შეფასებისა და კვლევის მეთოდოლოგიის სახელმძღვანელო

„ზღვის წყლის, ნალექისა და მაკროწყალმცენარეების ნიმუშების აღება: მათი გამოყენების თანამედროვე მეთოდები სასუქებისა და ბიოპლასტიკების წარმოებაში“

2026

აქტივობა 1.1 & ა.1.2
„კვლევითი ჯგუფის ჩამოყალიბება და
კვლევის მეთოდოლოგია I და II“

პროექტის კოორდინატორი
პროფ. დოქტორი ლევენტ ბატი
უნივერსიტეტი/თურქეთი
ტელეფონი: +90 368 287 62 62
ელ-ფოსტა: leventb@sinop.edu.tr

კომუნიკაციების მენეჯერი
დოქტორი ელიფ არიცი
ელ-ფოსტა: earici@sinop.edu.tr
ტელეფონი: +90 368 287 62 65-3418

პროექტის ვებ გვერდი: https://www.macroclean.org/
დოკუმენტი დაფუძნებულია MACRO CLEAN პროექტის (მაკროწყალმცენარეების მასობრივი გავრცელების კვლევა, გაწმენდის მეთოდოლოგიები, ეკონომიკური ვალორიზაცია და პილოტური გამოყენება) აქტივობებზე, Interreg NEXT შავი ზღვის აუზის პროგრამის ფინანსური მხარდაჭერით.

ბიბლიოგრაფიული მიზნებისთვის ეს დოკუმენტი წარმოდგენილი უნდა იქნეს შემდეგნაირად:
MACRO CLEAN პროექტი (2025). მაკროწყალმცენარეების, ზღვის წყლისა და ნალექის ნიმუშების აღებასა და მაკროწყალმცენარეების გამოყენებასთან დაკავშირებული მეთოდოლოგიური სახელმძღვანელო სასუქებისა და ბიოპლასტიკების წარმოებაში (BSB00584, Interreg NEXT შავი ზღვის აუზის პროგრამა). სინოპის უნივერსიტეტი, 53 გვ. https://www.macroclean.org/

პასუხისმგებელი ავტორები:
პროფ. დოქტორი ლევენტ ბატი leventb@sinop.edu.tr
დოქტორი ელიფ არიცი earici@sinop.edu.tr

თანაავტორები: რიზა ბაირაკ, ომერ ელკირან, დილარა კაია ოზთურქ, აისაჰ ოზტეკინ, ორჯინ უიგუნ, გოხან ილდიზ, ერდოღან ჯიჯექ, სევილ სუნგურ, ბურაკ სეჯერ, აკინ უსტაოღლუ, სერაი სევგი

გამოქვეყნების თარიღი: 2025 წლის სექტემბერი
გამომცემელი: კაბადოკიის აკადემიის გამომცემლობა
ბეჭდვითი გამოშვება: Ekrem Publishing Printing Advertising

ISBN: 978-625-98759-1-0

დოკუმენტზე პასუხისმგებლობა ეკისრება BSB00584 MACRO CLEAN პროექტის პარტნიორებს, რომელიც ხორციელდება Interreg NEXT შავი ზღვის აუზის პროგრამის ფარგლებში. ის წარმოადგენს პარტნიორთა ერთობლივ არაოფიციალურ შეთანხმებას სტანდარტულ მეთოდებზე.

შემაჯამებელი მოხსენება/დასკვნა

MACRO CLEAN (კვლევა, გაწმენდის მეთოდოლოგიები, ეკონომიკური ვალორიზაცია და მაკროწყალმცენარეების ყვავილობის პილოტური გამოყენება) პროექტი, რომელიც Interreg NEXT შავი ზღვის აუზის პროგრამის (BSB00584) ფარგლებში განხორციელდა, წარმოადგენს თანამშრომლობით ინიციატივას, რომელშიც მონაწილეობენ თურქეთში არსებული სინოპის უნივერსიტეტი (SNU) და მარმარილოს მუნიციპალიტეტების კავშირი (MMU), საქართველოს ბათუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი (BSU) და ბულგარეთის შუმენის უნივერსიტეტი (ShU). პროექტი აქცენტირებულია მაკროწყალმცენარეების ეკონომიკურ გამოყენებაზე კვლევისა და პილოტური პროექტების განხორციელების გზით, ამასთანავე, პროექტი მიზნად ისახავს შავი ზღვის რეგიონში ევტროფიკაციისა და მაკროწყალმცენარეების ყვავილობის წარმოქმნაში ხელშემწყობი ადამიანის საქმიანობების ზემოქმედების პრევენციას და შემსუბუქებას.

პროექტის მთავარი მიზანია მაკროწყალმცენარეების კვლევებისთვის ყოვლისმომცველი კვლევითი მეთოდოლოგიის შემუშავება, ლაბორატორიული შესაძლებლობების განვითარება, მაკროწყალმცენარეებზე დაფუძნებული გამოყენებების ტექნიკურ-ეკონომიკური გეგმის მომზადება, დაინტერესებულ მხარეებში ცნობიერების ამაღლება და ინოვაციური გაწმენდის ტექნოლოგიების სფეროში თანამშრომლობის ხელშეწყობა. ევტროფიკაციასა და წყალმცენარეების ყვავილობასთან დაკავშირებული რეგიონებში არსებული პრობლემების მოგვარებით, რომელიც, ძირითადად, გამოწვეულია ხმელეთის დაბინძურებითა და საზღვაო ეკოსისტემების ცვლილებებით, პროექტი ხელს უწყობს მდგრადი რესურსების მართვას და მიზნად ისახავს დადებითი შედეგების მიღებას.

ამ სახელმძღვანელოში აღწერილია მეთოდოლოგია, რომელიც ერთობლივად იქნა შემუშავებული 1.1 და 1.2 აქტივობებში და რომელიც დაკავშირებულია მაკროწყალმცენარეების, ზღვის წყლისა და ნალექების ნიმუშების აღებისა და მაკროწყალმცენარეების

სასუქებისა და ბიოპლასტიკების წარმოებაში გამოყენების საკითხთან. დაინტერესებული მხარეების ჩართულობისა და შეთანხმებული მეთოდოლოგიის შემუშავების შედეგად, ა.1.1 და ა.1.2 აქტივობებით შემუშავდა პრაქტიკული სახელმძღვანელო პრინციპების ნაკრები, რომელიც განკუთვნილია პოლიტიკის შემმუშავებლების, მკვლევრებისა და გარემოსდაცვითი ორგანიზაციების მიერ ამ აქტივობების ეფექტურად მონიტორინგისა და მოცემული საკითხის მარტივად განსახორციელებლად.

მიუხედავად იმისა, რომ ეს დოკუმენტი ასახავს ყველა მონაწილე პარტნიორის ერთობლივ ძალისხმევას და არაფორმალურ შეთანხმებას, ის არ წარმოადგენს Interreg NEXT პროგრამის ოფიციალურ პოზიციას.

პროფესორი, დოქტორი ლევენტ ბატი
პროექტის კოორდინატორი
2025 წლის სექტემბერი

შინაარსი

შემაჯამებელი მოხსენება/დასკვნა 5

შინაარსი 7

შესავალი 9

სამადლობელი სიტყვა 10

აბრევიატურები 11

ნაწილი I – საველე კვლევები

I.I. მაკროწყალმცენარეების ბიომასის კვლევა და ნიმუშის აღების მეთოდები 13

I.II. მაკროწყალმცენარეების კვლევისთვის ნიმუშის აღების არეალის შერჩევა 17

I.III. გეგმური სადგურების განლაგება 19

ნაწილი II – ნიმუშის აღების მეთოდები

II.I. მაკროწყალმცენარეების ნიმუშების აღება 24

II.II. ზღვის წყლის ნიმუშების აღება 24

II.III. ნალექის ნიმუშების აღება 28

ნაწილი III – ანალიტიკური მეთოდები

III.I. ლითონების შემცველობის განსაზღვრა მაკროწყალმცენარეებში 30

III.II. ლითონების შემცველობის განსაზღვრა ზღვის წყალში 31

III.III. ლითონების შემცველობის განსაზღვრა ნალექში 31

ნაწილი IV – სათბური

IV.I. სათბურის მშენებლობა 33

IV.II. სათბურის მცენარეები 35
IV.III. მცენარეთა ზრდის ცდები 36

ნაწილი V – მცენარეთა მასალები
V.I. ბოსტნეულის მოყვანა 39
V.II. მცენარეთა ანალიზები 39

ნაწილი VI – ნიადაგის ნიმუშები
VI.I. ნიადაგის ნიმუშები და კვლევები 41
VI.II. მცენარეთა მორწყვა 42

ნაწილი VII – სასუქები
VII.I. თხევადი სასუქები 43
VII.II. მყარი სასუქები 44
VII.III. კომპოსტი სასუქები 46
VII.IV. სასუქების ანალიზი 47
VII.V. ქიმიური სასუქების გამოყენება
(15N, 15P, 15K) 47

ნაწილი VIII – ბიოპლასტიკები
VIII.I. ექსტრაქციის/ გამოყოფის პროცედურა 49
VIII.II. ბიოფირის მომზადება 49
VIII.III. ფირის მახასიათებლები 51
VIII.IV. გამოყოფის მეთოდები 53

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა 55

ბიბლიოგრაფია 59

შესავალი

დასაბუთება

MACRO CLEAN პროექტი ინიციირებული იქნა შავი ზღვის აუზის სამი პარტნიორი ქვეყნის: თურქეთის, საქართველოსა და ბულგარეთის ერთობლივი ძალისხმევით, გარემოსდაცვითი პრობლემების გადასაჭრელად. ეს პროექტი წარმოადგენს კვლევებისა და პილოტური გამოყენებების ყოვლისმომცველ საფუძველს, რომელიც მიმართულია მაკროწყალმცენარეების მდგრად და ეფექტურ შეგროვებაზე, შეფასებასა და ეკონომიკურ ღირებულებაზე, მათი სასუქებად და ბიოპლასტიკებად გამოყენების მიმართულებაზე.

ამ მიზნით, ერთობლივად შემუშავებული მეთოდოლოგია გვაძლევს მკაფიო მითითებებს მაკროწყალმცენარეების, ზღვის წყლისა და ნალექების ნიმუშების აღებასა და მათი სხვადასხვა ეკონომიკურ სექტორში გამოყენებასთან დაკავშირებით. ეს სახელმძღვანელო წარმოადგენს ინტეგრირებულ კვლევის მეთოდოლოგიას, რომელიც მოიცავს ოთხ ძირითად კომპონენტს: საველე კვლევები, ნიმუშების აღების ტექნიკა, ანალიტიკური პროცედურები და გამოყენებითი კვლევა.

გარდა ამისა, აქცენტი კეთდება მაკროწყალმცენარეების პრაქტიკულ გამოყენებასა და ინოვაციურ მიდგომებზე, რაც წარმოდგენილია სასუქებისა და ბიოპლასტიკების გამოყენებასთან დაკავშირებული კონკრეტული შემთხვევების შესწავლითა და საპილოტე პროექტებით. მეთოდოლოგიური თანმიმდევრულობის დაცვისა და მონაცემთა ხარისხის გაუმჯობესების გზით, მოცემული ფაქტები საშუალებას იძლევა, მკვლევრებს, ინსტიტუტებსა და დაინტერესებულ მხარეებს შორის მოხდეს ცოდნის გაზიარება, რის მიზანსაც სწორედ შავი ზღვის რეგიონსა და მის ფარგლებს გარეთ საზღვაო რესურსების მდგრადი გამოყენების ხელშეწყობა წარმოადგენს.

სამადლობელი სიტყვა

ჩვენ გულწრფელ მადლობას ვუხდით ყველა იმ ადამიანს, ვინც წვლილი შეიტანა ამ მეთოდოლოგიური სახელმძღვანელოს მომზადებაში. განსაკუთრებულ მადლობას ვუხდით პროფესორ დოქტორ რიზა ბაირაკს, ასოცირებულ პროფესორს ომერ ელკირანს, ასოცირებულ პროფესორს დოქტორ დილარა კაია ოზთურქს, ასოცირებულ პროფესორს დოქტორ აისაჰ ოზტეკინს, ასოცირებულ პროფესორს დოქტრო ორჯინ უიგუნს, დოქტორ გოკან უილდიზს, დოქტორ ერდოღან ჯიჯექს, დოქტორ სევილ სუნგურს, დოქტორ ბურაკ სეჯერს, სასოფლო-სამეურნეო ინჟინერს აკინ უსტაოღლუს და მაგისტრატურის სტუდენტს სერაი სევგის მათ მიერ გაწეული ხელმძღვანელობისთვის, ცოდნის გაზიარებისა და კონსტრუქციული რეკომენდაციებისთვის ამ კვლევის სხვადასხვა ეტაპზე. მათმა დაუღალავმა მხარდაჭერამ და მეცნიერულმა წვლილმა მნიშვნელოვანი როლი ითამაშა ამ გამოცემის საერთო ხარისხისა და აკადემიური სიძლიერის ამაღლების თვალსაზრისით.

მნიშვნელოვანი შენიშვნა: მოცემულ ანგარიშზე სრული პასუხისმგებლობა მხოლოდ მის ავტორებს ეკისრებათ. გამოთქმული მოსაზრებები აუცილებლად არ ასახავს ევროპის კავშირის ოფიციალურ პოზიციას. კვლავწარმოება/რეპროდუცირება დაშვებულია იმ პირობით, რომ წყარო და ნებისმიერი ცვლილება ნათლად იქნება მითითებული.

