

წყალმცენარე *Spirulina platensis* მიერ ზოგიერთი ქიმიური
ელემენტის აბსორბირების საკითხის განხილვა ხანმოკლე
ექსპერიმენტების შედეგების მიხედვით

ნ. კუჭავა

ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ე. ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი
თბილისი, საქართველო
e.kuchava@mail.ru

მიღებულია 2015 წლის 30 აპრილს

ანოტაცია

განხილულია ბიოტექნოლოგიის ერთ-ერთი საინტერესო ლურჯ-მწვანე წყალმცენარის *Spirulina platensis* უჯრედების მიერ ქიმიური ელემენტების: Cu, Zn, Ni, Ag, Cd და Hg აბსორბირების საკითხი ხანმოკლე (120 წთ და უფრო მცირე დროს) ექსპერიმენტების შედეგების მიხედვით.

ნანონაწილაკების სინთეზი მეცნიერებისა და ტექნიკისათვის შედარებით ახალ სფეროს წარმოადგენს. ამ თვალსაზრისით საინტერესოა მიკროორგანიზმები, რომელთაც ახასიათებს გარემოში არსებულ არაორგანულ იონებზე ზემოქმედების უნარი. დღეისათვის ნანონაწილაკების წარმოქმნელი მიკროორგანიზმების მცირე რაოდენობაა ცნობილი. მხოლოდ რამოდენიმე მათგანს შეუძლია მოგვცეს ქიმიური ელემენტების: ვერცხლის, ოქროს, კადმიუმის, ტიტანის და სხვ. ნანონაწილაკები. აღმოჩნდა, რომ ციანობაქტერია ლურჯ-მწვანე წყალმცენარე *Spirulina platensis* (ქვემოთ: *S. platensis*) წარმოადგენს ნანონაწილაკების მისაღებად საინტერესო ობიექტს [1].

შრომაში [2] დასმულია და ნაწილობრივ გამოკვლეულია კიდევ საკითხი ვერცხლისა და ოქროს ნანონაწილაკების მისაღებად წყალმცენარე *S. platensis* გამოყენების შესახებ. განხილულია ის თავისებურებანი, რომელიც ახასიათებს ნანონაწილაკების მიკრობულ სინთეზს, აგრეთვე, შეფასებულია ვერცხლის კონცენტრაცია *S. platensis* ბიომასაში. ექსპერიმენტებში გამოყენებული იქნა ვერცხლის ნიტრატი $AgNO_3$.

შრომაში [3] შესწავლილ იქნა *S. platensis* ბიომასით სარგებლობის შესაძლებლობა. ოქროს ნანონაწილაკების მისაღებად. გამოყენებულ იქნა ოქროს ნაერთი ქლოროაურატი $HAuCl_4$. შერჩეულ იქნა ოქროს სხვადასხვა დოზა. ექსპერიმენტები ჩატარდა დროის სხვადასხვა ინტერვალის დაცვით. შესრულებული სამუშაოს შედეგად დადგენილია, რომ საწყისი 1, 5 – 12 დღის შემდეგ წარმოიქმნება ოქროს სფერული ფორმის ნანონაწილაკები, ზომით 8 – 40 ნმ (საშუალოდ 20 – 30 ნმ). გაკეთებულია დასკვნა, რომ ოქროს ნანონაწილაკებით გაჯერებული *S. platensis* ბიომასა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სამედიცინო, ფარმაცევტული და სხვა ტექნოლოგიური მიზნებისათვის. ამავე დროს აღნიშნულია, რომ *S. platensis* მიერ აკუმულირებული ოქროს ნანონაწილაკების კონცენტრაცია რამოდენიმე დღის განმავლობაში სწრაფად

გაიზარდა. *S. platensis* ბიომასის ნიმუშების ანალიზისათვის გამოყენებულ იქნა როგორც ინსტრუმენტალური ნეიტრონული აქტივაციური ანალიზის (ინაა), ასევე ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრიის (აას) მეთოდები.

ციანობაქტერია *S. platensis*, ზოგიერთ სხვა ბაქტერიასთან ერთად, გამოყენებულია ოქროსა და ვერცხლის ნანონაწილაკების მიკრობული სინთეზის ბიოტექნოლოგიის სრულყოფისათვის [4]. შესწავლილია, აგრეთვე, ბაქტერიებისა და მიკროწყალმცენარეების საშუალებით მიღებული ოქროსა და ვერცხლის ნანონაწილაკების მიკრობული სინთეზის მედიცინაში გამოყენების საკითხები [5]. ზემოთაღნიშნულის გარდა, ბოლო ათეული წლების განმავლობაში საყოველთაოდ გახდა ცნობილი, რომ წყალმცენარე *S. platensis* წარმოადგენს მნიშვნელოვან ობიექტს საკვები ბიოდანამატის სახით სარგებლობისათვის ადამიანის, ცხოველთა და მცენარეთათვის, რადგან ის მდიდარია ვიტამინებით, ცილებით და ცხიმებით. შრომებში [6, 7] ნაჩვენებია, რომ აღნიშნულ წყალმცენარეში მიკროელემენტების: Se, Zn, Mn, Fe, Cr და სხვ. გადანაწილება დაკავშირებულია ცილებთან, რის გამოც ბიოტექნოლოგიისათვის *S. platensis* წარმოადგენს პერსპექტულ მატრიცას. შრომაში [8] დასაბუთებულია *S. Platensis* გამოყენების შესაძლებლობა იმ ფარმაცევტული პრეპარატების მომზადებისათვის, რომელიც შეიცავს ქიმიურ ელემენტებს: Se, I და Cr. აღნიშნულ შრომაში შესწავლილია, აგრეთვე, Cr სხვადასხვა ფორმის: Cr³ და Cr⁶ ქცევის თავისებურებები *S. platensis* ბიომასის უჯრედებთან ურთიერთქმედებისას. კერძოდ, დადგენილ იქნა, რომ აღნიშნული წყალმცენარის ბიომასის უჯრედების მიერ მკვებავი გარემოდან სიცოცხლისათვის აუცილებელი Cr³ აკუმულირება ხდება უფრო მეტად, ვიდრე ტოქსიკური Cr⁶.

