

სადისერტაციო ნაშრომის სათაური

ლურჯ მოცვზე ასოცირებული ზოგიერთი ერიკოიდული მიკორიზული სოკოს
პოტენციალის შესწავლა სხვადასხვა სახის მულჩირების პირობებში

დისერტანტის სახელი და გვარი

ემელიანე კილაძე

სადისერტაციო ნაშრომი წარდგენილია საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის
სადისერტაციო საბჭოზე აგრარულ მეცნიერებათა დოქტორის ხარისხის მოსაპოვებლად

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ნანა ბიწაძე, დოქტორი

სამეცნიერო თანახელმძღვანელი: ტობიას ვოიჩეჰოვსკი, დოქტორი

სამეცნიერო კონსულტანტი: ელენა მარტინო, დოქტორი

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

თბილისი. 2024 წელი

ავტორის დეკლარაცია

„როგორც წარმოდგენილი სადოქტორო დისერტაციის ავტორი, ვაცხადებ, რომ ჩემი დისერტაცია წარმოადგენს ორიგინალურ ნაშრომს და მასში სხვა ავტორების აქამდე გამოქვეყნებული, გამოსაქვეყნებლად მიღებული ან დასაცავად წარდგენილი მასალები გამოყენებულია ციტირების სათანადო წესების დაცვით.“

სახელი, გვარი (ხელმოწერა)

ემელიანე კილაძე

თარიღი: 14 ნოემბერი 2024

აბსტრაქტი

ლურჯი მოცვი საქართველოსთვის ახალი სამრეწველო კულტურაა, რომლის ზრდა-განვითარებაზე გავლენას ახდენს არაერთი ფაქტორი.

სადისერტაციო კვლევა ეძღვნება ლურჯი მოცვის (*Vaccinium corymbosum* L.) ორი ჯიშზე „ლეგასზე“ და „დიუკზე“ ორგანული და არაორგანული მულჩირების სხვადასხვა მეთოდის და ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ორი სახეობის (*Oidiodendron maius* (D.J. Read) და *Hyaloscypha hepaticicola* (G.L. Barron)) გავლენის შესწავლას.

ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ გარემო ფაქტორები, მათ შორის ტემპერატურა, მჟავიანობა (pH), ტენიანობა და საკვები წყაროები, მნიშვნელოვნად მოქმედებენ სოკოების ზრდაზე, ხოლო მულჩირება ხელს უწყობს ლურჯი მოცვის ფესვების გამიკორიზიანებას და ზრდას.

სოკოების და ლურჯი მოცვის ურთიერთქმედებამ გამოავლინა, რომ „ლეგასი“ და „დიუკი“ ჯიშებზე სოკოებმა გარკვეული განსხვავებული გავლენა მოახდინეს, მაგალითად, „დიუკის“ შემთხვევაში, სოკოებმა მნიშვნელოვნად გააუმჯობესა აზოტისა და ფოსფორის ათვისება. მულჩირების სხვადასხვა ფორმამ ნიადაგში საკვები ელემენტების, ორგანული ნივთიერებების და მცენარის ბიომასის ზრდა გამოიწვია, ხოლო ფესვების გამიკორიზიანების მაჩვენებელი დამოკიდებული იყო მულჩირების ტიპზე.

შედეგები ხაზს უსვამს ერიკოიდული მიკორიზული სოკოებისა და მულჩირების დადებით როლს ლურჯი მოცვის ჯანსაღი ზრდისა და ნიადაგის ხარისხის გაუმჯობესებისთვის, რაც მნიშვნელოვანია მდგრადი სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკის განვითარებისთვის.

საძიებო სიტყვები: 1. მცენარეთა ფენოტიპირება 2. კონტროლირებადი გარემო 3. სავსე ექსპერიმენტი 4. ლაბორატორიული ექსპერიმენტი 5. სიმბიოზური ურთიერთკავშირი

Abstract

Study of the Potential of Some Ericoid Mycorrhizal Fungi Associated with Blueberries under Different Mulching Conditions

Blueberry is a new industrial crop for Georgia, and its growth and development are influenced by various factors.

The dissertation research is dedicated to studying the effects of various organic and inorganic mulching methods and two species of ericoid mycorrhizal fungi (*Oidiodendron maius* (D.J. Read) and *Hyaloscypha hepaticicola* (G.L. Barron)) on two cultivars of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.), "Legacy" and "Duke." The experiments demonstrated that environmental factors, including temperature, pH, humidity, and nutrient sources, significantly influence fungal growth, while mulching supports the mycorrhization and growth of blueberry roots.

The interaction between the fungi and blueberry plants revealed distinct effects on the "Legacy" and "Duke" cultivars; for instance, in the case of "Duke," the fungi notably enhanced nitrogen and phosphorus uptake. Different mulching types contributed to increased mineral content, organic matter, and plant biomass in the soil, while the mulching type influenced the rate of root mycorrhization.

The results emphasize the positive role of ericoid mycorrhizal fungi and mulching in promoting the healthy growth of highbush blueberry and improving soil quality, which is essential for the development of sustainable agricultural practices.

Key Words: 1. Plant Phenotyping 2. Control Environment 3. Field Experiment 4. Laboratory Experiment 5. Symbiotic Relationship

ხელმძღვანელი, სახელი და გვარი /ხელმოწერა/

ნანა ბიჭაძე /

მადლობა

მადლობა ორეგონის შტატის უნივერსიტეტს რომელმაც მომცა საფუძველი და მოტივაცია დამეწყო კვლევა ლურჯი მოცვის შესახებ. ორეგონის შტატის უნივერსიტეტში მიღებული განათლება სასარგებლო იყო ასევე დისერტაციის კვლევისას ლურჯი მოცვის ფიზიოლოგიასთან დაკავშირებული სხვადასხვა საკითხის გადასაწყვეტად, ისეთი საკითხების როგორიცაა მაგალითად ლურჯი მოცვის ჯიშები და მულჩირების სხვადასხვა ვარიანტები. ასევე, მადლობა ორეგონის შტატის უნივერსიტეტის პროფესორს დოქტორ დევიდ ბრაილას, რომელმაც დოქტორ ბერნადინ სტრიქთან ერთად პირველად მასწავლა ლურჯი მოცვის ფიზიოლოგია, ამასთანავე დოქტორი დევიდ ბრაილა მიწევდა კონსულტაციას სადისერტაციო კვლევის წარმატებით განხორციელებაში და მნიშვნელოვანად დამეხმარა სადისერტაციო კვლევის შედეგების დისემინაციაში, როგორც საკონფერენციო ნაშრომის სახით, ასევე სტატიის სახით.

მადლობა კომპანია „ლურჯ ბაშს“ რომლის თანადამფუძნებელი და დირექტორი ვიყავი, დღეისათვის კი ვარ კომპანიის კონსულტანტი სამეცნიერო და ტექნოლოგიურ საკითხებში. კომპანიამ ხელი შემიწყო როგორც მატერიალურად, ასევე, არამატერიალურად სადისერტაციო კვლევის განხორციელებაში, მათ შორის მომცა შესაძლებლობა განმეხორციელებია საველე ექსპერიმენტი კომპანიის კუთვნილ ლურჯი მოცვის პლანტაციაში.

მადლობა საქართველოს აგრარულ უნივერსიტეტს, სადოქტორო სკოლასა და მის ხელმძღვანელს ქალბატონ ნატო კობახიძეს სადისერტაციო კვლევის წარმატებით განხორციელებაში ხელშეწყობისთვის და არაერთი რჩევისთვის. ამასთანავე, მადლობა აგრარული უნივერსიტეტის სადოქტორო სკოლას სხვადასხვა სალექციო კურსის შემოთავაზებისთვის, განსაკუთრებით ბატონ ზაზა მეტრეველს, რომელმაც მასწავლა სადისერტაციო კვლევის მომზადების ტექნიკა და ქალბატონ მაკა მურვანიძეს სამეცნიერო პროექტების მენეჯმენტის სწავლებისთვის. სალექციო კურსები (აკადემიური წერა,

სწავლება უმაღლესი განათლების სისტემაში და რაოდენობრივი კვლევის მეთოდები) დამეხმარა სადისერტაციო ნაშრომის მომზადებასა და გაფორმებაში. ასევე, მადლობა ა(ა)იპ „ცოდნის ფონდს“, სადოქტორო კვლევის მასალების საერთაშორისო კონფერენციაზე დისემინაციის მიზნით ფინანსური მხარდაჭერისთვის. მადლობა საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის მიკოლოგიისა და მცენარეთა პათოლოგიის ლაბორატორიის თანამშრომლებს, რუსუდან ხაზარაძეს, გიორგი ჭაბაშვილის, მარიამ ქეჭიშვილს და ნინო გორგაძეს და ბოტანიკის ინსტიტუტის სპოროვანი მცენარეებისა და სოკოების განყოფილების გამგეს, ასოცირებულ მკვლევარს, ანგელინა ჯორჯაძეს, კვლევის სხვადასხვა ეტაპის წარმატებით განცხორციელებაში დახმარებისთვის.

მადლობა შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდს სადოქტორო კვლევის დაფინანსებისთვის. ორი წლის განმავლობაში - კვლევა [PHD-22-410] განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით.

მადლობა გერმანულ კომპანია ბაიერს, გერმანიაში, იულიხის კვლევით ცენტრში, დედამიწის შემსწავლელ ინსტიტუტში მცენარეთა მეცნიერების-ფენოტიპირების მიმართულებით, სადისერტაციო კვლევის განხორციელებისთვის მნიშვნელოვანი ფინანსური დახმარებისთვის და ამავე ცენტრის დედამიწის შემსწავლელი ინსტიტუტის მცენარეთა მეცნიერების-ფენოტიპირების ინსტიტუტის თანამშრომლებს კვლევის განხორციელებაში მატერიალური და არამატერიალური დამხმარებისთვის.

მადლობა საქართველოს ზოგადი და გამოყენებითი მიკრობიოლოგიის ასოციაციას, ევროპის მიკრობიოლოგიის საზოგადოების ფედერაციას, და პროფესორებს ჯასტინ კარსტის, ჯეისონ ჰოექსემას და მელანი ჯონს სადისერტაციო კვლევის დისემინაციაში ფინანსური დახმარებისთვის, კერძოდ, სადისერტაციო კვლევის შედეგების წარდგენაში მიკორიზული სოკოების მე-12 საერთაშორისო კონფერენციაზე.

მადლობა ჩეხეთის მეცნიერებათა აკადემიის ბოტანიკის ინსტიტუტის პროფესორ დოქტორ მარტინ ვოჰნიკს გაწეული კონსულტაციისთვის ლურჯი მოცვის ფესვების შეღებვასა და მიკორიზული სოკოების იდენტიფიკაციაზე.

მადლობა დოქტორ ენდი ტეილორს ჯეიმს ჰატონის ინსტიტუტიდან ლურჯი მოცვის მიკორიზული სოკოებით ინოკულაციაში გაწეული კონსულტაციისთვის.

მადლობა იულიხის კვლევითი ცენტრის ნიადაგის ორგანული ნივთიერებების (ნ.ო.ნ.) ელემენტების ციკლისა და დინამიკის კვლევითი ჯგუფის ხელმძღვანელს დედამიწის შემსწავლელ ინსტიტუტში, აგრარული მიმართულებით, პროფესორ დოქტორ როლანდ ბოლს, სადისერტაციო კვლევის შედეგად შედგენილი ნაშრომების გამართულად წერაში კონსულტაციისთვის და შედეგების დისემინაციაში დახმარებითვის.

მადლობა სადისერტაციო კვლევის კონსულტანტს, პროფესორ დოქტორ ელენა მარტინოს ტურინის უნივერსიტეტიდან, რომელმაც მნიშვნელოვანი დახმარება გამიწია ერიკოიდული მიკორიზული სოკოებთან დაკავშირებული საკითხების კვლევაში.

მადლობა სადისერტაციო კვლევის თანახელმძღვანელს, პროფესორ დოქტორ ტობიას ვოიჩეჰოვსკის იულიხის კვლევითი ცენტრის დედამიწის შემსწავლელი ინსტიტუტის მცენარეთა მეცნიერების-ფენოტიპირების მიმართულებიდან, ლურჯი მოცვის რიზოტრონებში და კონტროლირებად გარემოში ფენოტიპირების შესაძლებლობის მოცემისთვის, კვლევასთან დაკავშირებული ტექნიკის სწავლებისთვის და მიმართულებების მოცემისთვის.

განსაკუთრებული მადლობა სადისერტაციო კვლევის ხელმძღვანელს, ასოცირებულ პროფესორ დოქტორ ნანა ბიწაძეს, საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის მიკოლოგიისა და მცენარეთა პათოლოგიის ლაბორატორიის ხელმძღვანელს, რომელმაც მომცა სადისერტაციო კვლევის განხორციელების შესაძლებლობა. პროფესორ დოქტორ

ნანა ბიწაძეს მიერ განსაზღვრული კვლევის მიმამართულებით გახდა შესაძლებელი კვლევის წარმატებით შესრულება, როგორც გერმანიაში-კონტროლირებად გარემოში, ასევე საველე და ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას.

მადლობა სადისერტაციო კვლევის განხორციელებისას შეძენილ მეგობრებს, მეგობრებს ჩემი პირველი პროფესიიდან - ივანე ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის იურიდიული ფაკულტეტიდან და საერთაშორისო სამართლის ინსტიტუტიდან, სკოლისა და ბავშობის მეგობრებს, განსაკუთრებით კი საქართველოს საპატრიარქოს წმინდა მიტროპოლიტ ნაზარი ლეჟავას სახელობის სამტრედიის მართლმადიდებულ სკოლას და ამავე სკოლის ქართული ენის პედაგოგ ქალბატონ ნინო ტონიას ლურჯ მოცვზე და სადისერტაციო კვლევაზე სასაუბროდ სკოლის ეკოკლუბში მიწვევისთვის და საველე ცდის გასაცნობად პლანტაციაში სტუმრობისთვის. მადლობა სამტრედიის მე-2 საჯარო სკოლას საველე ცდის გასაცნობად პლანტაციაში სტუმრობისთვის, განსაკუთრებით მადლობა კი მშობლიურ, სამტრედიის მე-12 საჯარო სკოლას, მასწავლებლებსა და მოსწავლეებს პლანტაციაში სტუმრობისთვის.

მადლობა ყველა მეგობარსა და ნაცნობს, ოჯახის წევრებს მხარდაჭერისთვის და თანადგომისთვის, რამაც მომცა შესაძლებლობა სადისერტაციო კვლევა წარმატებით განმეხორციელებია.

სარჩევი

ავტორის დეკლარაცია	ii
აბსტრაქტი	iii
სარჩევი.....	ix
გრაფიკების ჩამონათვალი	xvi
სურათების ჩამონათვალი	xviii
ცხრილების ჩამონათვალი	xix
აბრევიატურის ჩამონათვალი:	xx
1. შესავალი	1
2. ლიტერატურული მიმოხილვა	7
2.1. ლურჯი მოცვის კულტურა	7
2.1.1. ლურჯი მოცვის ფიზიოლოგია და ზრდის მოთხოვნები	7
2.1.2. ლურჯი მოცვის კვებითი ღირებულება	8
2.1.3. აგრონომიული პრაქტიკა და ლურჯი მოცვის ჯიშები - „ლეგასი“ და „დიუკი“	8
2.1.4. ლურჯი მოცვის წარმოების გამოწვევები და მომავალი მიმართულებები	11
2.1.5. ლურჯი მოცვის წარმოება და განვითარების პოტენციალი საქართველოში	12
2.2. მიკორიზული სოკოების ზოგადი დახასიათება	13
2.2.1. მიკორიზული სოკოებს სახესხვაობები	14
2.2.1.1. არბუსკულური მიკორიზული სოკოები	15
2.2.1.2. ექტომიკორიზული სოკოები	16
2.2.1.3. ორქიდეული მიკორიზული სოკოები	17
2.2.1.4. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოები	18
2.2.2. მიკორიზული სოკოების მნიშვნელობა ეკოლოგიასა და სოფლის მეურნეობაში	20
2.2.3. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ორი სახეობის <i>Hyaloscypha hepaticicola</i> და <i>Oidiodendron maius</i> დახასიათება	22
2.2.4. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ურთიერქმედება	24

2.2.5. ზოგიერთი ფაქტორის გავლენა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდა-განვითარებაზე (საკვების არეების, ტემპერატურის, მჟავიანობის, ტენიანობის და ნახშირწყლების გავლენის დადგენა მიცელიუმის ზრდაზე).....	24
2.2.5.1. სხვადასხვა საკვები არის გავლენა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდა-განვითარებაზე.....	25
2.2.5.2. სხვადასხვა ტემპერატურის გავლენა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდა-განვითარებაზე.....	25
2.2.5.3. სხვადასხვა მჟავიანობის (pH) გავლენა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდა-განვითარებაზე.....	26
2.2.5.4. სხვადასხვა ტენიანობის გავლენა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდა-განვითარებაზე.....	26
2.2.5.5. მიკორიზული სოკოების მიერ ნახშირბადის შეთვისების უნარი ნახშირწყლების სხვადასხვა წყაროდან.....	27
2.3. რიზოტრონები, მცენარეთა ფენოტიპირება და კონტროლირებადი გარემო	27
2.4. მულჩირება და ლურჯი მოცვი.....	30
3. მეთოდოლოგია	35
3.1. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) ბიოლოგიის ზოგიერთი საკითხის შესწავლა ლაბორატორიულ პირობებში	35
3.1.1. <i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i> -ის ურთიერთქმედების შესწავლა შტამების კოკულტივაციის საშუალებით	35
3.1.2. სხვადასხვა საკვები არის გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) ზრდა-განვითარებაზე	36
3.1.3. სხვადასხვა ტემპერატურის გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) ზრდა-განვითარებაზე	36
3.1.4. საკვები არის სხვადასხვა მჟავიანობის (pH) გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) ზრდა-განვითარებაზე	37
3.1.5. სხვადასხვა ტენიანობის (RH) გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) ზრდა-განვითარებაზე	38
3.1.6. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) მიერ ნახშირბადის შეთვისების უნარი ნახშირბადის სხვადასხვა წყაროდან.....	38
3.2. ლურჯი მოცვის (<i>V. corymbosum</i>) ჯიშების „ლეგასის“ და „დიუკის“ ფენოტიპირება რიზოტრონების გამოყენებით, კონტროლირებად გარემოში.....	39
3.2.1 „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშების ფესვთა სისტემის განვითარების შესწავლა რიზოტრონების გამოყენებით	39

მცენარეული მასალა	39
ექსპერიმენტის დაწყებამდე ჩატარდა ექსპერიმენტი „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშის ლურჯი მოცვის 10-10 ნერგზე, რიზოტრონების გამოყენებით.....	39
3.2.2 ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) გავლენის შესწავლა ლურჯი მოცვის (<i>V. corymbosum</i>) ლეგასის და დიუკის ჯიშებზე რიზოტრონების გამოყენებით, კონტროლირებად გარემოში	40
3.3. სხვადასხვა სახის მულჩირების გავლენა ლურჯი მოცვის მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ზრდა-განვითარებაზე და ფესვების გამიკორიზიანებაზე სავსე პირობებში	44
3.4. სტატისტიკური ანალიზი.....	48
4. შედეგები	49
4.1. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) ბიოლოგიის ზოგიერთი საკითხის შესწავლა ლაბორატორიულ პირობებში	49
4.1.1. <i>O. maius</i> -ის და <i>H. hepaticicola</i> -ის ურთიერთქმედების შესწავლა შტამების კოკულტივაციის საშუალებით	49
4.1.2. სხვადასხვა საკვები არის გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) ზრდა- განვითარებაზე	49
4.1.3. სხვადასხვა ტემპერატურის გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) ზრდა- განვითარებაზე	50
4.1.4. საკვები არის სხვადასხვა მჟავიანობის (pH) გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H.</i> <i>hepaticicola</i> -ს) ზრდა-განვითარებაზე	51
4.1.5. სხვადასხვა ტენიანობის (RH) გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) ზრდა- განვითარებაზე	53
4.1.6. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) მიერ ნახშირბადის შეთვისების უნარი ნახშირწყლების სხვადასხვა წყაროდან.....	54
4.2. ლურჯი მოცვის (<i>V. corymbosum</i>) ჯიშების „ლეგასის“ და „დიუკის“ ფენოტიპირება რიზოტრონების გამოყენებით.....	55
4.2.1 „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშების ფესვთა სისტემის განვითარების შედარებითი შესწავლა	55
4.2.2 ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) გავლენის შესწავლა ლურჯი მოცვის (<i>V. corymbosum</i>) „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშებზე.....	56
4.3. სხვადასხვა სახის მულჩირების გავლენა ლურჯი მოცვის მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ზრდა-განვითარებაზე და ფესვების გამიკორიზიანებაზე სავსე პირობებში	68
5. შედეგების განხილვა	74

5.1. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) ბიოლოგიის ზოგიერთი საკითხის შესწავლა ლაბორატორიულ პირობებში	74
5.2. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) გავლენის შესწავლა ლურჯი მოცვის (<i>V. corymbosum</i>) ლეგასის და დიუკის ჯიშებზე რიზოტრონების გამოყენებით, კონტროლირებად გარემოში	75
5.3. სხვადასხვა სახის მულჩირების გავლენა ლურჯი მოცვის მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ზრდა-განვითარებაზე და ფესვების გამიკორიზიანებაზე სავსე პირობებში	77
6. დასკვნა	79
6.1. რეკომენდაციები	82
6.2. შემდგომი კვლევის სამომავლო პერსპექტივა	84
გამოყენებული ლიტერატურა	86
დანართი 1. სხვადასხვა საკვები არის (PDA , MNA, MEA) გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i> -ს) ზრდა-განვითარებაზე	101
დანართი 2 . ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - სხვადასხვა საკვები არის (PDA , MNA, MEA) გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i> -ს) ზრდა-განვითარებაზე.....	101
დანართი 3. სხვადასხვა ტემპერატურის გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) ზრდა-განვითარებაზე	101
დანართი 4 ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - სხვადასხვა ტემპერატურის გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) ზრდა-განვითარებაზე.....	102
დანართი 5. საკვები არის სხვადასხვა მჟავიანობის (pH) გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i> -ს) ზრდა-განვითარებაზე.....	102
დანართი 6. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - საკვები არის სხვადასხვა მჟავიანობის (pH) გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i> -ს) ზრდა-განვითარებაზე.....	103
დანართი 7. სხვადასხვა ტენიანობის (RH) გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i> -ს) ზრდა-განვითარებაზე	103
დანართი 8 ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - სხვადასხვა ტენიანობის (RH) გავლენა სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i> -ს) ზრდა-განვითარებაზე.....	103
დანართი 9. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების <i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i> -ს მიერ ნახშირბადის შეთვისების უნარი ნახშირწყლის სხვადასხვა წყაროდან	104