აბრევიატურები

AAS	ატომური შთანთქმის სპექტროსკოპია
AFM	ატომური ძალის მიკროსკოპია
Al	ალუმინი
Ca	კალციუმი
$CaCl_2$	კალციუმ ქლორიდი
Co	კობალტი
Cr	ქრომი
Cu	სპილენძი
DO	გახსნილი ჟანგბადი
E223	ნატრიუმის მეტაბისულფიტი
EC	ელექტროგამტარობა
EVA	ეთილენ-ვინილის აცეტატი
Fe	რკინა
FTIR	ფურიეს ტრანსფორმაციული ინფრაწითელი სპექტროსკოპია
HCl	მარილმჟავა
Hg	ვერცხლისწყალი
HNO_3	აზოტმჟავა
ICP-MS	ინდუქციურად დაკავშირებული პლაზმური მას-სპექტრომეტრია
IR	ინფრაწითელი
K	კალიუმი
KOH	კალიუმის ჰიდროქსიდი
Mg	მაგნიუმი
Mn	მანგანუმი
N	აზოტი
Na	ნატრიუმი
Na_2CO_3	ნატრიუმის კარბონატი
Ni	ნიკელი
P	ფოსფორი
ppm	მილიონის ნაწილები / წილი მილიონზე

Sb	ანტიმონი
Se	სელენი
SEM	ელექტრონული სკანირების მიკროსკოპი
Sn	კალა
TGA	თერმოგრავიმეტრიული ანალიზი
UV	ულტრა იისფერი
W/V	წონა/მოცულობა
XRD	რენტგენის დიფრაქცია
Zn	თუთია

ნაწილი I – საველე კვლევები

I.I.
მაკროწყალმცენარეების ბიომასის კვლევა და ნიმუშის აღების მეთოდები

მაკროწყალმცენარეების ბიომასის კვლევა ხორციელდება სანაპირო წყლებში. ნიმუშები აღებულია მინიმუმ სამი სხვადასხვა ადგილიდან, დაახლოებით 15 x 15 მეტრის ფართობზე და 0-1 მეტრის სიღრმეზე, რათა ნიმუშები მაქსიმალურად ასახავდეს მოცემულ ტერიტორიაზე არსებულ მდგომარეობას (სურათი 1 და 2).

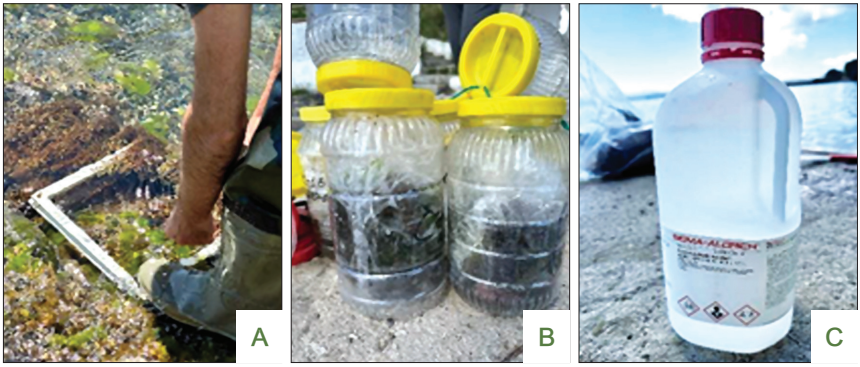
ნიმუშების შესაგროვებლად გამოიყენება 20 x 20 სმ ზომის კვადრატული ჩარჩო (400 სმ^2), როგორც ეს აღწერილია Bouiadjra/ბუიაჯრას და სხვების (2021) მიერ წარმოდგენილ მეთოდოლოგიაში (სურათი 3ა). ნიმუშები სპატულის გამოყენებით, ხელით გროვდება, თავდაპირველად, თავსდება პლასტმასის პაკეტებში და შემდგომ კი ხდება მათი გადატანა ზღვის წყლით სავსე პლასტიკურ კონტეინერებში (სურათი 3ბ). შენახვის მიზნით, ნიმუშებს ემატება ფორმალდეჰიდისა და ზღვის წყლის ხსნარი 2-5%-იანი კონცენტრაციით, როგორც რეკომენდებულია ÇŞB-ÇEDİDGM-ისა და TÜBİTAK-MAM-ის მიერ (2017) (სურათი 3გ).



სურათი 1: ბიომასის კვლევა



სურათი 2. მაკროწყალმცენარეების ნიმუშების შერჩევა



სურათი 3. (ა) კვადრატული ჩარჩო (ბ) პლასტმასის ქილები და (გ) ფორმალდეჰიდი

ლაბორატორიაში ნიმუშები ირეცხება გამოხდილი წყლით ნებისმიერი უცხო მასალის, როგორიცაა ქვები, ქვიშა ან ეპიფიტები, მოსაშორებლად (სურათი 4). გაწმენდილი ნიმუშები თავსდება საშრობ ქაღალდზე ზედმეტი წყლის მოსაშორებლად (სურათი 5) და შემდეგ შრება ღუმელში 60°C ტემპერატურაზე 48 საათის განმავლობაში (სრიჯაია და სხვ., 2010; ფერნანდეს-ალაეზი და ფერნანდეს-ალაეზი, 2011; სეტჰამონგკოლი და სხვ., 2015) (სურათი 6). გაშრობის

შემდეგ, მაკროწყალმცენარეები იწონება და ხორციელდება იმ ნიმუშების ტაქსონომიური იდენტიფიკაცია, რომლებიც უცხო მასალიდან იქნა გამოყოფილი, საჭიროების შემთხვევაში კი ხორციელდება მიკროსკოპული კვლევა.

ქიმიური ანალიზისთვის განკუთვნილი მაკროწყალმცენარეების შემთხვევაში, ცალკეული ნიმუშები გროვდება ბიომასის კვლევისგან დამოუკიდებლად. ეს ნიმუშები ირეცხება დეიონიზებული წყლით,



სურათი 4. გასუფთავება და სახეობების იდენტიფიკაცია



სურათი 5. ზედმეტი წყლის მოცილება ქაღალდზე არსებული ნიმუშებიდან

იწმინდება მაკროსკოპული ეპიზოებისა და ეპიფიტებისგან და შემდეგ შრება ლაბორატორიულ ღუმელში 60°C ტემპერატურაზე 48 საათის განმავლობაში. გამომშრალი მასალა შემდგომში იფქვება ფხვნილის მსგავს კონსისტენციამდე, სპეციალური ფილთაქვის გამოყენების გზით (სურათი 7). ეს პროცესი უზრუნველყოფს, რომ მაკროწყალმცენარეების ნიმუშები მომზადდეს სათანადოდ, როგორც ბიომასის რაოდენობრივი განსაზღვრისთვის, ასევე დეტალური ქიმიური ანალიზისთვის.

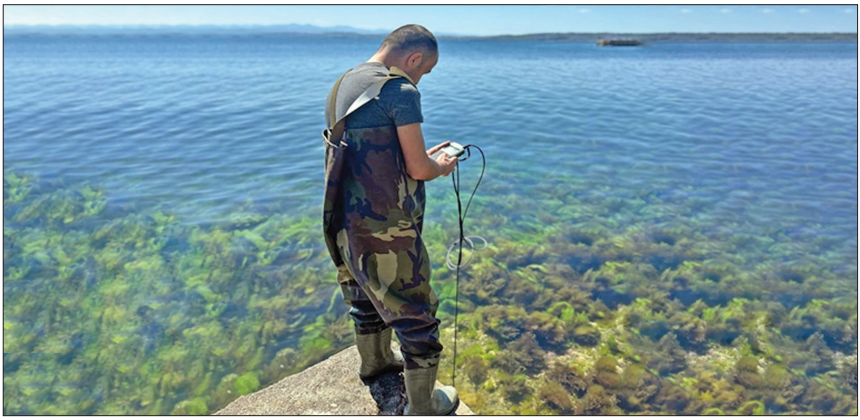
იდენტიფიცირებული წყალმცენარეების ნიმუშების ბიომასის განსაზღვრა ხორციელდება ანალიტიკური სასწორის გამოყენებით, სიზუსტით 0,0001 გრამი. მაკროწყალმცენარეების რაოდენობრივი ნიმუშები გარდაიქმნება ბიომასად ერთ კვადრატულ მეტრზე (გრამი მშრალი წონა/მ²). სანაპირო ზოლის გასწვრივ ბენთოსური წყალმცენარეების სეზონური ნიმუშების უკეთ შესასწავლად, მაკროწყალმცენარეების სახეობათა მონაცემების საშუალო მნიშვნელობები ექვემდებარება სტატისტიკურ ანალიზს. გარდა ამისა, გარემო პარამეტრების, როგორიცაა pH, ტემპერატურა, მარილიანობა და წყალში გახსნილი ჟანგბადის ადგილზე გაზომვა განხორციელდება მრავალპარამეტრიანი მოწყობილობის გამოყენებით (სურათი 8).



სურათი 6. ნიმუშების გამოშრობა ღუმელში



სურათი 7. ფხვნილის სახით მიღებული ნიმუშები



სურათი 8. ფიზიკური პარამეტრების ადგილზე გაზომვა

I.II.
მაკროწყალმცენარეების კვლევისთვის ნიმუშის აღების არეალის შერჩევა

სადგურები შეირჩევა შემდეგი კრიტერიუმების მიხედვით:

ა. სანაპირო ზოლის მახასიათებლები: ნიმუშების აღებისთვის გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის სუბსტრატი, როგორიცაა ქვიშიანი, კლდოვანი და ტალახიანი გარემო. ეს მრავალფეროვანი სუბსტრა-

ტები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ მაკროწყალმცენარეების გავრცელებასა და ზრდაში.

ბ. ადამიანის საქმიანობასთან სიახლოვე: შერჩეულია მაღალი ანთროპოგენური/ადამიანის გავლენას დაქვემდებარებული ტერიტორიები (მაგ., სასოფლო-სამეურნეო ჩამონადენი, ურბანული ჩამდინარე წყლები) და ნაკლები გავლენის ქვეშ არსებული, შედარებით უცვლელი ბუნებრივი ტერიტორიები. ეს პარალელი ადამიანის მიერ გამოწვეული ზემოქმედების შეფასების საშუალებას იძლევა. მაკროწყალმცენარეების ზრდასა და სანაპირო ეკოსისტემებზე გარემო ზემოქმედების სრული შეფასებისათვის მნიშვნელოვანია, შევარჩიოთ როგორც მაღალი ანთროპოგენური გავლენის მქონე ტერიტორიები, ასევე ის ტერიტორიები, რომლებიც შედარებით ხელუხლებელია. ტერიტორიები, რომლებზეც გავლენას ახდენს სასოფლო-სამეურნეო ჩამონადენი და ურბანული ჩამდინარე წყლები, ხშირად ხასიათდება საკვები ნივთიერებების, როგორიცაა აზოტი და ფოსფორი, მომატებული დონით, რაც ხელს უწყობს ევტროფიკაციას და მაკროწყალმცენარეების ყვავილობას. ეს ტერიტორიები საშუალებას იძლევა, გავიგოთ ადამიანის საქმიანობის პირდაპირი გავლენა საზღვაო ეკოსისტემებზე. მეორე მხრივ კი, შედარებით ხელუხლებელი და ბუნებრივად უცვლელი ტერიტორიები რეფერენციულ ადგილებს წარმოადგენს, სადაც ბუნებრივი პროცესები დომინირებს, რაც შედარებისთვის საბაზისო საფუძველს წარმოადგენს. ამ ორი ტიპის გარემოს ერთმანეთთან შედარებით, შესაძლებელია, ადამიანის საქმიანობით გამოწვეული ცვლილებების მასშტაბისა და გარემოს დეგრადაციის შემცირებისკენ მიმართული მართვის სტრატეგიების ეფექტურობის შეფასება. ეს ორმაგი მიდგომა აძლიერებს ადამიანის საქმიანობის ეკოლოგიური შედეგების გააზრებას და ხელს უწყობს სანაპირო ზოლის მართვის უფრო მდგრადი პრაქტიკის შემუშავებას.

გ. ხელმისაწვდომობა და ნიმუშის აღების შესაძლებლობა: ლოკაციები ადვილად მისადგომია მთელი წლის განმავლობაში და შესაფერისია სეზონურად ნიმუშების განმეორებითი აღებისთვის, რაც

უზრუნველყოფს მუდმივ მონიტორინგსა და მონაცემთა შეგროვების საშუალებას.

დ. წარმომადგენლობითობა: შერჩეული სადგურები ზუსტად ასახავს სანაპირო ზოლის ზოგად ეკოლოგიურ მდგომარეობას. ეს სადგურები შესაფერისია გრძელვადიანი მონიტორინგისთვის, რაც ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში, მონაცემების უწყვეტი ან განმეორებითი შეგროვების საშუალებას იძლევა. ეს გრძელვადიანი მიდგომა აუცილებელია ეკოსისტემაში ცვლილებების მონიტორინგისათვის, დროთა განმავლობაში სხვადასხვა ტენდენციების გამოვლენისათვის და მართვის/შენარჩუნების ეფექტურობის შეფასებისათვის.

ე. სივრცითი ცვალებადობა/ვარიაბელურობა: სადგურები ერთმანეთისგან საკმარისი მანძილის დაშორებითაა განლაგებული, რათა სივრცითი განსხვავება სრულად იქნეს ასახული, რაც საშუალებას იძლევა, შესწავლილი იქნეს არსებული სხვადასხვაგვაროვნება სხვადასხვა რეგიონსა და გარემო პირობებში.

ვ. რესურსული პოტენციალი: უპირატესობა ენიჭება ისეთ ტერიტორიებს, სადაც წარმოდგენილია მრავალფეროვანი მაკროწყალმცენარეები და მნიშვნელოვანი ბიომასა. განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ისეთ რეგიონებს, სადაც სასუქებისა და ბიოპლასტიკის წარმოებისთვის შესაფერისი მაკროწყალმცენარეების სახეობებია წარმოდგენილი.

I.III.
გეგმური სადგურების განლაგება

ეს კვლევა მიზნად ისახავს რეგიონში მაკროწყალმცენარეების ჭარბი ზრდის, ევტროფიკაციის და დინამიკის შესწავლას, განსაკუთრებული ყურადღება კი გამახვილებულია იმ გარემოსა და ადამიანის საქმიანობის ფაქტორებზე, რომლებიც ხელს უწყობენ ამ მოვლენების განვითარებას.

კვლევის ერთ-ერთი მთავარი მიზანია მაკროწყალმცენარეების მდგრადი გამოყენების ხელშეწყობა ისეთი სფეროებში, როგორიცაა სასუქებისა და ბიოპლასტიკების წარმოება. კვლევა განსაკუთრე-

ბულ ყურადღებას ამახვილებს დომინანტური მაკროწყალმცენარეების სახეობებზე რეგიონში, კერძოდ კი Ulva spp.-სა და Cystoseira spp.-ს (სურათები 9 და 10). აღნიშნული სახეობები გამოყენებულია სხვადასხვა ფაქტორის შესაფასებლად, მათ შორის, მაკრობენთოსური წყალმცენარეების სიმკვრივისა და სეზონური ზრდის დინამიკის, ასევე მაკროწყალმცენარეების, ზღვის წყლისა და ნალექის ნუტრიენტული შემადგენლობის განსაზღვრის მიზნით.



სურათი 9. Ulva sp.

