Zellwandultrastruktur als taxonomische Merkmal in der Gattung *Scenedesmus*. 2. Taxonomische Auswertung der untersuchten Arten // Arch. Hydrobiol. – 1972. – Suppl. 41, N 1. – S. 11-47.
19. Krienitz L., Bock C. Present state of the systematics of planktonic coccoid green algae of inland waters // Hydrobiologia. – 2012. – **698**. – P. 295-326.
20. Krienitz, L., Hegewald, E., Hepperle, D. & Wolf, M. The systematics of coccoid green algae: 18S rDNA gene sequence data versus morphology // Biologia, Bratislava. – 2003. – **58** (4). – P. 437-446.
21. Luo, W.,Pröschold T., Bock C., Krienitz L. Generic concept in Chlorella-related coccoid green algae (Chlorophyta, Trebouxiophyceae) // Plant Biol. – 2010. – 12 (3). – P. 545–553
22. Lewin R.A. Biochemical taxonomy / Algal Physiology and Biochemistry. – Oxford: Blachwell, 1974. – P. 1-39.
23. Mattox K.R., Stewart K.D. Classification of green algae: a concept based on comparative cytology / Eds.: D.E.G. Irvine. D.M. John // Systematics of the green algae. – London-Orlando: Acad. Press, 1984. – P. 29-72.
24. Pickett-Heaps J.D. Green algae: structure, reproduction and evolution in selected genera. – Sunderland (Mass.): Sinauer Ass., Inc., 1975. – 606 p.
25. Pröschold T., Leliaert F. Systematics of the green algae: conflict of classic and modern approaches / Eds.: J. Brodie, J. Lewis. Unravelling the Algae: the past, present, and future of the algae. – London: Taylor and Francis, 2007. – P. 123–153.
26. Shihira I., Krauss R.W. *Chlorella* – physiology and taxonomy of forty-one isolates. – Maryland: Univ. Maryland, College Park, 1965. – 97 p.
27. Schnepf E., Deichgraber G., Glaab M., Hegewald E. Bristles and spikes in Chlorococcales: Ultrastructural studies in *Acanthosphaera*, *Micractinium*, *Pediastrum*, *Polyedriopsis*, *Scenedesmus* and *Syderocystopsis* // J. Ultrastr. Res. – 1980. – 72 (3). – P. 367-379.
28. The freshwater algal flora of the British Isles / Eds.: D.M. John, B.A. Whitton, A.J. Brook. – London: Cambridge Univ. Press, 2011. – 878 p.
29. Tsarenko P.M. Trebouxiophyceae / Eds.: P.M. Tsarenko, S. Wasser&E. Nevo. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 3. Chlorophyta. – Rugell: A.R.G. GantnerVerlag, 2011. – P. 61-107.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛЪГОФЛОРЫ МОЛДОВЫ

В.М. ШАЛАРЬ, В.В. ШАЛАРУ, Л. УНГУРЕАНУ

В результате боле 50 летних исследований (Шаларь,1959-1988, Шалару 1986 -2014, Обух,1961-1988, Данилов 1967 – 1997, Унгуреану, 2000-2011), получены важные теоретические результаты по флоре, системе, эволюции, географическому распространению, биологической продуктивности и практическому использованию водорослей, как первичных биопродуцентов в водоёмах Молдавии.

Выявлен видовой состав флоры водорослей Молдавии, включающий более 1890 видов, из которых около 1700 видов впервые зарегистрированы на территории Молдавы.

Нашими исследованиями были охвачены все типы естественных и искусственных водоёмов Молдовы (реки, водохранилища, озера, пруды, водоёмы, систем очистки сточных вод и водоподготовки а такие едафические водоросли). Выявлены основные закономерности становления флоры, распределения, сезонной динамики, установлены доминирующие альгоценозы, особенности количественного развития и биологической продуктивности в разных водоёмах а также альгоылора естественных и агрофитоценозов.

Альгологические исследования были связаны с изучением биологических ресурсов водоёмов Молдавии, а также с решением народнохозяйственных задач: гидростроительство, создание водохранилищ для регулирования речного стока и гидроэлектростанций, создание тепловых электростанций и водоёмов -охладителей, предупреждение явлений, отрицательно влияющих на качество воды (“цветение”, зарастание высшими водными растениями и водорослями), становление санитарно– биологических качеств природных вод, выявление перспективных для культивирования видов, разработка технологии массового культивирования водорослей и использования полученной фитомассы в народном хозяйстве, интенсификация очистки сточных вод. Таким образом, нашими исследованиями охвачены основные особенности биологии, экологии и продуктивности водорослей, проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

Авторами внесён ряд предложений по охране как водных систем в целом, так и отдельных видов водорослей путем их выделения в чистые культуры и создания коллекций штаммов, многие из которых уже нашли широкое практическое применение.

Более детально исследованы планктонные альгоценозы. В составе фитопланктона рек доминируют диатомовые водоросли, причём более половины видов являются представителями донных или факультативно-донными. Меньше половины видов планктона рек составляют типично эупланктонные водоросли. В речных условиях характерно круглогодичное развитие фитопланктона, в том числе в подлёдных условиях. Изучена зависимость развития водорослей от основных факторов среды (температура, химический состав воды, динамика водных масс, степень и характер загрязнения, интенсивность и характер водопользования и др.).

По отношению к солености большинство водорослей водоёмов Молдовы является индифферентными, хотя встречаются также галофильные (5-7%) и солоновато– водные и морские формы (около 15%),что свидетельствует о прогрессирующем увеличить минерализации воды во всех водоёмах республики. Диатомовые водоросли, основной компонент речных ценозов, относятся, главным образом к пеннатным, представители центрических форм нередко развиваются в значительном количестве в планктоне. Зимой кроме диатомовых встречаются также хризофитные водоросли, летом, в зависимости от скорости течения и уровня воды, к ним добавляются хлорококковые, а в местах с замедленным течением также вольвоксовые, эвгленовые, синезеленые и другие группы водорослей. Весной развитие планктона начинается с увеличениячисленности отдельных видов центрических диатомовых их родов *Cyclotela* и *Stephnodiscus* хлорококковых водорослей. Из родов *Scendesmus Pediastrum, Ankistrodesmus, Oocystis* и др.В начале лета на участках с течением меньше I м/сек появляются зеленью (вольвоксовые и хлорококковые) и эвгленовые водоросли. Осенью всегда доминируют хлорококковые и диатомовые водоросли. В последние годы (1976-1984 г.г.) в Дубоссарском водохранилище и нижнем течении реки Днестр спорадически развивается в огромном количестве (до 250-700 млн клеток) диатомовая водоросль *Cyc1ote11a chaetoceros*, часто забивающая фильтры водозаборных сооружений и тем самым создающая нежелательные помехи в питьевом водоснабжении г.Кишинева и других населенных пунктов. Детальные исследования факторов, обуславливающих развитие этой и других видов диатомовый: водорослей позволило нам дать ряд рекомендаций Водоканалтресту г.Кишинева по предотвращению забивания фильтров на Днестровской водопроводной станции г. Кишинева. В среднем численность фитопланктона реки Днестр в пределах МССР колеблется в пределах от I млн до 15 млн клеток/л (по результатам многолетних наблюдений). В реке Прут фитопланктон развивается менее интенсивно в связи с более высокой скоростью течения, сезонные же особенности сохраняются такими же, как и для Днестра. По сапробности альгофлора водоёмов Молдовы распределяется следующим образом: 47%~ бетамезо-