ყოველივე ზემოთაღნიშნულის გამო საჭიროდ მიგვაჩნია *S. platensis* მრავალმხრივი შესწავლის საქმეში შევიტანოთ გარკვეული წვლილი.

ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ე. ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტში ციანობაქტერიის *S. platensis* გამოკვლევები ჩატარდა და ტარდება IPPAS B-265 ტიპის *S. platensis* ბიომასის საშუალებით, რომელიც მიღებულ იქნა რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის ვ. ტიმირიაზევის სახ. მცენარეთა ფიზიოლოგიის ინსტიტუტიდან. აღნიშნული წყალმცენარის კულტივირება წარმოებს Zarrouk მკვებავ გარემოში (pH > 8), მუდმივი განათებისას, 30 – 34 °C ტემპერატურის პირობებში ხდება უწყვეტი ბარბატირება და pH სისტემატური კონტროლი.

ცნობილია, რომ Zarrouk გარემო შეიცავს შემდეგ ქიმიურ ელემენტებს: Na, Cl, N, Fe, K, S, Mg, C, P, Mn, Zn, Cu, Mo, Cr, Ni, W, Ti, Co, Ca, V, H და B. *S. Platensis* უჯრედული ზრდის დინამიკაში საკვლევი წყალმცენარე მკვებავი გარემოდან საჭირო ქიმიურ ელემენტებს გარკვეული რაოდენობით ითვისებს. ამიტომ ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება აღნიშნული წყალმცენარის ელემენტური შემადგენლობის შესწავლას.

შრომაში [9] შესწავლილ იქნა *S. Platensis* ზოგიერთი თვისება, კერძოდ, წყალმცენარის ხანგრძლივი უჯრედული ზრდის პროცესში (5 – 7 დღე), მკვებავი გარემოდან ბიოგენური და ტოქსიკური ქიმიური ელემენტების აკუმულირების უნარი, რისთვისაც ჩატარებულ იქნა ორი სახის ექსპერიმენტი. ორივე შემთხვევაში შერჩეულ იქნა მკვებავ გარემოში ერთდროულად ჩასატვირთავ ქიმიურ ელემენტთა განსაზღვრული რაოდენობა, რომლითაც უზრუნველყოფილ იქნა მათი აკუმულაცია *S. platensis* ბიომასის ზრდით და მისი ხარისხის შენარჩუნებით. წარმოებდა ბიოგენური ქიმიური ელემენტების: Co, Cu, Zn, Ni, Mn და Fe, აგრეთვე, ტოქსიკურ ქიმიურ ელემენტთა: Ag, Cd, Cr და Pb შემცველობის შესწავლა *S. Platensis* ლიოფილურად

გამომშრალ ბიომასაში მისი ზრდის დინამიკაში. შესწავლილ იქნა, აგრეთვე, *S. platensis* ბიომასაში Cu, Mn, Zn და Mg შემცველობა ინაა-მეთოდის გამოყენებით.

შრომაში [10] ასევე რამოდენიმე დღის განმავლობაში მიმდინარე ექსპერიმენტების საშუალებით შესწავლილ იქნა *S. Platensis* უჯრედული ზრდის დინამიკაში მკვებავ Zarrouk გარემოში ქიმიური ელემენტების: Cu, Zn და Ni ქცევის თავისებურებები მათი ცალკე-ცალკე ჩატვირთვის დროს, როცა შერჩეულ იყო თითოეული მათგანის გარკვეული რაოდენობა. საჭიროდ იქნა ჩათვლილი მსგავსი საკითხის შესწავლა ისეთი ქიმიური ელემენტებისათვისაც, როგორცაა: Ag, Cd და Hg [11]. ყველა საკვლევი ქიმიური ელემენტის შემთხვევაში შესწავლილ იქნა წყალმცენარის ლიოფილურად გამომშრალი ბიომასის ცვლილება.

