

ჰალოფილური მიკროორგანიზმები

მზია წულუკიძე, ზაურ ლომთათიძე

(სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: გაანალიზებულია ქართველი და უცხოელი მკვლევარების შრომები ჰალოფილური მიკროორგანიზმების მრავალფეროვნების, ტაქსონომიის, გავრცელების თავისებურებების, ანთროპოგენურ პირობებში ცვალებადობის შესახებ.

განხილულია ჰალოფილური მიკროორგანიზმების პრაქტიკაში გამოყენების პერსპექტივა.

საკვანძო სიტყვები: დომენი; ეკოსისტემა; მრავალფეროვნება; ტაქსონომია; ჰალოფილური მიკროორგანიზმები.

შესავალი

ექსტრემოფილურ მიკროორგანიზმებს შორის დღეს მკვლევართა განსაკუთრებულ ყურადღებას იქცევს ჰალოფილური მიკროორგანიზმები, რომლებიც გავრცელებულია მლაშობ ნიადაგში, მარილიან ზღვებსა და ტბებში [1, 2]. მრავალი მათგანი რეზისტენტულია უჯრედისათვის მავნე მთელი რიგი ფიზიკურ-ქიმიური ზემოქმედებებისადმი. უნიკალური ქიმიური შედგენილობა, ფერმენტული სისტემა, მათში პათოგენური შტამების არარსებობა ბიოტექნოლოგიების დიდ ინტერესს იწვევს. ამჟამად შექმნილია ლიოფილიზებული ბაქტერიების შემცველი მედიკამენტები (ბაქსინი და ბაქსინის მალამო). ზოგიერთი მათგანი შეიცავს ბაქტერიოროდოფსინს. პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება ჰალოფილების ფერმენტები. დიდია მეცნიერთა ინტერესი ამ მიკროორგანიზმების მიმართ პროკარიოტების ევოლუციის თავალ-თახედვითაც [3].

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ჰალოფილების ბიოლოგიის, მათი გავრცელების თავისებურებებისა და სისტემატიკის შესწავლა კვლევის მნიშვნელოვანი და პერსპექტიული მიმართულებაა.

ძირითადი ნაწილი

ჰალოფილებს მიკროორგანიზმთა შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავიათ. ისინი ერთადერთი ბაქტერიებია, რომლებიც გავრცელებულია უხვმარილიან არეში (მაგალითად, მკვდარ ზღვაში), სადაც მარილის კონცენტრაცია 26–27 %-ს შეადგენს. ჰალოფილები გვხვდება მარილის კრისტალებზე, დამარილებულ თევზსა და ცხოველის ტყავზე, წათხის ყველზე, კომბოსტოს და კიტრის მწვინლში. ჰალოფილების მთელი რიგი გვარის წარმომადგენლების ბიომასა კაროტინოიდების მაღალი შემცველობის გამო ღია სტაფილოსფერია [4].

ჰალოფილების უჯრედის სტრუქტურიდან, მორფოფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური თვისებებიდან გამომდინარე, ჰალოფილები ჩვენს პლანეტის მობინადრეთა შორის ერთ-ერთი უძველესი წარმომადგენლებია.