сапробы, 41%-олигосапробы, 5% -альфа-мезосапробы, 6%– виды неясного отношения к органическому загрязнению. Установлен комплекс видов-индикаторов органического загрязнения рек, прудов и водохранилищ – основных источников технического, питьевого, оросительного водоснабжения. Этот комплекс видов используется в мониторинге окружающей среды при оценке санитарных качеств воды. В отношении к температуре изученная флора разделяется на виды, мало зависящие от динамики температуры воды, а также виды, приуроченные к определенным сезонам: весенние, весенне-осенние, зимние и летние. Виды эвритермные состовляют около 65%, обще-во видового свойства стенотермные -26-32%, фригидофильные -8-12%. К стенотермным фригидофильным относятся многие золотистые и желто-зеленые водоросли, которые появляются в планктоне водохранилищ и неспускных прудов при установлении сплошного ледостава. В остальное время года эти виды практически не встречаются (или встречаются единичными экземплярами). Основная масса видов являются теплолюбивыми и вегетируют с весны до поздней осени. Особо необходимо подчеркнуть изменение качественного состава альгофлоры в связи а созданием водоёмов-охладителей ТЭЦ, каким является Кучурганское водохранилище. Здесь постепенно выбывают все холодолюбивые и индифферентные виды, вместо них в огромном коли-честве развиваются отделиные виды, характерные для теплого времени года. В связи со сбросом в водоём теплых вод появились, даже вида, характерные для водоёмов тропических и субтропических областей. Одновременно с термическим загрязнением водной среды альгофлора изменяется в направлении медатеранизации с типичными пиками "цветения" сменяющисия периодами очень слабого развития водорослей.Большинство видов флоры Молдавии являются типично пресноводными и обитают при суммарной минерализации меньше 1000 мг/л. Виды галофильные составляют менее 7,0%, солоновато-водные и морские – около 15%. Возрастание солёности воды, которое связано с увиличением среднегодовой температуры воды, например, в водоёме-охладителе Молдавской ГРЭС, приводит к обеднению качественного состава альгофлоры и, как следствие, к спорадическим, не поддающимся пока прогнозированию вспышкам отдельных видов синезе-леных, динофитовых и других групп водорослей. Если в Кучурганс-ком лимане до сооружения Молдавской ГРЭС встречалось не более 140-150 видов водорослей (по данньм Д.О.Свиренко и А.М. Аксентьева за 1926 г.) то сразу после этого количество видов, особенно планктонных водорослей, увеличилось почти в три раза, а через 20 лет снова уменьшилось до 170-180 видов. Мы пришли к выводу, что такие изменения являются следствием изменения режима минерализации (круглый год выше 1,3 -1,6 г/л и среднегодовои температуры воды состовляющей +6-8 С, летом на 5-8°С выше по сравнению с периодом до пуска в строй

Молдавской ГРЭС). Параллельно с этим изменился состав подводной растительности, качественно он стал беднее. Исчезли многие виды растений и водорослей. Разрастаются подводные "луга" некоторых видов рдестов, урути,роголистников и др. На каторых в массе развивается епифитныя альгофлора.Наличие в водохранилище го течения срывает и сносит растения на водозаборные сооружения. Эти растения являются отличным субстратом для развития дрейссены и других животных, отрицательно влияющих на качество воды, нарушающих техническое водоснабжение ГРЭС. Параллельно с этим происходит "цветение" воды, причем как раз в такие периоды, когда требуется повышенный забор воды для охлаждения агрегатов ГРЭС. Всё это послужило основанием, для разработки мер по регулированию минерализации воды путем принудительного водообмена в период весеннего половодья путем забора воды из Турунчука и сброса части воды из водохранилища. Разработка указанного мероприятия потребовала углубленного изучения зависимости качества воды от развития альгофлоры и высшей водной растительности. Установлено, что в Кучурганском водохранилище создалось несколько зон, различающихся по температуре, солёности воды и биологической продуктивности альгофлоры. Создалась реальная угроза "цветения" воды синезелеными и динофитовыми водорослями, а зарастание подводной растительности приводило к нарушению циркуляции воды и изменению теплообмена. В результате этого, а также из-за развития водорослей и высших водных растений, Молдавская ГРЭС терпела ежегодно значительные убытки. Предложенные нами способы борьбы с зарастанием Кучурганского водохранилища высшими водными растениями, а также по снижению минерализации воды в нём и внедренные МГРЭС, дают экономический эффект около 200 тысяч рублей в год (см. акты о внедрении). Изучены особенности "цветения", его динамика, основные виды возбудители "цветения" воды, их реакция на химические препараты, которые можно использовать в качестве альгицидов и альгоингибиторов. Выявлены оптимальные дозы сульфата меди, с помощью которых можно предупредить "цветение" воды. Установлены способы прогнозирования "цветения", его предупреждения. В результате в последние 10 лет в Кучурганском водохранилище удавалось своевременно принимать необходимые меры (экономически очень целесообразные), которые дали возможность избежать "цветения" воды (см. акт о внедрении). Проведение полевых наблюдений за развитием фитопланктона и его первичной продуктивности привело к созданию новой методики опытов по изучению биологической продуктивности водорослей. Доказано, что исследование в соответствии с общепринятой методикой первичной продукции даёт весьма неточные результаты, если в со-ответствии с этой методикой брать суточные или даже 2-3 суточные экспозиции. Предложенная нами методика постановки опытов в кратковремен-

ных экспозициях позволила выявить ряд интересных особенностей в суточной динамике фотосинтеза водорослей. Это дало нам возможность вносить ряд существенных поправок в методику определения первичной продукции водных экосистем. Оказалось, что в суточной динамике фотосинтеза водорослей наблюдаются два пика: с 10 до 12 часов и с 14 до 16. Минимальный фотосинтез совпадает с максимальной солнечной инсоляцией. Это необходимо учитывать при определении первичной продукции в кратковременных экспозициях (см. Шаларь и Унтура, 1975).