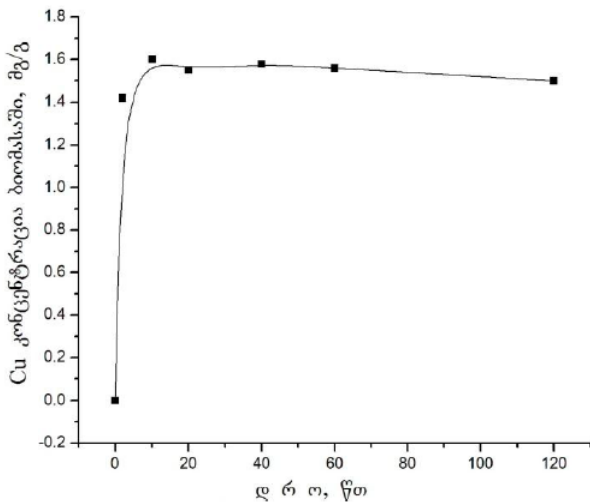
წინამდებარე სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს განხილულ იქნეს ქიმიური ელემენტების: Cu, Zn, Ni, Cd, Ag და Hg ქცევის თავისებურებები მათი წინასწარ განსაზღვრული რაოდენობით ცალკე-ცალკე ჩატვირთვისას Zarrouk მკვებავ გარემოში *S. platensis* უჯრედული ზრდის დინამიკაში არა ხანგრძლივი დროით, როგორც ეს არის წარმოდგენილი შრომებში [9 – 11], არამედ ხანმოკლე პერიოდში, კერძოდ, რამდენიმე წუთიდან 60 – 120 წთ განმავლობაში.

ცოცხალ ორგანიზმებში მიმდინარე ფიზიოლოგიურ პროცესებში ქიმიური ელემენტების როლის შესახებ ახალი მონაცემები არ მოგვეპოვება, ამიტომ, გახსენებისათვის, გავიმეორებთ შრომებში [9 – 11] უკვე მოყვანილ მოსაზრებებს.

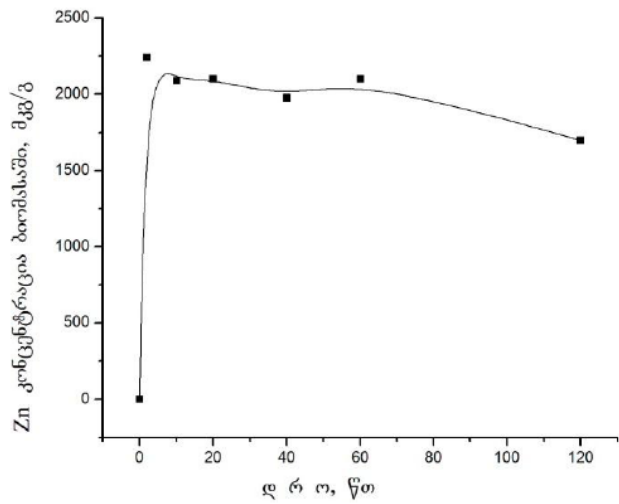
ქიმიური ელემენტის სპილენძის Cu როლი და მნიშვნელობა ცოცხალი ორგანიზმების განვითარებისათვის, სხვა ელემენტებთან შედარებით, უკეთ არის შესწავლილი. მისი თითქმის ყველა ნაერთი არის ტოქსიკური და შეიძლება მათ ჰქონდეთ კარცეროგენული თვისებები [12]. ჩვენს მიერ ჩატარებული ხანმოკლე ექსპერიმენტებისათვის შერჩეულ იქნა სპილენძის ქლორიდი $CuCl_2$. Cu კონცენტრაცია მკვებავ გარემოში იყო 100 მგ / ლ, ხოლო სუსპენზიის სიმკვრივე – 7.5 გ / ლ.

ექსპერიმენტები ჩატარდა 22 – 24 °C ტემპერატურაზე. Cu რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის წყალმცენარის ბიომასის ნიმუშები შეგროვდა სპეციალურ ფილტრებში, რამდენჯერმე გაირეცხა დისტილირებული წყლით და ჩატარდა ნიმუშების დაბალტემპერატურული გამოშრობა. **ნახაზზე 1** წარმოდგენილია *S. Platensis* მშრალ ბიომასაში Cu იონების აბსორბირების დინამიკა საწყისი 120 წთ განმავლობაში. როგორც **ნახაზიდან 1** ჩანს, წყალმცენარის უჯრედების მიერ აღნიშნული ელემენტის მაქსიმალურად აბსორბირება მოხდა საწყისი 15 – 20 წთ განმავლობაში, ხოლო შემდეგ აღნიშნული რაოდენობა ნაკლებად შეიცვალა.

