

წყალმცენარის *Spirulina platensis* ღა pH-ის
ურთიერთდამოკიდებულების საკითხი

ნ. კუჩავა

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

მიღებულია 2019 წლის 12 დეკემბერს

ანოტაცია

მოცემულია ციანობაქტერიის *Spirulina platensis* ღა pH-ის ურთიერთდამოკიდებულების საკითხის გარკვევის მცდელობა, რისთვისაც განხილულია შემთხვევები, როცა ექსპერიმენტის საწყის დღეებში აღნიშნული წყალმცენარის მკვებად Zarrouk-გარემოში სხვადასხვა რაოდენობითა და სხვადასხვა დროს ცალკ-ცალკე ჩატვირთულია შემდეგი ქიმიური ელემენტები: Cu, Zn, Ni, Hg, Cd და Ag. შედეგები მიღებულია ატომური აბსორბციული სპექტრომეტრიის მეთოდით და წარმოდგენილია ცხრილების სახით.

როგორც ცნობილია, წყალმცენარე *Spirulina platensis* შეიცავს ბევრ ნივთიერებას: ფერმენტებს, ცილებს, ნუკლეინის მჟავებს და მრავალ სხვას. ის განიხილება იმ მიკროორგანიზმად, რომლის გაჯერება ამინომჟავებით, ვიტამინებით, ცხიმოვანი მჟავებით და სხვებით იძლევა საშუალებას ის გამოვიყენოთ ადამიანისა და ცხოველთა საკვების უაღრესად საჭირო დანამატად [1]. დადგენილია, რომ აღნიშნული ციანობაქტერიის შემცველობა ადამიანისა და ცხოველთა საკვებში ხელს უწყობს სხვადასხვა ნივთიერებათა ათვისებას ორგანიზმის მიერ, აგრეთვე, ზრდის სისხლში ჰემოგლობინის რაოდენობას. შრომაში [2], სხვა საკითხებთან ერთად, დასმულია *Spirulina platensis*-ის გამოყენების საკითხი ადამიანისა და ცხოველთა საკვების განვითარების პერსპექტივის შესახებ. ვარაუდობენ, რომ აღნიშნული წყალმცენარე ებრძვის თავისუფალ რადიკალებს, რის გამოც ითრგუნება სიმსივნური წარმონაქმნების ზრდა. მისი უაღრესად მნიშვნელოვანი თვისებებით სარგებლობასთან დაკავშირებით შესაძლებელია ბევრი სამეცნიერო-ტექნიკური სფეროს დასახელება, მაგრამ ამჯერად მხოლოდ ზემოთ აღნიშნულით შემოვიფარგლებით.

ე. ანდრონიკაშვილის სახ. ფიზიკის ინსტიტუტში გამოკვლევები ჩატარდა IPPAS B-265 ტიპის *Spirulina platensis*-ის ბიომასის საშუალებით, რომელიც მიღებულ იქნა რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის კ. ტიმირიაზევის სახ. მცენარეთა ფიზიოლოგიის ინსტიტუტიდან. აღნიშნული წყალმცენარის კულტივირება წარმოებს მკვებად Zarrouk-გარემოში [3] მუდმივი განათებისას, 30 – 34 °C ტემპერატურის პირობებში. ხდება უწყვეტი ბარბატირება და ექსპერიმენტში pH-ის ცვლილების ყოველდღიური

კონტროლი. შრომაში [4] გამოკვლეულია *Spirulina platensis*-ის მიერ ვერცხლის შეწოვის ალბათობა სხვადასხვა pH-ის პირობებში და აღნიშნულია, რომ ნეიტრალური pH-ის შემთხვევაში ბიოსორბცია მუდმივად მაღალია. შრომაში [5] ნაჩვენებია pH-ის ცვლილება *Spirulina platensis*-ის ბიომასის ზრდის პროცესში Zarrouk მკვებავ გარემოში სხვადასხვა კონცენტრაციით ტყვიის (Pb) და ტყვიას + სპილენძის (Pb + Cu) დამატებით.