ჰალოფილები პირველად გამოყოფილი იყო XX საუკუნის დასაწყისში ლიმანის (რუსეთი) ტალახის მიკროფლორიდან, თუმცა, მათი სისტემატური შესწავლა დაიწყო მხოლოდ აღნიშნული საუკუნის მეორე ნახევრის ბოლოს. ცნობილმა ბუნებისმეტყველმა ჯ. ბეკინგმა ჯერ კიდევ 1928 წელს ჰალოფილურ ბაქტერიებს უწოდა ორგანიზმები, რომლებიც „ფიზიოლოგიური სიმძლავრის ზღვარზე“ ცხოვრობენ და ამიტომ მათ პრაქტიკულად არ ჰყავთ ანტაგონისტები, რის გამოც ისინი თავისუფლად ვრცელდებოდნენ დედამიწაზე სიცოცხლის განვითარების მთელი ისტორიის განმავლობაში. ჰალოფილური მიკროორგანიზმები წარმოდგენილია ორი ძირითადი ტიპით. პირველს მიეკუთვნება ზომიერი ჰალოფილები, რომლებიც ვითარდებიან 1–2 %-იანი მარილიანობის პირობებში, კარგად იზრდებიან 10 %-იან მარილის არეში, მაგრამ შეუძლიათ აიტანონ 20 %-იანი მარილის კონცენტრაცია (ბაქტერიების უმრავლესობა ვერ იტანს 5 %-ზე მეტ მარილის კონცენტრაციას); მეორეს – ექსტრემალური ჰალოფილები, რომლებიც წარმოდგენილია *Halococcus*-ისა და *Halobacterium*-ის გვარებით. ისინი საჭიროებენ მარილის 12–15 %-იანი კონცენტრაციის პირობებს და შეუძლიათ კარგად განვითარდნენ გაჯერებულ ხსნარში, სადაც მარილის კონცენტრაცია 32 %-ს აღწევს. მარილის კონცენტრაციის ფართო სპექტრში ჰალოფილურ მიკროორგანიზმებს შეუძლიათ აქტიური ცხოვრება. ისინი უხვადაა გავრცელებული მლაშობ ბუნებრივ ჰაბიტატებში (ოკეანეებსა და ზღვებში, ჰიპერმარილიან ტბებში, მარილიან ნიადაგებში და ა.შ.) და ანთროპოგენურ სისტემებში, თანაც გამოირჩევიან მაღალი მინერალიზაციის დონით [5, 6, 7]. ჰალოფილური მიკროორგანიზმები წარმოდგენილია სამი დომენით, ესენია: *Bacteria*, *Archaea* და *Eukarya* [8, 9]. *Archaea*-ს დომენში შედის ჰალოფილური მიკროორგანიზმების შემდეგი ფილუმები: *Cyanobacteria*, *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Spirochaetes*, *Actinobacteria* და *Bacteroidetes*. ბაქტერიები, რომლებიც მიეკუთვნებიან ფილუმებს (*Firmicutes*, *Proteobacteria*), დომინირებენ გავრცელებული მიკროორგანიზმების ყველაზე მრავალფეროვან ჰაბიტატებს შორის [5, 7]. *Archaea*-ს დომენში შედის ორი ქვედომენი: *Halobacteria* და *Methanogenic Archaea*. ქვედომენი *Halobacteria* წარმოდგენილია საკმაოდ დიდი რაოდენობის *Halobacteriaceae*-ს ოჯახით, რომელიც 36 გვარისა და 129 სახეობისაგან შედგება. ისინი მარილის კონცენტრაციის პირობებში ცხოველმოქმედებენ, რაც განასხვავებს მათ იმ ჰალოფილებისაგან, რომლებიც მტკნარ წყალში იღუპებიან [10]. ჰალოფილებიდან ბუნებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ მეთანოგენური არქეები, რომელთაგან მხოლოდ *Methanocarcinales* რიგი შეიცავს ჰალოფილურ სახეობებს. ეს მკაცრად ანაერობული სახეობები ენერჯის მისაღებად აწარმოებენ მეთანს და მიეკუთვნებიან *Methanosarcinaceae*-ების ოჯახს [11].



ნახ. 1. *Halobacterium salinarum*

ტაქსონომია – დომენი: *Archaea*; სამეფო: *Euryarchaeota*; ფილუმი: *Euryarchaeota*;
კლასი: *Halobacteria*; რიგი: *Halobacteriales*; ოჯახი: *Halobacteriaceae*;
გვარი: *Halobacterium*; სახეობა: *Halobacterium salinarum*