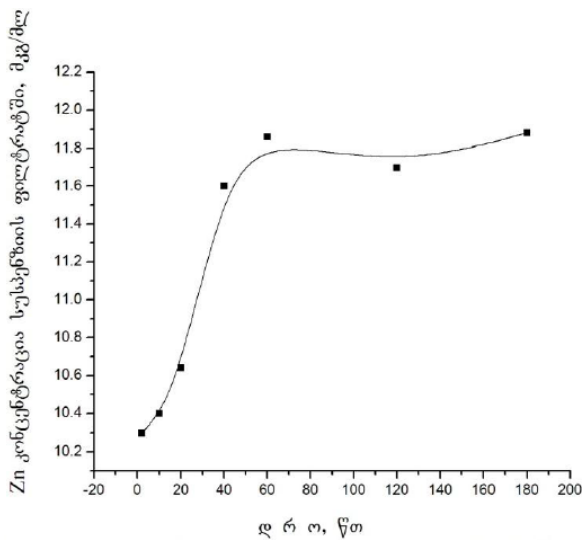
ქიმიური ელემენტი თუთია Zn შედის ცხოველთა ორგანოებისა და მცენარეთა ყველა ნაწილის შემადგენლობაში. ვარაუდობენ, რომ მისი უკმარისობა იწვევს მცენარეთა ზრდის შეჩერებას [12]. ჩვენი ექსპერიმენტებისათვის შერჩეულ იქნა თუთიის სულფატი $ZnSO_4$. **ნახაზზე 2** წარმოდგენილია *S. platensis* მშრალ ბიომასაში Zn აბსორბირების დინამიკა 120 წთ განმავლობაში. როგორც **ნახაზიდან 2** ჩანს, Zn იონების მაქსიმალური აბსორბირება დამახასიათებელია კულტივაციის საწყისი წუთებისათვის. **ნახაზი 3** გვიჩვენებს *S. Platensis* სუსპენზიის ფილტრატში Zn შემცველობას (მკგ / მლ) 180 წთ განმავლობაში. როგორც **ნახაზიდან 3** ჩანს, *S. platensis* უჯრედების ზრდის (50 – 60 წთ) განმავლობაში უჯრედების მიერ აბსორბირებულ იქნა მკვებავ გარემოში არსებული Zn მაქსიმალური რაოდენობა (11.9 მკგ / მლ), ხოლო ექსპერიმენტის შემდგომი დროის განმავლობაში წყალმცენარის უჯრედების მიერ აბსორბირებული Zn რაოდენობა მნიშვნელოვნად არ შეცვლილა.



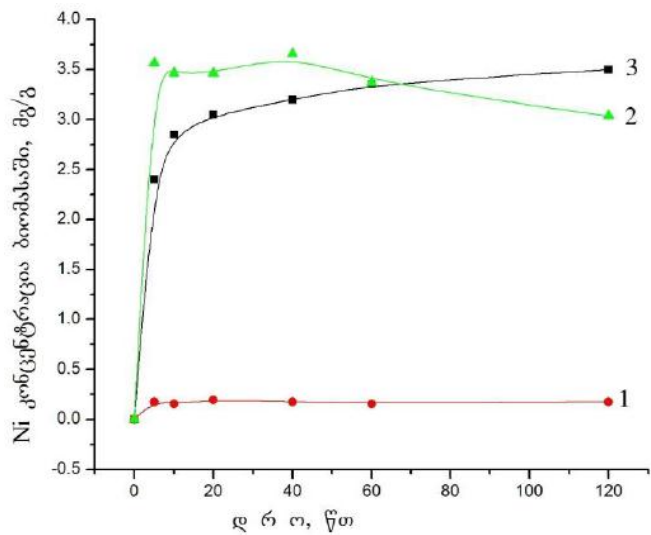
ნახაზი 1. Cu (მგ / გ) აბსორბირების დინამიკა *S. platensis* მშრალ ბიომასაში საწყისი 120 წთ განმავლობაში.



ნახაზი 2. Zn (მგ / გ) აბსორბირების დინამიკა *S. platensis* მშრალ ბიომასაში საწყისი 120 წთ განმავლობაში.



ნახაზი 3. Zn (მგ / მლ) აბსორბირების დინამიკა *S. platensis* მშრალ ბიომასაში საწყისი 180 წთ განმავლობაში.



ნახაზი 4. Ni (მგ / გ) აბსორბირების დინამიკა *S. platensis* მშრალ ბიომასაში საწყისი 120 წთ განმავლობაში. Ni გლიცინატი 1 – მკვებავ, 2 – წყლის და სულფატი 3 – წყლის გარემოში

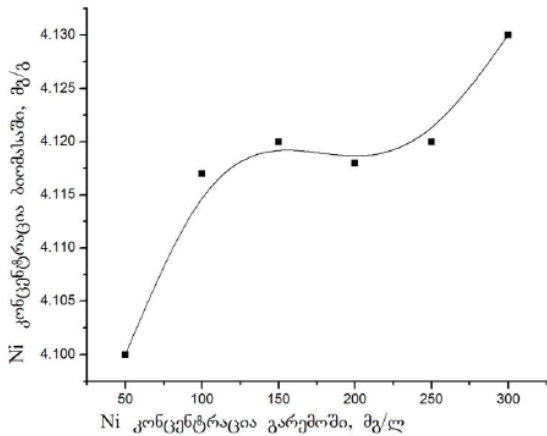
ქიმიური ელემენტის ნიკელის Ni შესახებ ფიქრობენ, რომ ის მონაწილეობს ცოცხალ ორგანიზმებში მიმდინარე ფიზიოლოგიურ პროცესებში. ვარაუდობენ, რომ ნიკელი ახდენს ცილების აქტივაციას, აგრეთვე, მონაწილეობას ღებულობს გლუკოზის მეტაბოლიზმში [12]. *S. platensis* უჯრედების მიერ Ni იონების აბსორბირება ხანგრძლივი დროის (რამდენიმე დღის) განმავლობაში განხილულია შრომაში [10]. წინამდებარე შრომაში კი, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, იგივე საკითხი განიხილება ხანმოკლე ექსპერიმენტების საშუალებით, კერძოდ, 2, 5, 10, 20, 40, 60 და 120 წთ განმავლობაში მიმდინარე პროცესების საფუძველზე. ამ მიზნით Ni, კონცენტრაციით 100 მგ / ლ, ჩატვირთულ იქნა *S. platensis* უჯრედების სუსპენზიაში (სიმკვრივე 2 გ / ლ) ნიკელის სულფატისა და ნიკელის გლიცინატის სახით. მოხდა ნიმუშების ფილტრაცია.