დანართი 10. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების <i>O. maius</i> და <i>H. hepatiticola</i> მიერ ნახშირბადის შეთვისების უნარი ნახშირწყლის სხვადასხვა წყაროდან	104
დანართი 11. ლურჯი მოცვის ჯიშების „ლეგასის“ და „დიუკის“ განვითარების შესწავლა რიზოტრონების გამოყენებით	104
დანართი 12. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშების „ლეგასის“ და „დიუკის“ განვითარების შესწავლა რიზოტრონების გამოყენებით.....	105
დანართი 13. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ ფესვთა სისტემის ფენოტიპირება რიზოტრონებში	105
დანართი 14. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშების „ლეგასის“ და „დიუკის“ განვითარების შესწავლა რიზოტრონების გამოყენებით.....	105
დანართი 15. ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ ფესვთა სისტემის ფენოტიპირება რიზოტრონებში	106
დანართი 16. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ ფესვთა სისტემის ფენოტიპირება რიზოტრონებში	106
დანართი 17. ლურჯი მოცვის ჯიშის - „ლეგასის“ მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა	107
დანართი 19. ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა	107
დანართი 20. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა	108
დანართი 21. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ მიერ საკვები ელემენტების ათვისება.....	108
დანართი 22. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ მიერ საკვები ელემენტების ათვისება.....	108
დანართი 23. ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ მიერ საკვები ელემენტების ათვისება.....	109
დანართი 24. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ მიერ საკვები ელემენტების ათვისება.....	109
დანართი 25. ლურჯი მოცვის „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშების ფესვების გამიკორიზიანება..	109

დანართი 26. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშების ფესვების გამიკორიზიანება	110
დანართი 27. ნიადაგის მჟავიანობა (pH).....	110
დანართი 28. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ნიადაგის მჟავიანობა (pH).....	110
დანართი 29. ორგანული ნივთიერებების შემადგელობა.....	111
დანართი 30. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ორგანული ნივთიერებების შემადგელობა	111
დანართი 31. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ ნიადაგში არსებული საკვები ელემენტები	112
დანართი 32. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ ნიადაგში არსებული საკვები ელემენტები	112
დანართი 33. საკვები ელემენტების შემცველობა „ლეგასის“ ჯიშის ლურჯი მოცვის ფოთლებში	113
დანართი 34. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - საკვები ელემენტების შემცველობა „ლეგასის“ ჯიშის ლურჯი მოცვის ფოთლებში	113
დანართი 35. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“, მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა	114
დანართი 36. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“, მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა	114
დანართი 37. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“, მიწისზედა ნაწილების ბიომასა	115
დანართი 38. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“, მიწისზედა ნაწილების ბიომასა	115
დანართი 39. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ გამიკორიზიანება	116
დანართი 40. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ გამიკორიზიანება.....	116
სურათი 3. ლურჯი მოცვის ფესვების გამიკორიზიანების შესწავლა ლაბორატორიულ პირობებში	117
სურათი 4. „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშების ლურჯი მოცვის და ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (<i>O. maius</i> და <i>H. hepaticicola</i>) ურთიერთქმედების შესწავლა რიზოტრონების გამოყენებით, კონტროლირებად გარემოში	118

სურათი 5. სხვადასხვა მუღრის გავლენის შესწავლა „ლეგასის“ ჯიშის ლურჯი მოცვის ზრდა-განვითარებაზე	119
---	-----

გრაფიკების ჩამონათვალი

1. სხვადასხვა საკვები არის გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდა-განვითარებაზე: PDA (Potato Dextrose Agar) - აგარიზებული დექსტროზიანი კარტოფილი, MNA (Melin-Norkrans agar) - აგარიზებული მელინ ნორკლანსის საკვები არე, MEA (Malt Extract Agar)- აგარიზებული ალას ექსტრაქტი.....50
2. სხვადასხვა ტემპერატურის გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდა-განვითარებაზე.....51
3. საკვები არის სხვადასხვა მჟავიანობის (pH) გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდა-განვითარებაზე.....53
4. სხვადასხვა ტენიანობის (RH) გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდა-განვითარებაზე.....54
5. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) მიერ ნახშირბადის შეთვისების უნარი ნახშირწყლების სხვადასხვა წყაროდან.....55
6. ლურჯი მოცვის ჯიშების „ლეგასის“ და „დიუკის“ განვითარების შესწავლა რიზოტრონების გამოყენებით.....56
7. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ ფესვთა სისტემის ფენოტიპირება რიზოტრონებში.....58
8. ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ ფესვთა სისტემის ფენოტიპირება რიზოტრონებში59
9. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა.....61
10. ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა.....63
11. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ მიერ საკვები ელემენტების ათვისება.....64

12. ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ მიერ საკვები ელემენტების ათვისება.....	66
13. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ ფესვების გამიკორიზიანება.....	67
14. ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ ფესვების გამიკორიზიანება.....	68
15. ნიადაგის მჟავიანობა (pH) და ორგანული ნივთიერებების შემადგელობა.....	69
16. ნიადაგში არსებული საკვები ელემენტები.....	70
17. საკვები ელემენტების შემცველობა „ლეგასის“ ჯიშის ლურჯი მოცვის ფოთლებში.....	70
18. ლურჯი მოცვის ჯიშის, „ლეგასის“, მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა.....	71
19. ლურჯი მოცვის ჯიშის, „ლეგასის“, მიწისზედა ნაწილების ბიომასა.....	72
20. ლურჯი მოცვის ჯიშის, „ლეგასის“ ფესვების გამიკორიზიანება.....	73

სურათების ჩამონათვალი

1. რიზოტრონების ცდის სქემა - მცირე ზომის ნაკვეთებით შედგენილი ექსპერიმენტი: *H. Hepaticicola* და ლეგასი - 1; *H. Hepaticicola* და „დიუკი“- 2; სოკოების ნარევი და „ლეგასი“ - 3; სოკოების ნარევი და „დიუკი“ - 4; *O. Maius* და „ლეგასი“ - 5; *O. Maius* და „დიუკი“ -6; კონტროლი და „ლეგასი“ - 7; კონტროლი და „დიუკი“ - 8.....42
2. საველე ცდის სქემა - მცირე ზომის ნაკვეთებით შედგენილი ექსპერიმენტი: ნახერხი - 1; ნაძვის წიწვი - 2; ტორფი - 3; შავი აგროქსოვილი - 4; შავი აგროქსოვილი და ნახერხი - 5; შავი აგროქსოვილი და ნაძვის წიწვი - 6; შავი აგროქსოვილი და ტორფი - 7; კონტროლი (მულჩის გარეშე) - 8.....46
3. ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებული ექსპერიმენტის სურათები.....117
4. რიზოტრონებით გამოყენებით, საველე პირობებში ჩატარებული ექსპერიმენტის სურათები.....118
5. საველე პირობებში ჩატარებული ექსპერიმენტის სურათები119

ცხრილების ჩამონათვალი

1. მუავიანობის მაჩვენებელი ერიკოიდული სოკოების *O. maius*-ის და *H. hepatitcola*-ს შტამების თხევად საკვებ არეში ცდამდე და ცდის შემდეგ შემდეგ.....52

აბრევიატურის ჩამონათვალი:

1. pH - მჟავიანობა
2. RH - ტენიანობა
3. *O. maius* - ერიკოიდული მიკორიზული სოკოს სახეობა *Oidiodendron maius*
4. *H. hepaticicola* - ერიკოიდული მიკორიზული სოკოს სახეობა *Hyaloscypha hepaticicola*
5. ვიტამინი C - ასკორბინის მჟავა
6. ვიტამინი K - ფილოქინონი
7. ვიტამინი E - ტოკოფეროლი
8. *in vitro* - ლაბორატორიულ პირობებში
9. მგ - მილიგრამი
10. გ - გრამი
11. ლ - ლიტრი
12. მმ - მილიმეტრი
13. სმ - სანტიმეტრი
14. % - პროცენტი
15. C - ცელსიუსი
16. HCl - ქლორწყალბადის ჰიდროქსიდი
17. NaOH - ნატრიუმის ჰიდროქსიდი
18. KOH - კალიუმის ჰიდროქსიდი
19. PDA - აგარიზებული დექსტროზიანი კატოფილის საკვები არე
20. MEA - აგარიზებული ალას ექსტრაქტის საკვები არე
21. MNA - აგარიზებული მელინ ნორკლანსის საკვები არე
22. P - ტესტის შედეგების მიღების ალბათობა
23. N - აზოტი
24. P - ფოსფორი
25. K - კალიუმი

- 26. EMF - ერიკოიდული მიკორიზული სოკო
- 27. დნმ - დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა
- 28. QTL - რაოდენობრივი თვისების ლოკუსი

1. შესავალი

ლურჯი მოცვი მიეკუთვნება მანანასებრთა ოჯახს (*Ericacea*) და მოცვისებრთა გვარს (*Vaccinium*) და არის ყინვაგამძლე, ბუჩქოვანი, კენკროვანი კულტურა, რომელიც იძლევა ლურჯი ფერის მრგვალ ნაყოფს. ლურჯი მოცვი არის პოპულარული საზაფხულო კენკრა, რადგან აქვს სასიამოვნო არომატი და ჯანმთელობისთვის სასარგებლო თვისებები. საქართველოში ლურჯი მოცვი ახალი სამრეწველო კულტურაა, რომელსაც განვითარების დიდი პერსპექტივა აქვს საქართველოს მწირ და მჟავე, თიხნარ ნიადაგიან რეგიონებში.

ლურჯი მოცვის (*Vaccinium corymbosum* L.) წარმოებამ მნიშვნელოვანი მსოფლიო ყურადღება მიიპყრო ბოლო ათწლეულების განმავლობაში, როგორც ახლადმოკრეფილი, ისე გადამუშავებული ნაყოფის მაღალი კვებითი ღირებულების, ადამიანის ჯანმრთელობაზე სარგებლიანობისა და მზარდი მოთხოვნის გამო. როგორც მრავალწლიანი კულტურა, ლურჯი მოცვი ნიადაგის პირობების მიმართ ძალიან მგრძნობიარეა, განსაკუთრებით, მჟავიანობის, საკვები ელემენტების ხელმისაწვდომობისა და ტენიანობის მიმართ. ეს ფაქტორები გადამწყვეტია ლურჯი მოცვის პლანტაციების გასაშენებლად. ლურჯი მოცვის წარმატებული წარმოება მოითხოვს ნიადაგის სიჯანსაღეს, ფესვების განვითარებას და მცენარის კვებას. თუმცა, ლურჯი მოცვის წარმოების ერთ-ერთი ყველაზე მუდმივი გამოწვევაა ბალანსის შენარჩუნება მცენარის სპეციფიკურ ნიადაგის საჭიროებებსა და გარემო სტრესებს შორის, როგორიცაა წყლის ხელმისაწვდომობა და საკვები ელემენტების ნაკლებობა.

ნიადაგებში არსებული მიკრობიომს დიდი მნიშვნელობა აქვს მცენარის ნორმალურ განვითარებაზე. აქედან, ლურჯ მოცვთან გამორჩეულად ასოცირებულია ერიკოიდული მიკორიზული სოკოები, რომლებიც ეხმარებიან მას წყლის და საკვები ელემენტების ათვისებაში, ხოლო მცენარეებისგან სარგებლობენ მზა ორგანული ნივთიერებებით.

მიკორიზული სოკოების როლი და მნიშვნელობა სოფლის მეურნეობაში პირველად იქნა აღიარებული მე-19 საუკუნეში გერმანელი ბოტანიკოსის, ალბერტ ბერნარდ ფრანკის მიერ. სიტყვა მიკორიზა (Mycorrhiza) არის ბერძნული სიტყვა, რომელიც შედგება ორი ნაწილისგან, პირველი ნაწილი - ნიშნავს სოკოს, ხოლო მეორე ნაწილი - ფესვს. მიკორიზული სოკოები მცენარეებს გარემო პირობებთან ადაპტაციაში ეხმარებიან.

არაერთი კვლევა ეძღვნება, ნიადაგის მიკრობიომის როლის შესწავლას საკვები ელემენტებით ღარიბ, მჟავე სუბსტრატებში (სადაც ლურჯი მოცვი ბუნებრივად ხარობს) მცენარის მდგრადობის გაძლიერებაში. ეს სოკოები ქმნიან სიმბიოზურ ურთიერთობას ლურჯი მოცვის ფესვებთან, რაც მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს საკვები ელემენტების, განსაკუთრებით ფოსფორისა და აზოტის, შეთვისებას და ხელს უწყობს სარწყავი წყლის უკეთ მოხმარებას. სოფლის მეურნეობაში მიკორიზული სოკოების სარგებლობის არაერთი კვლევის მიუხედავად, რჩება შეუსწავლელი საკითხები რაც დამუშავებას საჭიროებს. მაგალითად, თუ როგორ შეიძლება იყოს ოპტიმიზირებული სპეციფიკური ფაქტორები, როგორიცაა გარემო პირობები, მულჩირების პრაქტიკა და სოკოების ინოკულაციის სტრატეგიები, ლურჯი მოცვის კულტურების ზრდა-განვითარებისთვის.

უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ არბუსკულური მიკორიზული სოკოებისგან განსხვავებით, ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების შესახებ ცნობები ძალიან მწირია მსოფლიოში. საქართველოში მსგავსი კვლევები არაა ჩატარებული, თუმცა ლურჯი მოცვის კულტურის პოპულარობა მოითხოვს ამ ნაკლის გამოსწორებას. წინამდებარე კვლევა ემსახურება ლურჯი მოცვის ფესვზე ასოცირებული, ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ორი, ყველაზე გავრცელებული სახეობის, (*Oidiodendron maius* (D.J. Read) და *Hyaloscypha hepaticicola* (G.L. Barron)) ბიოლოგიის ზოგიერთი საკითხის და ოპტიმალური გარემო პირობების შესწავლას, ასევე მათი ურთიერთქმედების დადგენას ლურჯი მოცვის მცენარეებთან კონტროლირებად პირობებში.

გარდა ამისა, ნაშრომში შესწავლილია მულჩირების სხვადასხვა პრაქტიკის გავლენა მცენარის გამიკორიზიანებაზე და ლურჯი მოცვის როგორც მიწისზედა, ისე მიწისქვეშა ნაწილების ზრდა-განვითარებაზე. იმის გამო, რომ ლურჯი მოცვი ახალი კულტურაა, საქართველოსთვის ამგვარი კვლევები არაა ჩატარებული დღემდე, რის გამოც, ნაშრომი ამ ხარვეზის გამოსწორებას ემსახურება.

სადისერტაციო კვლევა ეფუძნება ჰიპოტეზას ლურჯ მოცვსა და ერიკოიდულ მიკორიზულ სოკოს ურთიერთქმედების შესახებ, რომელიც ამტკიცებს, რომ მიკორიზული სოკოები ეხმარება მცენარეს ნიადაგიდან საკვები ელემენტების ათვისებაში, ხოლო მცენარე ამარაგებს მას მზა ორგანული ნივთიერებებით.

გარემო ფაქტორები, როგორიცაა ტემპერატურა, მჟავიანობა (pH), ტენიანობა, ისევე როგორც მცენარეთა მულჩირების პრაქტიკა გავლენას ახდენს და მოქმედებს როგორც მცენარის, ისე სოკოს ზრდა-განვითარებაზე. ლურჯი მოცვის პლანტაციების რიცხვი ყოველწლიურად მატულობს საქართველოში და მთელ მსოფლიოში. ამის გამო, ჩატარებულ კვლევებს ექნება პრაქტიკული მნიშვნელობა ადგილობრივი ფერმერებისთვისაც, კვლევისას დადგინდა დასავლეთ საქართველოში, იმერეთის რეგიონში, ლურჯი მოცვის პლანტაციისთვის თუ რა სახის მულჩირების გამოყენება არის საუკეთესო და მულჩირების რომელ ტიპს რა დადებითი და უარყოფითი გავლენა აქვს ლურჯი მოცვის ზრდა-განვითარებაზე, ნიადაგიდან საკვები ელემენტების შეთვისებაზე, მის მოსავლიანობაზე და სასარგებლო სოკოებზე.

კვლევის მიზანი იყო ერიკოიდულ მიკორიზული სოკოების ორი სახეობის ბიოლოგიური თავისებურებების შესწავლა. სოკოებსა და ლურჯი მოცვის მცენარეებს შორის ურთიერთქმედების გამორკვევა კონტროლორებად პირობებში და საველე პირობებში სხვადასხვა სახის მულჩირების გავლენის შესწავლა. კვლევის შედეგებზე დაყრდნობით

პრაქტიკული რეკომენდაციების მიწოდება მიკორიზული სოკოებით ინოკულაციისა და მულჩირების პრაქტიკის ოპტიმიზაციისთვის ლურჯი მოცვის წარმოებაში.

დისერტაციის მიზნის მისაღწევად განხორციელდა სხვადასხვა ამოცანები:

1. შესწავლილი იქნა კონტროლირებად (ლაბორატორიულ) პირობებში გარემო ფაქტორების (საკვები არე, ტემპერატურა, მჟავიანობა (pH), ტენიანობა, ნახშირბადის შეთვისება და კოკულტივაცია) გავლენა სოკოების, *O. maius*-ისა და *H. hepaticicola*-ს ზრდა-განვითარებაზე.
2. შეფასებული იქნა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების გავლენა ლურჯი მოცვის ჯიშების („ლეგასი“ და „დიუკი“) ფესვის და მიწისზედა ნაწილების ზრდა-განვითარებაზე, საკვები ელემენტების შეთვისებასა და ნიადაგის სტრუქტურაზე, რიზოტრონიების გამოყენებით, კონტროლირებად გარემოში.
3. შეფასდა მულჩირების სხვადასხვა პრაქტიკის გავლენა ლურჯი მოცვის ფესვების გამიკორიზიანებაზე და მცენარეების როგორც მიწისზედა, ისე მიწისქვეშა ნაწილების ზრდაზე საველე პირობებში.
4. შემუშავებული იქნა ლურჯი მოცვის ფერმერებისთვის პრაქტიკული რეკომენდაციები მიკორიზული სოკოების ინტეგრაციისა და მულჩირების პრაქტიკის შესახებ მოსავლიანობისა და მდგრადობის გასაუმჯობესებლად.

დისერტაცია დაყოფილია ექვს თავად და ორმოცდაათ ქვეთავად, რომელთაგან თითოეული განიხილავს კვლევის თემის სხვადასხვა ასპექტს:

შესავალში მოცემულია სადისერტაციო კვლევის პრობლემა, ჰიპოთეზა, მიზნები და ამოცანები, ასევე კვლევის თეორიული საფუძვლები და აქტუალობა. მეორე თავში წარმოდგენილია ლიტერატურის მიმოხილვა, სადაც მოცემულია არსებული ლიტერატურის მიმოხილვა ლურჯი მოცვის წარმოებაზე, ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების და მულჩირების პრაქტიკის შესახებ. იგი განიხილავს ლურჯი მოცვის მცენარეების ფიზიოლოგიურ მოთხოვნებს, მცენარეებსა და სოკოებს შორის სიმბიოზურ ურთიერთობებს და მულჩირების როლს მდგრად სოფლის მეურნეობაში. ლიტერატურის მიმოხილვაში გამოკვეთილია ინფორმაციის დეფიციტი, რომლის შევსება შემოთავაზებულია სადისერტაციო კვლევით.

მესამე თავი მოიცავს მეთოდოლოგიას, სადაც დეტალურადაა აღწერილი კვლევაში გამოყენებულ მასალები და მეთოდები, მათ შორის ლაბორატორიული ექსპერიმენტები ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდის შესასწავლად სხვადასხვა გარემო პირობებში (სურათი 3), რიზოტრონების გამოყენებით ჩატარებული ექსპერიმენტები ლურჯი მოცვისა და ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ურთიერთქმედების შესაფასებლად კონტროლირებად გარემოში (სურათი 4) და საველე ექსპერიმენტი ლურჯი მოცვის მულჩირების პრაქტიკის შესაფასებლად (სურათი 5).

დისერტაციის მეოთხე თავში წარმოდგენილია ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგები, რომლებიც წარმოდგენილია გრაფიკების სახით. შედეგები გაანალიზებულია სტატისტიკური პროგრამის საშუალებით.

დისერტაციის მეხუთე თავი წარმოადგენს დისკუსიას, რაც მოიცავს შედეგების ინტერპრეტაციას და შედარებას აქამდე ჩატარებული სხვა კვლევებთან.

დისერტაციის ბოლო, მექვსე თავი მოიცავს დასკვნას სადაც შეჯამებულია კვლევის შედეგები, ჩამოყალიბებულია პრაქტიკული რეკომენდაციები ლურჯი მოცვის წარმოებასა და ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების შესახებ. ამასთანავე ამავე თავში წარმოდგენილია მომავალი კვლევების სამომავლო პერსპექტივები.

დასკვნითი ნაწილის შემდეგ, დისერტაციაში მოცემულია გამოყენებული ლიტერატურა.

2. ლიტერატურული მიმოხილვა

2.1. ლურჯი მოცვის კულტურა

ლურჯი მოცვი (*Vaccinium corymbosum* L.), მიეკუთვნება მანანასებრთა (Ericaceae) ოჯახს. ის ეკონომიკურად მნიშვნელოვანი კენკრაა, რომელიც, ძირითადად, ზომიერ კლიმატურ ზონებში მოჰყავთ (Retamales and Hancock, 2018). ლურჯი მოცვის სამშობლო ჩრდილოეთ ამერიკაა, სადაც მაღალბუჩქოვანი ლურჯი მოცვის სელექციური გამოყვანა კომერციული მიზნებისთვის მოხდა მე-20 საუუნის დასაწყისში, მისი კლიმატთან შეგუების, მაღალი ხარისხის ნაყოფისა და უხვი მოსავლიანობის გამო (Ehlenfeldt, 2019). ბოლო ათწლეულებში, ლურჯი მოცვის მოყვანის გეოგრაფია მნიშვნელოვნად გაფართოვდა და მოიცვა ევროპის, სამხრეთ ამერიკისა და აზიის რეგიონები, მათ შორის კავკასია. კენკრაზე მზარდი მოთხოვნა განპირობებულია ლურჯი მოცვის ნაყოფის სასარგებლო თვისებებით, რაც დადებითად აისახება ადამიანების ჯანმრთელობაზე (International Blueberry Organization, 2024).