მიკროორგანიზმთა საინტერესო ჯგუფს მიეკუთვნება სოკოებიც, რომლებიც ამჟამად ნაკლებადაა შესწავლილი. ისინი ყველა კრიტერიუმის მიხედვით აერთიანებენ ჭეშმარიტ ჰალოფილებს (მელანიზებული მერისტემული სოკო *Trimmatostroma Salinum* [12] და შავი საფუარი *Hortaea werneckii*) [13], ნახარში მარილწყლისა და სხვადასხვა ჰიპერმარილიანი გარემოს ძირითად ორგანიზმებს. ნაკლებადაა შესწავლილი შოლტიანები, ინფუზორიები და ამებოიდური უმარტივესები, რომლებიც მარილიან არეში ცხოვრობენ [14, 15, 16]. ბოლო დროს დაიწყო საფუძვლიანად ჰალოფილური ჰეტეროტროფული ნანოფლაგელატების შესწავლა. ჩინელმა მკვლევარებმა 2011 წელს შეძლეს მთელი რიგი ჰალოფილური და ჰალოტოლერანტული ბაქტერიების იზოლირება ბუნებრივად მარილიანი ტბის მიმდებარე ნიადაგებიდან სიჩუანის პროვინციაში (ჩინეთი). შესწავლილი შტამები იდენტიფიცირებულ იქნა, როგორც *Firmicutes* ტიპის *Halalkalibacillus*, *Virgibacillus*, *Marinococcus*, *Salimicrobium*, *Halobacillus* და *Alkalibacillus* გვარების წარმომადგენლები და *Proteobacteria*-ს ტიპისა და *Gammaproteobacteria*-ს კლასის წარმომადგენლები (სახეობები: *Halomonas*, *Idiomarina*, *Chromohalobacter* და *Halovibrio*) [17, 18]. მანამდე ვ. ქსიანგმა თავის კოლეგებთან ერთად სიჩუანის ტბის ჰიპერმარილიანი წყლების ნიმუშებიდან გამოიყვანა *Proteobacteria*-ს ტიპის *Gammaproteobacteria*-ს კლასისა და *Halomonas* გვარის წარმომადგენლები; ასევე *Firmicutes* ტიპის შემდეგი გვარების შტამები: *Planococcus*, *Halobacillus*, *Oceanobacillus*, *Virgibacillus* [7]. მსგავსი ტაქსონომიური ჯგუფების ბაქტერიები აღმოჩენილი იყო სხვა მაღალი კონცენტრაციის მარილის შემცველ ნიადაგებშიც. მაგალითად, ნიადაგების მარილიან ნაკვეთებში და ჩინეთის, კორეის, მონღოლეთის მიმდებარე მაღალმინერალიზებულ წყლიან ეკონიშებში უმრავლეს შემთხვევებში აღმოჩენილი იყო *Firmicutes* ტიპისა და *Bacilliales* რიგის მრავალი ოჯახის (*Bacillaceae*, *Alkalibacillus*, *Halobacillus*, *Halovibrio*, *Marinococcus*, *Salimicrobium* გვარის) წარმომადგენლები.

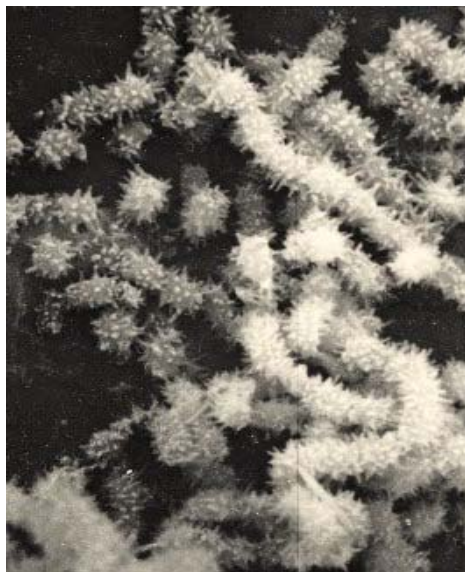
2011 წელს ინდოეთში მკვლევართა ჯგუფმა (ხელმძღვანელი H. Sahay) Pulicat-ის მარილიანი ტბიდან გამოყო *Firmicutes* ტიპის, *Bacillaceae*, *Bacillus*, *Virgibacillus*, *Rummelibacillus*, *Salimicrobium*, *Alkalibacillus* და *Halobacillus* გვარების გრამდადებითი ბაქტერიები. ზემოაღნიშნული ტაქსონების გარდა, გამოყოფილი იყო აგრეთვე *Proteobacteria*-ს ტიპის გრამუარყოფითი ბაქტერიები, რომლებიც ფილოგენეტიკურად დაკავშირებული არიან სხვადასხვა (*H. salina*, *H. hengliensis*, *H. salifodinae*, *H. pacifica*, *H. aquamarina* და *H. halophila*) სახეობასთან [19].