Ni კონცენტრაცია განისაზღვრა როგორც ფილტრატში, ასევე დისტილატით რამდენიმეჯერ გარეცხილ წყალმცენარის ბიომასაში, რომელიც, როგორც სხვა შემთხვევებში, გამომშრალ იქნა დაბალტემპერატურულ პირობებში. ექსპერიმენტები ჩატარდა სამ სერიად. პირველი და მეორე სერიის ექსპერიმენტებში სუსპენზიაში ჩატვირთულ იქნა ნიკელის გლიცინატი (სუსპენზიის pH = 6.5), ხოლო მესამე სერიის შემთხვევაში – ნიკელის სულფატი. განხილული ექსპერიმენტების შედეგები წარმოდგენილია **ნახაზზე 4**. აღნიშვნები ასეთია: მრუდი 1 – Ni გლიცინატი Zarrouk გარემოში; მრუდი 2 – Ni გლიცინატი წყლის გარემოში; მრუდი 3 – Ni სულფატი წყლის გარემოში. როგორც **ნახაზიდან 4** ჩანს, *S. platensis* უჯრედების მიერ Ni მაქსიმალურად აბსორბირდა მრუდის 2 შესაბამის შემთხვევაში, გაცილებით უკეთესად, ვიდრე Ni გლიცინატის შემთხვევაში Zarrouk გარემოდან (მრუდი 1). გლიცინატის შემთხვევაში აბსორბირების მაქსიმალური მაჩვენებელი დაფიქსირდა საწყის 5 წთ, სულფატის შემთხვევაში კი – საწყის 120 წთ (მრუდი 3).

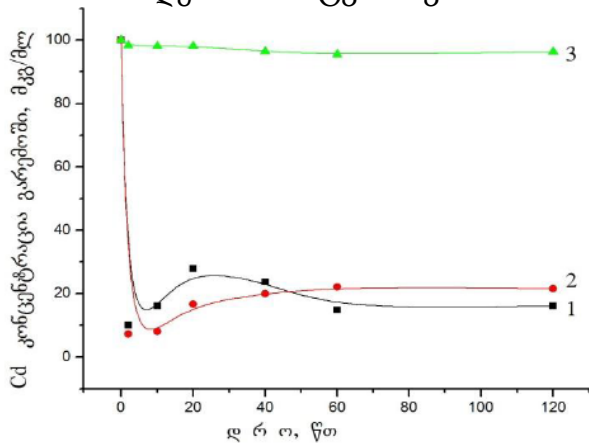
საინტერესოა მკვებავ გარემოში Ni სხვადასხვა რაოდენობის ჩატვირთვის ეფექტი *S. platensis* ზრდის დინამიკაზე ხანმოკლე დროის (ჩვენს შემთხვევაში 30 წთ) განმავლობაში. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია **ნახაზზე 5**. მკვებავ გარემოში ჩატვირთვისათვის Ni რაოდენობა შერჩეულ იქნა 50 – 300 მგ / ლ ინტერვალში. Ni კონცენტრაცია განსაზღვრულ იქნა მშრალი ბიომასის ნიმუშებში. Zarrouk გარემოში ჩატვირთვისათვის გამოყენებულ იქნა ნიკელის სულფატი 50, 100, 150, 200, 250 და 300 მგ / ლ რაოდენობით. როგორც **ნახაზიდან 5** ჩანს, *S. platensis* მშრალ ბიომასაში Ni კონცენტრაციის მცირეოდენი მომატება შემჩნეულ იქნა მკვებავ გარემოში 150 მგ / ლ და 300 მგ / ლ რაოდენობის Ni ჩატვირთვისას. **ნახაზებიდან 4 და 5** გამომდინარეობს, რომ Ni აბსორბირების მაქსიმალურმა რაოდენობამ *S. platensis* მშრალ ბიომასაში შეადგინა 3.5 – 4.1 მგ / გ.