2.1.1. ლურჯი მოცვის ფიზიოლოგია და ზრდის მოთხოვნები

ლურჯი მოცვი არის მრავალწლოვანი ბუჩქი, რომელიც გამოირჩევა სპეციფიკური ფიზიოლოგიური თვისებებით, მათ შორის, მჟავე ნიადაგების მიმართ ტოლერანტობით, რაც გადამწყვეტია მცენარის ზრდისა და საკვები ელემენტების მიღებისთვის. ნიადაგის მჟავიანობის (pH-ის) ოპტიმალური მაჩვენებელი ლურჯი მოცვისთვის 4.5–5.5-ია (Reid et al., 2016). ლურჯი მოცვის ფესვთა სისტემა ზედაპირულია, რის გამოც მას სჭირდება სიმბიოზური ასოციაციები მიკორიზულ სოკოებთან წყლისა და საკვები ელემენტების უკეთესად შეწოვისთვის (Gough, 1994). წყლის მართვა და ნიადაგის ტენიანობა კრიტიკული ფაქტორებია, რადგან მცენარე მგრძნობიარეა გვალვის მიმართ ფესვების

ზედაპირულობისა გამო (Perry, 2010). სარწყავი სისტემები, მათ შორის წვეთოვანი მორწყვა, უზრუნველყოფს წყლის ეფექტური მოხმარებისა და ლურჯი მოცვის ზრდა-განვითარების ხარისხის გაუმჯობესებას (Bryla, 2007).

2.1.2. ლურჯი მოცვის კვებითი ღირებულება

ლურჯი მოცვი ცნობილია თავისი მაღალი კვებითი ღირებულებით, განსაკუთრებით, ვიტამინებით მდიდარი შემადგენლობით (მაგალითად ვიტამინები C, K და E), დიეტური ბოჭკოებით და ფენოლური ნაერთებით, როგორიცაა ანთოციანინები, რომლებიც განაპირობებენ მოცვის ანტიოქსიდანტურ თვისებებს (Kalt et al., 2020; Fernandez-Salvador et al., 2023). მრავალი კვლევა აჩვენებს, რომ ლურჯი მოცვის რეგულარული მოხმარება დადებითად მოქმედებს ჯანმრთელობაზე. კერძოდ, ამცირებს გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების რისკს, აუმჯობესებს კოგნიტურ ფუნქციებს და აქვს ანთების საწინააღმდეგო და ანტიკანცეროგენული თვისებები (Chai et al., 2021; გოლიაძე და სხვები, 2018). ლურჯ მოცვში შემავალი ბიოაქტიური ნაერთები, ასევე, აუმჯობესებს ინსულინის მგრძნობელობას და ნაწლავების ჯანმრთელობას, რაც მას ფუნქციური საკვების კვლევის მნიშვნელოვან კომპონენტად აქცევს (Connor et al., 2002).

2.1.3. აგრონომიული პრაქტიკა და ლურჯი მოცვის ჯიშები - „ლეგასი“ და „დიუკი“

ახალი ჯიშების განვითარება და აგრონომიული პრაქტიკის დახვეწა აუცილებელია ლურჯი მოცვის წარმოების გაფართოებისთვის (Sanchez et al., 2020). სელექციის პროგრამები ფოკუსირებულია მოსავლიანობის, ნაყოფის ზომის, დაავადებისადმი მდგრადობისა და კლიმატური მოთხოვნებისადმი გაუმჯობესებაზე (Strick et al., 2017). ბიოტექნოლოგიასა და გენეტიკაში საქმიანობაში მიღწეული პროგრესი საშუალებას

იმღევა გამოვლინდეს სასურველ თვისებებთან დაკავშირებული გენეტიკური მარკერები (მახასიათებლები) და შემუშავდეს უფრო ეფექტური სელექციის სტრატეგიები (Connor et al., 2002). ლურჯი მოცვის წარმოებაში ეფექტურობისა და მდგრადობის გაუმჯობესებისთვის ყოველდღიურად ხდება თანამედროვე აგრონომიული ტექნოლოგიების გამოყენება, რაც ახდენს საკვები ელემენტების მართვის, მორწყვისა და მავნებლების კონტროლის ოპტიმიზაციას (Retamales et al., 2015).

„ლეგასი“ და „დიუკი“ არის ყველაზე ფართოდ გავრცელებული ლურჯი მოცვის ჯიშები, როგორც საქართველოში, ასევე მსოფლიოში. ეს ჯიშები ფასდება მათი უნიკალური მახასიათებლებით, როგორც კომერციულ, ასევე საყოფაცხოვრებო ბალებში (Carrillo et al., 2015). ორივე ჯიშში გამოირჩევა განსხვავებული თვისებებით, ზრდის ფორმით, ნაყოფის ხარისხით, მოსავლიანობის პოტენციალით და სხვადასხვა გარემოში ადაპტაციის უნარით (Strick and Finn, 2008; Strick et al., 2014).

„ლეგასი“ არის ჰიბრიდული ჯიშში, რომელიც ჩრდილოეთის და სამხრეთის მაღალბუჩქოვანი ჯიშების კომბინაციით შეიქმნა (Stric, 2006). ის კარგად არის ცნობილი სხვადასხვა კლიმატურ პირობებთან (განსაკუთრებით, ცხელ რეგიონებთან) შეგუების უნარით, სადაც სხვა მაღალბუჩქოვან ჯიშებს შეიძლება გაუჭირდეთ. მცენარე ძლიერი ზრდის, საშუალო სიმაღლისაა, აქვს ვერტიკალური ფორმა, რაც მას მარტივად მოსავლელ მცენარედ წარმოაჩენს სათბურის სისტემებში (Sales et al., 2020). „ლეგასი“ გამოირჩევა მაღალი ხარისხის ნაყოფით, რომელიც საშუალო, ან დიდი ზომისაა, მკვრივია და აქვს გამორჩეული გემო, რომელიც მომწიფების შემდეგ კიდევ უფრო იხვეწება. ნაყოფი ღია ლურჯია, ბალანსირებულ ტკბილ და მცირედ მჟავე გემოთი, რაც მას ძალიან სასურველს ხდის მოხმარებისთვის (Cane, 2021). „ლეგასის“ განსაკუთრებული მახასიათებელია მისი საშუალოდ გვიანი მომწიფების პერიოდი, რომელიც საშუალო, ან გვიან სეზონამდე გრძელდება. ეს თვისება ფერმერებს მოსავლის აღების პერიოდის გახანგრძლივების

საშუალებას აძლევს (Huang et al., 2020). ასევე, ეს ჯიში გამოირჩევა მისი სტაბილური და მაღალი მოსავლიანობით წლების განმავლობაში, რაც მას საიმედოდ აქცევს კომერციული წარმოებისთვის (Celik and Islam, 2014). ასევე აქვს კარგი გამძლეობა დაავადებების, განსაკუთრებით ფესვების ლპობისა და ფოთლის ლაქიანობის მიმართ (Medeiros et al., 2017; Medeiros et al., 2018).

მეორე მხრივ, „დიუკი“ არის ადრეული სეზონის ჩრდილოეთის მაღალბუჩქოვანი ჯიში, რომელიც გამოირჩევა ადრეული მწიფობით, ძლიერი ზრდითა და მაღალი მოსავლიანობით (Draper et al., 2000). მას უფრო ვერტიკალური და კომპაქტური ზრდის ფორმა აქვს (Falagan et al., 2020). „დიუკს“ აქვს საშუალო ან დიდი ზომის ნაყოფი, რომლებიც ღია ლურჯი და მკვრივია, მცირედ მჟავე გემო აქვს, რომელიც მომწიფების შემდეგ რბილდება (Ehret et al., 2014). ეს მახასიათებლები „დიუკს“ პოპულარულს ხდის, როგორც ბაზრისთვის, ასევე გადამამუშავებისთვის, რადგან მარცვლები კარგად ინარჩუნებენ ხარისხს შენახვისა და ტრანსპორტირების დროს (Olmedo et al., 2021). მოსავლიანობის თვალსაზრისით, „დიუკი“ ფასდება მისი სიმწიფის უნარით სეზონის დასაწყისში, რაც ფერმერებს ადრეული მოსავლის მიღების საშუალებას აძლევს (Ehret et al., 2012). ეს ჯიში ასევე ცნობილია მისი ერთგვაროვანი მწიფობით, რაც მოსავლის აღებას უფრო ეფექტურს ხდის (Holzapfel, 2007). მიუხედავად იმისა, რომ „დიუკი“, ჩვეულებრივ, კარგად მუშაობს ჩრდილოეთის კლიმატებში, საჭიროა მართვა მოყინვის ზიანის თავიდან ასაცილებლად ყვავილობის პერიოდში, რადგან იგი ადრე გაზაფხულზე ყვავილობს (Bryka et al., 2007). მიუხედავად ამისა, „დიუკი“ მდგრადია ცივი ტემპერატურის მიმართ და ავლენს კარგ გამძლეობას ზამთარში, რაც მას შესაფერისს ხდის უფრო ცივ რეგიონებში გაშენებისთვის (Seleznev et al., 2024).

ლურჯი მოცვის ორივე ჯიში, „ლეგასი“ და „დიუკი“ ფერმერებს სთავაზობს მრავალფეროვან უპირატესობას სხვა ჯიშებთან შედარებით (Namozov et al., 2024).

„ლეგასი“ ცნობილია მისი ადაპტაციით, გახანგრძლივებული მოსავლის პერიოდით და ნაყოფის მაღალი ხარისხით, მაშინ როდესაც „დიუკი“ გამოირჩევა ადრეული მომწიფებით, მაღალი მოსავლიანობით და ჩრდილოეთის კლიმატებისთვის შესაფერისობით (Cosmulescu et al., 2023).

2.1.4. ლურჯი მოცვის წარმოების გამოწვევები და მომავალი მიმართულებები

ლურჯი მოცვის წარმოების წარმატების მიუხედავად, არაერთი გამოწვევა კვლავ რჩება გამოწვევად, კერძოდ, ნიადაგის მართვა, მავნებელთა და დაავადებების კონტროლი და კლიმატური ცვლილებების ზეგავლენა (Stull et al., 2024). ლურჯი მოცვი მგრძნობიარეა სოკოვანი დაავადებებისა და სხვადასხვა ბიოტური და აბიოტური სტრესის მიმართ, რომლებიც დიდად აფერხებს ლურჯი მოცვის ზრდა-განვითარებას, თუ არ მოხდა მათი ეფექტური მართვა (Ru et al., 2024). გარდა ამისა, კლიმატის ცვლილება ახალ გამოწვევებს ქმნის, რადგან ტემპერატურის ცვლილება, არარეგულარული ნალექები და გვალვის შემთხვევები შეიძლება უარყოფითად აისახოს ლურჯი მოცვის ზრდაზე და მოსავლიანობაზე (Maliavin and Belyi, 2024). ამ გამოწვევების დასაძლევად, მდგრადი წარმოების პრაქტიკების მიმართ, როგორიცაა ორგანული დანამატების გამოყენება, მავნებელთა ბიოლოგიური კონტროლი და თანამედროვე ტექნოლოგიები, ინტერესი თანდათან მატულობს (Maliavin and Belyi, 2024). მომავალში, კვლევები, სავარაუდოდ, კონცენტრირდება მცენარეთა და მიკრობთა ურთიერთქმედებების უკეთესად გაგებაზე, განსაკუთრებით მიკორიზული სოკოების როლზე გარემო პირობების ცვალებადობის ფონზე (Eeraerts et al., 2023).

ლურჯი მოცვის (*Vaccinium corymbosum* L.) წარმოება ბოლო წლებში მნიშვნელოვნად განვითარდა, რაც განპირობებულია მზარდი მოთხოვნით, აგრონომიული პრაქტიკის

გაუმჯობესებით და ტექნოლოგიური ინოვაციებით (International Blueberry Organization, 2024). ლურჯი მოცვის უნიკალური ფიზიოლოგიური თვისებები, განსაკუთრებით, მჟავე ნიადაგებსა და მიკორიზული ასოციაციებისადმი დამოკიდებულება, ხაზს უსვამს წარმოების ტექნიკის ოპტიმიზაციის საჭიროებას (Perez, 2024). ნიადაგის ჯანმრთელობასთან, მავნებელთა მართვასთან და კლიმატის ცვლილებებთან დაკავშირებული გამოწვევების პარალელურად, მცენარეთა ფიზიოლოგიის, სიმბიოზური ურთიერთობებისა და მდგრადი სოფლის მეურნეობის პრაქტიკის ყოვლისმომცველი გაგება აუცილებელი იქნება მსოფლიოს მასშტაბით ლურჯი მოცვის წარმოების მომავალი წარმატებისთვის (Stanca et al., 2024).

2.1.5. ლურჯი მოცვის წარმოება და განვითარების პოტენციალი საქართველოში

საქართველოში ლურჯი მოცვის მოყვანა შედარებით ახალი, მაგრამ სწრაფად მზარდი დარგია, რომელიც მნიშვნელოვან ეკონომიკურ პოტენციალს იძლევა, როგორც შიდა, ისე საექსპორტო ბაზრებისთვის (Tsintsadze and Bobokashvili, 2023). საქართველოს მრავალფეროვანი კლიმატური და გეოგრაფიული პირობები ხელს უწყობს ლურჯი მოცვის წარმოებისთვის შესაფერისი გარემოს შექმნას, განსაკუთრებით, ზომიერი და ნოტიო კლიმატის მქონე რეგიონებში (Garcia-Vazquez et al., 2023). დასავლეთ საქართველოში, იმერეთში, გურიაში, აჭარასა და სამეგრელოში, ტენიანი და ნაყოფიერი ნიადაგებია, რაც ლურჯი მოცვის ზრდა-განვითარებისთვის იდეალურ პირობებს ქმნის (Tsintsadze and Bobokashvili, 2023).

ლურჯი მოცვის ბაღების გაფართოების ხელშეწყობა დაკავშირებულია ქვეყნის სოფლის მეურნეობის სტრატეგიასთან, რომელიც ფოკუსირებულია მაღალი ღირებულების კულტურების განვითარებაზე. ეს ზრდის აგრო-ტურიზმის და ბიოლოგიურად სუფთა

პროდუქციის წარმოების შესაძლებლობებს (Gashi et al., 2023). გარდა ამისა, ლურჯი მოცვის წარმოება ხელს უწყობს ადგილობრივი ფერმერების დასაქმებას და მათთვის დამატებითი შემოსავლის წყაროს შექმნას, რაც ეკონომიკის ადგილობრივი განვითარების სტიმულირებას ემსახურება (Wang, 2024).

სამეცნიერო კვლევების კუთხით, მნიშვნელოვანი ნაბიჯებია გადადგმული, რაც მოიცავს ლურჯი მოცვის ჯიშების ადაპტირებას ადგილობრივ კლიმატურ პირობებთან და ნიადაგის მახასიათებლებთან, ასევე, მიკორიზული სოკოების პოტენციალის შესწავლას მცენარის ზრდის და მოსავლიანობის გაუმჯობესებისთვის (Bordaa et al., 2018). სათანადო აგროტექნიკური მეთოდების, როგორიცაა მულჩირება და მორწყვის თანამედროვე სისტემები, გამოყენება კიდევ უფრო გაზრდის ლურჯი მოცვის წარმოების ეფექტიანობას საქართველოში (Wang, 2024). ამრიგად, ლურჯი მოცვის ინდუსტრია საქართველოში განვითარების დიდ პოტენციალს წარმოადგენს, როგორც ეკონომიკური სარგებლის მიღების, ისე ჯანსაღი პროდუქციის წარმოების თვალსაზრისით (Galt & Taggart, 2024).

2.2. მიკორიზული სოკოების ზოგადი დახასიათება

მიკორიზული სოკოები ფართოდ გავრცელებული და ნიადაგის სოკოების მნიშვნელოვანი ჯგუფია, რომლებიც ქმნიან სიმბიოზურ კავშირს მცენარეების დიდ ნაწილთან (Baldwin et al., 2003). ეს სიმბიოზური ურთიერთობები ეკოსისტემების ფუნქციონირებისთვის და სოფლის მეურნეობისათვის მნიშვნელოვანი როლს თამაშობს, გავლენას ახდენს საკვები ელემენტების მიმოცვლაზე, მცენარეთა ზრდაზე და ეკოსისტემური სტაბილურობის შენარჩუნებაზე (Mukerhi et al., 2002). მიკორიზული სოკოები მცენარეებს ეხმარებიან მნიშვნელოვან საკვებ ელემენტებზე წვდომაში, განსაკუთრებით საკვები ელემენტებით ღარიბ გარემოში, ფოტოსინთეზის შედეგად

წარმოქმნილი ნახშირბადის კომპენსაციის სანაცვლოდ (Straker, 1996). მცენარეებსა და მიკორიზულ სოკოებს შორის ურთიერთობა მინიმუმ 450 მილიონი წლისაა (Shaw et al., 1990; Baldwin et al., 2003).

სიმბიოზური ურთიერთობები შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს მიკორიზული სოკოების სახეობების, მასპინძელი მცენარეების სახეობების და გარემო ფაქტორების მიხედვით (Adeoyo, 2021). მიკორიზული სოკოების ძირითადი როლი არის ფართო ჰიფალური ქსელებით მცენარის ფესვთა სისტემის რამდენჯერმე გაფართოება (Vohnik, 2020). ეს ქსელები აღწევენ ნიადაგის იმ უბნებში, რომლებსაც ფესვები ვერ წვდება, რაც მცენარეს საკვებ ელემენტებზე და წყალზე წვდომის საშუალებას აძლევს. მიკორიზული სოკოების გარეშე ეს რესურსი მცენარისთვის მიუწვდომელი იქნებოდა (Dighton, 2005).

2.2.1. მიკორიზული სოკოებს სახესხვაობები

მიკორიზული სოკოები კლასიფიცირებულია რამდენიმე სახესხვაობად მათი ასოციაციის სტრუქტურისა და სიმბიოზური ურთიერთობების ბუნების მიხედვით (Albronz et al., 2021):

1. *არბუსკულური მიკორიზული სოკოები*
2. *ექტომიკორიზული სოკოები*
3. *ორქიდეული მიკორიზა*
4. *ერიკოიდული მიკორიზული სოკოები*

ყოველი სახესხვაობა ადაპტირებულია სხვადასხვა მცენარეების ოჯახებთან და ეკოლოგიური ნიშებისთვის, რაც უზრუნველყოფს მრავალფეროვან სარგებელს გარემოს პირობებისა და მცენარეთა საჭიროებების შესაბამისად (Derkowska et al., 2015).

2.2.1.1. არბუსკულური მიკორიზული სოკოები

არბუსკულური მიკორიზული სოკოები ქმნიან სიმბიოზურ ურთიერთობებს დედამიწის თითქმის 80% მცენარეთა სახეობებთან, მათ შორის ბევრ ეკონომიკურად მნიშვნელოვან კულტურასთან, მაგალითად როგორიცაა მარცვლოვანი მცენარეები (Bitsadze, 2015). არბუსკულური მიკორიზული სოკოები ქმნიან ვეზიკულებს, რომლებიც საკვები ელემენტების შენახვის ფუნქციას ასრულებენ (Ferrol and Lanfranco; 2020).

არბუსკულური მიკორიზული სოკოები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მცენარის მიერ ფოსფორის შეთვისებისთვის, რადგან ეს საკვები ელემენტი ხშირად მიუწვდომელია, ან ინერტულია ნიადაგში, განსაკუთრებით ტროპიკულ და ზომიერ რეგიონებში (McGonigle et al., 1990). გარდა ფოსფორისა, არბუსკულური მიკორიზული სოკოები აუმჯობესებენ აზოტის, კალიუმისა და სხვადასხვა მიკროელემენტების შეთვისებას (Soudzilovskaia et al., 2020). ასევე, ისინი აუმჯობესებენ მცენარეთა მიერ წყლის შეთვისებას და ზრდიან მათ მდგრადობას გარემო სტრესების მიმართ, როგორიცაა გვალვა, მარილიანობა და მძიმე მეტალების ტოქსიკურობა (Graham, 1981).

არბუსკულური მიკორიზული სოკოები ხელს უწყობენ ნიადაგის სტრუქტურის გაუმჯობესებას, რადგან წარმოქმნიან გლომალინს, რომელიც მოქმედებს როგორც

წებოვანი ნივთიერება, რომელიც აკავშირებს ნიადაგის ნაწილაკებს, რითაც ძლიერდება ნიადაგის აგრეგაცია და მცირდება ეროზია (Viera an Garcia, 2019).

2.2.1.2. ექტომიკორიზული სოკოები

ექტომიკორიზული სოკოები ძირითადად დაკავშირებულია ხეებსა და ბუჩქებთან ზომიერ და ბორეალურ ტყეებში, თუმცა ისინი მოიძიება ტროპიკულ და სუბტროპიკულ რეგიონებშიც (Martin et al., 2016). ექტომიკორიზული სოკოები ძირითადად დაკავშირებულია ხეების ოჯახებთან, როგორიცაა Pinaceae (ფიჭვები), Fagaceae (მუხები) და Betulaceae (არყები) (Nygren, 2008). განსხვავებით არბუსკულური მიკორიზული სოკოებისგან, რომლებიც ფესვების უჯრედებში აღწევენ, ექტომიკორიზული სოკოები ქმნიან სქელ მანტიას, ანუ გარსს ფესვების გარშემო და ახდენენ ჰარტიგის ქსელის განვითარებას ფესვების კორტიკალურ უჯრედებს შორის (Heijden and Horton, 2009). ექტომიკორიზული სოკოების ჰიფალური ქსელი ვრცელდება ნიადაგში, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ფესვთა სისტემის უნარს შეითვისოს საკვები ელემენტები და წყალი (Read et al., 2000).