არგენტინელი მეცნიერების მიერ შესწავლილ იქნა ნეიტრალური ჰიპერმარილიანი აუზები (Salitral Negro და Colorada Grande). აღნიშნულ გარემოში ეკოლოგიური ანალიზების საფუძველზე გამოყოფილ და შესწავლილ იქნა *Bacteria* დომენის ორი წარმომადგენელი (*Salinibacter ruber*, *Salicola* sp.) და *Archaea* დომენის შვიდი წარმომადგენელი (*Haloarcula argentineensis*, *H. Japonica*, *H. Vallismortis*, *Halorubrum tebenquichense*, *Halobacterium salinarum*, *Halobacterium* sp., *Halobacterium piscisalsi*), რომელთა გამოყენება პერსპექტიულია ბიოტექნოლოგიაში. მათ უმრავლესობაში გამოვლენილია ჰიდროლაზების (პროტეაზების, ამილაზების, ლიპაზების, ცელულაზებისა, ნუკლეაზების) და ასევე ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების (ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები და ანტიმიკრობული ნაერთები) არსებობა. ამ მხრივ, ის სახეობები, რომლებიც მიეკუთვნება *Haloarcula*-ს გვარს, ყველაზე უფრო აქტიურია. ამასთან, ისინი წარმოადგენენ მთელი რიგი ანტიმიკრობული ნაერთების პროდუცენტებს [20].

ეკოსისტემებში, რომლებიც ექვემდებარება ანთროპოგენული ფაქტორების მოქმედებას (მაგალითად, სამრეწველო მარილსახარშებში), ფილოგენური მიკრობული შემადგენლობა არსებითად არ იცვლება. გვხვდება *Firmicutes* ტიპის, *Halobacillus*-ის, *Salimicrobium*-ის, *Virgibacillus*-ის გვარების სპორის წარმომქმნელი ბაქტერიები და *Proteobacteria* ფილუმის *Gammaproteobacteria*-ს კლასის ბაქტერიები, რომლებიც იშვიათადაა წარმოდგენილი *Oceanospirilla*

les რიგის, *Halomonadaceae*-ს ოჯახის, *Halomonas* და *Chromohalobacter*-ის გვარების ჰალოფილური ბაქტერიებით [17,18].

ანთროპოგენური ეკოსისტემების აქტინობაქტერიების *Actinobacteria* ფილუმის *Actinobacteria* კლასისა და *Actinomycetales* რიგის ფილოგენეტიკური ანალიზის 16S რ-დნმ-ის თანმიმდევრობების საფუძველზე, რომელიც ჩატარებულ იქნა მკვლევარების (P.A. Jose-სა და S.R.D. Jebakumar-ის) მიერ 2012 წელს სამრეწველო მარილსახარშის მაგალითზე, დადგინდა, რომ *Streptomyces*-ს, *Micromonospora*-ს, *Nocardia*-ს, *Nonomuraea*-ს, *Saccharopolyspora*-სა და *Nocardioopsis* გვარის წარმომადგენლებს უკავიათ უპირატესი პოზიცია. ასევე დადგინდა ისიც, რომ ჰალოფილური აქტინომიცეტების ჯგუფი მჭიდროდ იყო დაკავშირებული *Streptomyces* და *Micromonospora* ბაქტერიების გვარებთან [21]. ადრე ამ გვარების აქტინობაქტერიების სიჭარბე აღინიშნებოდა მლაშობ ნიადაგებში [22].



ნახ. 2. *Saccharopolyspora spinosa*

**ტაქსონომია – დომენი: Bacteria; ფილუმი: Actinobacteria; კლასი: Actinobacteria;
ქვეკლასი: Actinobacteridae; რიგი: Actinomycetales; ოჯახი: Pseudonocardiaceae;
გვარი: Saccharopolyspora; სახეობა: *Saccharopolyspora spinosa***