ქიმიური ელემენტი ვერცხლი Ag აღმოჩენილია სხვადასხვა ბიოორგანიზმის შემადგენლობაში, მაგრამ მისი ფიზიოლოგიური როლი ჯერჯერობით უცნობია. ვარაუდობენ, რომ ის ახდენს გავლენას ფერმენტულ სისტემებზე. ვერცხლი პრაქტიკაში გამოიყენება, როგორც ანტისეპტიკური საშუალება. წყალმცენარე *S. platensis* უჯრედების მიერ Ag აბსორბირების საკითხის განხილვისათვის ხანმოკლე ექსპოზიციის დროს, მისი მრავალი ნაერთიდან შერჩეულ იქნა ვერცხლის ნიტრატი AgNO₃. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია **ნახაზზე 6**. როგორც **ნახაზიდან 6** ვხედავთ, საწყისი 60 წთ შემდეგ ვერცხლის კონცენტრაცია მცირედ იცვლება. ამ დროს აბსორბირება არის მყარი და ბიომასის Na₂EDTA გარეცხვის დროს (მრუდი 2) ჩამოირეცხება Ag მხოლოდ მცირე რაოდენობა. კონტროლის პირობებში წყალმცენარის ბიომასის გარეცხვა ხორციელდებოდა მხოლოდ დისტილირებული წყლით (მრუდი 1). სხვა ქიმიური ელემენტებისაგან განსხვავებით Ag ექსპერიმენტებში დავინახეთ მისი სპეციფიკური ქცევის თავისებურებანი *S. Platensis* უჯრედებთან აბსორბირების თვალსაზრისით.

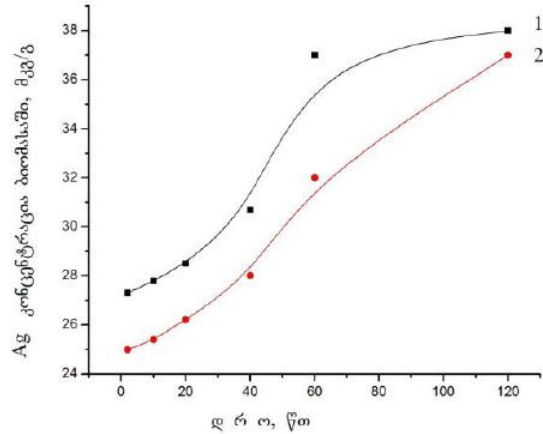
ჩვენს მიერ განხილული შემდეგი ქიმიური ელემენტი არის Cd, რომლის რაოდენობისა და ცოცხალ ორგანიზმებში როლის შესახებ მასალები თითქმის არ მოიპოვება. ცნობილია მხოლოდ, რომ მის ნაერთებს ახასიათებს ტოქსიკურობა და კარცეროგენული მოქმედება. წყალმცენარე *S. platensis* უჯრედების მიერ Cd აბსორბირების საკითხის განხილვისათვის ჩატარებულ იქნა რამდენიმე ექსპერიმენტი. პირველი მათგანის დროს მკვებავ გარემოში ჩატვირთულ იქნა Cd სამი ნაერთი: Cd-გლიცინატი, CdCl₂ და Cd-EDTA. შედეგები წარმოდგენილია **ნახაზზე 7**.



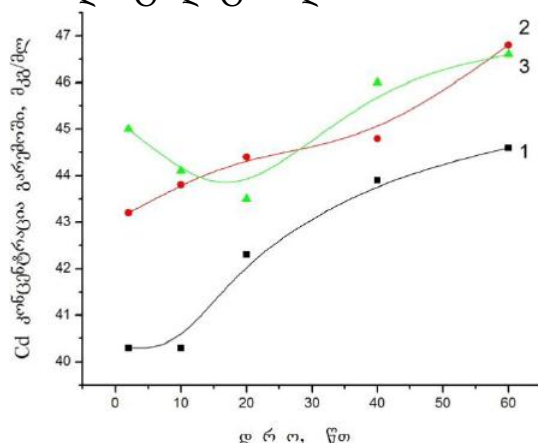
ნახაზი 5. Ni (მგ / გ) აბსორბირების დინამიკა *S. platensis* მშრალ ბიომასაში საწყისი 30 წთ განმავლობაში მკვებავ გარემოში Ni სხვადასხვა რაოდენობის ჩატვირთვისას.



ნახაზი 7. Cd (მკგ / მლ) აბსორბირების დინამიკა მკვებავ გარემოში Cd 1 – გლიცინატის , 2 – ქლორიდის და 3 – EDTA ჩატვირთვისას საწყისი 120 წთ განმავლობაში.



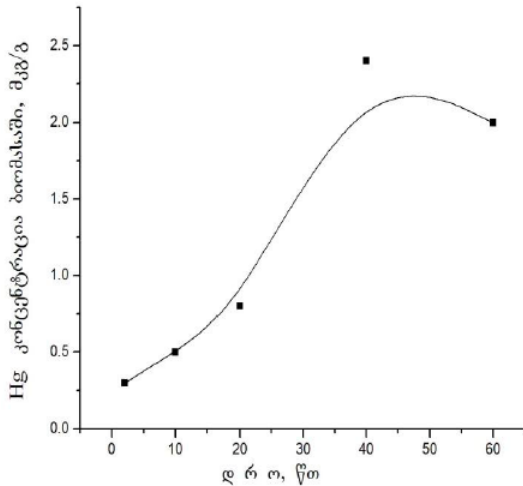
ნახაზი 6. Ag (მკგ / გ) აბსორბირების დინამიკა საწყისი 120 წთ განმავლობაში *S. platensis* მშრალ ბიომასაში, რომელიც გარეცხილ იქნა: 1 – დისტილატი და 2 – Na₂EDTA.