ექტომიკორიზული სოკოები განსაკუთრებით ეფექტურად შთანთქავენ აზოტსა და ფოსფორს ნიადაგის ორგანული ნივთიერებებიდან (Villarreal-Ruiz et al., 2012). მათი ეს უნარი უმნიშვნელოვანეს როლს ასრულებს საკვები ელემენტების მიმოცვლის პროცესში ტყის ეკოსისტემებში, სადაც ბევრი ხელმისაწვდომი აზოტი და ფოსფორი არსებობს რთულ ორგანულ ფორმებში (Sieto et al., 2018). ექტომიკორიზული სოკოები წარმოქმნიან ფერმენტებს, რომლებსაც შეუძლიათ ორგანული ნაერთების დაშლა, რითაც ათავისუფლებენ მცენარისთვის საკვებ ელემენტებს (Yuan et al., 2024). ისინი ასევე ხელს უწყობენ ფოთლის ნარჩენების და სხვა ორგანული ნივთიერებების დაშლას, რაც ხელს

უწყობს ტყის ეკოსისტემების გრძელვადიან ნაყოფიერებას (Boroujeni and Hemmatinezhad, 2015).

გარდა ამისა, ექტომიკორიზული სოკოები უზრუნველყოფენ მასპინძელ მცენარეთა დაცვას ფესვთა პათოგენებისგან და აუმჯობესებენ მცენარეთა მდგრადობას გარემო სტრესებისადმი, როგორცაა გვალვა და მძიმე მეტალები (Repac et al., 2022). მათი ჰიფალური ქსელები ხელს უწყობენ ნიადაგის სტაბილიზაციას, რაც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ნიადაგის ეროზიის თავიდან აცილებაში და ეკოსისტემური მთლიანობის შენარჩუნებაში (Kranabetter, 2000).

2.2.1.3. ორქიდეული მიკორიზული სოკოები

ორქიდეული მიკორიზები აუცილებელია ორქიდეების აღმოცენებისა და ადრეულ ზრდის სტადიებზე, რომლებიც ეყრდნობიან სოკოვან პარტნიორებს, რათა უზრუნველყონ საკვები ელემენტები, რომლებიც მათ აკლიათ თესლის გაღვივების დროს (Shamsudin et al. 2024). ორქიდეის თესლი ღარიბია საკვები ელემენტებით, რაც მათ დიდად დამოკიდებულს ხდის მიკორიზულ სოკოებზე გადარჩენისთვის (Tian et al., 2023).

ორქიდეული მიკორიზა ჩვეულებრივ მოიცავს სოკოების ოჯახის *Tulasnellaceae* და *Ceratobasidiaceae* წარმომადგენლებს, რომლებიც კოლონიზაციას ახდენენ ორქიდეების ფესვების კორტექსში და ეხმარებიან საკვები ელემენტების ათვისებაში (Patil and Patil 2022).

2.2.1.4. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოები

ერიკოიდული მიკორიზული სოკოები არის სპეციალიზებული ჯგუფი, რომელიც აყალიბებს ურთიერთკავშირს მანანასებრთა ოჯახის მცენარეებთან, მათ შორის ვაქცინიუმის სახეობებთან, როგორიცაა ლურჯი მოცვი (Monreal et al., 1999). ეს სოკოები ადაპტირებულნი არიან მცენარეების ფესვების კოლონიზაციისთვის ისეთ გარემოში, სადაც სხვა მიკორიზული ტიპების უმეტესობა ვერ ვითარდება, როგორიცაა მჟავე ნიადაგები მაღალი ორგანული შემცველობით და შეზღუდული არაორგანული საკვები ელემენტებით (Bergero et al., 2003). ერიკოიდული მიკორიზული სოკოები განსაკუთრებით ეფექტურია რთული ორგანული ნივთიერებების დაშლისას, რაც მასპინძელ მცენარეებს საშუალებას აძლევს მიიღონ აზოტი, ფოსფორი და სხვა საკვები ელემენტები, რომლებიც სხვაგვარად მიუწვდომელია მცენარეებისთვის (Shaw et al., 1990).

ერიკოიდულ მიკორიზულ სოკოებსა და ლურჯი მოცვის მცენარეებს შორის კავშირი ხდება სოკოს მიერ მცენარის წვრილი ფესვების კოლონიზაციით (Daghino et al., 2016). ერიკოიდული მიკორიზული სოკოები ქმნიან უჯრედშიდა ჰიფალურ ხვეულებს ლურჯი მოცვის ფესვების ეპიდერმულ უჯრედებში (Berch et al., 2002). ეს საშუალებას აძლევს სოკოებს გამოყოს ფერმენტები, როგორიცაა პროტეაზა და ფოსფატაზები, რომლებიც შლიან რთულ ორგანულ ნაერთებს უფრო მარტივ ფორმებად, რომლებიც შეიძლება შეითვისოს მცენარემ (Scagel, 2005). ცნობილია, რომ ერიკოიდული მიკორიზული სოკოები ხელს უწყობენ ორგანული აზოტისა და ფოსფორის შეთვისებას, რომელიც ხშირად გვხვდება რთული, პოლიმერული ფორმებით მჟავე ნიადაგებში, სადაც ბუნებრივად იზრდება ლურჯი მოცვი (Read, 1996).

ერიკოიდული მიკორიზული სოკოებით ინოკულაცია აძლიერებს მცენარეს, განსაკუთრებით ეწერ ნიადაგებში, რადგან ზრდის რიზოსფეროს მიღმა არსებულ საკვები ელემენტებით მდიდარ ზონებში ფესვთა სისტემის წვდომას (Mitchell et al., 2006).

საკვებ ელემენტებზე წვდომა აუმჯობესებს მცენარის ჯანმრთელობას და ენერგიას, რაც განაპირობებს უკეთეს ვეგეტატიურ ზრდას, გაძლიერებულ ყვავილობას და მაღალ მოსავლიანობას (McLaughlin, 2012). გარდა ამისა, ერიკოიდული მიკორიზული სოკოები აუმჯობესებენ მიკროელემენტების შეთვისებას, როგორიცაა თუთია, სპილენძი და რკინა, რომლებიც ხშირად დეფიციტურია მუჟვე ნიადაგებში, რაც აუმჯობესებს მცენარეთა ჯანმრთელობას და სტრესისადმი გამძლეობას (Cairney et al., 2000; Cairney and Meharg 2003). ამასთანავე, ერიკოიდული მიკორიზული სოკოები აძლიერებენ გვალვისადმი ტოლერანტობას მცენარეებში წყლის შეწოვის გაუმჯობესებით (Wei et al., 2020). ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ვრცელი ჰიფალური ქსელი საშუალებას აძლევს მცენარეებს წყალი შეითვისოს ნიადაგის ღრმა ფენებიდან, რაც ამცირებს გვალვის გავლენას მცენარეზე (Perotto et al., 2018). გარდა ამისა, ერიკოიდული მიკორიზული სოკოები უზრუნველყოფენ გარკვეულ დაცვას ნიადაგის პათოგენებისგან, ფესვის ზონაში პოტენციური ინფექციის ადგილების დაკავებითა და მცენარეში სისტემური წინააღმდეგობის გამოწვევით (Read et al., 1973). ამან შეიძლება შეამციროს პათოგენური სოკოებით გამოწვეული ფესვთა დაავადებების სიხშირე, როგორიცაა *Phytophthora* და *Pythium*, რომლებიც გავრცელებულია წყალუხვი, ან ცუდად დრენირებულ ნიადაგებში, სადაც კულტივირებულია ლურჯი მოცვი (Read et al., 1973).

ერიკოიდულ მიკორიზულ სოკოებსა და ლურჯი მოცვის მცენარეებს შორის ურთიერთქმედება, ასევე, ხელს უწყობს ლურჯი მოცვის წარმოების გრძელვადიან მდგრადობას (Kerley et al., 1997). ერიკოიდულ მიკორიზულ სოკოებს წამყვანი როლი აქვთ ნიადაგში ორგანული ნივთიერებების მიმოცვლის ციკლში, რაც ხელს უწყობს ფოთლის

ნარჩენების და სხვა ორგანული ნარჩენების დაშლას (Wei et al., 2016). ამ ორგანული მასალების დაშლით და მცენარეებისთვის ხელმისაწვდომ საკვებ ელემენტებად გარდაქმნით, ერიკოიდული მიკორიზული სოკოები ხელს უწყობენ ნიადაგის გრძელვადიან ნაყოფიერებას და პროდუქტიულობას (Vishwakarma et al. 2024). ეს სიმბიოზური ურთიერთობა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ორგანულ წარმოებაში, სადაც სინთეზური სასუქების გამოყენება შეზღუდულია, ან სრულიად ამოღებული (Scagel, 2005). საკვები ელემენტების შეთვისების გაძლიერებით და მცენარეთა გაჯანსაღებით, ერიკოიდულ მიკორიზულ სოკოებს შეუძლიათ შეამცირონ ქიმიური სასუქების საჭიროება, რაც ხელს შეუწყობს ლურჯი მოცვის წარმოების უფრო მდგრად სისტემებს (Nestby et al., 2014).

ლურჯი მოცვის გაშენებისას, ერიკოიდულ მიკორიზული სოკოების ბიოლოგიურ პრეპარატებად გამოყენების პოტენციალმა ბოლო წლებში მიიპყრო ყურადღება (Pescie et al., 2023). კომერციული ბიოპრეპარატები, რომლებიც შეიცავს ერიკოიდულ მიკორიზულ სოკოებს, შეიძლება გამოყენებულ იქნას ლურჯი მოცვის პლანტაციებში მცენარის ზრდისა და საკვები ელემენტების შეთვისების გასაუმჯობესებლად (O'Neill et al., 2023).

2.2.2. მიკორიზული სოკოების მნიშვნელობა ეკოლოგიასა და სოფლის მეურნეობაში

მიკორიზული სოკოები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ეკოლოგიასა და სოფლის მეურნეობაში (Joshi et al., 2024). ბუნებრივი ეკოსისტემებში ისინი განაპირობებენ მცენარეთა მრავალფეროვნებას, აუმჯობესებენ ეკოსისტემურ სტაბილურობას და ხელს უწყობენ საკვები ელემენტების ცირკულაციას, რაც ამყარებს ტყეების, საძოვრების და სხვა ბიომების სიჯანსაღეს (Parthsarthi et al., 2024). მიკორიზული სოკოების ფართო მიწისქვეშა ქსელები უკავშირდება მრავალ მცენარეულ სახეობას, რაც ხელს უწყობს საკვები

ელემენტების მიმოცვლასა და ეკოსისტემური მდგრადობის გაზრდას (Chauhan et al., 2022).

სოფლის მეურნეობაში მიკორიზული სოკოები იქცევა ყურადღებას მათი პოტენციალის გამო, რომ გააუმჯობესოს მცენარეთა პროდუქტიულობა და მდგრადობა (Nambiar et al., 2024). ისინი აუმჯობესებენ საკვები ელემენტების შეთვისებას, ამცირებენ ქიმიური სასუქების საჭიროებას და ზრდიან გვალვასა და დაავადების წინააღმდეგობის უნარს, რაც უფრო მდგრად სოფლის მეურნეობის პრაქტიკას უწყობს ხელს. მიკორიზული პრეპარატების გამოყენება ისეთ კულტურებში, როგორიცაა მარცვლეული, პარკოსნები და ხეხილი, დადებით გავლენას ახდენს მოსავლიანობის, დანახარჯების შემცირებაზე და ნიადაგის სიჯანსაღეზე (Al-Qaisi and Altai, 2023).

მიკორიზული სოკოები ასევე მონაწილეობენ კლიმატური ცვლილების გავლენის შემცირებაში ნიადაგის ნახშირბადის ცვლის ხელშეწყობით (Rezvania et. Al., 2024). მიკორიზული აქტივობის გამო ნიადაგში არსებული ნახშირბადი ხელს უწყობს ატმოსფერული ნახშიროჟანგის დონის შემცირებას, რაც ამ სოკოების როლს ნახშირბადის ცვლის გლობალურ ციკლში ძალიან ზრდის (Pokhriya et al., 2016).

მიკორიზული სოკოების პოტენციალის გააზრება და გამოყენება გვთავაზობს მდგრადი სოფლის მეურნეობის წინსვლის, ეკოსისტემის მდგრადობის გაუმჯობესებისა და გლობალური გარემოსდაცვითი გამოწვევების გადაჭრის შესაძლებლობებს (Yasnolob et al., 2018).

2.2.3. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ორი სახეობის *Hyaloscypha hepaticicola* და *Oidiodendron maius* დახასიათება

Hyaloscypha hepaticicola (D.J. Read), რომელიც ასევე ცნობილია მისი ძველი სახელწოდებით, როგორც *Rhizoscyphus ericae*, და *Oidiodendron maius* (G.L. Barron) არის ორი მნიშვნელოვანი სახეობა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების, რომლებიც ქმნიან სიმბიოზურ კავშირს მანანასებრთა (Ericaceae) ოჯახის მცენარეებთან, მათ შორის ლურჯ მოცვთან (Vohnik and Reblova, 2023; Vohnik et al., 2023;). ეს სოკოები განსაკუთრებულად არიან ადაპტირებული მჟავე და საკვები ელემენტებით ღარიბ ნიადაგებთან, სადაც ისინი მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ მცენარეების ზრდის და განვითარების გაუმჯობესებაში, განსაკუთრებით, აზოტის და ფოსფორის უკეთ ათვისების გზით (Wurzbürger et al., 2012).

Hyaloscypha hepaticicola არის კარგად შესწავლილი სოკო, რომელიც ახდენს ისეთი რთული ორგანული მასალების დაშლას, როგორიცაა ცილები და ლიგნინი. ამის გამო ის მნიშვნელოვან როლს თამაშობს საკვები ელემენტების მიმოცვლაში ერიკოიდულ ეკოსისტემებში (Bruzzone et al., 2017). მისი უნარი ორგანული აზოტისა და ფოსფორის ფიქსაციაში მასპინძელ მცენარეებს აძლევს საშუალებას განვითარდნენ რთულ გარემო პირობებში. საკვები ელემენტების ფიქსაციის გარდა, ეს სოკო ხელს უწყობს ფესვების სტრუქტურულ სიმტკიცეს, რაც აუმჯობესებს წყლის შეთვისებასა და მცენარეთა მდგრადობას გარემო პირობებთან (აბიოტურ და ბიოტურ სტრესთან) მიმართებაში (Crous et al., 2024). მისი სიმბიოზური ურთიერთქმედება ხასიათდება ფესვების გარეთა უჯრედებში წვრილი ჰიფების ქსელის ჩამოყალიბებით, რისი საშუალებითაც ხდება საკვები ელემენტების მიმოცვლა (Crous et al., 2024).

მეორეს მხრივ, *Oidiodendron maius* ფართოდ არის შესწავლილი, როგორც ერიკოიდული მიკორიზული სოკო, რომელიც არა მარტო მანანასებრთა (Ericaceae) ოჯახის მცენარეებთან ამყარებს სიმბიოზურ კავშირს, არამედ ზოგიერთ არა-ერიკოიდულ სახეობთანაც, რაც მის ეკოლოგიურ მნიშვნელობას ზრდის (Mikheev et al., 2023). მას ახასიათებს განსაკუთრებული გამძლეობა გარემო პირობების მიმართ, მათ შორის მძიმე მეტალების მიმართ (Struchkova, 2024). *Hyaloscypha hepaticicola*-ს მსგავსად, *Oidiodendron maius* ასევე აუმჯობესებს საკვები ელემენტების შეთვისების უნარს მასპინძელ მცენარეებში, თუმცა განსაკუთრებით აღსანიშნავია მისი როლი დაბინძურებულ ნიადაგებში არსებული მძიმე ლითონების დეტოქსიფიკაციაში (Pescie et al., 2023). დადასტურებულია, რომ შტამი ახდენს ტოქსიკური ლითონების აკუმულაციას მის ჰიფებში, ამცირებს მათ ხელმისაწვდომობას მცენარეებისთვის და ამით ამცირებს ტოქსიკურობას (Lin et al., 2020).

ორივე სოკო ხელს უწყობს მანანასებრთა (Ericaceae) მცენარეების მდგრადობას და ზრდა-განვითარებას რთულ პირობებში, მათ შორის, ცივ კლიმატებში, დაბალი მჟავიანობის (pH) ნიადაგებში და რეგიონებში, სადაც საკვები ელემენტების ნაკლებობაა (Bruzzone et al., 2015). მათი სიმბიოზური ურთიერთობები მასპინძელ მცენარეებთან აუცილებელია საკვები ელემენტების მიმოცვლისა და ეკოსისტემების სტაბილურობისთვის (Mu et al., 2021). *H. hepaticicola*-სა და *O. maius*-ის ეკოლოგიური ფუნქციები ხაზს უსვამს მათ მნიშვნელობას როგორც ბუნებრივ, ასევე კომერციული ეკოსისტემებისთვის, რაც მათ აქცევს კვლევის მნიშვნელოვან ობიექტად სოფლის მეურნეობასა და მიწის აღდგენის პროცესში მცენარეთა ზრდა-განვითარების გაუმჯობესების მიზნით (Crous et al., 2024).

2.2.4. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ურთიერთქმედება

ერიკოიდული მიკორიზული სოკოები სხვადასხვაგვარად ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან. სოკოების *in vitro* კოკულტივაცია საშუალებას იძლევა მათი ურთიერთქმედებებისა და კონკურენტული დინამიკის გაგებას (Smith, 2009). ამით ვგებულობთ, როგორ თანაცხოვრობენ სოკოები, ებრძვიან თუ არა ერთმანეთს რესურსებისათვის, როგორ ახდენენ ისინი ერთმანეთის ზრდაზე გავლენას და მათი შესაძლო სინერგიული, ან ანტაგონისტური ურთიერთქმედების გამოვლენას (Waag et al., 2011).

ამ ფაქტორების გათვალისწინება ხელს უწყობს ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდის პირობების კარგად გააზრებას, რაც აუცილებელია მათი წარმატებული გამოყენებისთვის, როგორც ბუნებრივ ეკოსისტემებში, ასევე სოფლის მეურნეობაში (Requena et al., 1996; Saldajeno et al., 2011; Dighton et al., 2005).

2.2.5. ზოგიერთი ფაქტორის გავლენა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდა-განვითარებაზე (საკვების არეების, ტემპერატურის, მჟავიანობის, ტენიანობის და ნახშირწყლების გავლენის დადგენა მიცელიუმის ზრდაზე)

ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების შტამების მიცელიუმის ზრდის შესწავლაში სხვადასხვა საკვები ელემენტებისა და გარემო ფაქტორების გავლენა სისტემატურად შეისწავლება, რათა დადგინდეს სოკოების ზრდა განვითარებისთვის ხელსაყრელი გარემო პირობები და საკვები ელემენტები (Brundrett, 2004).

2.2.5.1. სხვადასხვა საკვები არის გავლენა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდა-განვითარებაზე

ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდაზე მნიშვნელოვანი გავლენა აქვს საკვები არის სახეობას. სხვადასხვა საკვები არე გავლენას ახდენს საკვები ელემენტების ხელმისაწვდომობასა და მიცელიუმის ზრდის აუცილებელ პირობებზე (Hoa and Wang, 2015). საკვები არე, რომელიც ახლოსაა სოკოების ბუნებრივ გარემოსთან, ხშირად იძლევა მიცელიუმის უკეთეს ზრდა-განვითარების მაჩვენებელს, რაც მიუთითებს საკვები არის შემადგენლობის მნიშვნელობაზე სოკოს საუკეთესოდ განვითარების პირობების შექმნაში (Shruti and Ramamoorthy, 2022).

2.2.5.2. სხვადასხვა ტემპერატურის გავლენა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდა-განვითარებაზე

ტემპერატურა არის მნიშვნელოვანი ფაქტორი ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების მიცელიუმის ზრდისთვის (Sadar et al., 2015). სხვადასხვა შტამები განსხვავებულ ოპტიმალურ ტემპერატურულ მიდრეკილებას ავლენენ, რაც მიუთითებს მათ ადაპტაციის უნარს კონკრეტულ კლიმატურ პირობებთან (Khurna et al., 2022). ტემპერატურას მნიშვნელოვანი გავლენა აქვს მიცელიუმის ზრდის სიჩქარეზე, ექსტრემალური ტემპერატურა კი ხშირად იწვევს მიცელიუმის ზრდის შემცირებას, ან ზრდის შეწყვეტას (Bhadana et al., 2020).

2.2.5.3. სხვადასხვა მჟავიანობის (pH) გავლენა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდა-განვითარებაზე

მჟავიანობა (pH) მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების განვითარებაში. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოები ჩვეულებრივ წარმატებით ვითარდებიან მჟავე საკვებ არეზე და ნიადაგებში. განსხვავებული მჟავიანობა განსხვავებულ გავლენას ახდენს ფერმენტული აქტივობისა და საკვები ელემენტების ხელმისაწვდომობაზე, რაც საერთო ზრდასა და განვითარებაზე აისახება (Aminuddin et al., 2013). ერიკოიდული მიკორიზული სოკოს მიცელიუმის ოპტიმალური ზრდისთვის აუცილებელია მჟავიანობის დონეების განსაზღვრული დიაპაზონის შენარჩუნება (Wajid et al., 2013).

2.2.5.4. სხვადასხვა ტენიანობის გავლენა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდა-განვითარებაზე

ტენიანობის დონე ასევე გავლენას ახდენს მიცელიუმის ზრდის პროცესზე. მაღალი ტენიანობა ჩვეულებრივ ხელს უწყობს ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდას, საკვები ელემენტების შეთვისებასა და მაღალი ტენიანობის შენარჩუნებას (Kumar and Singh, 1993). საპირისპიროდ, დაბალი ტენიანობა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდის შემცირებას და სოკოების გამომშრობას იწვევს, რაც ხაზს უსვამს ტენიანობის ბალანსის მნიშვნელობას სოკოების კულტივირებაში (Kumari et al. 2023).

2.2.5.5. მიკორიზული სოკოების მიერ ნახშირბადის შეთვისების უნარი ნახშირწყლების სხვადასხვა წყაროდან

სხვადასხვა ნახშირბადის წყარო და კონცენტრაცია ასევე გავლენას ახდენს მიცელიუმის ზრდის პროცესზე. ნახშირწყლები სოკოებისთვის მთავარ ენერგიის წყაროებს წარმოადგენენ. სხვადასხვა ნახშირწყალს, როგორცაა მაგალითად გლუკოზა და ფრუქტოზა, განსხვავებულად ითვისებს სხვადასხვა სახეობის სოკო (Hamad et al., 2015). ნახშირწყლების კონცენტრაციის ზუსტი მართვა აუცილებელია, რადგან მათი დეფიციტი, ან ზედმეტობა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების მიცელიუმის ზრდის სიჩქარეზე და მეტაბოლიურ აქტივობაზე ახდენს გავლენას (Brannon, 1923).