pH-ის შესახებ, უნდა გავიმეოროთ შემდეგი საყოველთაოდ ცნობილი დებულება: ის წარმოადგენს წყალბადის იონთა კონცენტრაციის შეზღუდულ ათობით ლოგარითმს $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$ ანუ ხსნარში OH^- იონების ათობითი ლოგარითმის შეზღუდულ სიდიდეს. ის აღნიშნავს ამა თუ იმ სუბსტანციის მჟავიანობას ან ტუტეიანობას. თუ $\text{pH} = 7$, რეაქცია ნეიტრალურია, თუ < 7 – მჟავა, ხოლო თუ > 7 – ტუტე. *Spirulina platensis* იზრდება ძლიერ ტუტოვანი წყლებში. ცნობისათვის, სუფთა წყლის $\text{pH} = 7.0$, ზღვის წყლის 8.0, ხოლო სისხლის 7.36 – 7.44. pH უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია ცოცხალი ორგანიზმების სიცოცხლისუნარიანობისათვის [6]. შრომაში [7] წარმოდგენილია pH-ის ცვლილება *Spirulina platensis*-ის ბიომასის ზრდის მიხედვით, აგრეთვე, ზოგიერთი ბიოგენური და ტოქსიკური ქიმიური ელემენტის აკუმულირების უნარი მკვებავ გარემოში მათ ჩატვირთვამდე და ჩატვირთვის შემდეგ. ამასთან ერთად, წყალმცენარის ლიოფილურად გამომშრალ ბიომასაში შესწავლილია სპილენძის, მანგანუმის, თუთიის, მაგნიუმისა და ნატრიუმის შემცველობა. მოკლედ გაჩვენებულია *Spirulina platensis*-ის მიერ ვერცხლისა და ოქროს ნანონაწილაკების წარმოქმნის შესაძლებლობა. შრომაში [8] ატომური აბსორბციული სპექტრომეტრიის მეთოდით შესწავლილია *Spirulina platensis*-ის ბიომასის ცვლილების საკითხი, როცა ექსპერიმენტის საწყისი დღეებში მკვებავ გარემოში ცალკ-ცალკე ჩატვირთვით 8 ქიმიური ელემენტის წინასწარ განსაზღვრული რაოდენობები.

წინამდებარე სამუშაო ციანობაქტერიის *Spirulina platensis* და pH-ის ურთიერთდამოკიდებულების საკითხის გარკვევის მცდელობაა. ამ მიზნით გაჩვენებულია შემთხვევები, როცა ექსპერიმენტის საწყისი დღეებში აღნიშნული წყალმცენარის მკვებავ Zarrouk გარემოში სხვადასხვა რაოდენობით და სხვადასხვა დროს ცალკ-ცალკე იქნა ჩატვირთული შემდეგი ქიმიური ელემენტები: Cu, Zn, Ni, Hg, Cd და Ag. შედეგები მიღებულია ატომური აბსორბციული სპექტრომეტრიის მეთოდის გამოყენებით და წარმოდგენილია ცხრილების სახით. უნდა აღინიშნოს, რომ წინამდებარე შრომატევადი სამუშაოს შესრულებაში ავტორთან ერთად მონაწილეობდნენ სხვა მეცნიერ თანამშრომლებიც – დიდი მადლობა მათ.

ცხრილი 1. pH-ის ცვლილება *Spirulina platensis*-ის მკვებავ გარემოში სპილენძის (Cu) სხვადასხვა რაოდენობათა ჩატვირთვისას საწყისი 5 დღის განმავლობაში.