ნახაზი 8. Cd (მკგ / გ) აბსორბირების დინამიკა მკვებავ გარემოში 1 – 0 °C, 2 – 35 °C და 3 – 40 °C ტემპერატურების პირობებში საწყისი 60 წთ განმავლობაში.

როგორც **ნახაზიდან 7** ჩანს, წყალმცენარის უჯრედების მიერ Cd ყველაზე მეტად იქნა აბსორბირებული შემთხვევაში 3, შემთხვევაში 1 კი მაქსიმალური შედეგი მიღწეულ იქნა საწყისი 20 წთ, ხოლო შემთხვევაში 2 – 40 – 60 წთ განმავლობაში. შემდეგი ექსპერიმენტის დროს წყალმცენარის კულტივირება მკვებავ გარემოში მოხდა შერჩეული ტემპერატურების: 5, 35 და 40 °C პირობებში. მკვებავ გარემოში არსებული Cd რაოდენობა იყო 50 მგ / ლ. აღნიშნული ექსპერიმენტის შედეგები წარმოდგენილია ნახაზზე 8. როგორც **ნახაზიდან 8** ჩანს, 5 °C ტემპერატურის დროს საწყისი 5 – 20 წთ განმავლობაში *S. platensis* უჯრედების მიერ მკვებავ გარემოში არსებული კადმიუმის აბსორბირებული რაოდენობაა 42.3 მკგ / მლ; საწყისი 5 – 40 წთ განმავლობაში – 43.9 მკგ / მლ, ხოლო 60 წთ განმავლობაში – 44.6 მკგ / მლ. 35 °C და 40 °C ტემპერატურებზე *S. platensis* უჯრედებში მეტაბოლური პროცესები უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს. 35 °C ტემპერატურაზე (მრუდი 2) საწყისი 5 – 20 წთ განმავლობაში მოხდა Cd მთლიანი რაოდენობიდან 44.4 მკგ / მლ აბსორბირება, საწყისი

5 – 40 წთ განმავლობაში – 44.8 მკგ/მლ, ხოლო საწყისი 60 წთ განმავლობაში – 46.8 მკგ/მლ. რაც შეეხება 40 °C ტემპერატურას (მრუდი 3), აქ ასეთ შემთხვევებთან გვაქვს საქმე: საწყის 2 წთ აბსორბირდა მკვებავ გარემოში ჩატვირთული Cd მთლიანი რაოდენობიდან 45 მკგ/მლ, ხოლო საწყის 5 – 20 წთ ინტერვალს შეესაბამება Cd რაოდენობის 43.5 მკგ/მლ აბსორბირება. საწყისი 5 – 40 წთ განმავლობაში Cd მთლიანი რაოდენობიდან აბსორბირდა 46 მკგ/მლ, საწყისი 60 წთ განმავლობაში კი – 46.6 მკგ/მლ.



ნახაზი 9. Hg (მკგ / გ) აბსორბირების დინამიკა *S. platensis* მშრალ ბიომასაში საწყისი 60 წთ განმავლობაში

ცნობილია, რომ ქიმიური ელემენტი ვერცხლისწყალი Hg და მისი ნაერთები გარემოში იწვევენ უაღრესად საშიშ დაჭუჭყიანებას. ის გროვდება ადამიანის თირკმელში, ღვიძლში, ელენთაში, ახდენს ცილების მოლეკულების ბიოქიმიური აქტივობის ბლოკირებას. როგორც ზოგ სამეცნიერო ლიტერატურაშია ნათქვამი, ვერცხლისწყალი იწვევს ადამიანის მოძრაობის აპარატის დარღვევას. მიუხედავად იმისა, რომ ვერცხლისწყალი ნაპოვნია ცოცხალი ორგანიზმების შემადგენლობაში, მისი ფიზიოლოგიური როლი უცნობია. ზემოთაღნიშნულის გამო, ცხადია, უაღრესად მნიშვნელოვანია ცოცხალ ორგანიზმებთან ვერცხლისწყლის მოქმედების შესწავლა. ამ დროს ისე, როგორც სხვა ქიმიური ელემენტის შემთხვევაში, ცოცხალ ორგანიზმად განვიხილავთ წყალმცენარე *S. platensis*. ხანმოკლე პერიოდის განმავლობაში (60 წთ) აღნიშნული წყალმცენარის უჯრედების მიერ Hg აბსორბირების შესწავლისათვის მკვებავ გარემოში ჩატვირთული იყო 500 მკგ/გ ვერცხლისწყალი. წყალმცენარის სუსპენზიის სიმკვრივე შეადგენდა 1 გ/ლ. ნიმუშები აღებულ იქნა კულტივაციის დასაწყისიდან 2, 10, 20, 40 და 60 წთ შემდეგ. ყველა აღებული ნიმუშიდან წყალმცენარის ბიომასა გამოყოფილ იქნა ფილტრაციის საშუალებით, გარეცხილ იქნა დისტილატით (pH = 6.5) რამდენჯერმე და ნიმუშებს ჩაუტარდა ლიოფილური გამოშრობა. Hg რაოდენობა შეფასებულ იქნა აას- და ინაა-მეთოდების გამოყენებით. *S. platensis* უჯრედების მიერ Hg აბსორბირების შედეგები საწყისი 60 წთ განმავლობაში წარმოდგენილია **ნახაზზე 9**. როგორც **ნახაზიდან 9** ჩანს, Hg აბსორბირების მაქსიმალური შედეგი მიღებულ იქნა კულტივაციის დასაწყისიდან დაახლოებით მეორმოცე წუთზე.