რუსეთის ფედერაციის ტერიტორიაზე ჰალოფილური, ჰალოტოლერანტული ბაქტერიებისა და ექსტრემალური არქეების მნიშვნელოვანი მასივი იქნა აღმოჩენილი მარილის საბადოების წარმოების ანთროპოგენურად დაბინძურებულ რაიონებში, რომელთა წარმოშობა პერმულ პერიოდს მიეკუთვნება. ერთ-ერთი ასეთი რაიონია ვერხნეკამსკის კალიუმ-მაგნიუმისა და ნატრიუმის მარილების საბადო, რომელიც პერმის რეგიონში მდებარეობს. ნიადაგებისა და ფსკერული ნალექების ნიმუშებიდან 2001 წელს ქ. ბერეზნიკის (რუსეთი) მიდამოების დამლაშებული ნიადაგებიდან გამოყოფილ იქნა *Pseudomonas* გვარის (ფილუმი *Proteobacteria*, კლასი *Gammaproteobacteria*) ბაქტერიული კულტურები, *Rhodococcus*-ის, *Arthrobacter*-ისა (ფილუმი *Actinobacteria*, კლასი *Actinobacteria*, რიგი *Actinomycetales*) და *Bacillus*-ის (ფილუმი *Firmicutes*) შტამები [23]. ამავე ნიადაგებიდან მკვლევარებმა გამოყვეს ასევე აქტინობაქტერიები (*Brevibacterium*, *Rhodococcus*, *Arthrobacter* გვარების), სპორების წარმომქნელი ბაქტერიები (*Firmicutes* ფილუმის, *Paenibacillus* და *Bacillus* გვარების), რომლებსაც შეუძლიათ არომატული ნაერთების დაშლა [23, 24, 25] და გრამუარყოფითი, ზომიერად ჰალოფილური

ბაქტერიები, აღწერილი როგორც ახალი გვარის (*Salinicola*), ოჯახის (*Halomonadaceae*), ტიპური შტამის (*Salinicola socius* SMB35T) წარმომადგენლები, რომლებიც იზრდება მარილიანობის ფართო დიაპაზონში (5-300 გ/ლ NaCl) [26].

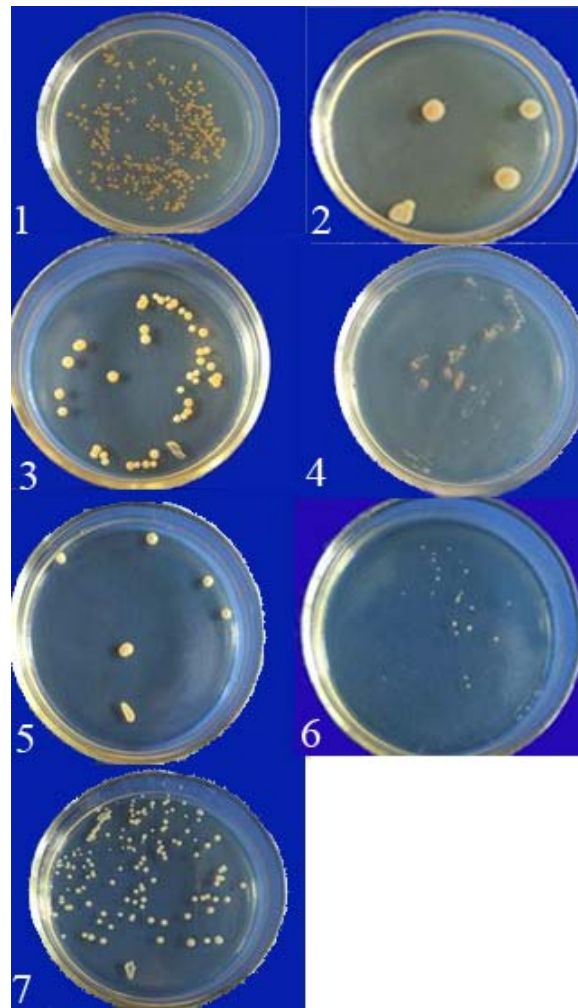
საქართველოს ტერიტორიის ორ რეგიონში, კერძოდ აღმოსავლეთ საქართველოს მლაშობ ნიადაგებში (კახეთი) და ქვემო ქართლის ნიადაგებში, რომლებსაც ახასიათებს მარილის მაღალი კონცენტრაცია, შესწავლილ იქნა ჰალოფილური მიკროსკოპული სოკოები [27].

ე. კვესიტაძის და მისი თანამშრომლების მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგად აღმოჩნდა, რომ ყველაზე მრავალრიცხოვანი და მრავალფეროვანი ჰალოფილური მიკროფლორით, მათ შორის მიკროსკოპული სოკოებით, ხასიათდება კუმისის მარილიან ტბასთან მიმდებარე ნიადაგები და ალაზნის ველის პერიფერიული ადგილების ნიადაგები, კაკასიონის ქედის (კახეთი) გასწვრივ. კვლევის შედეგად საქართველოს მლაშობი ნიადაგებიდან გამოყოფილ იქნა მიკროსკოპული სოკოების 196 ჰალოფილური კულტურა, რომელთაგან 94 კახეთის რეგიონიდანაა და 102 – ქვემო ქართლის მლაშობი ნიადაგებიდან.