2.3. რიზოტრონები, მცენარეთა ფენოტიპირება და კონტროლირებადი გარემო

რიზოტრონები სპეციალური მოწყობილობაა სამეცნიერო კვლევებისთვის და მნიშვნელოვან ინსტრუმენტად ჩამოყალიბდა მცენარეთა ფენოტიპირების კვლევებში, განსაკუთრებით კონტროლირებად პირობებში, რადგან მათი საშუალებით მეცნიერებს შეუძლიათ დროის რეალურ რეჟიმში და არაინვაზიური მეთოდით დააკვირდნენ ფესვთა სისტემის არქიტექტურასა და განვითარებას (Kerstin et al., 2012). რიზოტრონები სპეციალიზებული საკვლევი კამერებია, რომლებიც აღჭურვილია გამჭვირვალე ან ნახევრად გამჭვირვალე კედლებით, რაც მეცნიერებს აძლევს საშუალებას, უწყვეტად დააკვირდნენ ფესვების ზრდის დინამიკას მცენარის დაზიანების გარეშე (Smit et al., 2001). ეს ტექნოლოგია ფასდაუდებელია იმისთვის, რომ დეტალურად შევისწავლოთ, როგორ ურთიერთობენ ფესვები გარემოსთან, როგორ რეაგირებენ ბიოტურ და აბიოტურ სტრესზე და როგორ ქმნიან სიმბიოზურ ურთიერთობებს, მაგალითად, მიკორიზულ სოკოებთან (Nunez et al., 2016). რიზოტრონები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს

მცენარეთა ფენოტიპირების პროცესში, განსაკუთრებით ქვედა-ნაწილების (ფესვების) შესწავლაში (Neumann et al., 2009).

კონტროლირებად პირობებში, რიზოტრონები საშუალებას იძლევიან გარემოს პირობები, როგორიცაა ტემპერატურა, ჰაერის ტენიანობა, ნიადაგის ტენიანობა, განათების ინტენსივობა და საკვები ელემენტების ხელმისაწვდომობა, ზუსტად დარეგულირდეს (Topp et al., 2013). ეს ხელს უწყობს კონკრეტული ფაქტორების ფესვთა ქცევაზე ზემოქმედების სისტემატურ კვლევას და გამორიცხავს სხვადასხვა გარემო ფაქტორებს, რომელიც ხშირია საველე კვლევებში (Reni et al., 2024). რიზოტრონების გამოყენებით მიღებული ცოდნა მნიშვნელოვანია ისეთი ფესვთა თვისებების შესწავლისთვის, როგორიცაა ფესვების ზრდის სიჩქარე, განშტოების ნიმუში, ფესვთა ბუსუსების ფორმირება და ფესვ-ნიადაგის ურთიერთქმედებები, რაც ძალზედ მნიშვნელოვანია წყლისა და საკვები ელემენტების მოპოვებისთვის, განსაკუთრებით სტრესულ გარემო პირობებში (Downie et al., 2012).

რიზოტრონების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი უპირატესობა მცენარეთა ფენოტიპირების პროცესში არის მათი უნარი დეტალურად შეისწავლონ მცენარეთა და მიკრობების ურთიერთქმედება, მათ შორის ფესვთა და ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ურთიერთობები (Huck et al., 1982). რიზოტრონების გამჭვირვალობა საშუალებას აძლევს მეცნიერებს დააკვირდნენ ერიკოიდული მიკორიზული სოკოებით მცენარის ფესვების კოლონიზაციის პროცესს, სოკოს ჰიფების განვითარებას და მათ გავლენას მცენარის ზრდაზე და საკვები ელემენტების ათვისებაზე. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სასოფლო-სამეურნეო სისტემებში, სადაც მიკორიზული სოკოები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ მცენარეთა სტრესის მიმართ მდგრადობის გაუმჯობესებაში, საკვები ელემენტების ათვისების გაძლიერებაში და ნიადაგის სიჯანსაღის შენარჩუნებაში (Gonzalez et al., 2023).

ბიოტურ პირობებთან ერთად, რიზოტრონების გამოყენება აბიოტურ სტრესებთან, როგორიცაა მარილიანობა, ტემპერატურის გავლენა და მძიმე ლითონების დაბინძურება მცენარეების ადაპტირების საშუალებას იძლევა. ამ ფაქტორების კონტროლირებადი პირობებით კვლევა საშუალებას აძლევს მეცნიერებს დეტალურად შეისწავლონ მცენარეთა სტრესის მიმართ მდგრადობის გენეტიკური და ფიზიოლოგიური მექანიზმები. რიზოტრონები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ისეთ ფესვთა თვისებების იდენტიფიცირებაში, რომლებიც ხელს უწყობენ წყლის მოხმარების ეფექტიანობას ან საკვები ელემენტების შთანთქმის გაუმჯობესებას მარილიან, ან საკვებ ელემენტების დეფიციტურ ნიადაგებში. ეს ცოდნა მნიშვნელოვანი საფუძველია სელექციის პროგრამებისთვის, რომლებიც მიზნად ისახავენ კლიმატური ცვლილებების და სხვა გარემოს გამოწვევების მიმართ მდგრადი ჯიშების გამოყვანას (Kuchenbuch et al., 2002).

რიზოტრონებზე დაფუძნებული ფენოტიპირება, ასევე, დიდ როლს თამაშობს მდგრადი სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკის განვითარებაში. ფესვთა თვისებების შესახებ ინფორმაციის გაგებით, რაც ხელს უწყობს რესურსების გამოყენების ეფექტიანობას, მეცნიერებს შეუძლიათ განავითარონ ისეთი სოფლის მეურნეობის სისტემები, რომლებიც საჭიროებენ ნაკლებ წყალს და საკვებ ელემენტებს. თანამედროვე სოფლის მეურნეობის მიზანია, გარემოზე მინიმალური ზემოქმედებით რესურსების ოპტიმალური გამოყენება და მოსავლიანობის გაზრდა, რისთვისაც შეუცვლელია მცენარეების შესწავლა რიზოტრონების გამოყენებით (Cope et al., 2024). განვითარებადი სოფლის მეურნეობის პრაქტიკაში გლობალური გამოწვევების ფონზე, ფუნდამენტურ და გამოყენებით კვლევებში სასოფლო-სამეურნეო კვლევებში, რიზოტრონული ფენოტიპირებას მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს (Lobert et al., 2011).

2.4. მულჩირება და ლურჯი მოცვი

მულჩირება მნიშვნელოვანი აგრონომიული პრაქტიკაა, რომელიც გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში ნიადაგის მდგომარეობის გაუმჯობესებისთვის, ტენის შენარჩუნებისთვის, სარეველების ზრდის შეზღუდვისთვის და მცენარეების პროდუქტიულობის ასამაღლებლად (გოგოლაშვილი, 1963). ლურჯი მოცვის წარმოებაში მულჩირების როლი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მცენარეების სპეციფიკური ნიადაგური მოთხოვნილებების გამო (Davis and Strick, 2022). ლურჯი მოცვი არის ზედაპირული ფესვთა სისტემის მქონე, მრავალწლიანი მცენარე, რომელიც იზრდება მჟავე ნიადაგებში, რომელიც მდიდარია ორგანული ნივთიერებებით, კარგადაა დრენაჟირებული და ინახავს ტენიანობას (Percival et al., 2010). მულჩირება არამარტო ხელს უწყობს ამ ოპტიმალური ნიადაგური პირობების შენარჩუნებას, არამედ ასევე აუმჯობესებს მცენარეთა ზრდა-განვითარებას და მოსავალს, ამცირებს გარემოს სტრესს და აძლიერებს ნიადაგის მიკრობიომს (Stric et al., 2017).

ორგანული მულჩირება, როგორცაა მაგალითად ხის ჩიფსები, ტორფი და ნაძვის წიწვი, ფართოდ გამოიყენება ლურჯი მოცვის წარმოებაში. ოგანულ მულჩირებას უპირატესობას ანიჭებენ რამდენიმე მიზეზის გამო: ისინი დროთა განმავლობაში იშლება, ამდიდრებს ნიადაგს ორგანული ნივთიერებით, ინარჩუნებს ნიადაგის მჟავიანობას და ნელ-ნელა გამოყოფს საკვებ ელემენტებს, რომლებიც აუცილებელია ლურჯი მოცვის ზრდა-განვითარებისთვის (Percival et al., 2009). ხის ჩიფსები, ტორფი და ნაძვის წიწვი განსაკუთრებით სასარგებლოა ლურჯი მოცვისთვის, რადგან მათი დაშლის პროცესი ზრდის ნიადაგის მჟავიანობას, რაც მნიშვნელოვანი ფაქტორია ლურჯი მოცვის ფესვების ოპტიმალური ფუნქციონირებისთვის (Rendon et al., 2020). ორგანული მულჩების ნელი დაშლა ხელს უწყობს ნიადაგის სტრუქტურის გაუმჯობესებას, წყლის შესანახი უნარის გაზრდას და საკვები ელემენტების ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში

ხელმისაწვდომობას (Larco et al., 2013). ასევე, ორგანული მულჩები ხელს უწყობს სასარგებლო მიკროორგანიზმების, მათ შორის, მიკორიზული სოკოების ზრდასა და აქტივობას, რომლებიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ლურჯი მოცვის ფესვთა სისტემასთან სიმბიოზურ ურთიერთობაში, განსაკუთრებით ფოსფორის ათვისებაში (Sale, et al., 2022).

ნიადაგის ტენიანობის მართვის თვალსაზრისით, მულჩირება მნიშვნელოვნად ამცირებს წყლის აორთქლებას ნიადაგის ზედაპირიდან, რითაც ინარჩუნებს უფრო სტაბილურ ტენიანობას ფესვთა სისტემაში (Sun et al., 2023). ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ლურჯი მოცვისთვის, რომელიც ზედაპირული ფესვთა სისტემის მქონე მცენარეა და განსაკუთრებით მგრძნობიარეა წყლის სტრესის მიმართ (Li et al., 2024). მულჩირება ქმნის ბარიერს, რომელიც ხელს უშლის ტენიანობის სწრაფ დაკარგვას ცხელი და მშრალი პერიოდების განმავლობაში და ამცირებს მორწყვის სიხშირეს, რაც განსაკუთრებით ღირებულია იმ რეგიონებში, სადაც წყლის რესურსები შეზღუდულია, ან სადაც გვალვების პერიოდები ხშირია (Li et al., 2023). სამეცნიერო კვლევებით დადასტურებულია, რომ მულჩირებული ლურჯი მოცვის მცენარეები უფრო ეფექტიანად იყენებენ წყალს და ნაკლებ სტრესს განიცდიან დაბალი ნალექის დროს, არამულჩირებულ მცენარეებთან შედარებით (Karp et al., 2018). გარდა ამისა, ტენიანობის რეგულირებით, მულჩირება ხელს უშლის ფესვთა ღპობის გამომწვევი დაავადებების განვითარებას, რაც შესაძლოა წარმოიშვას ნიადაგის წყლით გაჯერებისას, თუ ნიადაგის დრენაჟი არასწორია (Molnar et al., 2019).

ტემპერატურის რეგულირება მულჩირების კიდევ ერთი მთავარი სარგებელია ლურჯი მოცვის წარმოებაში (Apse and Karklins, 2012). მულჩირება მოქმედებს, როგორც სითბოს იზოლატორი, ინარჩუნებს რა ნიადაგს უფრო გრილად ზაფხულში და უფრო თბილად ზამთარში, რითაც იცავენ ლურჯი მოცვის ფესვებს ტემპერატურული სტრესისგან (Bryla

et al., 2007). ეს პროცესი ძალიან მნიშვნელოვანია მცენარეებისთვის, რომლებიც შესაძლოა დაზიანდნენ გადაჭარბებული სიცხის პირობებში, ან ზრდის შეფერხებას განიცდიდნენ, როდესაც ნიადაგის ტემპერატურა ძალიან დაბალია (Nestby et al., 2014). მულჩირების პრაქტიკამ აჩვენა, რომ ამცირებს ნიადაგის ტემპერატურულ ცვალებადობას, განსაკუთრებით ლურჯი მოცვის ვეგეტაციური ზრდის დროს, რაც ხელს უწყობს უფრო სტაბილურ ფესვთა აქტივობას და აუმჯობესებს მცენარის პროდუქტიულობას (Gumbrewicz and Calderwood, 2022).

სარეველების შეზღუდვა არის მულჩირების ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი სარგებელი ლურჯი მოცვის პლანტაციებში (Pedra et al., 2024). სარეველები კონკურენციას უწევენ ლურჯი მოცვის მცენარეებს წყლის, საკვები ელემენტები ათვისებასა და სინათლის მიღებაში, მათი კონტროლი კი შეიძლება შრომატევადი და ხარჯიანი იყოს, განსაკუთრებით კომერციული წარმოების დროს (Appiah et al., 2023). ორგანული მულჩირება ქმნის ფიზიკურ ბარიერს ნიადაგის ზედაპირზე, რაც ხელს უშლის სარეველების თესლების გაღივებას და ზრდას. ეს ამცირებს ჰერბიციდების გამოყენების საჭიროებას და ხელს უწყობს უფრო მდგრადი და ეკოლოგიურად სუფთა წარმოების პრაქტიკას (Petridis et al., 2020). რესურსების შემცირების გარდა, სარეველების შეზღუდვა მულჩირების გზით ამცირებს მავნებლებისა და დაავადებების ალბათობას, რომლებიც სარეველებით მდიდარ გარემოში მრავლდებიან (Strick et al., 2020).

ლურჯი მოცვის არა ერთ კომერციული წარმოებაში გამოიყენება არაორგანული მულჩირებაც, როგორცაა მაგალითად აგროქსოვილი (Retamal-Salgado et al., 2022). ამ სინთეტიკურ მასალას აქვს ბევრი სარგებელი, როგორც ორგანული მულჩირებას - ტენის შენარჩუნება, ტემპერატურის რეგულირება და სარეველების კონტროლი - თუმცა ისინი არ იშლება დროთა განმავლობაში როგორც ორგანული მულჩი (Fernandez-salvador et al., 2017). ამასთანავე, ორგანული მულჩირებისგან განსხვავებით, არაორგანული მულჩირება

არ უწყობს ხელს ნიადაგის ორგანული ნივთიერებების გაზრდას ან ნიადაგის სტრუქტურის გაუმჯობესებას. ზოგიერთი კვლევა აჩვენებს, რომ აგროქსოვილით მულჩირებამ შეიძლება გამოიწვიოს ნიადაგის გადახურება ცხელ კლიმატებში, რაც შეიძლება მავნე აღმოჩნდეს ლურჯი მოცვის ფესვებისთვის. შესაბამისად, მულჩირებისთვის მასალის სწორად შერჩევა, ასევე მისი მართვის მეთოდების გათვალისწინება, აუცილებელია სასურველი შედეგების მისაღწევად (Jeong et al., 2024).

ლურჯი მოცვის წარმოებაში მულჩირებისა და ნიადაგის ბიოლოგიის ურთიერთქმედება ასევე მნიშვნელოვანი ასპექტია (Costello et al., 2019). მულჩირება ხელს უწყობს ნიადაგის მიკროორგანიზმების აქტივობის გაძლიერებას, განსაკუთრებით სასარგებლო სოკოებისა და ბაქტერიების გავრცელებას. მაგალითად, მულჩირებული ნიადაგებში უფრო მეტად ვითარდება მიკორიზული სოკოების პოპულაცია, რომლებიც ასოცირდება ლურჯი მოცვის ფესვებთან და აუმჯობესებენ მცენარის წყლისა და საკვები ელემენტების მიღების უნარს, განსაკუთრებით, საკვები ელემენტებით ღარიბ ნიადაგებში. ეს მიკორიზული ასოციაციები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ორგანულ წარმოებაში, სადაც სინთეზური სასუქების გამოყენება შეზღუდულია და ნიადაგური ბიოლოგიური ციკლი კრიტიკულ როლს თამაშობს მცენარის კვებაში. გარდა ამისა, მულჩირებამ აჩვენა, რომ ხელს უწყობს ჭიაყელების აქტივობას, რაც აუმჯობესებს ნიადაგის აერაციას, სტრუქტურასა და საკვები ელემენტების ხელმისაწვდომობას (Costello et al., 2019).

მულჩირების სარგებლის მაქსიმალიზაციისთვის ლურჯი მოცვის წარმოებაში აუცილებელია მულჩირების ტიპის, სისქისა და გამოყენების დროის სწორად შერჩევა (Strick et al., 2017).

საბოლოოდ, შეჯამებისთვის უნდა ითქვას, რომ მულჩირება არის აუცილებელი პრაქტიკა ლურჯი მოცვის წარმოებისთვის, რომელიც ხელს უწყობს მცენარეთა ზრდის გაუმჯობესებას, მოსავლიანობის გაზრდას და ნაყოფის ხარისხის გაუმჯობესებას (Sullivan et al., 2015). ტენის შენარჩუნების, ტემპერატურის რეგულირების, სარეველების შეზღუდვისა და ნიადაგის მიკრობული აქტივობის გაძლიერების გზით, მულჩირება უზრუნველყოფს ლურჯი მოცვის მცენარეთა სიჯანსაღესა და პროდუქტიულობას. თუმცა, მულჩირების წარმატებული გამოყენება ლურჯი მოცვის წარმოებაში მოითხოვს მულჩის მასალისა და მართვის მეთოდების ფრთხილად შერჩევას, რათა თავიდან იქნას აცილებული პოტენციური უარყოფითი შედეგები, როგორიცაა ჭარბი ტენიანობა, ან საკვები ელემენტების დისბალანსი (Albert et al.; 2010).

3. მეთოდოლოგია

3.1. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ბიოლოგიის ზოგიერთი საკითხის შესწავლა ლაბორატორიულ პირობებში

3.1.1. *O. maius* და *H. hepaticicola*-ის ურთიერთქმედების შესწავლა შტამების კოკულტივაციის საშუალებით

სოკოების სხვადასხვა შტამი თავისებურად ურთიერთქმედებს ერთმანეთთან და შეიძლება ერთმანეთის მიმართ სხვადასხვანაირი ბუნება გამოავლინონ: სინერგიზმი, ანტაგონიზმი, ან ინდიფერენტული დამოკიდებულება (Wagg et al., 2011).

ამ საკითხის შესასწავლად, ერიკოიდული მიკორიზული სოკოს ორი შტამი წინასწარ გაიზარდა გასტერილებულ აგარიზებული დექსტროზიანი კარტოფილის საკვებ არეზე, პეტრის თასებში.

თითოეული სოკოს მიცელიუმის 5 მმ-იანი დისკოები ამოჭრილი იქნა ზრდადი მიცელიუმის ზედაპირიდან და მოთავსდა კოკულტივაციისთვის ერთ პეტრის თასზე. პეტრის თასზე წინასწარ იქნა მონიშნული გამყოფი ხაზი. *Hyaloscypha hepaticicola* (D.J. Read)-ს და *Oidiodendron maius* (G.L. Barron)-ის შტამები მოთავსდა ხაზით გაყოფილი პეტრის თასის შუაში. შეწყვილებული პეტრის თასები მოთავსდა 23° C გრადუსს ტემპერატურაზე, ბნელ ოთახში. გადათესვიდან ოცდამეხუთე დღეს გაიზომა სოკოების მიცელიუმის ზრდა Kowalik და Krechnik-ის ფორმულის მიხედვით $I = (C - T) / C \times 100$ (Villarreal-Ruiz et al., 2012) და დაკვირვება მოხდა სოკოების ურთიერთქმედების ტიპზე. ექსპერიმენტი ჩატარდა ოთხი გამეორებით (Requena et al., 1996; Smith, 2009; Saldajeno et al., 2011; Dighton et al., 2005).

3.1.2. სხვადასხვა საკვები არის გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდა-განვითარებაზე

სხვადასხვა საკვები არის გავლენის შესასწავლად სოკოების ზრდა-განვითარებაზე მომზადდა აგარიზებული დექსტროზიანი კარტოფილის საკვები არე (PDA), აგარიზებული ალასო ექსტრაქტი (MEA) დააგარიზებული მელინ ნორკლანსის საკვებ არე (MNA). წინასწარ გამზადებულ გასტერილებული საკვები არეები გადანაწილდა პეტრის თასებზე და გადაითესა სოკოების, *H. hepaticicola* -ს და *O. maius* -ის, შტამები. პეტრის თასები მოთავსდა 23° C ტემპერატურაზე, სიბნელეში. გადათესვიდან მეათე და მეოცე დღეს გაიზომა პეტრის თასზე გადათესილი სოკოს შტამების მიცელიუმის ზრდის ინტენსივობა. ცდა ჩატარდა ოთხი გამეორებით (Hoa and Wang, 2015; Shruti and Ramamoorthy, 2022).

3.1.3. სხვადასხვა ტემპერატურის გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდა-განვითარებაზე

სხვადასხვა სოკოს განსხვავებული ტემპერატურა ჭირდება ოპტიმალური ზრდა-განვითარებისათვის (Sardar et al., 2015). ტემპერატურის გავლენის შესასწავლად, დამზადდა საკვები არე აგარიზებული დექსტროზიანი კარტოფილის (PDA) გამოყენებით. ცდისთვის გამოყენებული იქნა პეტრის თასები, რაზეც გადაითესა სოკოების *H. hepaticicola*-ს და *O. maius* -ის შტამები. პეტრის თასები მოთავსდა სხვადასხვა ტემპერატურულ რეჟიმზე, +4°; +7°; +20°; +23°; +25° და +30° C ტემპერატურებზე. გადათესვიდან მეოცე დღეს გაიზომა პეტრის თასზე გადათესილი სოკოს შტამების ზრდის მაჩვენებელი (Bhadana et al., 2020; Khurna et al., 2022).

3.1.4. საკვები არის სხვადასხვა მჟავიანობის (pH) გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდა-განვითარებაზე

სოკოებს სხვადასხვა მოთხოვნა აქვთ სუბსტრატის მჟავიანობაზე (Wajid et al., 2013). *H. hepaticicola*-ს და *O. maius*-ის შტამების ზრდა-განვითარებაზე სხვადასხვა მჟავიანობის (pH-ის) გავლენის შესწავლის მიზნით დამზადდა თხევადი საკვები არე ლუდის ტკბილის გამოყენებით.