ჩატვირთული სპილენძის (Cu) რაოდენობა, მგ/ლ	დღე				
	1	2	3	4	5
კონტროლი	10.24	10.96	11.67	11.52	11.60
0.05	9.92	11.09	11.51	11.10	11.15
0.25	10.05	10.93	11.48	10.90	11.22
0.5	9.96	10.24	10.80	10.92	11.00
1	10.02	9.90	10.67	11.03	11.28
2.5	9.64	9.52	9.94	10.02	10.19

განვიხილოთ pH-ის ცვლილება წყალმცენარის მკვებად გარემოში სპილენძის (Cu) სხვადასხვა რაოდენობათა ჩატვირთვისას საწყისი 5 დღის განმავლობაში, რომელიც წარმოდგენილია **ცხრილში 1**. როგორც ცხრილიდან ჩანს, მკვებად გარემოში სპილენძის სხვადასხვა რაოდენობათა ჩატვირთვისას განსხვავება pH-ის მნიშვნელობებს შორის შედარებით მცირეა საწყისი – 1-ლი დღის განმავლობაში. იმ შემთხვევაში, როცა ჩატვირთული სპილენძის რაოდენობა შეადგენდა 0.05 მგ/ლ-ს, pH-ის მნიშვნელობები მე-2 – მე-5 დღეებში ახლოს იყო ერთმანეთთან და კონტროლთანაც, ხოლო 1-ლ დღეს – ცოტათი შემცირებული. რაც შეეხება მკვებად გარემოში ჩატვირთულ 2.5 მგ/ლ სპილენძს, ამ შემთხვევაში ნათლად გამოხატული მკვებადი გარემოს pH-ის მნიშვნელობათა შემცირება კონტროლთან შედარებით ხუთივე დღის განმავლობაში.

ცხრილი 2. pH-ის ცვლილება *Spirulina platensis*-ის მკვებად გარემოში თუთიის (Zn) სხვადასხვა რაოდენობათა ჩატვირთვისას საწყისი 5 დღის განმავლობაში.

ჩატვირთული თუთიის (Zn) რაოდენობა, მგ/ლ	დღე				
	1	2	3	4	5
კონტროლი	10.00	10.53	10.57	11.99	11.23
0.5	9.34	10.41	11.14	11.34	–
10	9.77	10.06	10.96	10.50	10.48
25	9.90	10.09	10.10	10.18	10.05
50	9.87	9.94	9.69	9.65	9.72

განვიხილოთ pH-ის ცვლილება *Spirulina platensis*-ის მკვებად გარემოში თუთიის (Zn) სხვადასხვა რაოდენობათა ჩატვირთვისას საწყისი 5 დღის განმავლობაში. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია **ცხრილში 2**. pH-ის საწყისი მნიშვნელობა იყო 8.9. როგორც ცხრილიდან ჩანს, pH-ის მაქსიმალური მნიშვნელობა (11.99) აღინიშნა კონტროლის შემთხვევაში მე-4 დღეს, ხოლო მინიმალური მნიშვნელობა – 1-ლ დღეს, როდესაც მკვებად გარემოში ჩატვირთული იყო 0.5 მგ/ლ თუთია (რომლის მნიშვნელობაც ექსპერიმენტის მეხუთე დღეს არ მოგვეპოვება ტექნიკურ მიზეზთა გამო). როგორც ცხრილი გვიჩვენებს, მკვებად გარემოში 50 მგ/ლ თუთიის ჩატვირთვისას pH-ის სიდიდე შემცირებულია ყველა დღის განმავლობაში.

ცხრილი 3. pH-ის ცვლილება *Spirulina platensis*-ის მკვებად გარემოში ნიკელის (Ni) სხვადასხვა რაოდენობათა ჩატვირთვისას საწყისი 7 დღის განმავლობაში.

ჩატვირთული ნიკელის (Ni) რაოდენობა, მგ/ლ	დღე					
	1	2	3	4	5	7
კონტროლი	9.87	10.14	10.20	10.50	10.59	10.70
0.075	9.80	10.20	10.37	10.63	10.82	11.39
0.25	9.99	10.35	11.03	11.48	11.39	11.59
1.5	10.0	10.32	10.64	11.45	11.64	11.83
2.5	9.99	10.35	10.73	11.14	11.37	11.25
5	9.77	10.15	10.53	10.63	10.82	11.00

ცხრილში 3 მოცემულია pH-ის ცვლილება *Spirulina platensis*-ის მკვებავ Zarrouk გარემოში ნიკელის (Ni) სხვადასხვა რაოდენობის ჩატვირთვისას საწყისი 7 დღის განმავლობაში. ცხრილიდან ჩანს, რომ არა გვაქვს მე-6 დღის შედეგები ტექნიკურ მიზეზთა გამო. ნიკელის შერჩეულ რაოდენობათა ჩატვირთვისას შესამჩნევია მკვებავი Zarrouk გარემოს pH-ის ზრდის ტენდენცია კონტროლთან შედარებით, რაც ნათლად შეინიშნება მე-4, მე-5 და მე-7 დღეების შედეგების მიხედვით.