Альгофлора Дубоссарского, Днестровского, Костештского, малых водохранилищ Молдавии изучали в связи с проблемами их рыбо-хозяйственного освоения, а также в целях водоснабжения. Качественно во всех водохранилищах Молдавии доминируют хлорококковые, диатомовые и эвгленовые водоросли, но количественно часто господствуют синезеленые и иногда эвгленовые, вольвоксовые и другие группы водорослей. Установлено, что качественный состав фитопланктона и фитобентоса в водохранилищах зависит от его состава в реках, а также морфометрических и гидрологических условий, степени хозяйственного использования этих водоёмов. В проточно-русловых водохранилищах, какими являются Дубоссарское, Днестровское, Костештское, а из малых водохранилищ -Лазовское, на протяжении всего вегетационного периода фитопланктон носит потамофильный характер и состоит преимущественно из диатомовых и хлорококковых водорослей. В приплотинных участках этих водохранилищ, где глубина максимальная и течение незначительное, происходит массовая вегетация синезеленых, динофитных водорослей, а из диатомовых видов -мелозиры. Установлено, что не одни и те же виды достигаютмаксимальной численности ежегодно. По мере уменьшения проточности воды в планктоне водохранилищ возрастает значение эупланктонных лимнофильных видов и снижается развитие донно-планктонных и донных водорослей. В участках с замедленным течением происходит "цветение" воды синезелеными водорослями. Из наших наблюдений вытекают некоторые выводы относительно подбора участков под русла крупных и малых водохранилищ, необходимых их параметров, одним из существенных из которых является частота водообмена. Если этот показатель выше десяти раз в год, то "цветения", как правило, не наблюдается, если он меньше (один водообмен совершается за 25 и более суток), то в таких водохранилищах может иметь место "цветение" воды. Этот критерий был использован нами при прогнозировании системы водохранилищ, сооружаемых и проектируемых в бассейне реки Тисы для предупреждения катастрофических паводков. Эта работа была выполнена по заказу Всесоюзного института "Гидропроект" г.Москвы, а предложенный нами прогноз изменения водных экосистем на р.Тиссе в связи с гидростроительством был опубликован в виде брошюры и передан

всем филиалам этого института. Малые водохранилища, сооруженные на пересыхающих летом реках, как Комратское, Конгазское, Кишкаренское отличаются высокими количественными и низкими качественными показателями развития фитопланктона. В водохранилищах Лазовском, Ульменском, Резенском и др., в составе фитопланктона всегда присуствует 110-250 видов водорослей. В Ботненских (на р.Ботна) водохранилищах выявлено более 200 видов водорослей: в „Ульменском– 255, в Костештском – 211, в Резенском -251 вид виуиридовои таксон бодорослей. Доминируют хлорококковые, диатомовые, эвгленофитовые, синезеленые водоросли. Установлены доминирующие комплексы для видов каждого из указанных водохранилищ. Синезеленые по числу видов занимают только четвертое место в фитопланктоне, однако многие из синезеленых достигают стадии цветения воды. Водохранилища на реке Чулук отличаются более бедным в таксономическом отношении планктоном. В Кишкаренском водохранилище, например, выявлено всего около 100 видов водорослей с явным преобладанием среди них лимнофильных видов синезелёных, диатомовых, хлорококковых. Но количественное развитие некоторых из этих видов характеризуется высокими показателями. На протяжении летних месяцев доминируют синезеленые (до 98% численности и биомассы), зимой – вольвоксовые, весной хлорококковые, осенью– синезеленые и хлорококковые. При этом максимальную численность достигают 1-2 вида, чаще синезелёных. Гидигичское водохранилище, сооруженное на р. Бык, отличается богатым планктоном, включающим около 330 видов водорослей, среди которых доминируют хлорококковые. Численно же весной доминируют синезеленые + хлорококковые, летом синезеленые, осенью -хлорококковые.Малые водохранилища на юге Молдавии – Комратское, Конгазское, сооруженные на реке Ялпуг, отличаются высокой минерализацией воды, доходящей до 3-5 г/л. Фитопланктон в них бедный. В Комратском выявлен 71 таксон водорослей, среди которых доминируют хлорококковые и эвгленовые. Развитие фитопланктона по годам отличается неустойчивым видовым составом. Здесь нередко происходит "цветение" воды синезелеными водорослями, достигающими в отдельные годы численности больше 1,3 млрд клеток/л. Этому в особенности способствует жаркое и засушливое лето. В Конгазском водохранилище состав фитопланктона приблизительно такой же, как в Комратском. Численность синезелёных водорослей в течение сезона держится на еще более высоком уровне. В прибрежной зоне этих водохранилищ происходит массовое развитие зеленых нитчатых водорослей. Альгофлора прудов Молдавии изучалась в основном, в связи с рыбохозяйственным освоением и техническим водоснабжением. Насчитывается в Молдавии около 2-х тысяч прудов. Всего в фитопланктоне прудов обнаружено около 600 таксонов водорослей, в том числе в прудах юга Молдавии ~ 227 таксонов, в

центральной части Молдавии – 280 таксонов, в северной части – около 260 таксонов. В южной части Молдавии было изучено более 30 прудов. Доминирующими оказались хлорококковые водоросли (86 таксонов), диатомовые (49 таксонов) и синезеленые (42 таксона). Летом вегетируют преимущественно синезеленые и эвгленовые, зимой (даже подо льдом) – диатомовые и хлорококковые. В прудах центральной части Молдавии в фитопланктоне доминируют хлорококковые + вольвоксовые + эвгленовые, а также сине-зеленые водоросли. По количественному развитию фитопланктона мы выделяем три группы прудов: I). Пруды,). В которых летом происходит непрерывное "цветение" воды синезелеными водорослями, численность достирает 40-70 млрд клеток/л, биомасса до 5 кг/м; 2). Пруды, в которых развитие синезелёных водорослей непревышает 50 млн клеток/л и значительную роль играют хлорококковые и эвгленовые водоросли; Пруды, в которых обычно не наблюдается "цветение "воды синезелеными водорослями при интенсивном развитии эвглено-вых, хлорококковых и диатомовых водорослей. Выделение указанныхгрупп прудов имеет значение для разработки мероприятий по интенсификации выращивания прудовой рыбы в них, в особенности удобрения прудов, а также для рационального вселения растительноядных видов рыб. Таким образом, в водохранилищах на крупных реках развитие фитопланктона характеризуется рядом специфических особенностей. В частности, нами впервые выделены три стадии в динамике формирования фитопланктонных сообществ в водохранилищах, созданных на крупных реках. Это положение широко используется гидробиологами при составлении прогнозов изменений водных экосистем на зарегулированных участках крупных рек (см. "Водохранилища мира", 1978). Одно из главных особенностей водохранилищ – это массовое развитие в них синезеленых водорослей, оказывающее резко отрицательное влияние на санитарно– питьевые, технические и биологические качества воды в них. Изучение факторов, обуславливающих развитие этих водорослей, а также их биологию и экологические особенности, позволило разработать эффективные методы предотвращения явления "цветения" воды (авт.сви-дет.№244794). Внедрение этого метода на МГРЭС даёт экономию в 156 тысяч рублей в год. Малые водохранилища, а также пруды характеризуются особенностями динамики развития планктонных водорослей. Следует подчеркнутъ что эта група водоёмов Молдавии наеболее подробно изучена. Нами обнаружена интересная зависимость интенсивности развития вольво-ксовых, эвгленовых, хлорококковых и диатомовых водорослей от концентрации в воде прудов и малых водохранилищ органических веществ. В реке Днестр выделены три участка, отличающиеся по составу и продуктивности фитопланктона. Верхний участок – от истоков до г. Каменки выявлено около 160 видов водорослей, среди которых диатомовых -54, хлорококковых