100 მილილიტრიან კოლბებში 50 მილილიტრის რაოდენობით გადანაწილდა ლუდის ტკბილის და წყლისგან (1:1) დამზადებული საკვები არე და გასტერილდა. თითოეულ კოლბაში სითხის მჟავიანობა წინასწარ მიყვანილი იქნა საჭირო ნიშნულამდე ქლორწყალბადისა (HCl) და ნატრიუმის ჰიდროქსიდის (NaOH) გამოყენებით. ცდისთვის გამოყენებული იქნა 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 და 10 მჟავიანობის თხევადი საკვები არეები. წინასწარ გასტერილებულ თითოეულ ვარიანტში ჩაითესა სოკოების, *H. hepaticicola*-ს და *O. Maius*-ის შტამები. დათესვის შემდეგ კოლბები მოთავსდა სანჯღრეველაში, სიბნელეში, 25° C ტემპერატურაზე. გადათესვიდან 25-ე დღეს კოლბის შიგთავსი გაიფილტრა წინასწარ თანაბარ წონაზე დაყვანილ ფილტრის ქაღალდებზე და ფილტრის ქაღალდები მოთავსდა საშრობ კარადაში 60° C ტემპერატურაზე 48 საათით. მუდმივ წონაზე დაყვანის შემდეგ განისაზღვრა თითოეულის წონა. გაფილტრული ფილტრის ქაღალდების წონას გამოაკლდა ფილტრის ქაღალდების თავდაპირველი წონა და დადგინდა თუ რომელ მჟავიანობაზე უფრო მეტად მოხდა სოკოს ზრდა-განვითარება. ცდის დამთავრების შემდეგ, ასევე, გაიზომა თხევადი საკვები არის მჟავიანობა, იმისათვის, რომ დადგენილიყო თუ რამდენად შეიცვალა საკვები არის მჟავიანობა სოკოს ზრდის შემდეგ (Aminuddin et al., 2013; Wajid et al., 2013).

3.1.5. სხვადასხვა ტენიანობის (RH) გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდა-განვითარებაზე

სხვადასხვა ტენის გავლენა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოს ზრდა-განვითარებაზე შესწავლილი იქნა ეზ-ელდინისა და შარაბაშის მეთოდით (Read et al., 2000). საკვლევი სოკოების 7 დღიანი კულტურა გადაითესა აგარიზებული დექსტროზიანი კარტოფილის საკვებ არეზე, პეტრის თასებში. სხვადასხვა კონცენტრაციის მარილის ხსნარით (100 მილიგრამ გამოხდილ წყალში შესაბამისად შერეულ იქნა 20, 15, 10 და 5 გრამი მარილი) იქმნებოდა ჰაერის სხვადასხვა ტენიანობა: 80%, 85%, 90%, 95% და 100 %. სტერილიზაციის შემდეგ, პეტრის თასების მცირე (ქვედა) ნაწილში ჩასხმული იქნა 20 მლ გასტერილებული მარილხსნარი. მარილხსნარიან პეტრის თასზე ზემოდან მოთავსდა აგარიზებულ საკვებზე გადათესილი სოკო და პეტრის თასის ორი ნაწილი ერთმანეთთან შეერთებული იქნა პარაფილმის საშუალებით. დაკვირვება ერიკოიდული მიკორიზული სოკოს ზრდა-განვითარებაზე ყოველდღიურად მიმდინარეობდა. პერიოდულად იზომებოდა მიცელიუმის დიამეტრი, რითაც დგინდებოდა თუ რომელ ტენიანობაზე იძლევა სოკო მაქსიმალურ ზრდას. ცდა ტარდებოდა სამი განმეორებით, თერმოსტატში, ოპტიმალურ ტემპერატურაზე +23⁰ C ტემპერატურაზე (Kumar and Singh, 1993; Kumari et al. 2023).

3.1.6. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) მიერ ნახშირბადის შეთვისების უნარი ნახშირბადის სხვადასხვა წყაროდან

ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების მიერ სხვადასხვა ნახშირწყლების შეთვისებისა და სოკოების ზრდა-განვითარებისთვის ოპტიმალური ნახშირწყალის დასადგენად მომზადდა ჩაპკის თხევადი საკვები არე და ერთ პროცენტთან შაქრების ხსნარის მისაღებად თითოეულ ხსნარს დაეამატა სხვადასხვა ნახშირწყლის წყაროები - გლუკოზა,

ფრუქტოზა, არაბინოზა, ლაქტოზა, მალტოზა და საქაროზა. ამასთანავე, მომზადდა საკონტროლო ვარიანტი, სადაც იყო მხოლოდ ჩაპეკის ხსნარი, ნახშირწყალის გარეშე. თითოეული შაქრის და საკონტროლო ხსნარი ჩაისხა 100 მილიტრიან კოლბებში ოთხი გამეორებით, რაც გასტერილდა ავტოკლავში. გასტერილებულ კოლბებში გადაითესა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების *H. hepaticicola* და *O. maius* -ის ორი შტამის 10 დღიანი კულტურები. ოცდაათი დღის შემდეგ მუდმივ წონაზე დაყვანილ და დანომრილ ფილტრის ქაღალდებზე გაიფილტრა გაზრდილი სოკოები, გაფილტვრის შემდეგ მიცელიუმის წონა დაყვანილ იქნა მუდმივ წონაზე საშრობ კარადაში 60° C -ზე ხუთი საათით გაშრობით, ხოლო მიღებულ წონას გამოაკლდა ფილტრის ქაღალდის მუდმივი წონა, რითაც გაირკვა თუ რომელ ნახშირწყალზე იქნა მიღებული სოკოს მაქსიმალური მოსავალი (Brannon, 1923; Hamad et al., 2015).

3.2. ლურჯი მოცვის (*V. corymbosum*) ჯიშების „ლეგასის“ და „დიუკის“ ფენოტიპირება რიზოტრონების გამოყენებით, კონტროლირებად გარემოში

3.2.1 „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშების ფესვთა სისტემის განვითარების შესწავლა რიზოტრონების გამოყენებით

მცენარეული მასალა

ექსპერიმენტის დაწყებამდე ჩატარდა ექსპერიმენტი „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშის ლურჯი მოცვის 10-10 ნერგზე, რიზოტრონების გამოყენებით.

ტემპერატურული რეჟიმი

კონტროლირებად გარემოდ შეირჩა ის კლიმატური ტემპერატურა, ასევე სინათლის დასხივების სიხშირე და ტენიანობა რაც ლურჯი მოცვის ზრდა განვითარებისთვის იყო ხელსაყრელი (26/16 (°C) დღე/ღამის ტემპერატურა, 40/60 (%) დღე/ღამის ტენიანობა, 16/8

(საათი) დღე/ღამის განათება). ექსპერიმენტი ჩატარდა 3,3 ლიტრის მოცულობის რიზოტრონების გამოყენებით. რიზოტრონების გადანაწილება მოხდა შემთხვევითობის პრინციპით.

ექსპერიმენტის დიზაინი

რიზოტრონებში მოთავსდა ტორფი, რომელიც უნდა გამოყენებულიყო ექსპერიმენტისთვის (pH - 5.5; აზოტი – 100 მგ/ლ; ფოსფორი - 125 მგ/ლ; კალიუმი - 126 მგ/ლ) და გამოყენების წინ მოხდა ორთქლზე გასტერილება ავტოკლავში.

ექსპერიმენტით გაზომილი იქნა ლურჯი მოცვის ფესვების ზრდის სიხშირე, ხოლო სულ ექსპერიმენტი გაგრძელდა 45 დღეს, რომ შეფასებულიყო მოცვის ჯიშების ფესვების ზრდის სიხშირე GROWSCREEN-Rhizo-ს ფენოტიპური რობოტის გამოყენებით.

3.2.2 ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) გავლენის შესწავლა ლურჯი მოცვის (*V. corymbosum*) ლეგასის და დიუკის ჯიშებზე რიზოტრონების გამოყენებით, კონტროლირებად გარემოში

კონტროლირებად გარემოში ცდის ჩასატებლად ცდები ჩატარდა გერმანიაში, იულიხის კვლევითი ცენტრის დედამიწის შემსწავლელის ინსტიტუტში, სადაც შესაძლებელი იყო ლურჯი მოცვის ფენოტიპირება და მცენარის დაუზინებლად ფესვების განვითარების შესწავლა GROWSCREEN-Rhizo-ს ფენოტიპიური რობოტის გამოყენებით, ასევე ლურჯ მოცვზე ერიკოიდული მიკორიზული სოკოს გავლენის შესწავლა კონტროლირებად გარემოში (სურათი 4).

ცდისთვის გამოყენებული კლიმატური გარემო

კონტროლირებად გარემოდ შეირჩა ის კლიმატური ტემპერატურა, ასევე სინათლისა და სიბნელების სიხშირე და ტენიანობა რაც ლურჯი მოცვის ზრდა განვითარებისთვის იყო ხელსაყრელი (26/16 (°C) დღე/ღამის ტემპერატურა, 40/60 (%) დღე/ღამის ტენიანობა, 16/8 (საათი) დღე/ღამის განათება). ექსპერიმენტი ჩატარდა 3,3 ლიტრის მოცულობის რიზოტრონების გამოყენებით. რიზოტრონების გადანაწილება მოხდა შემთხვევითობის პრინციპით.

გამოყენებული მცენარეული მასალა

ექსპერიმენტისთვის გამოყენებულ იქნა 40 ცალი „დიუკი“ და „ლეგასის“ ჯიშის ნერგები პოლონეთის სანერგიდან. ჯიშების შერჩევა მოხდა საქართველოსა და ევროპის ქვეყნებში ყველაზე მეტად გავრცელებული ჯიშების მიხედვით.

გამოყენებული მიკორიზული სოკოები

ერიკოიდული მიკორიზული სოკოს შტამები კანადის გენბანკიდან იქნა შეძენილი (*H. hepaticicola* (D.J Read) (Synonym: *Rhizoscyphus ericae*) და *O. maius* (G.L.Barron), რომლის გამრავლება ლურჯი მოცვის ნერგების ინოკულაციისთვის მოხდა ლაბორატორიაში. გენბანკიდან შეძენილი სოკოები გადაიტესა წინასწარ მომზადებულ პეტრის თასზე, სადაც საკვებ არედ გამოყენებული იყო აგარიზებული დექსტროზიანი კარტოფილის საკვები არე. პეტრის თასები მოთავსდა 23⁰ C ტემპერატურაზე, თერმოსტატში. გადათესვიდან მე-20 დღეს, თითოეული სოკოს შტამი დაბლენდერდა. ინოკულაციის ვარიანტების შესაბამისად მომზადდა სოკოს მიცელიუმის ნაზავები: 1. *H. hepaticicola*-ი, 2. *O. maius*-ი, 3. ორივე სოკოს ნარევი და 4. საკონტროლო ვარიანტი - აგარიზებული დექსტროზიანი კარტოფილის საკვები არის დაბლენდერებული სითხე.

ექსპერიმენტის დიზაინი

ექსპერიმენტის დაწყების წინ იგივე ტორფში (pH - 5.5; აზოტ – 100 მგ/ლ; ფოსფორი - 125 მგ/ლ; კალიუმი - 126 მგ/ლ), როგორც წინარე ექსპერიმენტისას შეივსო რიზოტრონები, გაკეთდა ორმოები ნერგის ჩასარგავად და თითოეულ ორმოში ჩაისხა 50 მილიგრამი ინოკულაციის ვარიანტი. ცდა გადანაწილდა შემთხვევითობის პრინციპით.

შემთხვევითობი პრინციპი დაცული იყო სურათ 1-ზე ნაჩვენები შესაბამისი ნომრებით და ინოკულაციის ყველა ვარიანტზე იყო 10 „ლეგასის“ და 10 „დიუკის“ ჯიშის ლურჯი მოცვის ნერგი.

ვარიანტი

3	8	7	2	5	4	6	1	გამეორება
4	7	5	1	6	2	8	3	
5	6	7	2	8	3	1	4	
8	4	1	3	5	6	7	2	

სურათი 1. რიზოტრონების ცდის სქემა: *H. hepaticicola* და ლეგასი - 1; *H. hepaticicola* და დიუკი - 2; სოკოების ნარევი და „ლეგასი“ - 3; სოკოების ნარევი და „დიუკი“ - 4; *O. maius* და „ლეგასი“ - 5; *O. maius* და „დიუკი“ - 6; კონტროლი და „ლეგასი“ - 7; კონტროლი და „დიუკი“ - 8.

ფესვების ფენოტიპირება არაინვაზიური გზით

ექსპერიმენტი გაგრძელდა 45 დღეს და კვირაში სამჯერ სიხშირით ხდებოდა ფესვების ზრდა-განვითარებაზე დაკვირვება GROWSCREEN-Rhizo-ს ფენოტიპური რობოტის გამოყენებით. ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას ხდებოდა ნერგების შესაბამისი რაოდენობის წყლის მიწოდება - თითოეულ ნერგზე 50 მილილიტრი წყალი ყოველდღიურად. ნერგებს არ მიეწოდებოდა სასუქები.

მცენარეების ფენოტიპირება ცდის შემდეგ

ექსპერიმენტის დასრულების შემდეგ გაიზომა ყველა ნერგის ტოტების სიმაღლე. თითოეული ნერგი ამოღებულ იქნა რიზოტრონებიდან. ფესვთა სისტემა და მიწისზედა ნაწილები განცალკევდა და გაიზომა ტოტების სველი წონა. გამდინარე წყალში გაირეცხა ფესვები და გაიზომა ფესვების სველი წონა. ფესვები და ტოტები აწონვის შემდეგ გადატანილ იქნა საშრობ კარადაში, სადაც სამი (3) დღის განმავლობაში 60°C ტემპერატურაზე ხდებოდა გაშრობა და ამის შემდეგ გაიზომა ფესვებისა და ტოტების მშრალი წონა.

მცენარის მიერ საკვები ელემენტების ათვისების უნარის შესწავლა

ნიადაგის ნიმუში, ასევე თითოეული ნერგიდან ფოთლის ნიმუში გაგზავნილ იქნა საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის ჰაინც ფერის სახელობის ეკოლოგიური სოფლის მეურნეობისა და ბუნების დაცვის ლაბორატორიაში, რათა შემოწმებულიყო მცენარის მიერ შეთვისებული საკვები ელემენტების რაოდენობა.

მცენარის ფესვების გამიკორიზიანების შესწავლა

ამასთანავე, აღებული იქნა ფესვებიდან ნიმუშები, რის შემდეგაც შეიღება ლაბორატორიაში წინასწარ განსაზღვრული პროტოკოლის მიხედვით (ფესვები დაიჭრა ისე, რომ თითო ნიმუშის წონა არ აღემატებოდა 2 გრამს) (Abba et al., 2009). უჯრედების შიგთავსის გამოსარეცხად ფესვები დამუშავდა კალიუმის ჰიდროქსიდის (KOH) 10% - იანი ხსნარით 12 საათის განმავლობაში. ტუტით დამუშავებული ფესვები 5 წუთით ჩაიდო 10%-იან ძმარმჟავის ხსნარში. შესაღებად გამოყენებული იქნა მელნის და ძმარმჟავას 10% -იანი ხსნარი, რომელშიც შესაღები მასალა 4 საათის განმავლობაში მოთავსდა. შეღებილი ფესვები გაირეცხა გამდინარე წყალში და მოთავსდა წყლიან ჭურჭელში 4°C ტემპერატურაზე. პრეპარატები შესწავლილი იქნა ბიოლოგიური

მიკროსკოპის საშუალებით იმის დასადგენად თუ რომელი ერიკოიდული მიკორიზული სოკოთი ინოკულაციისას უფრო მეტად ხდებოდა ფესვების კოლონიზაცია.

3.3. სხვადასხვა სახის მულჩირების გავლენა ლურჯი მოცვის მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ზრდა-განვითარებაზე და ფესვების გამიკორიზიანებაზე საველე პირობებში

ცდის ჩატარების ადგილი

სადისერტაციო კვლევის საველე ნაწილი ჩატარდა დასავლეთ საქართველოში, ქვემო იმერეთის ტერიტორიაზე, სოფელ ბაშში, კომპანია „ლურჯი ბაშის“ კუთვნილ ლურჯი მოცვის პლანტაციაში (სურათი 5). საველე ცდის ტერიტორია შერჩეული იქნა სხვადასხვა კრიტერიუმის მიხედვით, პირველ რიგში ტერიტორიაზე იყო ლურჯი მოცვის გაშენებისთვის ხელსაყრელი მჟავე ნიადაგი: ნიადაგის ნიმუში წინასწარ იქნა გაგზავნილი ლაბორატორიაში და დადგინდა რომ იყო ლურჯი მოცვის ზრდა-განვითარებისთვის შესაბამისი მაჩვენებლები - მჟავიანობა (pH) 4,5-5,5. საველე ცდის ტერიტორიის მომზადება დაიწყო 2021 წლის აგვისტოში და ჩატარდა ნიადაგის 40 სანტიმეტრზე დახვნის სამუშაოები, შემდეგ მოხდა ნიადაგის დისკით კულტივაცია, 30 სანტიმეტრზე დახვნა, ისევ დისკით დამუშავება, დაფარცხვა და ბოლოს შემადღებული (იგივე: ბაზო) კვლების ამოყვანა, ბაზო კვლებს შორის დაშორება გაკეთდა ორი მეტრი და ოთხმოცი სანტიმეტრი (2,80 მეტრი).

მცენარეული მასალა

საველე ცდისთვის ნერგების შეძენა მოხდა დიდი ბრიტანეთის სანერგეში 'Plant365' და შეირჩა ლურჯი მოცვის „ლეგასის“ ჯიშის ნერგები, რადგან საქართველოში და არამარტო საქართველოში ყველაზე მეტად გავრცელებული ჯიში არის „ლეგასი“. ნერგების დასარგავად მომზადდა 15 სანტიმეტრის სიღრმის ორმოებები (იგივე: ბუდნა) სადაც ჩაიყარა 5 (ხუთი) ლიტრი ტორფისა და 200 გრამი ნელად ხსნადი გრანულირებული

სასუქის ნარევი (ტორფის საკვები მინერელებით შემადგენლობა იყო: ორგანული მასა: 90%, ზომა: 20-40მმ, მჟავიანობა (pH): 2.5-4.5; სასუქში საკვები ელემენტების - აზოტის, ფოსფორის და კალიუმის პროპორცია იყო შემდეგნაირი: 5/25/0). ორმოებს შორის დაშორება გაკეთდა ერთი მეტრი და ოცდახუთი სანტიმეტრი (1,25 მეტრი), ხოლო მოსარწყავად გაკეთდა წვეთოვანი მილი საწვეთურებს შორის ორმოც (40) სანტიმეტრიანი დაშორებებით. ასევე გაკეთდა საყრდენი მავთულები, პირველ რიგში, ნერგების ქარისგან დასაცავად.

ნერგები დაირგო 2022 წლის გაზაფხულზე და გაიხლა დარგვის წინ რადგან ამავე წელს არ შესულიყო მცენარე მსხმოიარობაში და მცენარის ფესვების უკეთესად განვითარების მიზნით.

მულჩირების ტიპები

მულჩი, ანუ ნიადაგის საფარი გაკეთდა ნერგების დარგვისთანავე. ცდისთვის გამოყენებული იქნა შვიდი (7) სხვადასხვა სახის მულჩი. მერვე იყო საკონტროლო ვარიანტი, სადაც არც ერთი სახის მულჩი არ იქნა გამოყენებული.

მულჩად გამოყენებულ იქნა საქართველოში და მთელ მსოფლიოში ყველაზე მეტად გავრცელებული ნიადაგის საფარი: 1. ნახერხი, 2. ნაძვის წიწვები, 3. ტორფი, 4. შავი აგროქსოვილი, 5. შავი აგროქსოვილი და ნახერხი, 6. შავი აგროქსოვილი და წიწვები, 7. შავი აგროქსოვილი და ტორფი. (ნახერხის მასალა წარმოადგენდა 8 მმ სისქის ხის ნაფოტებს (იგივე: ხის ჩიფსებს). აგროქსოვილი წარმოადგენდა ნაქსოვი სახის და 120 გრამიანი სისქის ცელოფანი, ტორფის მულჩი - იგივე ხარისხის როგორც ბუდნებში გამოყენებული ტორფი).

ექსპერიმენტის დიზაინი

სულ გვექონდა ცდის 8 ვარიანტი და თითოეული ვარიანტის მულჩირებისთვის განისაზღვრა ათ-ათი (10-10) ნერგი. თითო ვარიანტი აღებული იქნა ოთხ გამეორებად. ექსპერიმენტის სანდოობისთვის მოხდა საველე ცდის შემთხვევითობის პრინციპით გადანაწილება.

თითოეული ბაზო სხვადასხვა სახის მულჩით მულჩით დაიფარა შვიდი (7) სანტიმეტრის სიმაღლეზე.

ვარიანტი

3	8	7	2	5	4	6	1
4	7	5	1	6	2	8	3
5	6	7	2	8	3	1	4
8	4	1	3	5	6	7	2

გამეორება

სურათი 2. საველე ცდის სქემა - მცირე ზომის ნაკვეთებით შედგენილი ექსპერიმენტი: ნახერხი - 1; ნაძვის წიწვი - 2; ტორფი - 4; შავი აგროქსოვილი - 4; შავი აგროქსოვილი და ნახერხი - 5; შავი აგროქსოვილი და ნაძვის წიწვი - 6; შავი აგროქსოვილი და ტორფი - 7; კონტროლი (მულჩის გარეშე) - 8.

საველე ცდის ყველა ნერგს სასუქი, შხამქიმიკატები და სარწყავი წყალი მიეწოდებოდა ერთნაირად, ლურჯი მოცვის პლანტაციისთვის გათვალისწინებული ნორმებით.

მცენარეთა ბიომასის განსაზღვრა

საველე ცდის შედეგები აღებულ იქნა 2023 წლის აგვისტოში, პირველ რიგში გაიზომა თითოეული ნერგის ტოტების სიგრძე, შემდეგ ამოიხარა ყველა ნერგი, აიწონა ტოტების სველი წონა. ფესვები გაირეცხა გამდინარე წყალში ლაბორატორიულ სარეცხზე და აიწონა ფესვების სველი წონა.

მცენარეთა მიერ საკვები ელემენტების ათვისების უნარის განსაზღვრა

ცდის თითოეული ვარიანტიდან აღებულ იქნა ნიადაგის ნიმუში და ფოთლის ნიმუში (ყველა მცენარიდან ერთი ფოთოლი) და გაიგზავნა საქართველოს უნივერსიტეტის ჰაინც ფერის სახელობის ეკოლოგიური სოფლის მეურნეობისა და ბუნების დაცვის ლაბორატორიაში, ნიადაგში და ფოთოლში შემცველი საკვები ელემენტების დასადგენად.