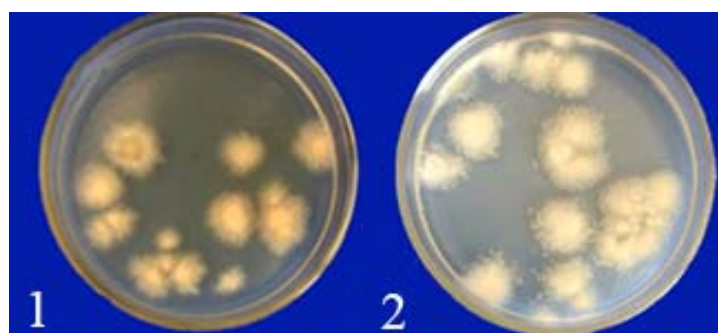
ქართველი მეცნიერების მიერ ჰალოფილების სელექციის შედეგად კახეთის მლაშობი ნიადაგებიდან გამოყოფილი იყო 4 ექსტრემალური ჰალოფილური მიკრომიცეტების კულტურა, 14 ჰალოტოლერანტული, 16 ზომიერი და 10 ნაკლებად ჰალოფილური შტამი. სახეობის კუთვნილების განსაზღვრის შედეგად აღმოჩნდა, რომ 4 ექსტრემალურად ჰალოფილური ბაქტერიიდან 3 *Aspergillus*-ის გვარის წარმომადგენელია. ჰალოტოლერანტების ჯგუფში აღმოჩნდა *Aspergillus*-ის, *Fusarium*-ის, *Allesheria*-ისა და *Penicillium*-ის გვარების კულტურები. ზომიერი ჰალოფილები წარმოდგენილი იყო უმეტესად მიკროსკოპული სოკოების გვარებით.

ე. კვესიტაძის კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე, ქვემო ქართლის მლაშობი ნიადაგების მიკროფლორის შედგენილობაში ძირითადი აღმოჩნდა მიკრომიცეტების ჰალოტოლერანტული ფორმები. კუმისის ტბის და სოფ. სათაფლეს (კახეთის) შემოგარენის მლაშობ ნიადაგებში დადგინდა 25 ჰალოტოლერანტული შტამის არსებობა, 7 კულტურა ექსტრემალურს მიეკუთვნა, 12 – ზომიერს და 8 – სუსტ ჰალოფილებს. აღსანიშნავია, რომ მიკროსკოპული სოკოების გვარებში, რომლებიც იდენტიფიცირებულია მლაშობ ნიადაგებში, უმეტესად გვხვდება მიკრომიცეტების ჰალოტოლერანტული ფორმები. ჩატარებული კვლევები იმაზე მიუთითებს, რომ მლაშობ ნიადაგებში ჰალოტოლერანტები და ექსტრემალური ჰალოფილები დომინირებენ; პრაქტიკულად არ არის წარმოდგენილი სუსტი ჰალოფილები. ნაკლებმარილიან ნიადაგებში იშვიათად გვხვდება ექსტრემალური ჰალოფილები. იქ დომინირებს სუსტი ჰალოფილური სოკოების ფორმები. აღსანიშნავია, რომ ე. კვესიტაძის გამოკვლევის მიხედვით კუმისისა და სათაფლეს მლაშობი ნიადაგებიდან აღებულ ნიმუშებში უმეტესად გავრცელებულია: *Aspergillus*-ის, *Penicillium*-ისა და *Fusarium*-ის გვარის მიკროორგანიზმები, შემდეგ მოდის *Trichoderma*-სა და *Mucor*-ის გვარები. სხვა გვარის წარმომადგენლები იშვიათად გვხვდება. *Aspergillus*-ის გვარი ასევე ფართოდაა წარმოდგენილი წაბლა და შავიწა ნიადაგებში, მაგრამ ტყის რუხ ნიადაგში დომინირებს ძირითადად *Penicillium*-ის გვარი [27].

ჩვენ მიერ ჩატარებული კუმისის ტბის მიმდებარე ნიადაგის გამოკვლევით გამოვლინდა ჰალოფილური ამონიფიკატორები (7 შტამი) და სოკოები (2 შტამი) (ნახ. 3 და ნახ. 4).