-72, синезеленых -11. Около г. Залещики численность фитопланктона достигает 92,7 млн. клеток /л, при преобладании диатомовых и хлорококковых водорослей. Биомасса достигает 59– 104 г/м3. У г. Каменки численность фитопланктона достигает 2,3– 7,2 млн клеток/л, биомасса – 1,4– 9,6 г/м3. При среднем расходе воды 300 м3/сек ежегодный планктоносток верхнего Днестра составляет 13,5 тысяч тонн сырой массы, в том числе диатомовых -8,2 тыс.т., хлорококковых – 4,2 тыс. тонн. Это примерно в 50 раз превышает сток зоопланктона. Из этих данных вытекает, что верхнее течение Днестра играет существенную роль в биопродуктивности Днестровского и Дубоссарского водохранилищ. Большинство видов речных фитопланктеров продолжает вегетировать и в условиях водохранилищ, однако численно здесь доминируют не диатомовые, а хлорококковые, пирофитовые и синезеленые водоросли, а также некоторые формы лимнофильных диатомовых. Альгофлора и её продуктивность в реке Прут исследована менее полно. Всего здесь выявлено 314 видов и разновидностей водорослей, в том числе диатомовых – 124, хлорококковых – 88, эвгленовых – 39, синезеленых – 31. Количественно на протяжении года доминируют диатомовые водоросли. После сооружения Костештского водохранилища и затопления огромной территории, начались вспышки "цветения" воды синезелеными водорослями. В первые годы становления в Костештском водохранилище "цветение" продолжалось на протяжении всего вегетационного сезона. В последуюшие года этот процесс постепена угас в связи с тем, что уровень воды в нем резко колеблетсе и водоем стал полупроточным, с интенсивным водообменом. Биомасса фитопланктона р. Прут по течению реки изменяется незначительно. Около пгт. Липканы численность достигает 1,1 млн клеток/л с биомассой 4,3 г/м3. Несколько выше эти показатели в нижнем течении реки. На участке Леово – Кагул численность колебалась от 1,7 до 4,6 млн клеток/л, а биомасса – от 0,7 до 1,1 г/ м3.

Таким образом, проведение исследования потаксона мичесткой структуре олигофлоры по динамике развитие массовых видов, по взятию экономических факторов, на интенсивность развития этих водорослей по экологии физиологическим особенностям и биохимическому составу биомассы позволили отселектировать ряд штаммов, которые подтверждены патентами и которые переустановленный большой интерес для самых различных отраслей народного хозяева. Отселектированые нами штаммы как *Spirulina platensis, Dunaliella salina, Scenedesmus acutus, Nostoc linkia f. muscorum, N. gelatinosum, Phormidium foveolarum, Cylindrospermum.* Уже приминяются в качестве биологических стимуляторов продуктивности животных и растений в качестве средств получения биологически активных веществ, обогащения почвы азотом, в качестве агентов биологической очистки сточных вод и др.

ВОДОРОСЛИ ПОЙМ РЕК ГОРНОГО УРАЛА

Марина ШАРИПОВА
Башкирский государственный университет,
г. Уфа, Заки Валиди, 32, тел. 8-347-2299634
E-mail: sharipovamy@mail.ru

This article describes the soil algal formed in the river valley. It was found that taxonomic composition and spectrum ekobiomorf of algae were more diverse in all areas in the central floodplain. Specific species of algae and cyanobacteria for each studied floodplain area were revealed. They differed intaxonomicaf filiation and ecological forms.

Keywords: algae, cyanobacteria, floodplain
Ключевыеслова: водоросли, цианобактерии, поймарек

Растительность речных пойм является сложным объектом ботанических исследований. Это связано с разнообразием экотопов и динамичностью аллювиального субстрата. Речные поймы являются экотонной зоной. В связи с этим, изучение водорослей пойм необходимо для решения вопросов сохранения биологического разнообразия растительных сообществ.

Исследования речных пойм были проведены в верхнем течении реки Белой (Бурзянский район, заповедник Шульган-Таш), реках Басу и Ай в верхнем течении. Река Белая в верхнем течении имеет явно выраженные черты горного водотока, протекающего на юг по межгорной долине. Средняя ширина меженного русла достигает до 100 м, глубина на плесах – от 1 до 2,5 м и на перекатах уменьшается до 0,2 м. Скорость течения воды в русле во время весеннего половодья превышает 2,5 м/сек, а в межень на плесах снижается до 0,5 м/сек [2].

В Бурзянском районе пойма реки Белой горная сегментно-гривистая, в ней преобладающими по площади являются первая ступень центральной поймы и прирусловье. Почвы прирусловья пойменно-примитивные, на центральной пойме луговые на слоистом суглинке и супесчано-песчаном с гравийно-галечниковыми прослойками аллювии [7]. Русловые фации каменисто-галечные. В заповеднике формируются особые прирусловые луга, которые занимают небольшие, вытянутые вдоль берега местообитания между высокой центральной поймой и галечниковыми отмелями. Онипредставленыасс. *Diantho-versicoloris-Saponarietum officinalis* Yamalov in Yamalov et al., 2003 союза *Trifolienion montani* Naumova 1986, пор. *Galietaliaveri* Mirkinet Naumova 1986, класса *Molinio-Arrhenatheretea* [4]. Растительность центральной поймы представлена пойменным лесом, формирующимся в долинах рек, ручьев на плодородных, затапливаемых

во время весенних паводков, хорошо увлажненных, но не заболоченных почвах асс. *Alnetumincanae* Ludi 1921 пор. *Fagetalia sylvaticae* Pawlowski-in Pawlowskietal, 1928, класса *Querco-Fagetea* Br.-Bl. et Vliegerin Vlieger 1937[6]. Кроме того, влажными лугами пор. *Molinietalia* класса *Molinio-Arrhenatheretea.*

В почвах пойм рек выявлено 206 таксонов водорослей. Преобладали цианопрокариоты. На втором месте водоросли отдела *Chlorophyta*, третьем – *Bacillariophyta.*

Отношение числа видов цианопрокариот к зеленым водорослям составило 1,4 для пойм рек (табл.1).

Таблица 1.

Таксономический спектр, пропорции флоры и родовая насыщенность почвенных водорослей исследованных пойм рек

Отдел	Число						пропорции флоры		
	классов	порядков	семейств	родов	видов	видов, разновидностей	1	2	3
Cyanoprocaryota	3	5	13	24	77	89	1,9	5,9	6,9
Euglenophyta	1	1	1	1	4	4	1	4	4
Bacillariophyta	1	1	7	13	27	32	1,9	3,9	4,6
Xanthophyta	2	3	8	11	19	19	1,4	2,4	2,4
Chlorophyta	2	8	17	42	61	62	2,5	3,6	9,5
Всего	9	18	46	91	188	206	2	4,1	4,5

В пропорциях флоры насыщенность семейств родами составляет 2 и определяется водорослями отдела *Chlorophyta.* Это отличает наземные экотоны от водных и водно-наземных. Видовое разнообразие семейств обусловлено цианопрокариотами. Обращает на себя внимание значительная доля одновидовых родов, которая составляет 60-62%. Такая же черта характеризовала альгофлору уреза воды рек.