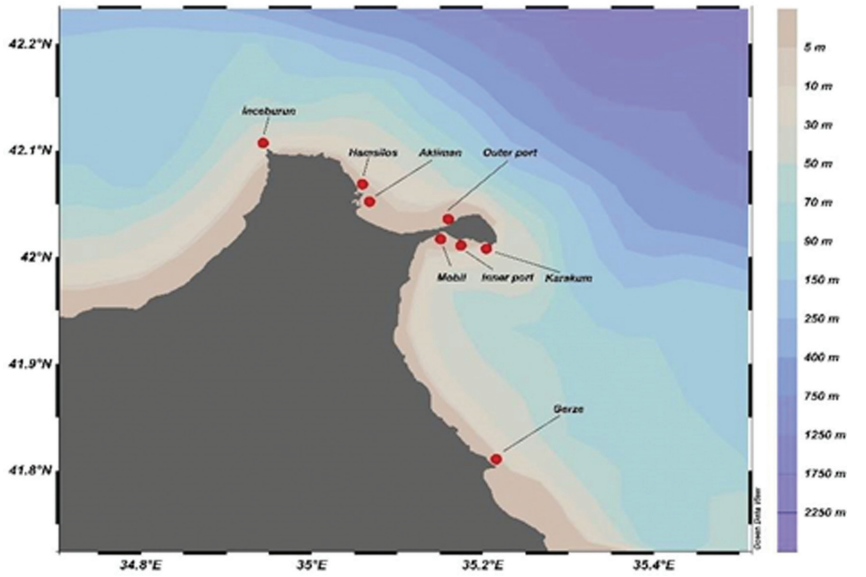


სურათი 10. Cystoseira sp.

როგორც კვლევის პროექტშია მოცემული, ნიმუშების აღების რეგიონები შეირჩა წინასწარ განსაზღვრული კრიტერიუმების საფუძველზე. სინოპის პროვინციაში (თურქეთი), შერჩეული ადგილები მოიცავს: ინჯებურუნს (Inceburun), ჰამსილოს (Hamsilos), აკლიმანს (Akliman), გარე პორტს (Dış Liman), კარაკუმს (Karakum), შიდა პორტს (İç Liman) და მობილს (Mobil) (სურათი 11). ბულგარეთში, ნიმუშის აღების სადგურები მდებარეობს ემინეს კონცხის სამხრეთით და მოიცავს ბურგასის ყურეს, ჩენგენე სკელეს ყურეს, მასლენ ნოსის ყურეს, პეტროლ ჰარბორის ყურეს, სოზოპოლისა და ბამბუკის ყურეს (სურათი 12). საქართველოში, ნიმუშის აღების განსაზღვრული არეალებია სარფი, კვარიათი, გონიო, მწვანე კონცხი, ციხისძირი, ფოთი და ყულევი (სურათი 13). ნიმუშის აღების სადგურების კოორდინატები (განედი და გრძედი) მოცემულია ცხრილში.

ცხრილი 1. ნიმუშის აღების სადგურების კოორდინატები (განედი და გრძედი)

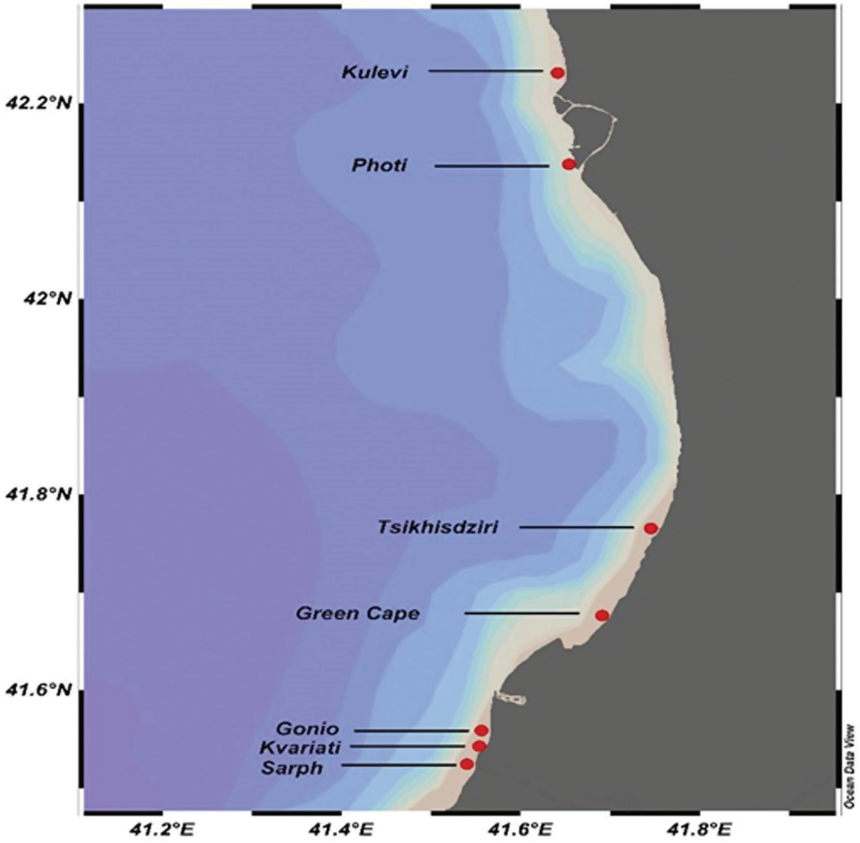
სადგურის დასახელება	განედი	გრძედი
ინჩებურუნ (თურქეთი)	42°5’46.38“N	34°56’40.63“E
ჰამსილოს (თურქეთი)	42°3’38.14“N	35°2’39.74“E
აკლიმან (თურქეთი)	42°3’3.31“N	35°2’37.19“E
გარე პორტი (თურქეთი)	42°1’51.48“N	35°9’6.32“E
ყარაყუმი (თურქეთი)	42°0’56.16“N	35°11’11.94“E
შიდა პორტი (თურქეთი)	42°1’13.07“N	35°9’34.01“E
მობილ (თურქეთი)	42°0’36.81“N	35°7’9.87“E
ბურგასის ყურე (ბულგარეთი)	42°30’16.24“N	27°29’2.87“E
ჩენგენე სკელეს ყურე (ბულგარეთი)	42°15’43.24“N	27°18’51.55“E
მასლენ ნოსის ყურე (ბულგარეთი)	42°18’27.17“N	27°47’24.32“E
პეტროლ ჰარბორის ყურე (ბულგარეთი)	42°26’45.36“N	27°32’4.85“E
სოზოპოლ (ბულგარეთი)	42°25’20.02“N	27°41’40.29“E
ბამბუ (ბულგარეთი)	42°24’35.49”N	27°42’20.62”E
სარფი (საქართველო)	41°5’39.9“N	41°5’20.0“E
კვარიათი (საქართველო)	41°5’40.6“N	41°5’52.8“E
გონიო (საქართველო)	41°5’43.85“N	41°5’56.95“E
მწვანე კონცხი (საქართველო)	41°6’96.68“N	41°7’06.14“E
ციხისძირი (საქართველო)	41°7’61.02“N	41°7’42.99“E
ფოთი (საქართველო)	42°0’43.66“N	41°7’27.34“E
ყულევი (საქართველო)	42°2’48.23“N	41°6’27.75“E



სურათი 11. ნიმუშის აღების სადგურები სინოპის პროვინციაში



სურათი 12. ნიმუშის აღების სადგურები ბულგარეთში



სურათი 13. ნიმუშის აღების სადგურები საქართველოში

ნაწილი II – ნიმუშის აღების მეთოდები

მაკროწყალმცენარეები, ზღვის წყალი და ნალექი

II.I.
მაკროწყალმცენარეების ნიმუშების აღება

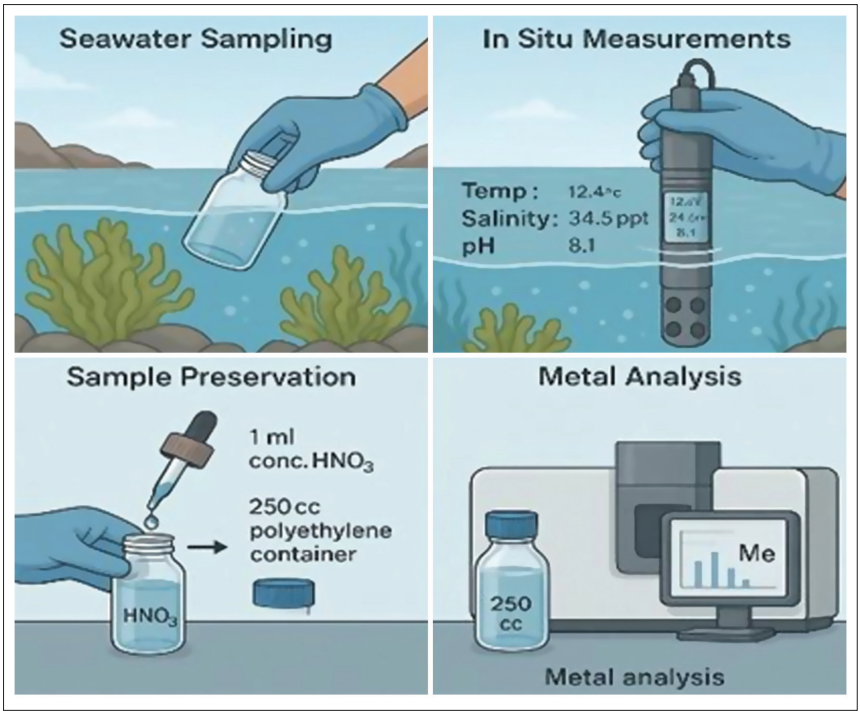
მაკროწყალმცენარეების ნიმუშები სეზონურად გროვდება სანაპირო ზოლის სხვადასხვა ადგილიდან, რათა შესწავლილი იქნეს სანაპირო ზოლზე არსებული ვითარება. შეგროვებული ნიმუშები ფრთხილად ეტიკეტირდება და თავსდება პოლიეთილენის პარკებში, ტრანსპორტირების მიზნით. ლითონების შემცველობაზე ანალიზის ჩასატარებლად შესანახ თითოეულ ნიმუშში ემატება 1 მლ კონცენტრირებული აზოტმჟავა (HNO_3), რათა თავიდან იქნეს არიდებული ლითონების დაგროვება და შენარჩუნდეს მიკროელემენტების ხსნადობა. რის შემდეგაც, ნიმუშები ინახება -20°C ტემპერატურაზე ანალიზის ჩატარებამდე. ეს მეთოდი უზრუნველყოფს ნიმუშების მთლიანობას, იცავს მათ დეგრადაციისა და დაბინძურებისგან, სანამ ისინი ლაბორატორიაში ლითონის ანალიზისთვის დამუშავდება (სურათი 14).



სურათი 14. მაკროწყალმცენარეების ნიმუშების აღების ილუსტრაცია

II.II.
ზღვის წყლის ნიმუშების აღება

ზღვის წყლის ნიმუშები გროვდება მაკროწყალმცენარეების გავრცელების ადგილიდან, რომლებიც შეირჩა იმისათვის, რომ უკეთ



სურათი 15. ზღვის წყლის ნიმუშის აღების ილუსტრაცია

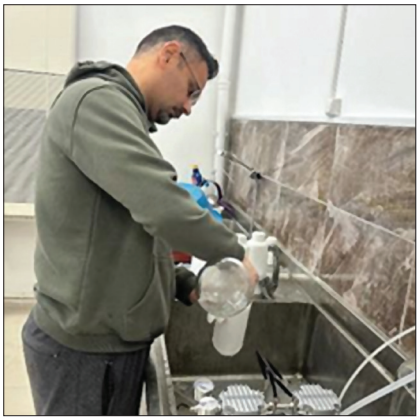
იქნეს შესწავლილი ზღვის წყალსა და მაკროწყალმცენარეებს შორის ლითონების გადატანის პროცესების ურთიერთკავშირი. ნიმუშების აღებასთან ერთად, ადგილზე ხორციელდება მნიშვნელოვანი ფიზიკური პარამეტრების _ როგორიცაა ტემპერატურა, მარილიანობა და pH _ რეალურ დროში გაზომვა მრავალპარამეტრიანი ზონდის გამოყენებით, რაც ნიმუშების აღების მომენტში არსებული გარემო პირობების სრულყოფილად შეფასების საშუალებას იძლევა.

ზღვის წყლის ნიმუშები აღებული იქნა სამი ერთნაირი ეგზემპლარის სახით, 500 მლ მოცულობის პოლიეთილენის კონტეინერებში იმ ადგილებიდან, სადაც მაკროწყალმცენარეებია გავრცელებული, როგორც ლითონების შემცველობის ანალიზისათვის, ასევ ქლოროფილ-a-ს (Chl-a) განსაზღვრის მიზნით.

შემდგომი ლითონების შემცველობის ანალიზისთვის ნიმუშების შესანახად, თითოეულ კონტეინერში ემატება 1 მლ კონცენტრირებული აზოტმჟავა (HNO_3). ჰერმეტულად დახურული კონტეინერები ინახება ოთახის ტემპერატურაზე, მზის პირდაპირი სხივებისა და სითბოს წყაროსგან მოშორებით, რათა ნიმუშები ლაბორატორიულ ანალიზამდე სტაბილურ მდგომარეობაში შენარჩუნდეს. ქლოროფილ-a-ს (Chl-a) ანალიზისთვის გამოყენებული წყლის ნიმუშები ლაბორატორიაში მიტანის შემდეგ იფილტრება ვაკუუმური ფილტრაციის სისტემის საშუალებით (სურათი 16).

ქლოროფილ-a-ს (Chl-a) განსაზღვრა განხორციელდა ქვემოთ მოცემული მეთოდის მიხედვით:

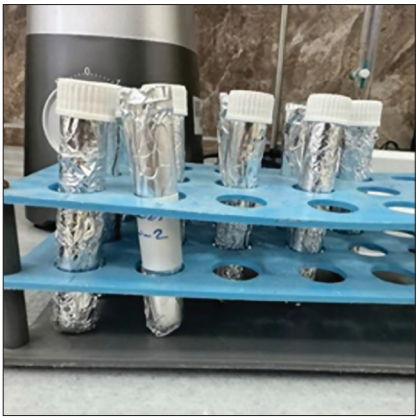
თითოეული ანალიზისთვის, 2 ლიტრი წყლის ნიმუში სამჯერ იქნა გაფილტრული GF/C მინის ბოჭკოვანი ფილტრის ქაღალდების გამოყენებით, რომელთა ფორების ზომა შეადგენს 0.45 μm-ს. ფილტრაციამდე, 1%-იანი მაგნიუმის კარბონატის ($MgCO_3$) ხსნარის რამდენიმე წვეთი ემატება ფილტრის ქაღალდებს, რათა თავიდან ავირიდოთ მჟავიანობა და უზრუნველვყოთ ფილტრზე დარჩენილი ნაწილაკების pH სტაბილიზაცია. დასველებული ფილტრები მოთავსდა ვაკუუმური ფილტრაციის სისტემაში და განხორციელდა 2-ლიტრიანი ნიმუშების გაფილტვრა, რათა წყალმცენარეები და სხვა ნაწილაკები ფილტრის ზედაპირზე დაგროვდეს.