ნახ. 3. ჰალოფილური ამონიფიკატორების შტამები: (საკვები არე – სორცპეპტონიანი ბულიონი; კულტივირების ხანგრძლივობა – 6 დღე/ღამე): 1 – Am – 15-4; 2 – Am – 15-6; 3 – A-15-3-a; 4 – Am-15-7; 5 – A-15-5; 6 – A-15-4; 7 – A-15-3-b



ნახ. 4. ჰალოფილური სოკოების შტამები: (საკვები არე – გაუზე I; კულტივირების ხანგრძლივობა – 14 დღე/ღამე): 1 – Act-15-1, 2 – Act-15-3

დასკვნა

ამრიგად, ჰალოფილური მიკროორგანიზმები მლაშობს წყლებსა და ნიადაგში ფართოდაა გავრცელებული; გვხვდება ისეთი ოჯახები, როგორცაა *Halobacteriaceae*, *Methanosarcinaceae*, *Halomonadaceae*, *Paenibacillus* და *Bacillus*. მარილის კონცენტრაცია გარემოში არეგულირებს ჰალოფილების თვისებრივ და რაოდენობრივ შედგენილობას. ჰალოფილების გარკვეული ჯგუფი ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების აქტიური პროდუცენტებია. საქართველოს მლაშობი ნიადაგები ძირითადად წარმოდგენილია ჰალოფილური მიკრომიცეტებით. კუმისის ტბის მიმდებარე ნიადაგებში გვხვდება ჰალოფილური სოკოები და ამონიფიკატორები, თუმცა მცირე რაოდენობით.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. H. Chu, W. Sheng, D. Gan, L. Kuznetz. Exobiology: The Survival Ability of Halophiles under Martian Conditions // University of California at Berkeley, Earth and Planetary Science Dept., 2002. <http://www.lpi.usra.edu/publications/reports/CB-1152/berkeley-1.pdf>
2. S. Leuko, P. Rettberg, A. Pontifex, B. Burns. On the Response of Halophilic Archaea to Space Conditions // Life (Basel), №4 (1), 2014, pp. 66-76. <https://doi.org/10.3390/life4010066>
3. Азизова О. А. Галофильные бактерии – новый источник биологически активных веществ // www.nikofarm.ru/7116.php.
4. Заварзин Г.А. Развитие микробных сообществ в истории Земли // В кн.: Проблемы доантропогенной эволюции биосферы. М.: Наука, 1993, с. 206-220.
5. A. Hedi, N. Sadfi, M.L. Fardeau. Studies on the biodiversity of halophilic microorganisms isolated from El-Djerid Salt Lake (Tunisia) under aerobic conditions // Int. J. Microbiol., 2009. - 17 p.
6. O.V. Singh. Extremophiles. Sustainable resources and biotechnological implications // New Jersey: John Wiley & Sons, 2012. - 429 p.
7. W. Xiang, J. Guo, W. Feng, M. Huang, H. Chen, J. Zhao, J. Zhang, Z. Yang, Q. Sun. Community of extremely halophilic bacteria in historic Dagong Brine Well in south western China // World J. Microbiol.Biotechnol., № 24, 2008, pp. 2297-2305.
8. A. Oren. Microbial life at high salt concentrations: phylogenetic and metabolic diversity // Saline Systems, vol. 4, № 2, 2008. <https://doi:10.1186/1746-1448-4-2>.
9. A. Oren. Taxonomy of the family Halobacteriaceae: a paradigm for changing concepts in prokaryote systematic//International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, № 62, 2012, pp. 263-271.
10. A. Oren Industrial and environmental applications of halophilic microorganisms. // Environmental Technology, №31, 2010, pp. 825-834.
11. S. Das Sarma, P. Arora. Halophiles // Encyclopaedia of life science. London: Nature Publishing Group, 2001, pp. 1–9.
12. P. Zalar, S. de Hoog, N. Gunde-Cimerman. Trimmatostroma salinum, a new species from hypersaline water // Stud Mycol., №43, 1999, pp.57-62.
13. N. Gunde-Cimerman, P. Zalar, S. de Hoog, A. Plemenitaš. Hypersaline waters in salterns – natural ecological niches for halophilic black yeasts // FEMS Microbiol Ecol. № 32, 2000, pp.235-240.
14. G. Hauer, A. Rogerson. Heterotrophic protozoa from hypersaline environments // Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology, vol. 9, Dordrecht: Springer, 2005, pp. 519-539.
15. B. Elazari-Volcani. A dimastigamoeba in the bed of the Dead Sea // Nature, №152, 1943, pp. 275-277.
16. B. Elazari-Volcani. A ciliate from the Dead Sea // Nature, №154, 1944, pp.335-336.