Таблица 2.

Ведущие семейства и роды альгофлоры почвенных водорослей пойм рек

№	Семейства			Роды		
		1	2		1	2
1	*Oscillatoriaceae*	30	31	*Oscillatoria*	13	13
2	*Anabaenaceae*	17	19	*Phormidium*	12	14
3	*Naviculaceae*	14	16	*Anabaena*	9	12
4	*Chlorococcaceae*	14	14	*Chlamydomonas*	8	8
5	*Schizothrichaceae*	8	10	*Nostoc*	6	9
6	*Chlamydomonadaceae*	8	8	*Navicula*	6	8
7	*Pleurochloridaceae*	7	7	*Shizothrix*	6	6
8	*Nitzschiaceae*	6	9	*Nitzschia*	5	6
9	*Nostocaceae*	6	9	*Cylindrospermum*	5	5
10	*Chlorellaceae*	6	6	*Chlorococcum*	4	4
11	*Ulotrichaceae*	5	6	*Tolypothrix*	4	4
				Euglena	4	4
	Всего	121	135	Всего	82	93
	%	64	66		44	45

Примечание: 1 – число видов; 2 – число видов и разновидностей; % от общего числа таксонов: для рек 1 – 188 видов, 2 – 206 вид и разновидность.

В целом в экотонах вода-суша реки Белой в заповеднике Шульган-Таш выявлено 143 таксона водорослей. Соотношение водорослей основных отделов соответствует общему для экотонов долин всех изученных рек. Однако по продольному профилю долины реки происходит снижение доли зеленых водорослей и увеличение цианопрокариот при стабильном составе диатомовых (37-41%). Это изменение определяется пойменной частью экотона, на состав альгоценозов которого (особенно с переходом к сегментно-гривистой пойме и появлением второй ступени центральной поймы) влияет зональный фактор.

Распределение водорослей по поперечному градиенту позволяет увидеть зоны экотона с наибольшим видовым разнообразием: это зона бентали и центральной поймы (табл. 3). В заповеднике альгоценозы прирусловья характеризовались высоким значением коэффициента Шеннона-Уивера. Именно в этой зоне поймы в заповеднике формируются растительные сообщества ассоциации *Diantho-versicoloris-Saponarietum officinalis*. Сообщества представляют собой экотон между остепненными лугами и растительностью галечниковых отмелей. Здесь отчетливо наблюдается «экотонный эффект».

В долине реки Басу, которая является левым притоком реки Инзер и относится к бассейну реки Белой дно реки в верхнем течении галечно-каменистое, в нижнем – песчано-галечное. Глубина на перекатах 10-20 см, на плесах – 1-2,5 м. Скорость течения соответственно от 2 м/с до 0,1 м/с. Основная часть территории, по которой протекает река, расположена в пределах Предуральского краевого прогиба. Местность характеризуется горным рельефом, чередующиеся хребты отделены друг от друга широкими межгорными понижениями. Устьевая часть находится в равнинной лесостепной зоне. В пойме выражено прирусловье, первая высотная ступень центральной поймы, вторая высотная ступень центральной поймы. В прирусловье наблюдаются часто заливаемые каменисто-илистые отложения, почвы аллювиально-луговые слоистые различного режима увлажнения, на первой ступени центральной поймы – пойменно-луговые светло-серые.

Отбор проб водорослей проводили в период летней межени на трех участках долины, два в среднем и один – в нижнем течении реки Басу; трансекты были заложены по поперечному градиенту от русла через пойму. В целом при изучении экотонов долины реки Басу было обнаружено 148 видов водорослей, представленных 161 внутривидовым таксоном, включая номенклатурный тип вида, из 5 отделов, 9 классов, 19 порядков, 49 семейств и 83 родов. Альгофлора первых двух участков характеризовалась значительным сходством и по количеству видов, и по их обилию: 110 видов (102 вида и разновидностей) водорослей на первом участке и 111 (119 видов и разновидностей) – на втором (табл. 3).

В соотношении отделов водорослей сохраняется тенденция преобладания диатомовых и зеленых, немного уступают им цианопрокариоты. На третьем участке выявлено только 87 видов водорослей (92 вида и разновидностей), вероятно из-за того, что разнообразие экотопов уменьшается от истока к устью и меньше в равнинной части реки. Здесь проявляется уменьшение экологической емкости ландшафта, измеряемой видовой насыщенностью [3]. На этом участке второе место по количеству видов занимают не зеленые, а цианопрокариоты водоросли.

По обилию на всех участках преобладали цианопрокариоты и водоросли отделов *Bacillariophyta* (рис. 39), по относительной встречаемости – диатомовые (44%), цианопрокариоты (32%) и зеленые (21%).

От истоков к устью наблюдается тенденция уменьшения встречаемости P-форм цианопрокариот за исключением азотфиксаторов CF-форм, встречаемость одноклеточных зеленых Ch-форм также становится меньше. Это может объясняться более равномерными условиями увлажнения в равнинной части поймы нижнего течения реки, тогда как увлажнение аллювиально-луговых слоистых почв поймы в верхнем течении меняется

от избыточного до крайне недостаточного, поскольку русловый аллювий обладает сильными дренирующими качествами [5]. Каменистый субстрат прирусловой части поймы, который активно заселяется зелеными водорослями-убиквистами Ch-форм, в нижнем течении реки мало выражен. В фациях руслового аллювия преобладает песок и мелкая галька. Диатомовые водоросли распределены равномерно по всему профилю.

На первой высотной ступени центральной поймы, растительность которой представлена сероольховыми лесами, видовое разнообразие и обилие водорослей увеличивается. По количеству видов преобладали зеленые водоросли, представленные Ch– C-, H-формами, на втором месте цианопрокариоты нитчатые P-, M-, CF-форм. Преобладание зеленых водорослей – отличительная черта лесных фитоценозов, а для пойменных лесов характерно и наличие цианопрокариот.

Таблица 3.

Количество видов водорослей разных отделов в альгоценозах долины среднего течения реки Басу

Отдел	литораль реки			прирусловье			1 ступень центральной поймы			2 ступень центральной поймы			остепненный склон		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Cyano-phyta	12	11	12	2	4	6	2	7	7	13	12	17	4	7	10
Bacil-lario-phyta	36	48	48	1	1	2	3	3	3	10	7	13	3	4	5
Xan-tho-phyta	1	3	3	0	1	1	1	1	2	4	4	7	0	0	0
Chloro-phyta	9	14	14	2	1	3	12	8	16	25	13	28	0	2	2
Всего	57	76	77	5	7	12	18	19	28	52	36	65	7	13	17

Условные обозначения: 1– на первом участке, 2 –на втором участке, 3– всего

Самый богатый видовой состав водорослей был выявлен на второй высотной ступени центральной поймы. Растительность здесь представлена разнотравно-злаковыми пойменными лугами. Увеличивается не только количество видов водорослей, но и их обилие. Состав и структура альгофлоры профилей среднего течения реки в этой зоне характеризовалась значительным сходством. В целом на двух участках было обнаружено 63 вида и разновидностей водорослей (48 – на первом и 36 – на втором).