სურათი 16. ფილტრაციის სისტემა

ფილტრაციის შემდეგ, ფილტრის ქაღალდები ფრთხილად იქნა დაკეცილი და მოთავსდა 15 მლ-იან ცენტრიფუგის მილებში (სურათი 17). ამის შემდეგ თითოეული მილი შეივსო 10 მლ 90%-იანი აცეტონის ხსნარით, დაიხურა ჰერმეტულად და მოთავსდა მაცივარში

(დაახლოებით 4°C) მთელი ღამის განმავლობაში (დაახლოებით 12-24 საათი), რათა გამხსნელში ქლოროფილის ექსტრაქცია უფრო მარტივად განხორციელებულიყო. ეს ნაბიჯი უზრუნველყოფს ქლოროფილის მაქსიმალურ გადასვლას წყალმცენარეების უჯრედებიდან აცეტონის ხსნარში.



სურათი 17. ცენტრიფუგის მილები

24-საათიანი ექსტრაქციის პერიოდის დასრულების შემდეგ, მილები ამოღებული იქნა მაცივრიდან და დატოვებული იქნა ოთახის ტემპერატურის მიღწევამდე. შემდეგ ისინი ცენტრიფუგირდა 5000 ბრ/წთ-ზე 10 წუთის განმავლობაში, მყარი ნაწილაკების დასალექად და გამჭვირვალე სუპერნატანტის მისაღებად.

ამ გამჭვირვალე სუპერნატანტის შთანთქმა გაზომილი იქნა სპექტრომეტრის გამოყენებით 750, 664, 647 და 630 ნმ-ზე. სიმღვრივით (სინათლის გაბნევა ნაწილაკების მიერ) გამოწვეული შეცდომე-



სურათი 18. ქლოროფილის გაზომვები

ბის აღმოსაფხვრელად, 750 ნმ-ზე გაზომილი შთანთქმის მაჩვენებელი გამოაკლდა 664, 647 და 630 ნმ-ზე მიღებულ მონაცემებს. ეს კორექტირება მინიმუმამდე ამცირებს არაქლოროფილური სინათლის გაბნევის გავლენას, რაც ქლოროფილის უფრო ზუსტ გაზომვის საშუალებას უზრუნველყოფს (სურათი 18).

ქლოროფილ-a-ს (Chl-a) კონცენტრაციის გაანგარიშება:

Chl-a (µg L-1) = (11,85 * (E664 – E750)-1,54 * (E647 - E750)- 0,08 * (E630-E750))*Ve/Vf

სადაც: Ve: ექსტრაქციის მოცულობაა (მლ), ხოლო Vf: გაფილტრული წყლის მოცულობა (ლიტრები).

II.III.
ნალექის ნიმუშების აღება

ნალექის ნიმუშები გროვდება სხვადასხვა მიწისქვეშა სტრუქტურის მქონე სადგურებიდან, ნალექის შესაგროვებელი სპეციალური ბირთვიანი ხელსაწყოს ან ნიჩბის გამოყენებით (სურათი 19). გარემოსთან ურთიერთქმედების შესასწავლად ნიმუშები გროვდება ნალექის ზედაპირის ზედა 0-5 სმ ფენიდან. შეგროვების შემდეგ, ნიმუშები ფრთხილად ეტიკეტირდება იდენტიფიკაციისთვის და ინახება ღრმა



სურათი 19. ნალექის შესაგროვებელი ხელსაწყო

საყინულეში -20°C ტემპერატურაზე, რათა შენარჩუნებული იქნეს მათი მთლიანობა შემდგომ ანალიზამდე (სურათი 20).



სურათი 20. ეტიკეტირებული ნალექის ნიმუშები

ლითონების შემცველობის ანალიზის სიზუსტისა და მგრძნობელობის უზრუნველსაყოფად, ნალექის ნიმუშები ინახება მჟავიან გარემოში. ლითონების დალექვის თავიდან ასაცილებლად და მათი ხსნადობის შესანარჩუნებლად თითოეულ ნიმუშს ემატება მცირე რაოდენობით (1-2 მლ) კონცენტრირებული აზოტმჟავა (HNO_3). ეს ნაბიჯი გადამწყვეტი მნიშვნელობისაა ლითონების შემცველობის ზუსტი განსაზღვრისთვის, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც საქმე ნალექის რთული შემადგენლობის მქონე ნიმუშებს ეხება. მჟავით დამუშავების შემდეგ, ნიმუშები ინახება დაბალ ტემპერატურაზე, როგორც წესი, დაახლოებით 4°C-ზე, სანამ ლაბორატორიაში ტრანსპორტირებისთვის გამზადდება.

ლაბორატორიაში მოხვედრისთანავე, ნალექის ნიმუშები იხსნება მჟავიანი გამხსნელებით, როგორიცაა კონცენტრირებული HNO_3 ან HCl, რათა მოხდეს ნალექის დაშლა და გამოთავისუფლდეს მასში შემავალი ლითონები. ეს პროცესი უზრუნველყოფს ლითონების შემცველობის სრულად ექსტრაქციას ანალიზისთვის. გახსნილი ნიმუშები კვლავ გამოიყენება ნაკლები წილით გამოხატული ლითონების კონცენტრაციების განსაზღვრისათვის. ანალიზი ტარდება ინდუქციურად შეწყვილებული პლაზმის მას-სპექტრომეტრის (ICP-MS) ან ატომური აბსორბციის სპექტროსკოპიის (AAS) გამოყენებით, ამ შემთხვევაში ორივე მაღალეფექტური ტექნიკური მოწყობილობაა, როგორც გარემოს ნიმუშებში ლითონების კვალის გამოსავლენად, ასევე მათი რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის.

ნაწილი III – ანალიტიკური მეთოდები

III.I.
ლითონების შემცველობის განსაზღვრა მაკროწყალმცენარეებში

მაკროწყალმცენარეებში ლითონების შემცველობის განსაზღვრის პროცესი იწყება ნიმუშების შეგროვებით იმ შერჩეულ ლოკაციებზე, სადაც მაკროწყალმცენარეები უხვად არის გავრცელებული. შეგროვების შემდეგ, მაკროწყალმცენარეების ნიმუშები საგულდაგულოდ იწმინდება ზღვის წყლის, ნარჩენების და ნებისმიერი ისეთი დამაბინძურებლის მოსაშორებლად, რამაც შეიძლება ხელი შეუშალოს ანალიზის ჩატარებას. ეს გაწმენდის პროცესი კრიტიკულად მნიშვნელოვანია იმის უზრუნველსაყოფად, რომ მაკროწყალმცენარეების ნიმუშებზე მოხვედრილმა ნივთიერებებმა ანალიზის შედეგებზე გავლენა არ მოახდინოს.

გაწმენდის შემდეგ, მაკროწყალმცენარეებს აშრობენ ღუმელში. გაშრობის ეს პროცესი მაკროწყალმცენარეებს აშორებს ტენიანობას. წყალმცენარეების სრულად გაშრობის შემდეგ, ისინი წვრილი გრანულის სახის ფხვნილად იფქვება. როგორც წესი, ლითონის შემცველობის ანალიზისთვის გამოიყენება 0,5-1 გრამი გამშრალი და ფხვნილად გადამუშავებული მაკროწყალმცენარეების ნიმუში.

ამის შემდეგ დაფქული ზღვის წყალმცენარეები მჟავიან ფაზაში დაშლის პროცესს გადიან. ნიმუში იხსნება კონცენტრირებულ HNO_3 ან HCl ხსნარებში, რათა ორგანული მასალა დაიშალოს და მოხდეს მისგან ლითონების გამოთავისუფლება. დაშლის პროცესის დასრულების შემდეგ, ხსნარი იფილტრება დარჩენილი მყარი ნარჩენების მოსაშორებლად.

გაფილტრული ხსნარი ზავდება სათანადო კონცენტრაციაზე და მზადდება ლითონის შემცველობის კვლევის ჩასატარებლად. თუ ანალიზის ჩატარებამდე საჭირო გახდება მაკროწყალმცენარეების ნიმუშების შენახვა, ისინი შეინახება მჟავიან ხსნარში, მაცივარში 4°C ტემპერატურაზე, რათა კვლევის დაწყებამდე ნიმუშების მთლიანობა შენარჩუნებული იქნეს.

III.II.
ლითონების შემცველობის განსაზღვრა ზღვის წყალში



სურათი 21. კონცენტრირებული აზოტმჟავას (HNO3) დამატება ზღვის წყლის ნიმუშებში

ზღვის წყალში ლითონების განსაზღვრა ხორციელდება შერჩეულ ლოკაციებზე ზღვის წყლის ნიმუშების შეგროვების გზით, განსაკუთრებით კი მაკროწყალმცენარეების გავრცელების არეალში. ზღვის წყლის ნიმუშები გროვდება 250 მლ მოცულობის კონტეინერებში, რომლებიც დალუქულია ტრანსპორტირების დროს აქროლადი ნივთიერებების დაბინძურების ან დაკარგვის თავიდან ასაცილებლად. შეგროვების შემდეგ, ზღვის წყლის ნიმუშები ინახება ოთახის ტემპერატურაზე, მზის პირდაპირი სხივებისა და სითბოსგან მოშორებით, რათა შენარჩუნებული იქნას მათი მთლიანობა ანალიზის ჩატარებამდე. ლითონების შემცველობის ანალიზამდე თითოეულ ნიმუშს ემატება 1 მლ კონცენტრირებული HNO_3, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ლითონების დალექვა და ნიმუში შენარჩუნდეს ხსნად მდგომარეობაში (სურათი 21). მჟავით დამუშავებული ნიმუშები ინახება დალუქულ კონტეინერში, სანამ განხორციელდება მათი ლაბორატორიაში ტრანსპორტირება შემდგომი ანალიზისთვის. ლაბორატორიაში ზღვის წყლის ნიმუშებში ასევე განისაზღვრება ლითონების მცირე კონცენტრაციები.

III.III.
ლითონების შემცველობის განსაზღვრა ნალექში

მაკროწყალმცენარეების შეგროვების ადგილიდან აღებული ნალექის ნიმუშები გროვდება ნალექის ზედაპირის ზედა 0-5 სმ ფენიდან. შეგროვების შემდეგ, ნიმუშებს უმატებენ 1-2 მლ აზოტმჟავას,



სურათი 22. გამომშრალი ნალექის ნიმუშების გაცრა მოტორიზებული საცერის გამოყენებით



სურათი 23. მიკროტალღური ნიმუშის დაშლის მოწყობილობა

ხდება მათი ეტიკეტირება და ინახება -20°C ტემპერატურაზე, მომდევნო ანალიზამდე მათი მთლიანობის შესანარჩუნებლად.

ლითონების შემცველობის ანალიზის ჩატარებამდე, ნალექის ნიმუშები ამოღებულია საყინულიდან და შორდება ზედმეტი ტენიანობა საშრობი ქაღალდის გამოყენებით. შემდეგ კი 24 საათის განმავლობაში, ხდება მათი ღუმელში გამოშრობა 105°C ტემპერატურაზე. გაშრობის შემდეგ, ნალექის ნიმუშები მუშავდება სხვადასხვა სიღრმის ფორების მქონე მოტორიზებულ საცერისებრ მოწყობილობაში, ხოლო 63 მკმ ან უფრო მცირე ზომის ნაწილაკები გამოიყენება კომპონენტების კონცენტრაციის დასადგენად (სურათი 22).

ლითონების შემცველობის ანალიზისთვის შერჩეული მცირე ზომის ნიმუშები მუშავდება მიკროტალღურ გადამამუშავებელ მოწყობილობაში, რის შემდეგაც ხდება მათი კვლევა ICP-MS ან AAS მოწყობილობების გამოყენებით (სურათი 23).

ნაწილი IV – სათბური

IV.I.
სათბურის მშენებლობა

სათბური დაპროექტებულია მინიმუმ 50 მ² ფართობზე (5.5 მ × 9.09 მ) და წარმოადგენს დახურულ კონსტრუქციას (სურათები 24 და 25). სათბურის ზომებია 5.5 მ × 9.09 მ, ხოლო საერთო ფართობი შეადგენს 50 მ²-ს. სათბურის ცენტრალურ ნაწილში მინიმალური სიმაღლე 270 სმ-ს შეადგენს. იგი აღჭურვილია ორი სრიალა კარით, რომელთაგან თითოეულის მინიმალური სიგანე 1 მეტრია. კარებზე დამონტაჟებულია სავენტილაციო გისოსები (ლითონის, მინიმალური ზომა 45 × 45 სმ), რომლებიც დაფარულია მწერებისგან დამცავი ბადით და შესაძლებელია, მათი გახსნა და დახურვა.

სათბურის კონსტრუქცია აგებულია გალვანიზებული მილების გამოყენებით. ძირითადი საყრდენი ბოძები, რომლებიც თითოეულ შეერთების წერტილში მიწაშია ჩამაგრებული, დამზადებულია 40 მმ დიამეტრის გალვანიზებული მილებისგან, ხოლო თაღოვანი ბოძები – 32 მმ-იანი გალვანიზებული მილისგან. მიწასთან დამაკავშირებელი წერტილები განლაგებულია ისე, რომ კონსტრუქციას ჰქონდეს მდგრადობა ქარის ზემოქმედების მიმართ.