ცხრილი 4 ასახავს pH-ის ცვლილებას *Spirulina platensis*-ის მკვებავ გარემოში ვერცხლისწყლის (Hg) სხვადასხვა რაოდენობათა ჩატვირთვისას საწყისი 6 დღის განმავლობაში. როგორც ეს ცხრილი გვიჩვენებს, პირველი ოთხი დღის განმავლობაში ვერცხლისწყლის ყველა ჩატვირთული რაოდენობისათვის შეინიშნება pH-ის ზრდის ტენდენცია, ხოლო მეექვსე დღეს – განსხვავება pH-ის მნიშვნელობათა შორის თითქმის აღარ არის.

ცხრილი 4. pH-ის ცვლილება *Spirulina platensis*-ის მკვებავ გარემოში ვერცხლისწყლის (Hg) სხვადასხვა რაოდენობათა ჩატვირთვისას საწყისი 6 დღის განმავლობაში.

ჩატვირთული ვერცხლისწყლის (Hg) რაოდენობა, მკგ/ლ	დღე					
	1	2	3	4	5	6
კონტროლი	9.42	9.76	10.34	11.05	11.57	11.23
0.1	9.63	10.01	10.59	11.20	11.38	11.25
1	9.55	9.98	10.49	11.24	11.49	11.28
5	9.60	9.98	10.48	11.35	11.15	11.30
50	9.67	10.04	10.46	11.45	11.33	11.23

ცხრილი 5. pH-ის ცვლილება *Spirulina platensis*-ის მკვებავ გარემოში კადმიუმის (Cd) სხვადასხვა რაოდენობათა ჩატვირთვისას საწყისი 6 დღის განმავლობაში.

ჩატვირთული კადმიუმის (Cd) რაოდენობა, მკგ/ლ	დღე					
	1	2	3	4	5	6
კონტროლი	9.65	9.94	10.32	10.85	10.33	10.15
1	9.42	9.84	10.15	10.43	11.00	10.62
5	9.45	9.81	10.22	10.56	10.60	10.45
10	9.45	9.77	10.17	10.64	10.47	10.25
40	9.40	9.69	9.78	9.87	10.21	10.37

განვიხილოთ **ცხრილში 5** წარმოდგენილი pH-ის ცვლილება *Spirulina platensis*-ის მკვებავ გარემოში კადმიუმის (Cd) სხვადასხვა რაოდენობათა ჩატვირთვისას საწყისი 6 დღის განმავლობაში. ექსპერიმენტში რეაქტივად გამოყენებულ იქნა კადმიუმის ქლორიდი $\text{CdCl}_2 \cdot 2.15\text{H}_2\text{O}$. საწყისი სუსპენზიის pH = 8, რომლის მნიშვნელობაც ექსპერიმენტის ყველა შემთხვევაში გაზრდილია. როგორც ცხრილიდან ჩანს, მკვებავ გარემოში კადმიუმის 5-, 10- და 40-ჯერ განსხვავებულ რაოდენობათა ჩატვირთვის მიუხედავად, ოთხივე შემთხვევაში ექსპერიმენტის პირველ დღეს pH-ის რაოდენობა არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან და კონტროლთან შედარებით ცოტათი მცირეა. მეორე

დღესაც თითქმის ისეთივე მდგომარეობაა, ოღონდ, მკვებავ გარემოში კადმიუმის 40 მგ/ლ-ის ჩატვირთვისას, სხვებისაგან განსხვავებით, ცოტათი შემცირებულია. ასეთივე სიტუაციაა მე-3 – მე-5 დღეების განმავლობაშიც. მე-6 დღეს კი აღნიშნული ქიმიური ელემენტისათვის pH-ის მნიშვნელობა კონტროლთან შედარებით უმნიშვნელოდ არის მომატებული.