И хотя коэффициент флористического сходства составлял 30%, соотношение основных отделов водорослей и спектры жизненных форм были одинаковыми. Преобладали водоросли отдела *Chlorophyta* (41%), на втором месте – отдел *Cyanophyta* (27%), затем следует отдел *Bacillariophyta* (21%) и *Xanthophyta* (11%). Наряду с водорослями-ксерофитами Р-форм и убиквистами, здесь значительную роль играют более требовательные к влажности С-, Н– и Х-формы. Примитивные луговые почвы с развитой растительностью стабилизируют режим увлажнения в этой части поймы. В ряду анализируемых альгоценозов нарастает полночленность спектра жизненных форм. Если в целом, в прирусловье отмечалось 8 жизненных форм водорослей, на первой высотной ступени центральной поймы – 10, то на второй высотной ступени центральной поймы – 12. Изменение спектра жизненных форм водорослей характеризует коэффициент оценки среды обитания.

На первых двух участках речная пойма находится в межгорном расширении и ограничена крутыми склонами с остепненными дубравами. На изученных нами участках поймы – склоны южной экспозиции. Видовой состав водорослей здесь резко обедняется, снижается обилие водорослей. Ведущую роль снова, как и в прирусловье, играют нитчатые цианопрокариоты водоросли-ксерофиты Р-, М-, Pf-, Nf-форм. Ксерофитизацию данного альгоценоза подтверждают значения коэффициентов ксерофильности и гидрофильности, значения которых близки к таковой прирусловой зоны поймы.

Пойма третьего участка, в устье реки Басу, характеризовалась пойменным широколиственным лесом с небольшими фрагментами разнотравно-злаковых лугов и заболоченных участков. Спектр жизненных форм данного альгоценоза свидетельствует о повышенном режиме увлажнения, при котором хорошо развиваются гидрофильные виды. В видовом составе водорослей преобладают диатомовые и цианопрокариоты. Ведущее положение цианопрокариот характерно для почв пойменных широколиственных лесов, поскольку здесь присутствуют представители двух экологических группировок – эдафофильной и гидрофильной [1]. Спектр жизненных форм характеризуется полночленностью, преобладают С-, В-, Р-формы. Значение коэффициента гидрофильности составило для альгоценозов пойменного леса 57%, пойменного луга – 71%, а коэффициента ксерофильности, соответственно 14% и 19%.

В условиях притеррасного понижения на всех участках формируется альгофлора также с преобладанием водорослей отделов *Bacillariophyta* и *Cyanophyta*. Всего здесь было выявлено 87(92) видов водорослей. Причем в понижениях, у лесных водоемов, наблюдали значительное количество

зеленых водорослей из семейств *Chlamydomonadaceae, Neochloridaceae, Scenedesmaceae* и *Chlorococcaceae*.

Итак, альгофлора горных речных долин отличалась значительным разнообразием. Самыми богатыми по количеству видов была зона второй высотной ступени центральной поймы, для которых характерно также увеличение разнообразия общей систематической структуры, а почвенные альгоценозы характеризовались и полночленностью спектра жизненных форм водорослей. Это позволяет говорить об этих зонах как экотонах с ярко выраженным «краевым эффектом». Формирование альгоценозов пойменных биотопов определяется прежде всего режимом увлажнения, что нашло свое отражение в динамике коэффициента среды обитания и было подтверждено результатами факторного анализа.

Список использованной литературы

1. Алексахина Т.И., Штина Э.А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. -М.: Наука, 1984.-148с.
2. Гареев А.М. Реки и озера Башкортостана. – Уфа: Китап, 2001.– 260с.
3. Марков М.В. Общая геоботаника.– М.: Высшая школа, 1968. – 205с.
4. Мартыненко В. Б., Ямалов С.М., Жигунов О.Ю., Филинов А.А. Растительность государственного природного заповедника «Шульган-Таш». – Уфа: Гилем, 2005.-272с.
5. Миркин Б.М. Пойменные почвы.// Почвы Башкирии.Т.1.Уфа, 1973. – С. 384-404.
6. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Наука о растительности. – Уфа: Гилем, 1998. – 416с.
7. Почвы Башкортостана.-Т.1:Эколого-генетическая и агропроизводственная характеристика/ Ф.Х. Хазиев, А.Х. Мукатанов, И.К. Хабиров, Г.А. Кольцова, И.М. Габбасова, Р.Я. Рамазанов; Под ред. Ф.Х. Хазиева. -Уфа: Гилем, 1995.-384с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ФЛОРИСТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИНДИКАТОРНЫХ СООБЩЕСТВ ВОДОРОСЛЕЙ

Фаина ШКУНДИНА, Динара САХАБУТДИНОВА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Башкирский государственный университет», 450076, Российская Федерация, город Уфа, улица Заки Валиди 32, биологический факультет, телефон 8 (347) 273-67-78, e-mail: shkundinafb@mail.ru

We used some of the approaches of ecological-floristic classification for the identification of indicator species. The indicator species are used then to assess the environmental conditions in river Belay, Pavlovskoe Reservoir and territory town Sterlitamak Town. The composition of communities reflects the changes in the degree of eutrophication of the water bodies.

Ключевые слова: водоросли, Cyanoprokaryota, фитопланктон, эколого-флористическая классификация, сообщества

Введение

Для мониторинга водных экосистем широко используются индикаторные виды и сообщества. Метод классификации растительности Браун-Бланке основывается на группировке сообществ в соответствии с подобием флористического состава, который отображает экологические условия и стадию сукцессии [2]. Для классификации сообществ фитопланктона мы использовали эту методику при изучении горизонтального распределения планктонных водорослей и цианопрокариот Павловского водохранилища [5] и для выделения экологических групп индикаторных видов цианопрокариотно-водорослевых ценозов в реках на территории г. Стерлитамака [4]. Целью нашего исследования явилось выявление индикаторных сообществ фитопланктона, характеризующих экологическое состояние р. Белой.

Материалы и методы

Материалом для работы послужили 144индивидуальные количественные пробы автотрофного планктона, отобранные в р. Белой на 5 створах в период 2010-2012 гг. Отбор и обработка проб автотрофного планктона осуществлялся ежемесячно по общепринятой методике [3]. Подсчет численности осуществлялся в камере Нажотта объемом 0,01 $см^3$. Биомасса водорослей определялась расчетно-объемным методом. Таксономическая характеристика водорослей и цианопрокариот осуществлялась по системе,

принятой в электронном ресурсе www.algaebase.org. в мае 2013 г. [1]. Эколого-флористический анализ автотрофного планктона выполнили традиционным методом фитоценологических таблиц по Браун – Бланке [2].