ამრიგად, წარმოდგენილი გამოკვლევის საფუძველზე შეიძლება ვთქვათ, რომ შესწავლილ იქნა ბიოტექნოლოგიისათვის ერთ-ერთი საინტერესო ლურჯ-მწვანე წყალმცენარის *S. platensis* უჯრედების მიერ ქიმიური ელემენტების: Cu, Zn, Ni, Ag, Cd და Hg მკვებავი გარემოდან აბსორბირების საკითხი.

საჭიროა აღვნიშნოთ, რომ წარმოდგენილ გამოკვლევას აქვს ჩატარებული ხანმოკლე ექსპერიმენტებით მიღებული შედეგების აღნუსხვის ხასიათი.

სასიამოვნო მოვალეობად ვთვლით მადლობა გადავუხადოთ ა. ბელოკობილსკის ექსპერიმენტების დაგეგმვისა და განხორციელების ხელმძღვანელობისათვის, ე. გინტურს და ა. ხიზანიშვილს – ექსპერიმენტებში მონაწილეობისათვის, ხოლო ა. რჩეულიშვილს – აას-მეთოდით *S. platensis* ნიმუშებში ქიმიური ელემენტების შემცველობის განსაზღვრისათვის [13, 14].

დამოწმებანი

1. ნ. წიბახაშვილი, ა. რჩეულიშვილი, ე. გინტური, ნ. კუჭავა, ნ. ბაღდავაძე, ვ. გაბუნია. კრ.: 1-ლი საერთ. კონფ. “ნანოქიმია – ნანოტექნოლოგიები” მოხს. თეზ., 2010, თბილისი, წმ. ანდრია პირველწოდებულის სახ. ქართ. უნივ., 37-38.
2. N. Tsibakhashvili, T. Kalabegishvili, V. Gabunia, E. Ginturi, N. Kuchava, N. Bagdavadze, D. Pataraiia, M. Gurielidze, D. Gvardjaladze, L. Lomidze. Nano Studies, 2010, 2, 179-182.
3. T. Kalabegishvili, I. Murusidze, E. Kirkesali, A. Rcheulishvili, E. Ginturi, E. Gelagutashvili, N. Kuchava, N. Bagdavadze, D. Pataraiia, M. Gurielidze, G. Ttsercvadze, V. Gabunia Nano Studies, 2012, 5, 127-136.
4. T. Kalabegishvili, I. Murusidze, E. Kirkesali, A. Rcheulishvili, E. Ginturi, E. Gelagutashvili, N. Kuchava, N. Bagdavadze, D. Pataraiia, M. Gurielidze, L. Lomidze, D. Gvardjaladze. In: Abs. ISTS Int. Sci. Sem. “Neuroplativity: Neuro Substrates for Health & Disease. Nev Approaches for Research”. 2012, Tbilisi, 29-30.
5. T. L. Kalabegishvili, I. G. Murusidze, E. I. Kirkesali, A. N. Rcheulishvili, E. N. Ginturi, E. S. Gelagutashvili, N. E. Kuchava, N. B. Bagdavadze, D. T. Pataraiia, M. A. Gurielidze, M. B. Frontasyeva, I. I. Zinikovskaia, S. S. Pavlov, T. V. Gristina. J. Life Sci., 2013, 7, 2, 110-122.
6. А. В. Грошинский, В. К. Мазо, С. Н. Зорин, Ю. П. Алешко–Ожевский, Е. С. Зарецкая. Вопр. питания, 2004, 2, 28-31.
7. А. В. Грошинский, В. К. Мазо, И. С. Зилова. Вопр. питания, 2004, 1, 45-53.
8. Л. М. Мосулишвили, А. И. Белокобыльский, Е. И. Киркесали, А. И. Хизанишвили, Э. Н. Гинтури, Н. Е. Кучава, М. В. Фронтасьева, С. С. Павлов, Н. Г. Аксенова. В сб.: P18–2008–8, 2008, Дубна, ОИЯИ, 11 стр.
9. ნ. კუჭავა. Nano Studies, 2013, 7, 185-192.
10. ნ. კუჭავა. Nano Studies, 2014, 9, 119-126.
11. ნ. კუჭავა. Nano Studies, 2014, 10, 111-116.
12. А. А. Кист. Феноменология Бихимии и Бионеорганической Химии. 1987, Ташкент, ФАН.
13. A. Khizanishvili, A. Belokobilcky, E. Ginturi, N. Kuchava, A. Rcheulishvili. In: Workbook 8th Int. Conf. Pharmacy & Appl. Phys. Chem. 2004, Ackona, PO24, 26-30.
14. A. Khizanishvili, A. Belokobilcky, E. Ginturi, N. Kuchava, A. Rcheulishvili, L. Mosulishvili. J. Bio. Phys. & Chem., 2006, 6, 1, 9-13.