ცხრილში 6 წარმოდგენილია pH-ის ცვლილება *Spirulina platensis*-ის მკვებავ გარემოში ვერცხლის (Ag) სხვადასხვა რაოდენობათა ჩატვირთვისას საწყისი 6 დღის განმავლობაში. ვერცხლის სხვადასხვა ნაერთიდან რეაქტივად ექსპერიმენტისათვის შერჩეულ იქნა ვერცხლის ნიტრატი AgNO_3 . მკვებავი გარემოს საწყისი $\text{pH} = 8.27$. ცხრილი გვიჩვენებს, რომ მკვებავ გარემოში ჩატვირთული ვერცხლის რაოდენობა წარმოდგენილი ოთხი შემთხვევისათვის საკმაოდ განსხვავდება ერთმანეთისაგან. მაგრამ აღნიშნულმა pH-ის ცვლილებაზე ნაკლები ასახვა ჰპოვა 1-ლ, მე-2 და, ნაწილობრივ, მე-3 დღეებში. მე-4 დღიდან მოყოლებული pH-ის რაოდენობამ მოიმატა, რაც აშკარად შესამჩნევი გახდა მე-5 და მე-6 დღეებისათვის. კონტროლის შემთხვევაშიც თითქმის იგივე კანონზომიერებას აქვს ადგილი.

ცხრილი 6. pH-ის ცვლილება *Spirulina platensis*-ის მკვებავ გარემოში ვერცხლის (Ag) სხვადასხვა რაოდენობათა ჩატვირთვისას საწყისი 6 დღის განმავლობაში.

ჩატვირთული ვერცხლის (Ag) რაოდენობა, მგ/ლ	დღე					
	1	2	3	4	5	6
კონტროლი	9.56	9.55	9.96	10.59	11.80	11.78
0.13	9.50	9.59	10.10	11.23	11.82	11.74
3.11	9.59	9.54	10.00	10.78	11.74	11.01
8	9.29	9.54	9.95	10.57	11.79	11.70
40	9.58	9.50	9.99	10.72	11.73	11.20

საბოლოოდ, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ დასმული საკითხის შესწავლამ, როცა ჩატარებულ ექსპერიმენტებში საწყისი დღეების განმავლობაში სხვადასხვა რაოდენობით და სხვადასხვა დროს ციანობაქტერიის მკვებავ Zarrouk გარემოში ცალკე-ცალკე იქნა ჩატვირთული 6 ქიმიური ელემენტი, გარკვეული წარმოდგენა შეგვიქმნა წყალმცენარე *Spirulina platensis*-ის და pH-ის ურთიერთდამოკიდებულების შესახებ.

დამოწმებანი

- [1] Н. А. Пронина, Ю. И. Ковшова, В. В. Попова, Л. Н. Цоглин. Химия и компьютерное моделирование – Бутлеровские сообщения, 2001, 5, 1999-2001.
- [2] S. Molnar, A. Kiss, D. Virag, P. Forgo. Chem. Eng. Proc. Technol., 2013, 4, 7, 2157-2160.
- [3] C. Zarrouk. Doctoral Thesis, 1966, Paris, Univ. Paris, 1-146.
- [4] E. Gelagutaschvili, E. Ginturi, N. Kuchava, N. Bagdavadze, A. Rcheulishvili. arXiv:1106.0594 [physics.chem-ph], 2011, 1-6.

- [5] ე. ღელაღუტაშვილი, ნ. ბაღდავაძე, ა. რჩეულიშვილი. Nano Studies, 2017, 15/16, 47-52.
- [6] А. Т. Пилипенко, В. Я. Починок, И. П. Середа, Ф. Д. Шевченко. Справочник по элементарной химии, 1973, Киев, Наукова думка, 164-167.
- [7] ნ. კუჭავა. Nano Studies, 2013, 7, 185-192.
- [8] ნ. კუჭავა. Nano Studies, 2019, 19, 263-272.