ფესვების გამიკორიზიანების შესწავლა

თითოეული ნერგის ფესვიდან აღებულ იქნა ნიმუშები რის შემდეგაც შეიღება ლაბორატორიაში წინასწარ განსაზღვრული პროტოკოლის მიხედვით (ფესვები დაიჭრა ისე, რომ თითო ნიმუშის წონა არ აღემატებოდა 2 გრამს. უჯრედების შიგთავსის გამოსარეცხად ფესვები დამუშავდა კალიუმის ჰიდროქსიდის (KOH) 10% -იანი ხსნარით 12 საათის განმავლობაში. ტუტით დამუშავებული ფესვები 5 წუთით ჩაიდო 10%-იან ძმარმჟავის ხსნარში. შესაღებად გამოყენებული იქნა მელნის და ძმარმჟავას 10% -იანი ხსნარი, რომელშიც შესაღები მასალა 4 საათის განმავლობაში მოთავსდა. შეღებილი ფესვები გაირეცხა გამდინარე წყალში და მოთავსდა წყლიან ჭურჭელში 4°C ტემპერატურაზე. პრეპარატები (შეღებილი ფესვები) შესწავლილი იქნა ბიოლოგიური მიკროსკოპის საშუალებით იმის დასადგენად, თუ რომელი მულჩის გამოყენებისას უფრო მეტად ხდებოდა ფესვების გამიკორიზიანება - კოლონიზაცია ერიკოიდული მიკორიზული სოკოთი.

მცენარეთა ბიომასის განსაზღვრა

მცენარის ბიომასის წარმოქმნაზე მულჩირების სხვადასხვა ტიპის გავლენის შესასწავლად მოხდა საველე ცდიდან ფესვებისა და ტოტების აღება ცდის თითოეულ ვარიანტზე და განისაზღვრა ფესვების სველი წონა სასწორის საშუალებით. ამის შემდეგ ფესვები მოთავსდა აგრორული უნივერსიტეტის საშრობ კარადაში 60 °C -ზე 3 დღის განმავლობაში, რის შემდეგაც განისაზღვრა მცენარის ფესვების და ტოტების მშრალი წონა.

3.4. სტატისტიკური ანალიზი

გამოთვლილი იქნა შედეგების საშუალო და სტანდარტული შეცდომა (SE). ექსპერიმენტის მონაცემების დამუშავება მოხდა ვარიანტების ანალიზის (ANOVA) გზით. ასევე ტუკის (Tukey's Honestly Significant Difference) და ბონფერონის (Bonferroni post-test) პოსტ-ტესტების გამოყენების საშუალებით, რომლის მიზანი იყო ინდივიდუალური საშუალოების შედარება სხვადასხვა ცდის რამდენიმე ნიმუშის ვარიანტებს შორის. მონაცემთა ანალიზისთვის გამოყენებული იქნა Graph Pad Prism 5 პროგრამული უზრუნველყოფა.

4. შედეგები

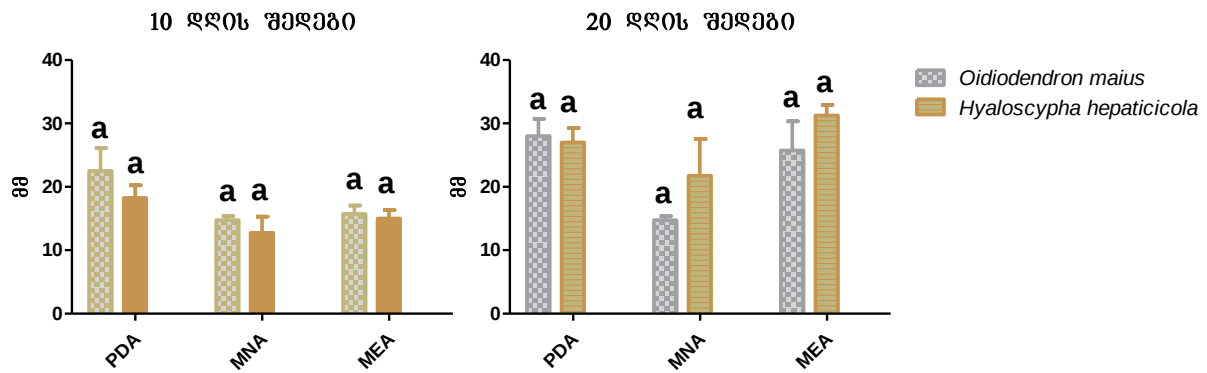
4.1. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ბიოლოგიის ზოგიერთი საკითხის შესწავლა ლაბორატორიულ პირობებში

4.1.1. *O. maius*-ის და *H. hepaticicola*-ის ურთიერთქმედების შესწავლა შტამების კოკულტივაციის საშუალებით

სოკოების კოკულტივაციიდან ერთი თვის შემდეგ შტამებმა არ გადაფარეს საკვები არე და წარმოქმნეს მკვეთრი სადემარკაციო ზოლი. კოკულტივაციის ექსპერიმენტის შედეგების მიხედვით *H. hepaticicola* - ს შტამის ზრდის შეზღუდვის პროცენტი არის 41, ხოლო *O. maius* - ის შტამისთვის 18. აქედან გამომდინარე სოკოებს შორის ურთიერთქმედება უნდა შეფასდეს, როგორც ანტაგონისტური.

4.1.2. სხვადასხვა საკვები არის გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდა-განვითარებაზე

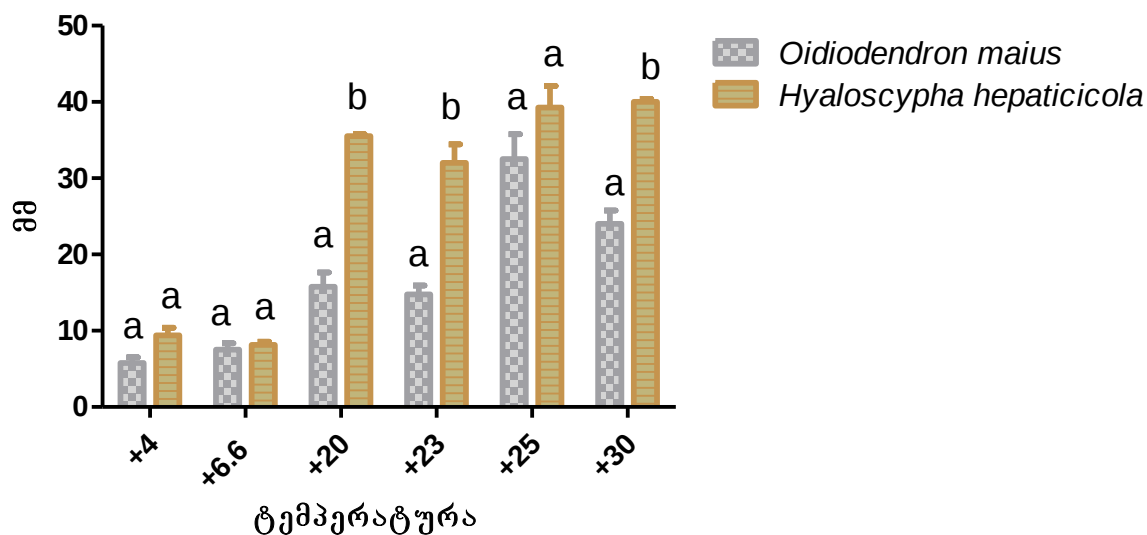
საკვები არის გავლენის შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ ორივე სოკოს აქვს ყველა გამოცდილ საკვებ არეზე გაზრდის უნარი. ექსპერიმენტის დაწყებიდან 10 დღის შემდეგ როგორც *Oidiodendron maius* - ის შტამისთვის ასევე *Hyaloscypha hepaticicola* - ს შტამისთვის ოპტიმალური საკვები არის აგარიზებული დექსტროზიანი კატოფილის საკვები არე (PDA), ხოლო ექსპერიმენტის დაწყებიდან 20 დღის შემდეგ *Hyaloscypha hepaticicola* - ს შტამის ზრდა-განვითარებისთვის აგარიზებული ალას ექსტრაქტი (MEA) არის ოპტიმალური, ხოლო *Oidiodendron maius* - ისთვის კი ისევ ის საკვები არე, რომელიც იყო 10 დღიანი შედეგისას. აგარიზებული მელინ ნორკლანსის საკვებ არეზე (MNA) დაფიქსირდა სოკოს ორივე შტამის ყველაზე ნაკლები ზრდა (გრაფიკი 1, დანართი 1 და 2). მიღებულ მონაცემებზე სტატისტიკურად განსხვავებული შედეგი არ იქნა დაფიქსირებული ($P>0,05$).



გრაფიკი 1. სხვადასხვა საკვები არის გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*-ს) ზრდა-განვითარებაზე: PDA (Potato Dextrose Agar) - აგარიზებული დექსტროზიანი კარტოფილი, MNA (Melin-Norkrans agar) - აგარიზებული მელინ ნორკლანსის საკვები არე, MEA (Malt Extract Agar)- აგარიზებული ალას ექსტრაქტი

4.1.3. სხვადასხვა ტემპერატურის გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდა-განვითარებაზე

ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ზრდა-განვითარებაზე ტემპერატურის გავლენის შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ ორივე სოკოს აქვს უნარი გაიზარდოს სხვადასხვა ტემპერატურის პირობებში. *Oidiiodendron maius* - ის შტამისთვის ოპტიმალური ტემპერატურა არის +25° C, ხოლო *Hyaloscypha hepaticicola* - ს შტამისთვის +20-30° C. აღსანიშნავია რომ ეს უკანასკნელი შტამი კარგად იზრდება ასევე +20° C, +23° C და +25° C ტემპერატურაზე (გრაფიკ 2, დანართი 3 და 4). მიღებული მონაცემების მიხედვით სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება დაფიქსირდა +20° C, +23° C და +30° C ტემპერატურაზე ($P < 0,05$).



გრაფიკი 2. სხვადასხვა ტემპერატურის გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდა-განვითარებაზე

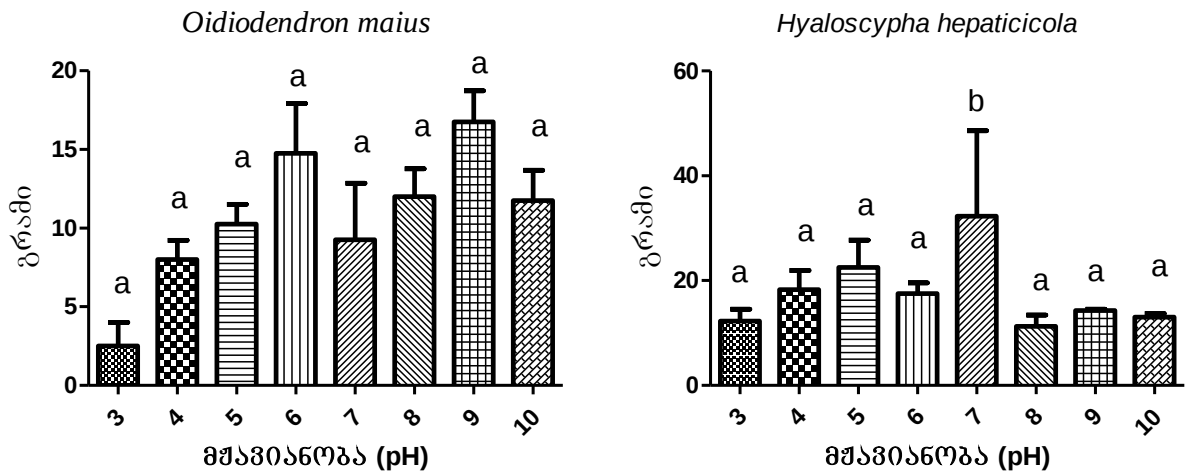
4.1.4. საკვები არის სხვადასხვა მჟავიანობის (pH) გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*-ს) ზრდა-განვითარებაზე

ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების შტამების ზრდა-განვითარებაზე სხვადასხვა მჟავიანობის გავლენის შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ *O. maius* -ის შტამის ზრდა-განვითარებისთვის ოპტიმალურია საკვები არის მჟავიანობა: 6 (ქეცხი) და 9 (ცხრა), ხოლო *H. hepaticicola* -ს შტამისთვის 5 (ხუთი) და 7 (შვიდი) (გრაფიკი 3, დანართი 5 და 6). სოკოების ზრდისთვის ორი ოპტიმალური მჟავიანობის არსებობა შემჩნეულია სხვადასხვა სოკოებში და აიხსნება სოკოს მემბრანის ცილის ამფოტერული თვისებით. ამ თვისების გამო შედარებით მჟავე და შედარებით ტუტე გარემოში სოკოს განვითარებისთვის უკეთესი აღმოჩნდება ხოლმე. სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი სხვაობა დაფიქსირდა მხოლოდ 7 (შვიდ) მჟავიანობაზე ($P < 0,05$).

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ ზრდის პროცესში სოკოების შტამებს საკვები არის მჟავიანობის შეცვლის უნარი აქვთ. ცდის დასაწყისში ცდის დასრულების შემდგომ საკვები არის მაჩვენებელი განსხვავებული იყო (ცხრილი 3) მიღებული შედეგების მიხედვით, ორივე სოკოს შტამის შემთხვევაში საკვები არის რეაქცია მაღალი მჟავიანობის შემთხვევაში (3,4,5) არ იცვლება ცდამდე და ცდის შემდეგ, ხოლო 6 დან 10 მდე საკვები არის რეაქციის შემთხვევაში მჟავიანობა იცვლება უფრო მჟავე რეაქციით (ცხრილი 3).

სოკოების საკვები არეების მჟავიანობა ცდამდე და ცდის შემდეგ	საწყისი მჟავიანობა (pH)							
	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Oidiodendron maius</i> - ის ზრდის შედეგად მიღებული მჟავიანობა (pH)	3	4	5	5	6	6	6	7
<i>Hyaloscypha hepaticicola</i> - ს ზრდის შედეგად მიღებული მჟავიანობა (pH)	3	4	5	5	5	6	6	6

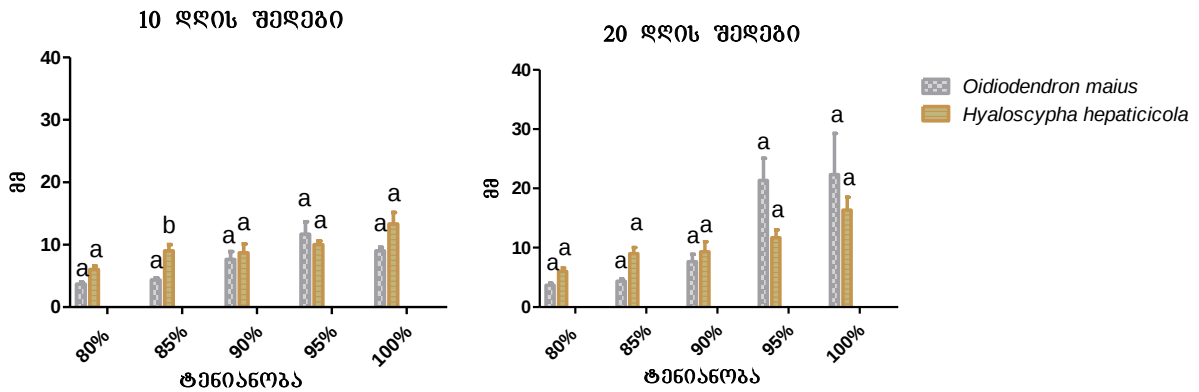
ცხრილი 1. მჟავიანობის მაჩვენებელი ერიკოიდული სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) შტამების თხევად საკვებ არეში ცდამდე და ცდის შემდეგ შემდეგ



გრაფიკი 3. საკვები არის სხვადასხვა მჟავიანობის (pH) გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*-ს) ზრდა-განვითარებაზე

4.1.5. სხვადასხვა ტენიანობის (RH) გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდა-განვითარებაზე

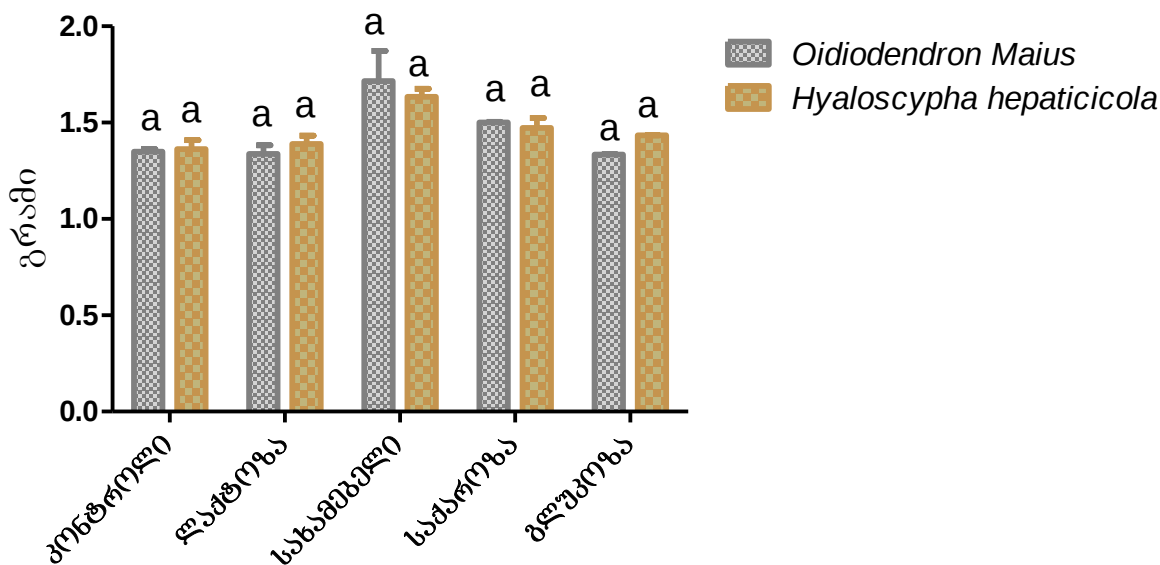
ორივე შესწავლილ სოკოს ქონდა სხვადასხვა ჰაერის ტენიანობის პირობებში განვითარების უნარი. ტენიანობის ცდის შედეგების მიხედვით, რაც წარმოდგენილია გრაფიკზე, როგორც 10 დღიანი, ისე 20 დღიანი შედეგების მიხედვით ნაჩვენებია რომ ტენიანობის 100% (ასი პროცენტი) არის ოპტიმალური *Hyaloscypha hepaticicola* - ს შტამის ზრდა-განვითარებისთვის. ხოლო *Oidiodendron maius* - ის შტამისთვის თუ 10 დღიანი შედეგების მიხედვით 95% (ოთხმცდათხუთმეტ პროცენტია) ტენიანობა იყო ოპტიმალური, 20 დღიანი შედეგების მიხედვით 100% (ას პროცენტია), თუმცა განსხვავებები არ იყო სტატისტიკურად სარწმუნო (გრაფიკი 4, დანართი 7 და 8). მიღებული მონაცემების მიხედვით სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება დაფიქსირდა 85% ტენიანობაზე ($P < 0,05$) 10 დღის შედეგზე, ხოლო ყველა სხვა შემთხვაში, როგორც 10 დღიანი ასევე 20 დღიანი შედეგების მიხედვით მიღებულ მონაცემებს შორის სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი სხვაობა არ დაფიქსირებულა ($P > 0,05$).



გრაფიკი 4. სხვადასხვა ტენიანობის (RH) გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*-ს) ზრდა-განვითარებაზე

4.1.6. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) მიერ ნახშირბადის შეთვისების უნარი ნახშირწყლების სხვადასხვა წყაროდან

ორივე შესწავლილ სოკოს შეუძლია ნახშირწყლების შეთვისება ნახშირბადის სხვადასხვა წყაროდან. მიღებულ მონაცემების მიხედვით ორივე ერიკოიდული მიკორიზული სოკო ნახშირწყლებს უკეთ ითვისებს სახამებლის წყაროდან (გრაფიკი 5, დანართი 9 და 10). სახამებლის გამოყენების დროს დაფიქსირდა სოკოს ბიომასის წარმოქმნის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი (*O. maius* – 1,7 გრამი; *H. hepaticicola* – 1,6 გრამი), სხვა ნახშირწყლის წყაროებსა და კონტროლის ვარიანტთან შედარებით. თუმცა ეს განსხვავება არ იყო სტატისტიკურად სარწმუნო ($P > 0,05$).

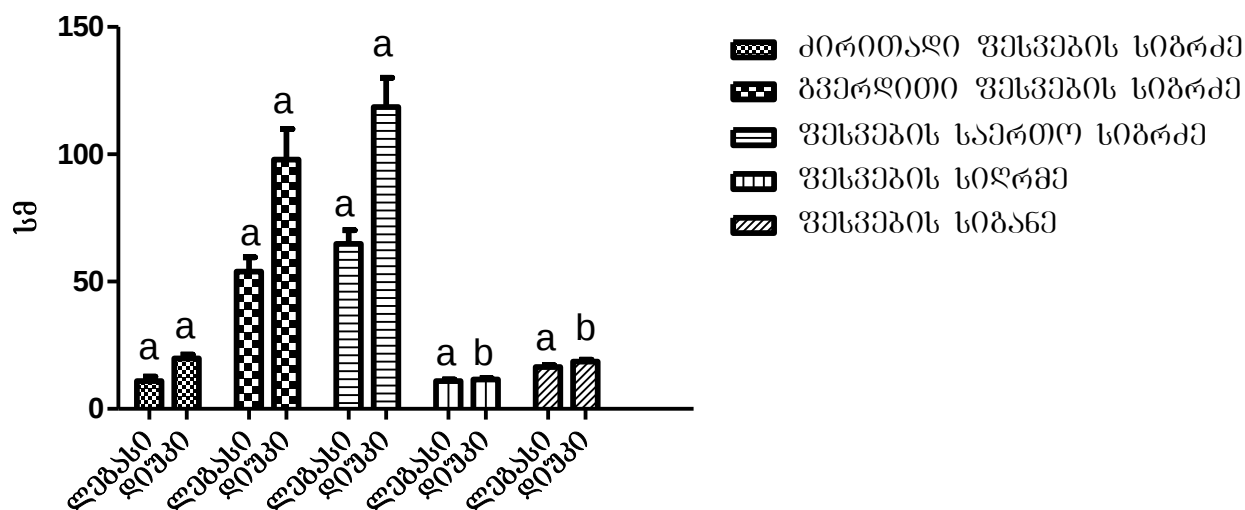


გრაფიკი 5. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების *O. maius* და *H. hepaticicola*-ს მიერ ნახშირბადის შეთვისების უნარი ნახშირბადის სხვადასხვა წყაროდან

4.2. ლურჯი მოცვის (*V. corymbosum*) ჯიშების „ლეგასის“ და „დიუკის“ ფენოტიპირება რიზოტრონების გამოყენებით

4.2.1 „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშების ფესვთა სისტემის განვითარების შედარებითი შესწავლა

გერმანიაში, მცენარეთა ფენოტიპირების ცენტრში ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგად დადგინდა, რომ ექსპერიმენტის დაწყებიდან 25 დღეში აღინიშნა „დიუკის“ ჯიშის ლურჯი მოცვის მთავარი და გვერდითი ფესვების უფრო სწრაფი ზრდა ვიდრე „ლეგასის“ ჯიშის ლურჯ მოცვზე. ფესვების სიგრძე და სიგანე, ასევე, უფრო მეტი იყო „დიუკის“ შემთხვევაში. (გრაფიკი 6, გრაფიკი 11 და 12). მიღებული მონაცემების მიხედვით მხოლოდ ფესვების სიგრძისა და სიგანის მაჩვენებლები წარმოადგენდა სტატისტიკურად მნიშვნელოვან განსხვავებას ($P < 0,05$) სხვა ყველა შემთხვევაში არ დაფიქსირებულია სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი სხვაობა ($P > 0,05$).