სურათი 24. კვლევაში გამოყენებული სათბურის ვიზუალური წარმოდგენა



სურათი 25. სათბურის მონტაჟი SNU-ში

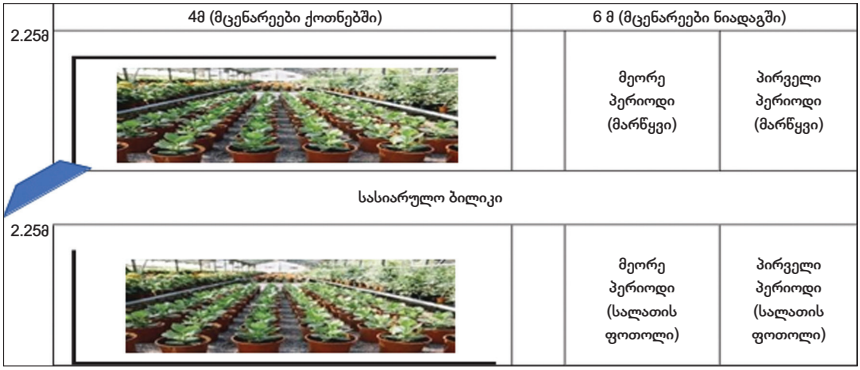
სათბურის გვერდითა და ზედა ზედაპირებზე, სურათზე ნაჩვენების მსგავსად, დამონტაჟებულია 32 მმ დიამეტრის გალვანიზებული მილების სამი რიგი და მათ შორის თანაბარი ინტერვალებით განლაგებული გალვანიზებული მავთულის ხუთი რიგი (მინიმუმ 2 მმ სისქის).

სათბურს აქვს ორი კარი (წინა და უკანა), რომლებიც დამზადებულია ლითონის პროფილებისგან და დაფარულია ნეილონის ფირფიტით. კონსტრუქციული სიმტკიცის გასაზრდელად გამოყენებულია ორი ვერტიკალური საყრდენი მილი და მაკრატლის ტიპის გადაჯვარედინებული მილები, რომლებიც დაკავშირებულია ჰორიზონტალურ ზედა მილთან. სათბურის საფარი საიმედოდ ეწყობა და მაგრდება ქარისგან დაზიანების თავიდან ასაცილებლად, ხოლო მისი კიდეები მიწაშია ჩაფლული. გალვანიზებული მილების კედლის სისქე არანაკლებ 2.5 მმ-ია.

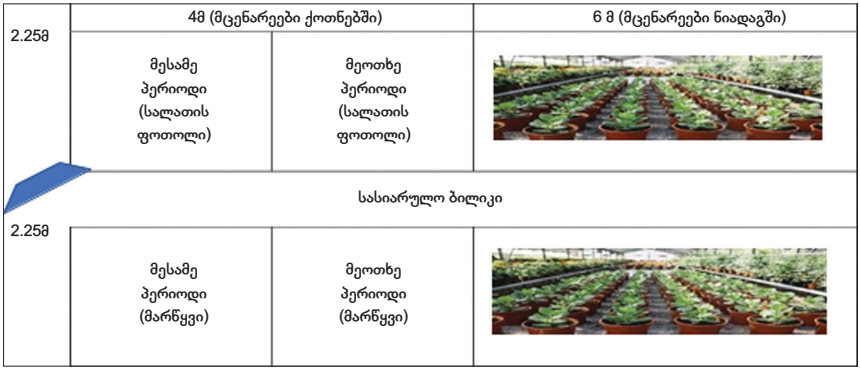
პლასტიკური საფარი (სათბურის საფარველი) დამზადებულია 36-თვიანი ექსპლუატაციისთვის გათვლილი მდგრადი პოლიეთილენის მასალისგან, რომელსაც აქვს ულტრაიისფერი (UV), ინფრაწითელი (IR), ეთილენ-ვინილაცეტატის (EVA), ანტიოქსიდანტური (AO), ანტივერიზაციული (AV) და დიფუზიისადმი მდგრადი თვისებები.

IV.II.
სათბურის მცენარეები

სათბურში მცენარეები მოჰყავთ როგორც ქოთნებში, ასევე პირდაპირ ნიადაგში. პირველი და მეორე საცდელი პერიოდის დასრულების შემდეგ, ქოთნები გადააქვთ სათბურის შიგნით არსებულ ნიადაგში. აღნიშნული მიდგომა უზრუნველყოფს სათბურის სივრცის უფრო ეფექტურ გამოყენებას (სურათი 26 და სურათი 27). მცენარის დარგვამდე გამოკვლეული ნიადაგი თავსდება ქოთნებში.



სურათი 26. სათბურში ქოთნებისა და მცენარეების განლაგების სქემები (პირველი და მეორე პერიოდები)



სურათი 27. სათბურში ქოთნებისა და მცენარეების განლაგების სქემები (მესამე და მეოთხე პერიოდები)

კვლევა მიზნად ისახავს თხევადი სასუქის, მყარი სასუქის (როგორც ფხვნილის, ასევე გრანულების სახით) და კომპოსტის გამოყენებას სამი სხვადასხვა კონცენტრაციით: 1 გ, 3 გ, 5 გ (მყარი ნივთიერებების შემთხვევაში) და 1 მლ, 3 მლ, 5 მლ (თხევადი ნივთიერებების შემთხვევაში).

გარდა ამისა, ქიმიური სასუქისთვის გამოიყენება ორი ქოთანი, ხოლო თითოეულ საცდელ პერიოდში ორი ქოთანი ასრულებს საკონტროლო ფუნქციას. შესაბამისად, თითოეული საცდელი პერიოდისთვის თითოეული მცენარის სახეობაზე სულ 14 ქოთანია საჭირო.

ქოთნების განაწილება თითო მცენარეზე
(ერთი საცდელი პერიოდის განმავლობაში)

- **თხევადი სასუქი:** 3 ქოთანი (1 მლ, 3 მლ, 5 მლ)
- **მყარი სასუქი (ფხვნილი):** 3 ქოთანი (1 გ, 3 გ, 5 გ)
- **მყარი სასუქი (პელეტები):** 1 ქოთანი (3 გ)
- **კომპოსტი:** 3 ქოთანი (1 გ, 3 გ, 5 გ)
- **საკონტროლო (სასუქის გარეშე) და ქიმიური სასუქის ჯგუფი:** 4 ქოთანი
- **სულ:** 14 ქოთანი თითო მცენარის სახეობისთვის თითო პერიოდში

IV.III.
მცენარეთა ზრდის ცდები

მცენარეთა ზრდის ცდები ორ ეტაპად ტარდება: ქოთნის ცდები და სათბურის ცდები. ქოთნებში ჩატარებული ცდების ფარგლებში ტარდება კონტროლირებადი ექსპერიმენტები ქოთნებში მოყვანილი მცენარეების გამოყენებით, რათა შეფასდეს მაკროწყალმცენარეებზე დაფუძნებული სასუქების გავლენა მცენარეთა ზრდაზე, მოსავლიანობაზე და საკვები ნივთიერებების ათვისებაზე. ეს კვლევები სტანდარტიზებულ პირობებში დეტალურ ინფორმაციას იძლევა. სათბურის ცდების ფარგლებში, ნახევრად საველე ექსპერიმენტები ტარდება უფრო ბუნებრივ პირობებში, რაც სასუქის ეფექტურობის უფრო ფართო მასშტაბით შეფასების საშუალებას იძლევა.

ქოთანი „ვილის“ ტიპისაა და მართკუთხა ფორმა აქვს, მინიმალური მოცულობით 62 ლიტრი (ზომები: 38 x 86 x 30 სმ). იგი დამზადებულია ულტრაიისფერი (UV) გამოსხივებისადმი მდგრადი მასალისგან და განკუთვნილია გარე გამოყენებისთვის. თითოეულ ქოთანს აქვს სადრენაჟე ხვრელები და შესაბამისი სადგამი (ძირი).

ნაწილი V – მცენარეთა მასალები

ამ კვლევით პროექტში საკვლევ მცენარეულ მასალად შეირჩა მარწყვი (*Fragaria × ananassa*) და სალათა (*Lactuca sativa* L.).

მარწყვი ვარდისებრთა (Rosaceae) ოჯახის *Fragaria* გვარის ფართოდ გავრცელებული ჰიბრიდული სახეობაა, რომელიც მთელ მსოფლიოში მოჰყავთ მისი ნაყოფის გამო. შერჩეული ჯიში გამოირჩევა ფართო ეკოლოგიური ადაპტაციის უნარითა და მოკლე მსხმოიარობის პერიოდით. ქოთნებში დასარგავი მარწყვის ნერგები მიღებულია შიშველი ფესვის მქონე მცენარეების სახით, რომლებიც გასხლულია ორი ან სამი ფოთლისა და დაახლოებით 10 სმ სიგრძის ფესვის დონეზე (სურათი 28).

სალათის ფურცლები (Lactuca sativa L.) ერთწლიანი მცენარეა, რომელიც ასტერასებრთა (*Asteraceae*) ოჯახს მიეკუთვნება (სურათი 29). ეს კონკრეტული ჯიში შეირჩევა მთელი წლის განმავლობაში თავისივე ზრდის უნარით და მოსავლის აღების მოკლე ციკლის გამო. თავდაპირველად, სალათის ფურცლის თესლი ითესება სათესლე კონტეინერებში. ნერგებზე 2-3 ფოთლის განვითარების შემდეგ, ხორციელდება მათი ქოთნებში გადარგვა. მცენარის ზრდის პერიოდში ხორციელდება შესაბამისი გაზომვები.



სურათი 28. მარწყვი (Fragaria x ananassa) და მარწყვის ნერგები



სურათი 29. სალათის ფოთოლი (Lactuca sativa L.)

V.I.
ბოსტნეულის მოყვანა

მაკროწყალმცენარეებზე დაფუძნებული სასუქებით მოყვანილი ბოსტნეულის მაჩვენებლები ფასდება რამდენიმე ძირითად პარამეტრზე დაყრდნობით. პირველ რიგში, განისაზღვრება და ერთმანეთთან დარდება ზრდის, მოსავლიანობისა და ხარისხობრივი მაჩვენებლების იმავე კულტურებთან მიმართებით, რომლებიც ჩვეულებრივი სასუქების გამოყენებითაა მოყვანილი. ეს ხელს უწყობს მაკროწყალმცენარეებზე დაფუძნებული სასუქების ეფექტურობის შეფასებას მცენარეთა განვითარების ხელშეწყობის თვალსაზრისით. გარდა ამისა, მოცემულ ბოსტნეულში ტარდება საკვები ნივთიერებების შემცველობის ანალიზი, რათა შეფასდეს, რამდენად ეფექტურად ითვისებენ მცენარეები ორგანული სასუქებიდან საკვებ ელემენტებს. ბოლოს, ტარდება ნარჩენების ანალიზი ბოსტნეულში შესაძლო დამაბინძურებლებისა და ნარჩენი ნივთიერებების გამოსავლენად, რომლებიც შეიძლება წარმოიშვას მაკროწყალმცენარეებზე დაფუძნებული სასუქების გამოყენების შედეგად.

V.II.
მცენარეთა ანალიზები

კვლევა მოიცავს მარწყვისა და სალათის მცენარეებში ზრდის, საკვები ნივთიერებების ათვისებისა და ნარჩენი ნივთიერებების შემცველობის შეფასების დეტალურ ანალიზს.

ა. კულტურების ზრდა და მოსავლიანობა: ზრდისა და მოსავლიანობის შესაფასებლად, ტარდება სხვადასხვა სახის შეფასებები და დაკვირვებები თითოეული შესასწავლი ჯგუფის მინიმუმ ხუთ ნიმუშზე. ზემოაღნიშნული შეფასებები მოიცავს შემდეგ პარამეტრებს: მცენარის სიმაღლე (მიწის ზედაპირიდან), ფოთლების სიგრძე და სიგანე, ყვავილების რაოდენობა (მარწყვის შემთხვევაში), ნაყოფის რაოდენობა (მარწყვის შემთხვევაში), ღეროსა და ფოთლების ფერი, მცენარის მთლიანი სიგრძე ფესვების ჩათვლით, მცენარის წონა ნიადაგიდან ამოღების შემდეგ, ასევე სენსორული მახასიათებლები,

როგორიცაა ფერი, გემო და სუნი. სალათის შემთხვევაში, დამატებით იზომება მცენარის დიამეტრი.

ბ. საკვები ელემენტების ათვისება: საკვები ელემენტების ანალიზი ტარდება ფოთლების ნიმუშების აღების საფუძველზე, მცენარის ზრდის შუა პერიოდში. ანალიზი მოიცავს შემდეგ ელემენტებს: აზოტი (N), ფოსფორი (P), კალიუმი (K), კალციუმი (Ca), მაგნიუმი (Mg), რკინა (Fe), სპილენძი (Cu), მანგანი (Mn) და ცინკი (Zn).

მარწყვის შემთხვევაში, ნიმუშების აღების ოპტიმალური დროა აქტიური ზრდის პერიოდი, ყვავილობამდე და ნაყოფის ფორმირებამდე. დაახლოებით 10-15 ფოთოლი (100-150 გ) შემთხვევითობის პრინციპით იკრიფება სხვადასხვა მცენარის სხვადასხვა ნაწილიდან. ნიმუშების ტრანსპორტირება ხორციელდება ცივი ჯაჭვის პირობებში.

სალათის შემთხვევაში, ფოთლების ნიმუშები იკრიფება მოსავლის აღებამდე 2-4 კვირით ადრე. ასევე, სხვადასხვა მცენარის სხვადასხვა ნაწილიდან შემთხვევითობის პრინციპით იღებენ 10-15 ფოთოლს (100-150 გ) და გადააქვთ ცივი ჯაჭვის პირობებში.

გ. ნარჩენების ანალიზი: მძიმე ლითონების ნარჩენების არსებობაზე ანალიზი ტარდება ისეთი მეტალების გამოსავლენად, როგორიცაა სპილენძი (Cu), მერკური (Hg), ცინკი (Zn), რკინა (Fe), კალციუმი (Ca) და სხვა.

მარწყვის შემთხვევაში ნიმუშების აღება ხდება მოსავლის აღებამდე 3-7 დღით ადრე, როდესაც ფოთლებში მძიმე ლითონების დაგროვების ალბათობა ყველაზე მაღალია. დაახლოებით 10-15 ზედა ფოთოლი იკრიფება შემთხვევითი შერჩევის პრინციპით და ინახება ცივი ჯაჭვის პირობებში, ისეთი ჰიგიენური შესანახი მასალების გამოყენებით, როგორიცაა ყინულის ყუთები და დამცავი შეფუთვა.

სალათის შემთხვევაში ფოთლების ნიმუშები იკრიფება მოსავლის აღებამდე 2-4 კვირით ადრე, როდესაც ლითონების ათვისება ყველაზე მაღალია. დაახლოებით 10-15 ფოთოლი, დაახლოებით 100-150 გრამი, იკრიფება მცენარის სხვადასხვა ნაწილიდან შემთხვევითი შერჩევის პრინციპით. ნიმუშები ინახება მკაცრი ცივი ჯაჭვისა და ჰიგიენის პირობების დაცვით.