Результаты и обсуждения

В 2010 г. в ходе обработки были выделены 2 группы автотрофного планктона. 1-ая группа – сквозные виды, распространенные на всех изученных створах. В 2010 г. к ним относились 12 видов. Это, например, *Chlorella vulgaris,* которая относилась к сквозным видам также в Павловском водохранилище. В эту же группу с низкими значениями численности вошла *Euglena viridis* (O.F. Müller) Ehrenberg, которая по классификации Palmer (Palmer, 1969 цитир. по Bellinger, 2010) относится к видам с индексом сапробности 6, а также *Oscillatoria tenuis* C. Agardhex Gomont, которая имеет индекс сапробности 4 и встречается в прудах и мелких водоемах. Во 2-ую группу вошли виды, характерные для разных створов реки, но не во все сроки. Для этой группы характерны представители отдела *Ochrophyta* и *Chlorophyta.* Многочисленны были водоросли из отдела *Ochrophyta: Gyrosigma acuminatum (*Kützing) Rabenhorst, *Caloneis amphisbaena* **(**Bory de Saint Vincent) Cleve, *Cyclotella comta* (Ehrenberg) Kützing, *Aphanothece endophytica* W. West&G.S.West, *Nitzschia linearis* West, Cymatopleura solea (Brébisson) W. Smith, *Achnanthes minutissima* Kützing, *Kirchneriella lunaris* (Kirchner) K. Möbius, *Kirchneriella aperta* Teiling, *Nitzschia recta* Hantzsch ex Rabenhorst, *Caloneis silicula* (Ehrenberg) Cleve. В ходе анализа нами было выделено 1 сообщество автотрофного планктона с диагностическими видами *Gyrosigma acuminatum – Caloneis amphisbaena.* Диагностический вид *Cymatopleura solea* был характерен только для створа 1. Этот вид является о-сапробом (индекс сапробности – 1,0). Сообщество *Gyrosigma acuminatum – Nitzschia recta* характерно для створов 1 и 2 (5 видов).

В 2011 г. в ходе обработки также было выделено 2 группы автотрофного планктона. 1-ая группа – сквозные виды, к ним относились 18 видов. Наибольшей численности достигали *Synechocystis aquatilis, Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg, *Microcystis viridis* (A.Braun) Lemmermann*, Oscillatoria tenuis.* Во 2-ую группу вошли виды, характерные для разных створов реки, но не во все сроки*: Kirchneriella aperta, Neidium productum* (W. Smith) Cleve, *Gomphonema acuminatum* Ehrenberg, *Chlorella vulgaris, Oscillatoria brevis* Kützing ex Gomont, *Caloneis amphisbaena, Surirella spiralis* Kützing*, Rhizosolenia longiseta* O. Zacharias*, Pinnularia nobilis var. Obesa* (Ehrenberg) Ehrenberg.

В ходе анализа нами были выделены 1 сообщество автотрофного планктона с диагностическими видами *Oscillatoria brevis – Neidium productum,* характерные для створов 1 и 2. Диагностический вид *Rhizosolenia*

longiseta характерен для створа 1. Этот вид является χ-о-сапробом (индекс сапробности – 1,0).*Oscillatoria brevis* – β-ρ-сапроб (индекс сапробности – 3,0), *Neidium productum* – о-β-мезосапроб (индекс сапробности – 1,0).

В ходе обработки исследований автотрофного планктона р. Белой в 2012 г. также были выделены 2 группы. 1 группа. Сквозные виды, в 2012 г. К ним относились 9 видов. Это: *Euglena viridis, Synechocystis aquatilis***,** *Diatoma vulgare Grunow, Gomphonema lanceolatum Kützing, Oscillatoria tenuis, Glenodinium pulvisculum* (Ehrenberg) F.Stein, *Microcystis pulverea, Phormidium favosum* (Bory) Gomont, *Navicula pupula* Kützing. Во 2-ую группу вошли виды, характерные для разных створов реки, но не во все сроки. Для этой группы в основном характерны представители отдела *Chlorophyta* и *Ochrophyta.* Многочисленны были водоросли из отдела *Ochrophyta: Gomphonema olivaceum* (Lange-Bertalot & Reichardt) Lange-Bertalot & Reichardt, *Cyclotella meneghiniana* Kützing, *Cymbella ventricosa* C.Agardh*, Epithemia sorex* Kützing, *Melosira varians, Pinnularia nobilis var. obesa. Gomphonema olivaceum* – χ-о-сапроб (индекс сапробности – 0,4), *Cyclotella meneghiniana* – о-α-мезосапроб (индекс сапробности – 1,8), *Cymbella ventricosa* – о-β-мезосапроб (индекс сапробности – 0,2), *Epithemia sorex* – о-α-мезосапроб (индекс сапробности – 1,9), *Melosira varians* – α-β-мезосапроб (индекс сапробности – 2,7), *Pinnularia nobilis var. obesa* – сапробность не указана. Есть представители из отдела *Chlorophyta: Kirchneriella lunaris* – β-мезосапроб (индекс сапробности – 2,0), *Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs– β-мезосапроб (индекс сапробности – 1,8).

В ходе анализа нами было выделено также 1 сообщество автотрофного планктона с диагностическими видами *Melosira granulate* (Ehrenberg) Ralfs – *Navicula gracilis* Lauby. Сообщество с диагностическим видом *Melosira granulata – Navicula* gracilis характерно только для створа 1 (2 вида). *Melosira granulata* – α-β-мезосапроб (индекс сапробности – 2,7). *Nitzschia bavarica* Hustedt характерна для створов 1 и 3, но единично встречалась на створе 5. *Nitzschia bavarica* – типичный о-сапроб (индекс сапробности – 0,4).

В 2010-2012 гг. наибольшее число видов относилось к о-сапробам (13,2-16%) и β-мезосапробам (11-11,7%).

Превышение значений биомассы 2-3 г/м^3 свидетельствует о переходе от мезотрофного к эвтрофному типу.

По рис. видно, что пик биомассы, также как и летом 2011 г., приходится на июль. В створах 1 и 2 отмечается повышение показателей органического загрязнения (индекса сапробности), а также повышение уровня эвтрофирования, которое заметно снижается на створе 5. Таким образом сообщество *Melosira granulata – Navicula gracilis* характеризовало повышение уровня эвтрофирования, показателем которого является биомасса.