17. S. K. Tang, X. Y. Zhi, Y. Wang, R. Shi, K. Lou, L.H. Xu, W. J. Li. Haloactinopolyspora alba gen. nov., sp. nov., a halophilic filamentous actinomycete isolated from a salt lake, with proposal of Jiangellaceae fam. nov. and Jiangellineae subord. nov.//Int. J. Syst. Evol. Microbiol., №61, 2011 a, pp.194-200.
18. S. K. Tang, Y. Wang, H. P. Klenk, R. Shi, K. Lou, Y. J. Zhang, C. Chen, J. S. Ruan, W. J. Li. Actinopolyspora alba sp. nov. and Actinopolyspora erythraea sp. nov., isolated from a salt field, and reclassification of Actinopolyspora iraqiensis Ruan et al. 1994 as a heterotypic synonym of Saccharomonospora halophila//Int. J. Syst. Evol. Microbiol., №61, 2011 b, pp.1693-1698.
19. H. Sahay et al. Characterization of halophilic bacteria from environmental samples from the brackish water of Pulicat Lake, India // Biologia, vol. 66 (5), 2011, pp. 741-747.
20. D. Nersessian, L. Di Meglio, R. De Castro, R. Paggi. Exploring the multiple biotechnological potential of halophilic microorganisms isolated from two Argentinean salterns // Extremophiles, 2015. <https://www.researchgate.net/publication/281788478>
21. P. A. Jose, S. Robinson, D. Jebakumar. Phylogenetic diversity of actinomycetes cultured from coastal multipond solar saltern in Tuticorin, India // Aquatic Biosystems, vol. 8, 2012, pp. 23-25.
22. D. G. Zvyagintsev, M. Zenova, G. V. Oborotov. Mycelial bacteria of saline soils // Eurasian Soil Science, vol. 41, № 10, 2008, pp. 1107-1114.
23. Плотникова Е. Г. и др. Галотолерантные бактерии рода Arthrobacter – деструкторы полициклических ароматических углеводов // Экология, № 6, 2011, с. 459-466.
24. Плотникова Е. Г. и др. Характеристика микроорганизмов, выделенных из техногенных почв Прикамья // Экология, № 4, 2006, с. 261-268.
25. Ястребова О. В., Ананьина Л. Н., Плотникова Е. Г. Бактерии рода Bacillus, выделенные из почв района солеразработок//Вестник Пермского университета. Серия: Биология, № 9, 2008, с. 58-62.
26. Ананьина Л. Н. и др. Salinicola socius gen. nov., sp. nov. – умеренно галофильная бактерия из ассоциации микроорганизмов, утилизирующей нафталин// Микробиология, т. 76, № 3, 2007, с. 369-376.
27. Квеситадзе Э. Галофильность мицелиальных грибов, выделенных из солончаков Южного Кавказа // BIOTECHNOLOGIA ACTA, vol.8, №3, 2015, с. 56-66.

HALOPHILIC MICROORGANISMS

M. Tzulukidze, Z. Lomtadze

(Sokhumi State University)

Resume: There were analysed the works of Georgian and foreign researchers about the diversity, taxonomy, specifics of the proliferation, variability in anthropogenic conditions of halophilic microorganisms. There is considered the prospect of using halophilic microorganisms in practice.

Key words: diversity; domain; ecosystem; halophilic microorganisms; taxonomy.

МИКРОБИОЛОГИЯ

ГАЛОФИЛЬНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ

Цулукидзе М. Д., Ломтатидзе З. Ш.

(Сухумский государственный университет)

Резюме. Анализируются работы грузинских и иностранных исследователей о многообразии галофильных микроорганизмов, таксономии, особенностях распространения, изменчивости в антропогенных условиях. Обсуждается перспектива применения галофильных микроорганизмов на практике.

Ключевые слова: галофильные микроорганизмы; домен; многообразие; таксономия; экосистема.