ნაწილი VI – ნიადაგის ნიმუშები

პროექტის ფარგლებში ნიადაგის ანალიზი მიმართულია ნიადაგის ნაყოფიერებისა და მიკრობული აქტივობის შეფასებაზე, საკვები ნივთიერებების შემცველობისა და pH-ის ანალიზის საშუალებით, მაკროწყალმცენარეებზე დაფუძნებული სასუქების გამოყენებამდე და გამოყენების შემდეგ. ასევე ფასდება ამ სასუქების გავლენა მიკრობულ ჯგუფებსა და საკვები ნივთიერებების ცირკულაციაზე, რაც იძლევა ნიადაგის ჯანმრთელობაზე მათი ზემოქმედების შესახებ მნიშვნელოვან ინფორმაციას.

VI.I.
ნიადაგის ნიმუშები და კვლევები

ექსპერიმენტში გამოსაყენებელი ნიადაგი აღებულია პროექტის ფარგლებში მოწყობილი სათბურის მიმდებარე ტერიტორიიდან (სურათი 30). დარგვამდე ნიადაგი წინასწარ მზადდება 1 სმ-იან საცერში გატარების გზით, რათა მოშორდეს დიდი ზომის ნაწილაკები. ნიადაგის ნიმუშები გროვდება როგორც ქოთნებში ნიადაგის მოთავსებამდე, ასევე მცენარეთა ზრდის დასრულების შემდეგ. ანალოგიურად, სათბურის ნიადაგში მოყვანილი მცენარეების შემთხვევაში, ნიადაგის ანალიზი ტარდება როგორც დარგვამდე, ასევე დარგვის შემდეგ.



სურათი 30. ნიადაგის მასალა სათბურში

ნიადაგის ნაყოფიერების შეფასება: ნიადაგის ნაყოფიერება ფასდება საკვები ელემენტების შემცველობისა და pH-ის ანალიზის საფუძველზე, მაკროწყალმცენარეებზე დაფუძნებული სასუქების გამო-

ყენებამდე და გამოყენების შემდეგ. ნიადაგის ნიმუშები (დაახლოებით 1000 გ) აღებულია 0-20 სმ სიღრმიდან როგორც დარგვამდე, ასევე მცენარეთა ზრდა-განვითარების დასრულების შემდეგ. pH დონე განისაზღვრება pH-მეტრის გამოყენებით, ხოლო ნიადაგში საკვები ელემენტების მდგომარეობის შესაფასებლად ტარდება ორგანული ნივთიერებების შემცველობის ანალიზი.

მიკრობული აქტივობა ნიადაგში: შეფასებულია მაკრონყალმცენარეებზე დაფუძნებული სასუქების გავლენა ნიადაგის მიკრობულ ჯგუფებსა და საკვები ელემენტების ცირკულაციაზე. მიკრობული ბიომასის საერთო რაოდენობის ზრდა მიუთითებს მიკროორგანიზმების რაოდენობის მატებაზე, მათი ბიოლოგიური აქტივობის გაძლიერებასა და მათთვის ხელსაყრელი გარემო პირობების გაუმჯობესებაზე. აღნიშნულ ზრდას, როგორც წესი, დადებითი გავლენა აქვს სოფლის მეურნეობის პროდუქტიულობაზე, გარემოს მდგომარეობასა და ეკოსისტემის ფუნქციონირებაზე. მიკრობული აქტივობის ანალიზი ტარდება თითოეული ჯგუფისთვის თითოეულ ეტაპზე, როგორც ექსპერიმენტის დაწყებამდე, ისე მისი დასრულების შემდეგ.

VI.II.
მცენარეთა მორწყვა

მორწყვა ხორციელდება მუნიციპალური წყალმომარაგების სისტემის გამოყენებით. სათბურის გარეთ მდებარე წყლის რეზერვუარის გამოსასვლელ ხაზთან დაკავშირებული ავტომატური სარწყავი სისტემა უზრუნველყოფს მორწყვას კლიმატური პირობების გათვალისწინებით. მორწყვის სიხშირე განისაზღვრება EC (ელექტროგამტარობის) მაჩვენებლის მიხედვით (მარწყვი: 1-2.5; სალათის ფურცლები: 1.5-3), ხოლო საშუალო pH შენარჩუნებულია დაახლოებით 6-ის დონეზე.

ნაწილი VII – სასუქები

კვლევისთვის მზადდება სასუქის სამი განსხვავებული სახეობა: თხევადი სასუქი, კომპოსტი და მყარი სასუქი. მომზადების შემდეგ, ტარდება სასუქების ანალიზი, მათი მცენარეთა ნიმუშებზე გამოყენებამდე.

VII.I.
თხევადი სასუქები

შეგროვებული მაკროწყალმცენარეები (*Ulva spp.*) სასუქის გამოყენების კვლევების დაწყებამდე 24 საათის განმავლობაში, +40°C ტემპერატურაზე გამდინარე წყალში ლბება. მაკროწყალმცენარეები ირეცხება გამდინარე წყლით მანამ, სანამ მარილიანობის დონე 1 PSU-ზე ქვემოთ არ დაიწევს. სასურველი მაჩვენებლების მიღწევის შემდეგ, რეცხვის პროცესი წყდება და იწყება შემდეგი ეტაპი.

ზღვის წყლიდან ამოღებული და წინასწარ დამუშავებული 0.5-1 სმ ზომის ნიმუშები შეერევა სუფთა წყალს 1:1 თანაფარდობით და მოთავსდება ფერმენტაციის ავზში (სურათი 31). აღნიშნული ავზი, რომელიც გამოყენებისათვის მზადდება, მანამდე არ ყოფილა გამოყენებული. გამოყენებულია მარტივი მასალები, როგორიცაა პლასტმასის კონტეინერები. შესაბამისად, არსებულ ფერმენტაციის ავზებში განხორციელდება გარკვეული მოდიფიკაციები, მათ შორის ჰაერის შეღწევის თავიდან ასაცილებლად, ჩამკეტი მექანიზმის დამონტაჟება.



სურათი 31. თხევადი სასუქის ავზი

ფერმენტაციის ავზში ტემპერატურა შენარჩუნებულია 22-26°C-ის ფარგლებში, ხოლო pH დონე უნდა იყოს დაახლო-

ებით 7. pH-ის მაჩვენებელი ავზზე განთავსებული სპეციალური სენსორის საშუალებით, მუდმივად კონტროლდება. საჭიროების შემთხვევაში, pH-ის დასარეგულირებლად, შესაძლებელია, შესაბამისი მჟავის, მაგალითად, KOH-ის დამატება. pH-ის ზუსტი რეგულირების მიზნით, რეკომენდებულია ქიმიკოსის კონსულტაცია. ფერმენტაციის ავზში არსებული მიქსერი მუშაობს 2 წუთის განმავლობაში, ყოველ 15-წუთიან ინტერვალში. ფერმენტაციის პერიოდი გრძელდება 30 დღე.

ფერმენტაციის დასრულების შემდეგ, თხევადი სასუქი გადაიტანება ბოთლებში და შეერევა სუფთა წყალს 1:5 თანაფარდობით (1 წილი სასუქი 5 წილ წყალზე). დულილის /ფერმენტაციის პროცესის შესაჩერებლად ბოთლებში დაემატება ნატრიუმის მეტაბისულფიტი (E223) (დოზით 5.5 გ/20 ლ) და კალიუმის მეტაბისულფიტი (დოზით 2 გ/10 ლ), როგორც ობისა და სოკოს გამრავლების ინჰიბიტორები. ფერმენტაციის ავზის გასაწმენდად გამოიყენება კალიუმის მეტაბისულფიტისა (20 გ/10 ლ) და ლიმონმჟავას (10 გ/10 ლ) ნარევი დეზინფექციის მიზნით. ნარევი თავსდება ფერმენტაციის ავზში და თავსახური ეხურება მსუბუქად, რათა გაზებს მიეცეთ გამოღწევის საშუალება. 30 წუთის შემდეგ ხსნარი გადაიწურება ავზიდან, გავლების გარეშე.

თხევადი სასუქი გამოიყენება სამი განსხვავებული კონცენტრაციით (1 მლ, 2 მლ და 3 მლ). მათი პირველი გამოყენება ხორციელდება მცენარეთა ქოთნებში ან ნიადაგში დარგვისთანავე. სასუქის შემდგომი შეტანა ხორციელდება 15-დღიანი ინტერვალებით, მცენარეთა განვითარების დასრულებამდე. თითოეული გამოყენებისას, თხევადი სასუქი ემატება 1 ლიტრ წყალს შესაბამისი კონცენტრაციით (1 მლ, 2 მლ და 3 მლ) და ხსნარი გამოიყენება როგორც ქოთნებში, ისე ღია ნიადაგში.

VII.II.
მყარი სასუქები

ზღვაში შეგროვების შემდეგ, ნიმუშები გადის წინასწარ დამუშავებას, რომელიც იწყება გაშრობის პროცესით, რათა ტენიანობა შე-

მცირდეს 10%-ზე დაბალ დონემდე (სურათი 32). შემდგომ ნიმუშები საფქვავი მოწყობილობის გამოყენებით, ფხვნილად იფქვება. მიღებული ფხვნილისგან მზადდება სასუქები 2.5 მმ და 3 მმ დიამეტრის გრანულების სახით. როგორც ფხვნილისებრი სასუქი, ასევე გრანულები ცალ-ცალკე იწმინდება.



სურათი 32. გაშრობის პროცესი ტემპერატურულად კონტროლირებად კამერაში

ანალიზის დასრულების შემდეგ, გამოიყენება პროპიონის მჟავა (95%), როგორც მყარი სასუქის ობისა და სოკოს საწინააღმდეგო საშუალება. დამუშავების შემდეგ, სასუქი ინახება დახურულ კონტეინერში 24 საათის განმავლობაში. მომდევნო დღეს კონტეინერის თავსახური იხსნება და სასუქი მზად არის გამოსაყენებლად. 1 კგ მყარ სასუქზე გამოიყენება 20 მლ წყლისა და 3 მლ პროპიონის მჟავის ნარევი.

მყარი სასუქის გამოყენება იწყება დარგვამდე ცოტა ხნით ადრე. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, თავდაპირველად, სასუქი შეაქვთ ნიადაგში, შემდეგ კი მცენარეს რგავენ. ფხვნილისებრი სასუქის შეტანის შემდეგ ნიადაგი მუშავდება 10 სმ სიღრმეზე. სასუქი ნიადაგში შეაქვთ 15-დღიანი ინტერვალებით, მცენარეთა განვითარების დასრულებამდე. საკონტროლო ქოთნებში სასუქი არ გამოიყენება. მეორე ქოთანში საწყისი დოზაა 1 გ სასუქი, მესამე ქოთანში – 3 გ, ხოლო მეოთხე ქოთანში – 5 გ. გრანულების სახით სასუქის გამოყენებისას ნიადაგი ზედაპირიდან 3-5 სმ სიღრმეზე მუშავდება. გრანულები ერთ ქოთანში ერთჯერადად შეიტანება და ნიადაგში თანაბრად აირევა. გრანულების გამოყენების რაოდენობა შეადგენს 3 გ-ს. მყარი სასუქები უშუალოდ მცენარის ფესვთა ზონაში შეიტანება.

VII.III.
კომპოსტი სასუქები

ზღვიდან შეგროვებისა და წინასწარი დამუშავების შემდეგ ნიმუშები იჭრება 1-3 სმ ზომის ნაწილებად (სურათი 33) და თავსდება ფერმენტაციისთვის განკუთვნილ მოწყობილობაში (სურათი 34), კომპოსტის მოსამზადებლად „ბოკაშის მეთოდის“ გამოყენებით. მომზადებული კომპოსტი ანალიზის შემდეგ გამოიყენება მცენარეებისთვის.

კომპოსტში ობისა და სოკოების ზრდის ინჰიბირებისთვის გამოიყენება პროპიონის მჟავა (95%). შესხურებით გამოყენების შემდეგ, კომპოსტი ინახება დახურულ კონტეინერში 24 საათის განმავლობაში. ამის შემდეგ კონტეინერის თავსახური იხსნება დამატებით 24 საათით, რათა კომპოსტმა მიიღოს ჰაერი და გამოსაყენებლად მზად იყოს. კომპოსტის სასუქი გამოიყენება დარგვისთანავე. სასუქის შემდგომი შეტანა მიმდინარეობს 15-დღიანი ინტერვალით, მცენარეთა განვითარების დასრულებამდე. საკონტროლო ქოთნებში სასუქი არ გამოიყენება. მეორე ქოთანში საწყისი დოზაა 1 გ, მესამე ქოთანში – 3 გ, ხოლო მეოთხე ქოთანში – 5 გ სასუქი.



სურათი 33. დაჭრილი მაკროწყალმცენარეების სურათი ნიმუშები



სურათი 34. ფერმენტაციის აპარატი

VII.IV.
სასუქების ანალიზი

მცენარეთა ნიმუშები სასუქის გამოყენებამდე გადის საფუძვლიან ანალიზს. ანალიზის ფარგლებში ფასდება როგორც თხევადი და მყარი სასუქები, ასევე კომპოსტი და მათი სხვადასხვა პარამეტრი.

თხევადი და მყარი სასუქების შემთხვევაში მოწმდება შემდეგი პარამეტრები: ტენიანობა, წვის შედეგად მიღებული დანაკარგი, pH, ელექტროგამტარობა (EC) და ისეთი აუცილებელი საკვები ნივთიერებების შემცველობა, როგორიცაა აზოტი (N), ფოსფორი (P), კალიუმი (K), კალციუმი (Ca), მაგნიუმი (Mg), რკინა (Fe), მანგანუმი (Mn), თუთია (Zn) და სპილენძი (Cu). გარდა ამისა, ასევე განისაზღვრება ალგინის მჟავის, გიბერელის მჟავის, ციტოკინინის და აუქსინის არსებობა.

კომპოსტის ანალიზი მოიცავს ტენიანობის შემცველობას, წვის შედეგად დაკარგული მასის, pH-ს, ელექტროქიმიური ეფექტის და აუცილებელი საკვები ნივთიერებების შემცველობის შეფასებას (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu). გარდა ამისა, განისაზღვრება ჰუმუსისა და ფულვომჟავების შემცველობა, ასევე ალგინის მჟავის, გიბერელის მჟავის, ციტოკინინებისა და აუქსინების არსებობა.

VII.V.
ქიმიური სასუქების გამოყენება (15N, 15P, 15K)

კვლევის პერიოდში, მაკროწყალმცენარეებზე დაფუძნებულ სასუქებთან ერთად, თითოეულ მცენარეზე ასევე გამოყენებული იქნება ქიმიური სასუქი. გამოყენებულ ქიმიურ სასუქს აქვს 15-15-15 შემადგენლობა (15% აზოტი, 15% ფოსფორი და 15% კალიუმი).