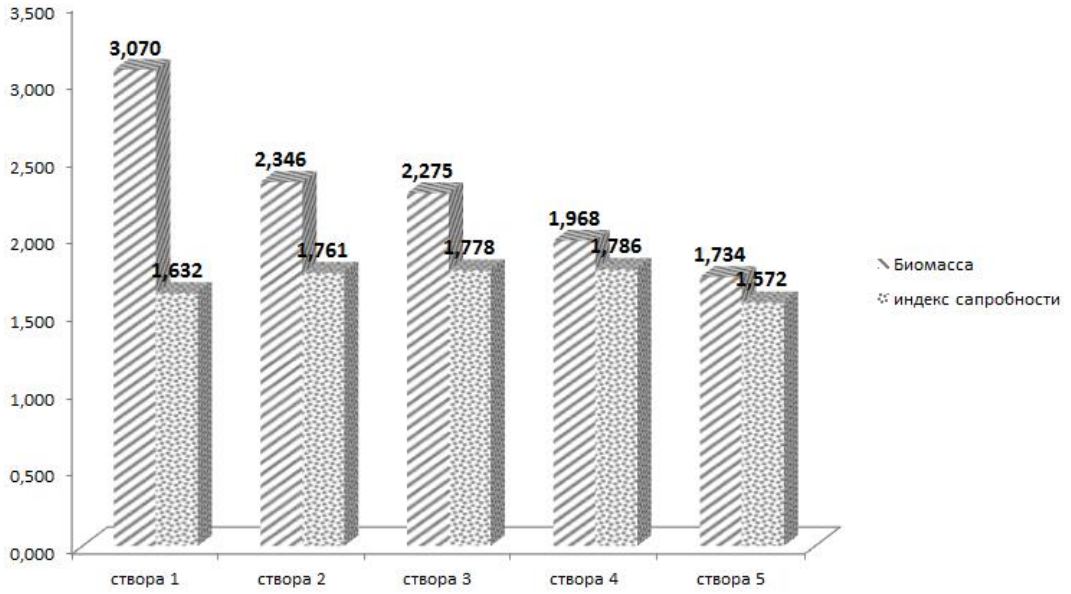


Рис. **Горизонтальное изменение биомассы автотрофного планктона и показателей индексов сапробности по биомассе в. р. Белой в Благовещенском районе Республики Башкортостан летом 2012 г.**

Сравним результаты, полученные при использовании эколого-флористической классификации в различных водных объектах (табл. 1, 2). В Павловском водохранилище нами также были выделены виды, характерные для разных створов водохранилища. Из них *Fragilaria capucina* Desm. встречается на всех створах, но не во всех пробах. К ним относились представители отдела *Chlorophyta.* Многочисленными были водоросли рода *Scenedesmus: S. cf. "quadricauda", S. arcuatus Lemmerm., S. bijugatus* (Turpin) Kütz. Первый из них относится к β-мезосапробионтам (индекс сапробности 2), два других – к олиго-α-мезосапробионтам (индекс сапробности 1,8). Все эти виды планктонные, по галобности – олигогалобы-индифференты. Распространенными были также виды *Coelastrum microporum* Nägeli, *Tetrachlorella alternans* (G.M. Sm.) Korschikov, *Cosmarium asphaerosporum* Nordst. Из других отделов к этой группе относились *Chroococcus limneticus* Lemmerm., *Synedra acus* Kütz.

Таблица 1.

Сообщества, выделенные в Павловском водохранилище [5] и в наших исследованиях

№ п/п	Водные объекты	Павловское водохранилище	Биомасса г/м³	Река Белая	Биомасса, г/м³
1.	Высокоэвтрофные условия	*Scenedesmus "quadricauda"–Synedra acus*	11,04-18,41	отсутствуют	отсутствуют
2.	Эвтрофные условия	-	-	*Melosira granulata – Navicula gracilis*	2,26-4,389
3.	Мезотрофные условия	*Phacus pleuronectes–Anabaena hassallii* и диагностический вид *Fragilaria capucina*	1,30-1,45	отсутствуют	1,31
4.	Олиготрофные условия	*Snowella lacustris–Synechococcus elongatus*	0,47	отсутствуют	отсутствует

Таблица 2.

Экологические характеристики сообществ, выделенных в реках на территории г. Стерлитамак [4]

№ п/п	Сообщества	Среднее значение сапробной валентности	Ранг качества воды	Разряд качества воды	Класс качества вод	Зона самоочищения	Зона кризисности экосистемы
1.	*Achnanthes lanceolata – Pinnularia viridis*	1,88-1,96	4	3а	III	β	До прир. фона
2.	*Navicula lacustris – Amphora ovalis var. gracilis*	1,57	4	3а	III	β-мезо	До прир. фона
3.	*Cyclotella bodanica – Gyrosigma attenuatum*	1,29	3	2б	II	олиго	Прир. – чистые воды

В реках на территории г. Стерлитамак главным фактором дифференциации сообществ была принята сапробность. По распределению видов водорослей и цианопрокариот по зонам сапробности четко выделялось две группы водных объектов (табл. 2): 1-ая группа включала реки, где доминировали

β-мезосапробы и 2-ая группа, где преобладали олигосапробы. Сообщество *Cyclotella bodanica – Gyrosigma attenuatum* было распространено в роднике. Выявлено 85 % олигосапробов, показателей чистой проточной воды. В роднике доминирование алкалифилов было наиболее выраженным. По приуроченности к основному местообитанию водотоки также объединялись в две группы.Диагностические виды сообществ рек характеризовались высокими значениями сапробности. Сообщество*Achnanthes lanceolata – Pinnularia viridis* формировалось на участках антропогенной деградации. Основными свойствами таких водотоков является смещенность значений pH, загрязненность органическими веществами.

Выводы

Использование подходов эколого-флористической классификации позволило построить градиент цианопрокариотно-водорослевых сообществ по уровню эвтрофирования и загрязненности органическими веществами. Синтаксономический анализ фитопланктона выделил 2 группы. 1 группа – сквозные виды, распространенные на всех изученных створах; 2 группа – диагностические виды, характерные для разных створов реки, но не во все сроки. Диагностические виды были характерны для створов, где наблюдался подъем показателей биомассы и увеличение индексов сапробности.

Список цитированной литературы

1. Guiry M.D. & Guiry G.M. 2011. AlgaeBase. World-wide electronic publication // National University of Ireland, Galway. Электронный ресурс: http://www.algaebase.org/browse/taxanomy
2. *Westhoff V., Maarel E.van der.* The Braun-Blanquet approach // Classification of plant communities – The Haque, 1978. – P. 287–399.
3. *Водоросли*: Справочник / Под обш. ред. С.П. Вассера. – Киев, 1989. – 608 с.
4. Шкундина Ф. Б., Никитина О. А., Гуламанова Г. А. Цианопрокариотно-водорослевые ценозы городов лесостепной зоны Республики Башкортостан (состав, структура, использование в мониторинге) // Уфа. РИЦ БашГУ, 2011. 131 с.
5. Шкундина Ф. Б., Полева А. О. Горизонтальные изменения сообществ фитопланктона Павловского водохранилища (Республика Башкортостан, Россия) // Algologia. 2014, 24 (2). P. 174-187

V International Conference
„ACTUAL PROBLEMS IN MODERN PHYCOLOGY”

Asistenţă computerizată – *Maria Bondari*

Bun de tipar 28.10.2014. Formatul 70x100 $^{1}/_{12}$.
Coli de tipar 22,6. Coli editoriale 21.
Comanda 146/14. Tirajul 70 ex.

Centrul Editorial-Poligrafic al USM
str. Al. Mateevici, 60, Chişinău, MD 2009