მარწყვის შემთხვევაში, დარგვამდე ქოთანში ან ნიადაგში 30 გრამი ქიმიური სასუქი შეაქვთ. მარწყვის დასარგავად ნიადაგს 10 სმ სიღრმეზე თხრიან. შემდეგ, კვლევის დასრულებამდე, ყოველ 30 დღეში ერთხელ შეაქვთ 15 გრამი ქიმიური სასუქი.

სალათის ფურცლების შემთხვევაში, დარგვისთანავე შეაქვთ 25 გრამი ქიმიური სასუქი. შემდგომში, ყოველ 15 დღეში ერთხელ, სანამ სალათის ფურცლები სრულად არ განვითარდება, შეაქვთ 15 გრამი სასუქი.

ნაწილი VIII – ბიოპლასტიკები

VIII.I.
ექსტრაქციის/ გამოყოფის პროცედურა

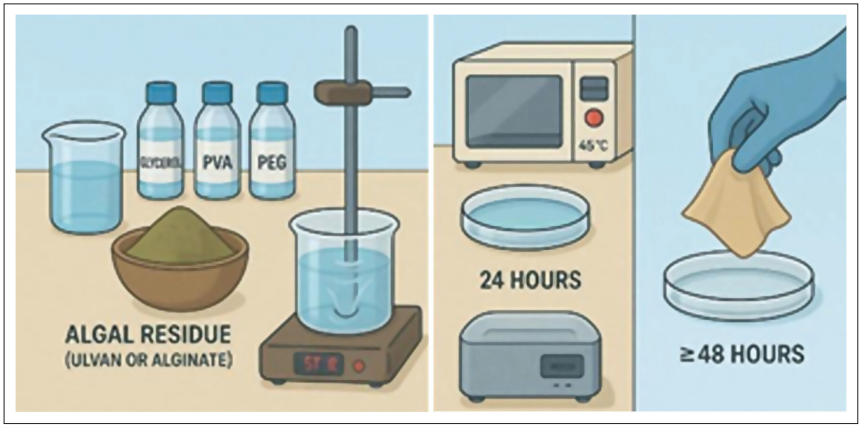
ბიომასა, ზომით 1-5 მმ, იხარშება კოლბაში გამოხდილ წყალთან ერთად ელექტრო გამათბობლის გამოყენებით, 30 წუთის განმავლობაში. შემდგომ კი წყალმცენარეების ნარჩენები 30 წუთის განმავლობაში იხარშება კოლბაში CaCl-ის ხსნარში (0.5% წონა/მოცულობა) ელექტრო გამათბობლის გამოყენებით. ამის შემდეგ, წყალმცენარის ბიომასას ემატება ნატრიუმის ქლორიდი (0.5% წონა/მოცულობა) და ნარევი იხარშება 60 წუთის განმავლობაში. საბოლოოდ, წყალმცენარეების ნარჩენები იხარშება Na_2CO_3 ხსნართან (5% წონა/მოცულობა) ერთად, 30 წუთის განმავლობაში, ინტენსიური შერევით. ნატრიუმის ალგინატი მიიღება იზოპროპილის სპირტის ან ეთილის სპირტის დამატებით, რის შემდეგაც მას გამოაშრობენ ელექტროღუმელში 50°C ტემპერატურაზე 28 საათის განმავლობაში.

VIII.II.
ბიოფირის მომზადება

ბიოფირების მომზადება იწყება წყალმცენარეთა ნარჩენების _ კერძოდ, ულვანის ან ალგინატის _ სხვადასხვა რაოდენობის ზუსტი განსაზღვრით, სასურველი ფირის თვისებების შესაბამისად. ეს ბიოპოლიმერები ძირითად ნედლეულს წარმოადგენს და თავდაპირველად, იხსნება გამოხდილ წყალში ერთგვაროვანი მასის მისაღებად. ბიოფირების ელასტიკურობის, მექანიკური სიმტკიცისა და საერთო მახასიათებლების გაუმჯობესების მიზნით, ხსნარში წინასწარ განსაზღვრული კონცენტრაციებით ემატება სხვადასხვა პლასტიფიკატორი, როგორიცაა გლიცერინი, პოლივინილის სპირტი (PVA), პოლიეთილენგლიკოლი (PEG) ან სხვა პოლიმერები, რომლებიც ლიტერატურაში ხშირად გვხვდება, მაგალითად, ცელულოზის წარმოებულების სახით.

ნარევი ექვემდებარება უწყვეტ შერევას მაგნიტური ან მექანიკური შემრევის საშუალებით, რათა უზრუნველყოფილ იქნას ყველა კომპონენტის სრულფასოვანი განაწილება და თავიდან იქნას აცილებული პოლიმერული ჯაჭვური აგრეგაცია. შერევის პროცესი ხორციელდება კონტროლირებად ტემპერატურაზე, რომელიც შეიძლება განსხვავდებოდეს კონკრეტული პროტოკოლის მიხედვით, თუმცა, ძირითადად, მერყეობს ოთახის ტემპერატურიდან საშუალო ტემპერატურამდე, რაც ხელს უწყობს ხსნარის სრულ გახსნას და ჰომოგენიზაციას.

ჰომოგენიზაციის ამ ეტაპის შემდეგ, მომზადებული ხსნარი ფრთხილად ისხმება ან თავსდება სპეციალურ ლაბორატორიულ ჭურჭელში („პეტრის თასი“) თანაბარი და სწორი ფენის წარმოსაქმნელად, რომელიც ბიოფირის ფორმად (ყალიბად) გამოიყენება. შემდეგ „პეტრის ჭურჭელი“ თავსდება 45°C ტემპერატურაზე გახურებულ საშრობ ღუმელში, სადაც გამხსნელი საშუალება (წყალი) თანდათან ორთქლდება 24 საათის განმავლობაში. გაშრობის ეს პროცესი იწვევს სპეციალური ლაბორატორიული ჭურჭლის ზედაპირზე თხელი, ერთგვაროვანი ბიოფირების წარმოქმნას.



სურათი 35. ბიოფირების მომზადება

ფირების სრულად გაშრობის შემდეგ, ისინი ფრთხილად სცილდება პეტრის თასებს, რათა თავიდან იქნას აცილებული მათი დაზიანება ან გახევა. ფიზიკური თვისებების სტაბილიზაციისა და ნარჩენი ტენიანობის მოსაშორებლად, ბიოფირები მინიმუმ 48 საათის განმავლობაში ინახება კონტროლირებად გარემოში მუდმივი ტემპერატურისა და ფარდობითი ტენიანობის პირობებში. კონდიცირების ეს ეტაპი გადამწყვეტია ბიოფირის მახასიათებლების რეპროდუცირებადობის და სანდოობის უზრუნველსაყოფად შემდგომი ტესტირების ან გამოყენების პროცესში (სურათი 35).

VIII.III.
ფირის მახასიათებლები

მიღებული ბიოპლასტიკების მახასიათებლები და შეფასება განხორციელდება რიგი დეტალური ტესტების მეშვეობით, რომლებიც მიზნად ისახავს მათი ფიზიკური, ოპტიკური, მექანიკური, მორფოლოგიური, თერმული და ბიოდეგრადირებადობის თვისებების სრულფასოვან შეფასებას.

ეს ანალიზები კრიტიკულად მნიშვნელოვანია არა მხოლოდ წყალმცენარეების საფუძველზე დამზადებული ბიოპლასტიკების საერთო ხარისხისა და მახასიათებლების განსაზღვრისთვის, არამედ მათი ტრადიციული ნავთობპროდუქტებიდან მიღებული პლასტიკებთან პირდაპირი შედარების მიზნისათვის.

ამ გზით კვლევა მიზნად ისახავს, აჩვენოს ბიოპლასტიკების მდგრადი საზღვაო ბიომასისგან წარმოების ტექნიკური შესაძლებლობები და ეკოლოგიური უპირატესობები, ასევე ხაზი გაუსვას მათ პოტენციურ წვლილს მზარდი მწვანე ტექნოლოგიების ბაზარზე.

ფიზიკური მახასიათებლები: ძირითადი ფიზიკური მახასიათებლები განისაზღვრება ბიოფირების სტრუქტურული მთლიანობისა და გარემო პირობებში გამძლეობის შესაფასებლად. სისქე განისაზღვრება ზუსტი მიკრომეტრების ან სისქის საზომი ხელსაწყოების გამოყენებით, რათა უზრუნველყოფილ იქნას მისი ერთგვაროვნება. ხსნადობის ტესტები აფასებს და სწავლობს ფირის მდგრადობას

წყლისა და სხვა გამხსნელების მიმართ, რაც მიუთითებს მის ვარგისიანობაზე სხვადასხვა გამოყენებისთვის. წყლის ორთქლის გამტარობის (WVP) და წყლის ორთქლის გადაცემის სიჩქარის (WVTR) განსაზღვრა ტარდება ფირის ტენიანობის გადაცემის მიმართ ბარიერული თვისებების დასადგენად. ეს თვისებები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია შესაფუთი მასალების გამოყენებისას. ტენიანობის ანალიზი განსაზღვრავს ბიოპლასტიკებში შენარჩუნებული წყლის რაოდენობას, რაც მნიშვნელოვან პარამეტრად ითვლება, რადგან ის გავლენას ახდენს მის მექანიკურ და ბარიერულ თვისებებზე.

ოპტიკური მახასიათებლები: ფირების ვიზუალური ხარისხი და სინათლესთან ურთიერთქმედების მახასიათებლები ფასდება გამჭვირვალობის, გაუმჭვირვალობისა და სინათლის გამტარობის მნიშვნელობების გაზომვით შესაბამის ტალღის სიგრძეებზე სპექტროფოტომეტრიის გამოყენებით. ეს თვისებები მნიშვნელოვანია იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა ფირის სპეციფიკური ოპტიკური გამჭვირვალობა ან სინათლის ბლოკირების უნარი, მაგალითად, საკვების შესაფუთ მასალებში ან სასოფლო-სამეურნეო ფირებში.

მექანიკური მახასიათებლები: მექანიკური ტესტები ტარდება უნივერსალური ტესტირების დანადგარის გამოყენებით, რათა განისაზღვროს ფირების დაჭიმვის სიმტკიცე, გაწყვეტამდე გაწელვადობა და იანგის მოდული. დაჭიმვის სიმტკიცე მიუთითებს იმ მაქსიმალურ დატვირთვაზე, რომელსაც ბიოპლასტიკური ფირი გაწყვეტამდე უძლებს; გაწყვეტამდე გაწელვადობა ასახავს ფირის დრეკადობასა და ელასტიკურობას, ხოლო იანგის მოდული ასახავს მის სიმტკიცესა და ელასტიკურობას. ეს პარამეტრები კრიტიკულად მნიშვნელოვანია ბიოპლასტიკების გამძლეობისა და ეფექტურობის შესაფასებლად პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით.

მორფოლოგიური კვლევა: ბიოპლასტიკების ქიმიური შემადგენლობისა და ზედაპირის მორფოლოგიის შესასწავლად გამოიყენება თანამედროვე ანალიტიკური მეთოდები. ფურიეს გარდაქმნის ინფრაწითელი (FTIR) სპექტროსკოპია გამოიყენება ფუნქციური ჯგუფებისა და ქიმიური ბმების იდენტიფიცირებისთვის, რაც გვა-

წვდის ინფორმაციას ფირის მოლეკულური სტრუქტურისა და მასში მიმდინარე ურთიერთქმედებების შესახებ. ველის ემისიის სკანირების ელექტრონული მიკროსკოპია (FE-SEM) ავლენს ზედაპირის დეტალურ ტოპოგრაფიას და მიკროსტრუქტურულ მახასიათებლებს, ხოლო ატომური ძალის მიკროსკოპია (AFM) გვაწვდის ნანომასშტაბის ზედაპირის უხეშობისა და ტექსტურის შესახებ ინფორმაციას. რენტგენის დიფრაქციული (XRD) ანალიზი ტარდება ბიოპლასტიკური მასალების კრისტალური სტრუქტურისა და ფაზური შემადგენლობის განსაზღვრისთვის, რაც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მათ მექანიკურ და თერმულ თვისებებზე.

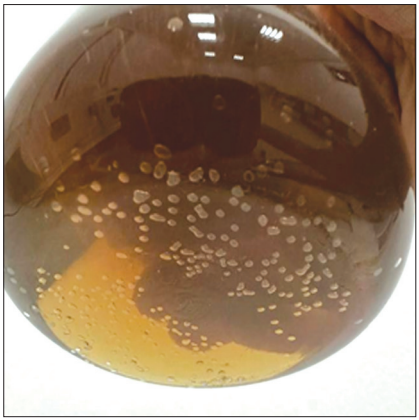
თერმული თვისებები: თერმოგრავიმეტრული ანალიზი (TGA) ტარდება ბიოპლასტიკების თერმული სტაბილურობისა და დაშლის მახასიათებლების შესაფასებლად. ეს მეთოდი განსაზღვრავს მასის დაკარგვას ტემპერატურული ფუნქციის მიხედვით, რაც გვაწვდის მნიშვნელოვან ინფორმაციას თერმული დეგრადაციის პროცესებისა და იმ ტემპერატურული დიაპაზონების შესახებ, რომლებშიც ბიოპლასტიკები ინარჩუნებენ სტრუქტურულ მთლიანობას.

ბიოდეგრადირებადობა: ბიოპლასტიკების გარემოზე ზემოქმედება და მდგრადობა ფასდება ნიადაგში ჩამარხვის ტესტების საშუალებით, სადაც ნიმუშები თავსდება ბუნებრივ ნიადაგში და დროთა განმავლობაში, ხდება მათი დეგრადაციის მონიტორინგი. ეს ტესტი იძლევა ემპირიულ/გამოცდილ მტკიცებულებას ბიოდეგრადაციის სიჩქარესა და იმაზე, თუ რამდენად შეიძლება ბიოპლასტიკური მასალები დაიშალოს მიკრობული აქტივობის შედეგად, რაც მათ ადასტურებს, როგორც ეკოლოგიურად უსაფრთხო ალტერნატივებს სინთეზურ პლასტმასებთან შედარებით.

VIII.IV.
გამოყოფის მეთოდები

ალგინატის ექსტრაქცია/გამოყოფა

ბლენდერში დაფქული წყალმცენარეების ბიომასა (20 გ) ერევა 200 მლ გამოხდილ წყალს ლაბორატორიულ ჭიქაში და თბება 50°C-



სურათი 36. ალგინატის ექსტრაქცია

ზე 30 წუთის განმავლობაში. ნარევი იფილტრება და დარჩენილი წყალმცენარეების ნარჩენი მუშავდება 300 მლ კალციუმის ქლორიდის ხსნარით (0.5%, წონა/მოცულობა) 50°C ტემპერატურაზე 30 წუთის განმავლობაში. ფილტრაციის შემდეგ, ემატება 300 მლ ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარი (0.5%, წონა/მოცულობა) და ნარევი თბება 50°C ტემპერატურაზე 60 წუთის განმავლობაში. მიღებული ხსნარი კვლავ იფილტრება, ხოლო წყალმცენარის ნარჩენი მუშავდება 100 მლ ნატრიუმის კარბონატის ხსნარით (5%, წონა/მოცულობა) 50°C ტემპერატურაზე 30 წუთის განმავლობაში, ინტენსიური მექანიკური შერევით. ფილტრატს ემატება ეთილის სპირტი ნატრიუმის ალგინატის დალექვის მიზნით, ხოლო მიღებული პროდუქტი შრება ელექტროლუმელში 50°C ტემპერატურაზე 28 საათის განმავლობაში (სურათი 36).

ულვანის გამოყოფის პროცესის წინასწარი დამუშავება

ულვანი მიიღება მწვანე წყალმცენარიდან ცხელი წყლით ექსტრაქციის მეთოდის გამოყენებით. ექსტრაქციამდე ტარდება წინასწარი დამუშავება ლიპიდების, პიგმენტებისა და დაბალმოლეკულური ნაერთების, როგორიცაა ფენოლები, თავისუფალი შაქრები და ამინომჟავები, მოსაშორებლად. გასუფთავებული და გამხმარი, ბლენდერში დაფქული წყალმცენარეები მუშავდება ეთილის სპირტით სოქსლეტის/Soxhlet ექსტრაქტორის გამოყენებით, 24 საათის განმავლობაში. შორდება ზედაპირული სითხე და ნიმუშები კვლავ შრება 40°C ტემპერატურაზე 48 საათის განმავლობაში, რის შემდეგაც ინახება ცხელი წყლით ექსტრაქციის პროცესისთვის.

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

AAS (ატომური შთანთქმის სპექტროფოტომეტრია): გამოიყენება ლითონების კონცენტრაციების განსაზღვრისთვის.

ანალიტიკური სასწორი: გამოიყენება ნიმუშების ზუსტი მასის გასაზომად.

ატომურ-ძალოვანი მიკროსკოპია: გამოიყენება ბიოფირების ზედაპირული თვისებების ნანომასშტაბურად შესწავლისათვის.

ავტომატური სარწყავი სისტემა: არეგულირებს მცენარეებისთვის წყლის მიწოდებას.

საშრობი ქაღალდი: გამოიყენება გასუფთავებული ნიმუშებიდან ზედმეტი წყლის მოსაშორებლად და გასაშრობად.

დულილისთვის განკუთვნილი კოლბა: გამოიყენება წყალმცენარეების ბიომასის ადუღებისთვის დამუშავების პროცესში.

ცივი ჯაჭვის სისტემური მოწყობილობა: გულისხმობს ყინულის ყუთებს და მაცივრით ტრანსპორტირებას ნიმუშის მთლიანობის შესანარჩუნებლად.

კონცენტრირებული HNO_3 (აზოტმჟავა): გამოიყენება ნიმუშების მჟავიანობის გასაზრდელად, რათა თავიდან იქნას აცილებული ლითონების დალექვა და შენარჩუნდეს ნიმუშის მთლიანობა.

გამოხდილი წყალი: გამოიყენება შეგროვებული ნიმუშების გასარეცხად და ზედაპირული უცხო ნაწილაკების მოსაშორებლად.

ელექტროგამტარობის (EC) საზომი ხელსაწყოები: გამოიყენება ელექტროგამტარობის დონის განსაზღვრისთვის სარწყავი წყლის სიხშირის რეგულირებისთვის.

ელექტრო გამათბობელი: გამოიყენება კოლბაში სითბოს მისაწოდებლად.

ველის ემისიის სკანირების ელექტრონული მიკროსკოპი (SEM): გამოიყენება ბიოფირების ზედაპირული სტრუქტურის შესასწავლად.

მოთუთიებული/გალვანიზებული მავთულის ხუთი რიგი: გამოიყენება სათბურის კონსტრუქციის გამაგრებისათვის. **ფორ-**

მალდეჰიდისა და ზღვის წყლის ხსნარი (2-5%): გამოიყენება მაკროწყალმცენარეების ნიმუშების შენახვისა და შენარჩუნებისთვის.

ფურიეს გარდაქმნის ინფრაწითელი (FTIR) სპექტროსკოპია: გამოიყენება წარმოებული ბიოპლასტიკების ქიმიური სტრუქტურის ანალიზისთვის.

საყინულე: გამოიყენება ნალექის ნიმუშების შესანახად, რათა შენარჩუნდეს მათი მთლიანობა ანალიზამდე.

მოთუთიებული მილები: გამოიყენება სათბურის ძირითადი კარკასისა და საყრდენი სისტემის ასაშენებლად, რაც უზრუნველყოფს სიმტკიცეს და მდგრადობას ქარის ძალების მიმართ.

სათბური: გამოიყენება მცენარეთა ზრდისთვის კონტროლირებადი გარემოს უზრუნველსაყოფად, რომელიც დაცულია გარე ამინდის პირობებისგან.

ინდუქციურად დაწყვილებული პლაზმური მასის სპექტრომეტრია (ICP-MS): გამოიყენება ლითონის კონცენტრაციების ანალიზისთვის.

იზოპროპილის სპირტი ან ეთილის სპირტი: გამოიყენება წყალმცენარეების ნარჩენებისგან ნატრიუმის ალგინატის მისაღებად.

ლითონის პროფილები კარებისთვის: გამოიყენება სათბურის კარების ჩარჩოების შესაქმნელად.**მიკროსკოპი:** გამოიყენება მაკროწყალმცენარეების სახეობების ამოსაცნობად მიკროსკოპული კვლევის საშუალებით.

მიკროტალღური გადამუშავების მოწყობილობა: გამოიყენება ნიმუშების დასაშლელად, სადაც სითბოსა და წნევის გამოყენებით იშლება ორგანული მასალა და გამოიყოფა ლითონები ანალიზისთვის

მორტარი და ფილთაქვა: გამოიყენება გამშრალი მაკროწყალმცენარეების ნიმუშების წვრილ ფხვნილად დასაფქვავი ქიმიური ანალიზისთვის.

მოტორიზებული საცერი შემრევი: გამოიყენება გამხმარი ნალექის ნიმუშების გასაფილტრად.

მრავალპარამეტრული მოწყობილობა: გამოიყენება ადგილზე ფიზიკური პარამეტრების, როგორიცაა pH, ტემპერატურა, მარილიანობა და გახსნილი ჟანგბადი, გასაზომად.

ღუმელი: გამოიყენება ნიმუშების გასაშრობად.

პეტრის ჭურჭელი: გამოიყენება წყალმცენარეების ნარჩენებისა და პლასტიფიკატორების ხსნარის გასანაწილებლად ბიოფილმების მისაღებად.

pH-ის მრიცხველი: გამოიყენება pH-ის დონის გასაზომად.

pH-მეტრი: გამოიყენება pH-ის მნიშვნელობის გასაზომად.

პლასტიკური ჩანთები: გამოიყენება შეგროვებული ნიმუშების დროებით შესანახად ტრანსპორტირების დროს.

პლასტიკური საფარი (სათბურის ფირი/საფარი): გამოიყენება სათბურში მცენარეების ულტრაიისფერი სხივებისა და გარემო ფაქტორებისგან დასაცავად.

პლასტმასის ქილები: გამოიყენება ნიმუშების გადასატანად და შესანახად.**პლასტიფიკატორები (გლიცეროლი, პოლივინილ სპირტი, პოლიეთილენგლიკოლი, ცელულოზა):** გამოიყენება წყალმცენარეების ნარჩენებისგან ბიოფილმებისა და ბიოპლასტიკების დასამზადებლად.

ქოთნები: გამოიყენება სათბურში მცენარეების გასაზრდელად.

კვადრატი (Quadrat): გამოიყენება მაკროწყალმცენარეების ნიმუშების შეგროვების და აღების არეალის განსაზღვრისთვის. **ნიმუშების შეგროვებისა და ტრანსპორტირების კონტეინერები:** გამოიყენება ტრანსპორტირების დროს ნიმუშების სათანადოდ შენახვისა და შენარჩუნების უზრუნველსაყოფად.

სკანირებადი ელექტრონული მიკროსკოპი (SEM): გამოიყენება ბიოპლასტიკების ზედაპირის მორფოლოგიის შესასწავლად.

ჰერმეტულად დახურული კონტეინერები: გამოიყენება მჟავით დამუშავებული ზღვის წყლის ნიმუშების შესანახად ლაბორატორიაში ტრანსპორტირების დროს.

ზღვის წყლის შესაგროვებელი კონტეინერები: გამოიყენება ზღვის წყლის ნიმუშების შესაგროვებლად.

ნერგები/თესლი: გამოიყენება დარგვისთვის.

სენსორული შეფასების საშუალებები: გამოიყენება ბოსტნეულის ფერის, გემოსა და სუნის შესაფასებლად.

სრიალა კარები: გამოიყენება სათბურში მარტივი შესვლისა და სათანადო ვენტილაციის უზრუნველსაყოფად.

ნატრიუმის ქლორიდი (0.5% წონა/მოცულობა): გამოიყენება წყალმცენარეების ბიომასის დასამუშავებლად ბიოფირებისა და ბიოპლასტმასების დამზადების პროცესში.

ნიადაგიდან ნიმუშის აღების ხელსაწყოები: ნიადაგიდან ნიმუშების შესაგროვებელი ხელსაწყოები მცენარის ზრდამდე და ზრდის შემდეგ.

ნიადაგის საცერი მოწყობილობა: გამოიყენება დარგვამდე ნიადაგის მოსამზადებლად, დიდი ნაწილაკების მოსაშორებლად.

ნიადაგი: გამოიყენება მცენარეების ზრდის უზრუნველსაყოფად.

ნიადაგში ჩამარხვის ტესტი: გამოიყენება ბიოპლასტიკების ნიადაგში დაშლის (ბიოდეგრადაციის) ხარისხისა და სიჩქარის შესაფასებლად.

სპატულა: გამოიყენება მაკროწყალმცენარეების ხელით შეგროვებისთვის იმ ზედაპირიდან, რომელზეც ისინი იზრდებიან.**თერმოგრავიმეტრიული ანალიზატორი (TGA):** გამოიყენება წარმოებული ბიოპლასტიკების თერმული სტაბილურობის შესაფასებლად.

ვერტიკალური საყრდენი მილები და ჯვარედინი გზით გადაწნული მილები: გამოიყენება სათბურის კონსტრუქციის სტრუქტურული სტაბილურობის გასაძლიერებლად.

წყლის რეზერვუარი და გამომავალი მილი: სარწყავი წყლის წყარო, რომელიც მდებარეობს სათბურის გარეთ და დაკავშირებულია სარწყავ სისტემასთან.

სასწორები: გამოიყენება ნიადაგიდან ამოღებული მცენარის წონის განსასაზღვრად.

რენტგენის დიფრაქციული (XRD) ანალიზი: გამოიყენება ბიოფირების კრისტალური და მოლეკულური სტრუქტურის დასადგენად.

ბიბლიოგრაფია

ბუიაჯრა, ბ. ბ., გელაი, მ., დაუდი, მ., ბეჰმენე, ი. ე. და ბუიაჯრა, მ. ე. ა. ბ. (2021). ინვაზიური სახეობის *Caulerpa cylindracea Sonder, 1845* გავლენა ალჟირის დასავლეთ სანაპიროს წყალმცენარეების ფლორაზე. ბიომრავალფეროვნების მონაცემების ჟურნალი, *9*, e63617. https://doi.org/10.3897/BDJ.9.e63617

ÇŞB-ÇEDİDGM & TÜBİTAK-MAM. (2017). ზღვის მონიტორინგის სახელმძღვანელო პრინციპები, გებზე-ქოჯაელი.

ფერნანდეს-ალაესი, კ. და ფერნანდეს-ალაესი, მ. (2011). მაკროწყალმცენარეებისა და წყლის ფარულთესლოვანი კულტურის მცენარეთა ქსოვილებში ნუტრიენტების კონცენტრაციის სეზონური ცვლილებები ხმელთაშუა ზღვის ტბორებში (ჩრდილო-დასავლეთ ესპანეთი). *ფუნდამენტური და გამოყენებითი ლიმნოლოგია, 179(3), 179-192. https://doi.org/10.1127/1863-9135/2011/0179-0179*

Setthamongkol, P., Tunkijjanukij, S., Satapornvanit, K., & Salaenoi, J. (2015). ზრდისა და საკვები ნივთიერებების ანალიზი ზღვის მაკრო წყალმცენარეებში. სოფლის მეურნეობა და ბუნებრივი რესურსები, 49(2), 211-218. https://doi.org/10.1016/j.anres.2015.06.006

სრიჯაია, თ. ს., პრადიპი, პ. ჯ. და ჩატერჯი, ა. (2010). ზღვის წყალმცენარეების ექსტრაქტის, როგორც ორგანული სასუქის, გავლენა შავი მდოგვის მცენარის ზრდის გაძლიერებაზე. სანაპირო კვლევის ჟურნალი, 1, 137-150. https://doi.org/10.2112/JCR-SI1-137-150



პროექტის დასახელება

მაკროწყალმცენარეების ყვავილობის კვლევა,
გაწმენდის მეთოდოლოგიები, ეკონომიკური ვალორიზაცია
(ფასთა ზრდა) და პილოტური გამოყენება

სინოპის უნივერსიტეტი, მეთევზეობის ფაკულტეტი

აკლიმან მევკიი აბალი კოიუ 57000, სინოპი/თურქეთი
+90 368 287 6254
suf@sinop.edu.tr

გამოცემის თარიღი

სექტემბერი 2025 წ.

ამ დოკუმენტზე პასუხისმგებლობა სრულად ეკისრება ავტორებს.
ამ დოკუმენტის შინაარსი აუცილებლად არ ასახავს ევროკავშირის
ოფიციალურ პოზიციას. კვლავწარმოება ნებადართულია,
იმ პირობით, რომ მითითებული იქნება როგორც წყარო,
ასევე ნებისმიერი სხვა ცვლილება.