გრაფიკი 6. ლურჯი მოცვის ჯიშების „ლეგასის“ და „დიუკის“ განვითარების შესწავლა რიზოტრონების გამოყენებით

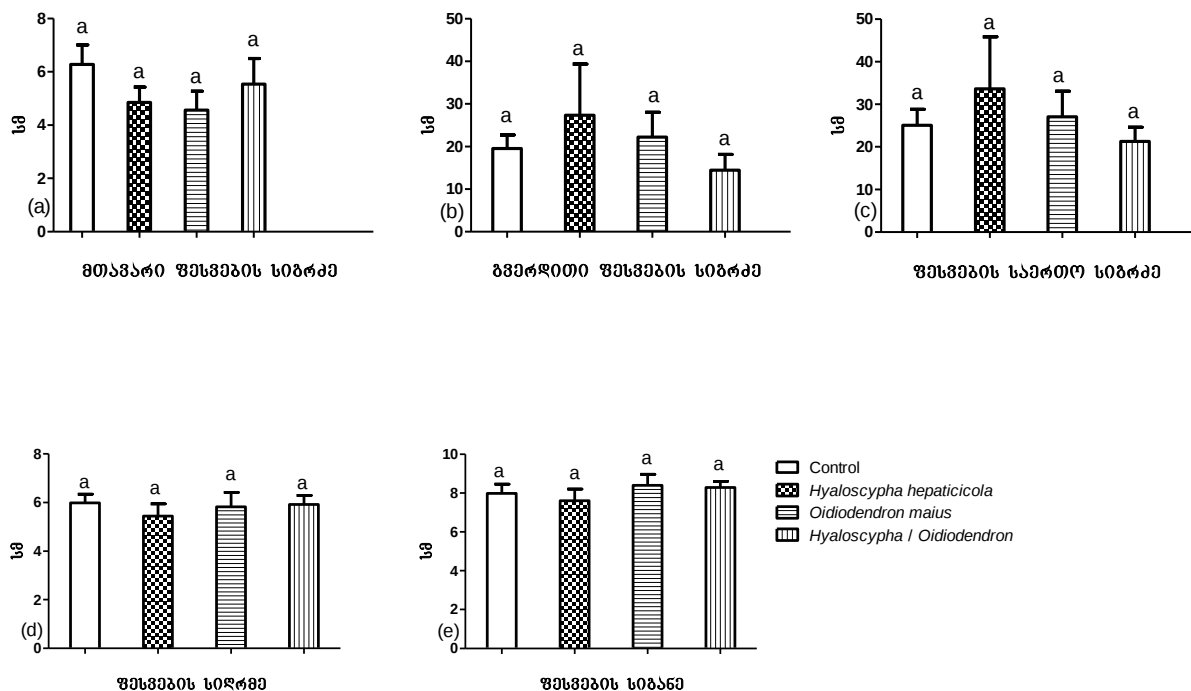
4.2.2 ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) გავლენის შესწავლა ლურჯი მოცვის (*V. corymbosum*) „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშებზე

ფესვების არაინვაზიური ფენოტიპირება რიზოტრონების გამოყენებით

გერმანიაში, მცენარეთა ფენოტიპირების ცენტრში ჩატარებული ექსპერიმენტის პერიოდში, კვირაში სამჯერ მოწმდებოდა ლურჯი მოცვის ფესვების განვითარება. მიღებული შედეგის მიხედვით, „ლეგასის“ ჯიშის ლურჯმა მოცვმა აჩვენა გვერდითი ფესვების უკეთესი ზრდა *Hyaloscypha hepaticicola* - ს შტამით ინოკულაციის შემთხვევაში (27 სანტიმეტრი), ვიდრე საკონტროლო ვარიანტში (22 სანტიმეტრი). მიახლოებით მსგავსი შედეგი დაფიქსირდა, ასევე *Oidiodendron maius* - ის შტამით ინოკულაციისას (23 სანტიმეტრი), ხოლო სოკოების შტამების ნარევი ინოკულაციისას დაფიქსირდა ნაკლები ზრდა ვიდრე საკონტროლო ვარიანტში (17 სანტიმეტრი). განსხვავებული

შედეგი დაფიქსირდა მთავარი ფესვების სიგრძის ზრდაზე, სადაც კონტროლირებად ვარიანტში იყო ყველაზე სწრაფი ზრდა (6,3 სანტიმეტრი), შემდეგ კი სოკოების შტამების ნარევით ინოკულაციის შემთხვევაში (5,8 სანტიმეტრი), ხოლო *O. maius* - ის შტამით და *H. hepaticicola* - ს შტამით ცალ-ცალკე ინოკულაციას დაფიქსირდა მთავარი ფესვების ნაკლები ზრდა (4,7 და 4,4 სანტიმეტრი), საკონტროლო და სოკოების ნარევის ვარიანტებთან შედარებით. ფესვების საერთო სიგრძის შემთხვევაში, ანუ მთავარი ფესვებისა და გვერდითი ფესვების სიგრძის დაჯამებისას, *H. hepaticicola* - ს შტამით ინოკულაციამ აჩვენა საუკეთესო ზრდა (31 სანტიმეტრი (გრაფიკი 7, დანართი 13 და 14)).

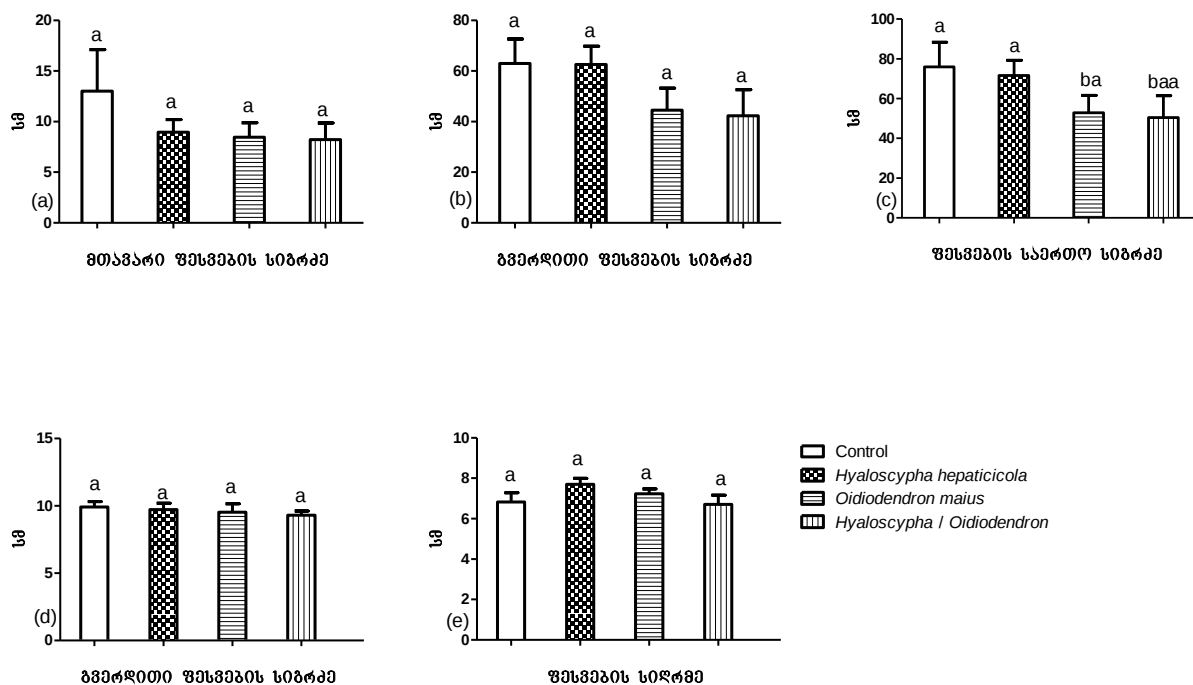
ფესვების სიღრმის და სიგანის გაზომვისას დაფიქსირდა მცირედი განსხვავება ვარიანტებს შორის, რაც წარმოდგენილია გრაფიკზე (საკონტროლო ვარიანტზე სიღრმე - 6 სანტიმეტრი, სიგანე - 8 სანტიმეტრი; *H. hepaticicola* -ს შტამით ინოკულაციისას სიღრმე - 5,6 სანტიმეტრი, სიგანე - 7,8 სანტიმეტრი; *O. maius* - ის შტამით ინოკულაციისას სიღრმე - 5,7 სანტიმეტრი, სიგანე - 8,2 სანტიმეტრი; სოკოების ნარევით ინოკულაციისას სიღრმე - 5,9 სანტიმეტრი, სიგანე - 8,1 სანტიმეტრი). აღსანიშნავია რომ მიღებულ მონაცემებს შორის სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება არ აღინიშნა და $P > 0,05$ (გრაფიკი 7, დანართი 13 და 14).



გრაფიკი 7. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ ფესვთა სისტემის ფენოტიპირება რიზოტრონებში

დიუკის ჯიშის ლურჯი მოცვის მცენარეზე კონტროლირებად ვარიანტში მივიღეთ უფრო მაღალი ძირითადი ფესვებისა (13 სანტიმეტრი) სიგრძის ზრდა ვიდრე ინოკულირებულ ვარიანტებში (*H. hepaticicola* – 8,9 სანტიმეტრი; *O. maius* – 8,4 სანტიმეტრი; სოკოების ნარევი - 8,2 სანტიმეტრი). ანალოგიური შედეგი დაფიქსირდა გვერდითი ფესვების შემთხვევაში, აღსანიშნავია რომ მხოლოდ გვერდითა *H. hepaticicola* - ს შტამით ინოკულაციის შემთხვევაში დაფიქსირდა იგივე მაჩვენებელი როგორც საკონტროლო ვარიანტში - 62 სანტიმეტრი (*O. maius* – 44 სანტიმეტრი; სოკოების ნარევი - 42 სანტიმეტრი). ფესვების სიგანეზე და სიღრმეზე ყველა ვარიანტში მიღებულ მონაცემებს შორის დაფიქსირდა მცირედი განსხვავებები (საკონტროლო ვარიანტი: სიგანე - 9,9 სანტიმეტრი, სიღრმე - 6,8 სანტიმეტრი; *H. hepaticicola*: სიგანე - 9,7 სანტიმეტრი, სიღრმე - 7,7 სანტიმეტრი; *O. maius*: სიგანე - 9,5 სანტიმეტრი, სიღრმე - 7,2 სანტიმეტრი; სოკოების ნარევი: სიგანე - 9,2 სანტიმეტრი, სიღრმე - 7,7 სანტიმეტრი). მიღებულ მონაცემებს შორის სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება არ დაფიქსირებულა (P

> 0,05), გარდა ძირითადი და გვერდითი ფესვების სიგრძის საერთო მაჩვენებლისა, სადაც *O. maius* - ის შტამით ინოკულაციისა და სოკოების წარევის ინოკულაციის შემთხვევაში, საკონტროლო ვარიანტთან შედარებით დაფიქსირდა სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება - $P < 0,05$ (გრაფიკი 8, დანართი 15 და 16).

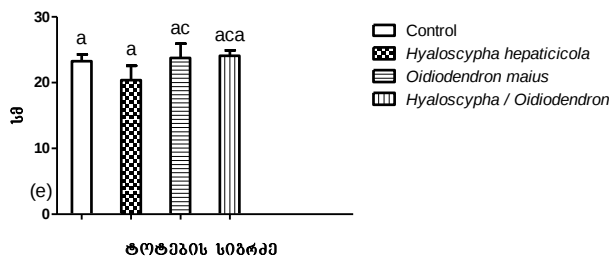
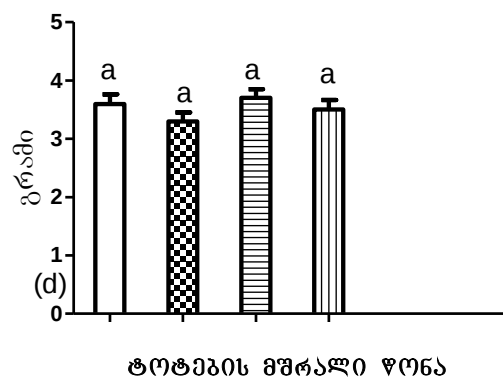
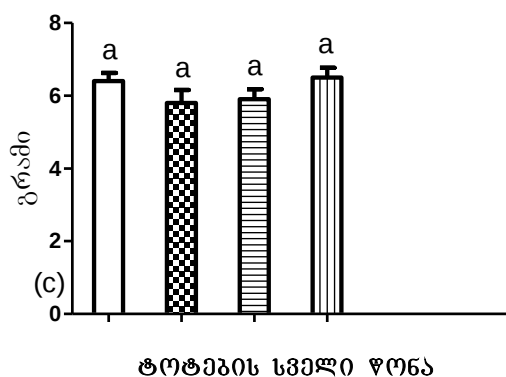
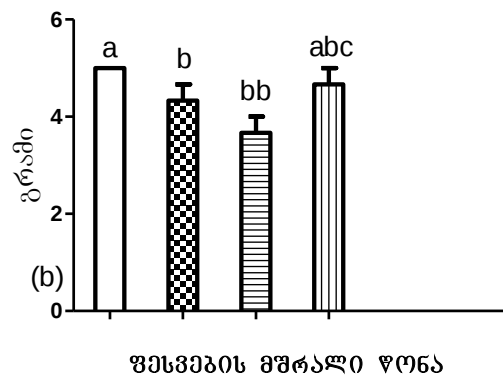
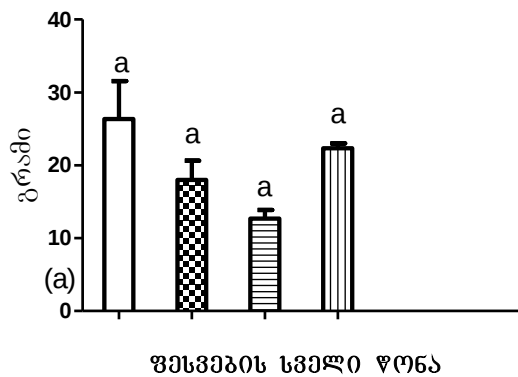


გრაფიკი 8. ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ ფესვთა სისტემის ფენოტიპირება რიზოტრონებში

მცენარეთა ბიომასის განსაზღვრა

გერმანიაში, კონტროლირებად გარემოში, ჩატარებული ცდის დასასრულს გაზომილი იქნა ლეგასის ჯიშის ლურჯი მოცვის ფესვების სველი და მშრალი წონა. მიღებული შედეგების მიხედვით, საკონტროლო ვარიანტში დაფიქსირდა ფესვების სველი (26 გრამი) და მშრალი (5 გრამი) ყველაზე დიდი მაჩვენებელი. ტოტების ყველაზე დიდი სიგრძე დაფიქსირდა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების წარევის ინოკულაციის შემთხვევაში (23 სანტიმეტრი). ტოტების სველ და მშრალ წონაზე მიღებულ მონაცემებში არ დაფიქსირებულა მნიშვნელოვანი განსხვავება ვარიანტებს შორის. თუმცა,

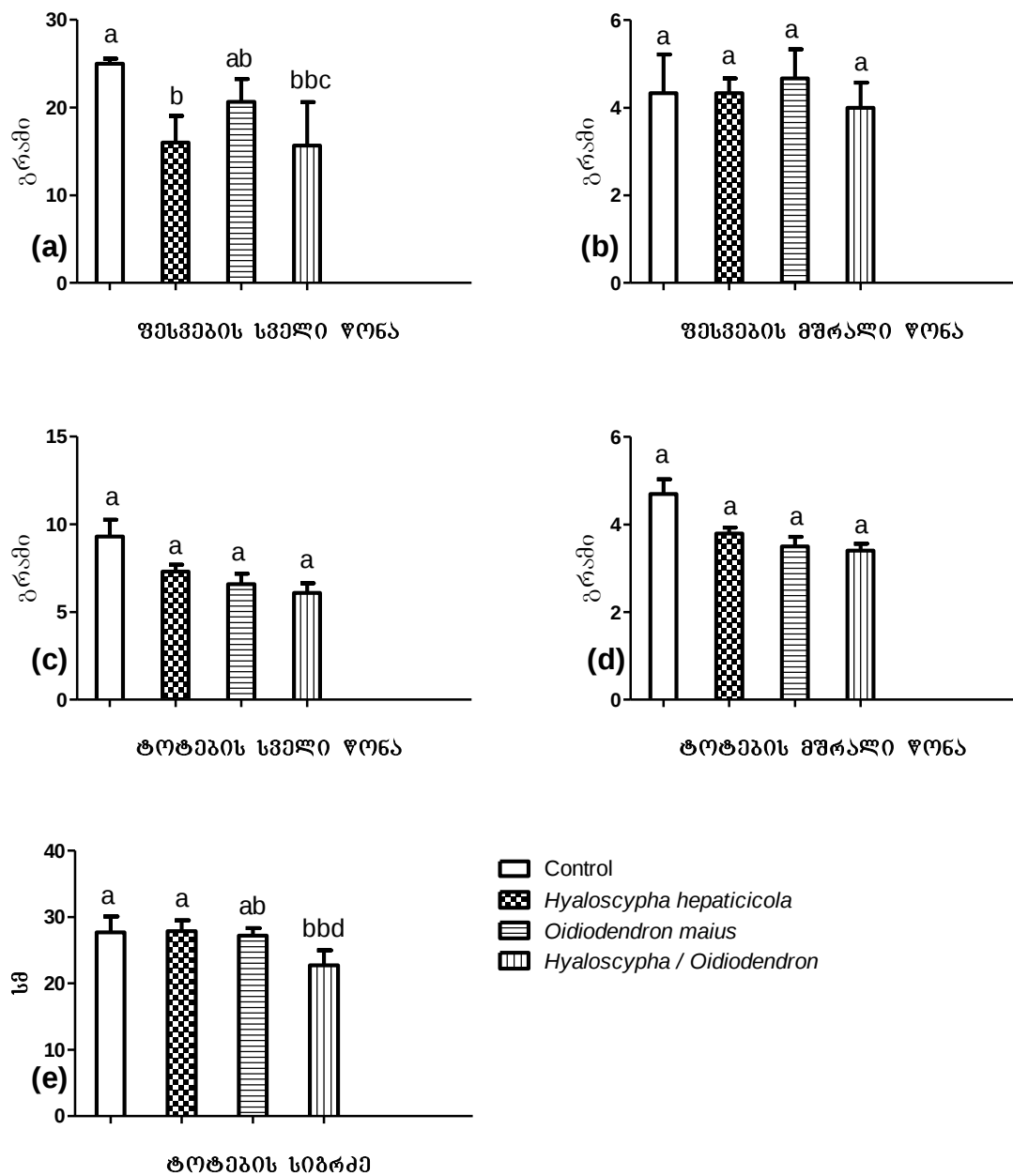
აღსანიშნავია რომ ტოტების სიგრძის შემთხვევაში *O. maius* - ის შტამით ინოკულაციისას (23,8 სანტიმეტრი), ასევე სოკოების შტამების ნარევით ინოკულაციისას (24,1 სანტიმეტრი) დაფიქსირდა ტოტების უფრო მაღალი სიგრძე. მიღებულ შედეგებს შორის სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება დაფიქსირდა ფესვების მშრალი წონის შემთხვევაში საკონტროლო ვარიანტსა და *O. maius* - ის შტამით და *H. hepaticicola* - ს შტამით ცალ-ცალკე ინოკულაციის ვარიანტებს შორის ($P < 0,05$). ტოტების სიგრძის გაზომვისას მიღებულ მონაცემებს შორისაც დაფიქსირდა სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება *H. hepaticicola* - ს შტამით ინოკულაციის ვარიანტსა და *O. maius* - ის შტამით ინოკულაციას შორის, ასევე *H. hepaticicola* - ს შტამით ინოკულაციის ვარიანტსა და *O. maius* - ის შტამისა და *H. hepaticicola* - ს შტამის ნაზავით ინოკულაციის ვარიანტს შორის ($P < 0,05$). ხოლო, დანარჩენ შემთხვევაში არ დაფიქსირებული სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება და $P > 0,05$ (გრაფიკი 9, დანართი 17 და 18).



გრაფიკი 9. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა

დიუკის ჯიშის ლურჯ მოცვზე ინოკულაციის ვარიანტებთან შედარებით საკონტროლო ვარიანტში დაფიქსირდა ფესვების სველი წონის (25 გრამი) მაღალი მაჩვენებელი, ასევე ტოტების სველი (9,3 გრამი) და მშრალი წონის (4,7 გრამი) მაღალი მაჩვენებელი. მხოლოდ ფესვების მშრალი წონის შემთხვევაში *Oidiodendron maius* - ის შტამით ინოკულაციისას დაფიქსირდა ყველაზე მაღალი წონა (4,6 გრამი), ხოლო *Hyaloscypha hepaticicola* - ს

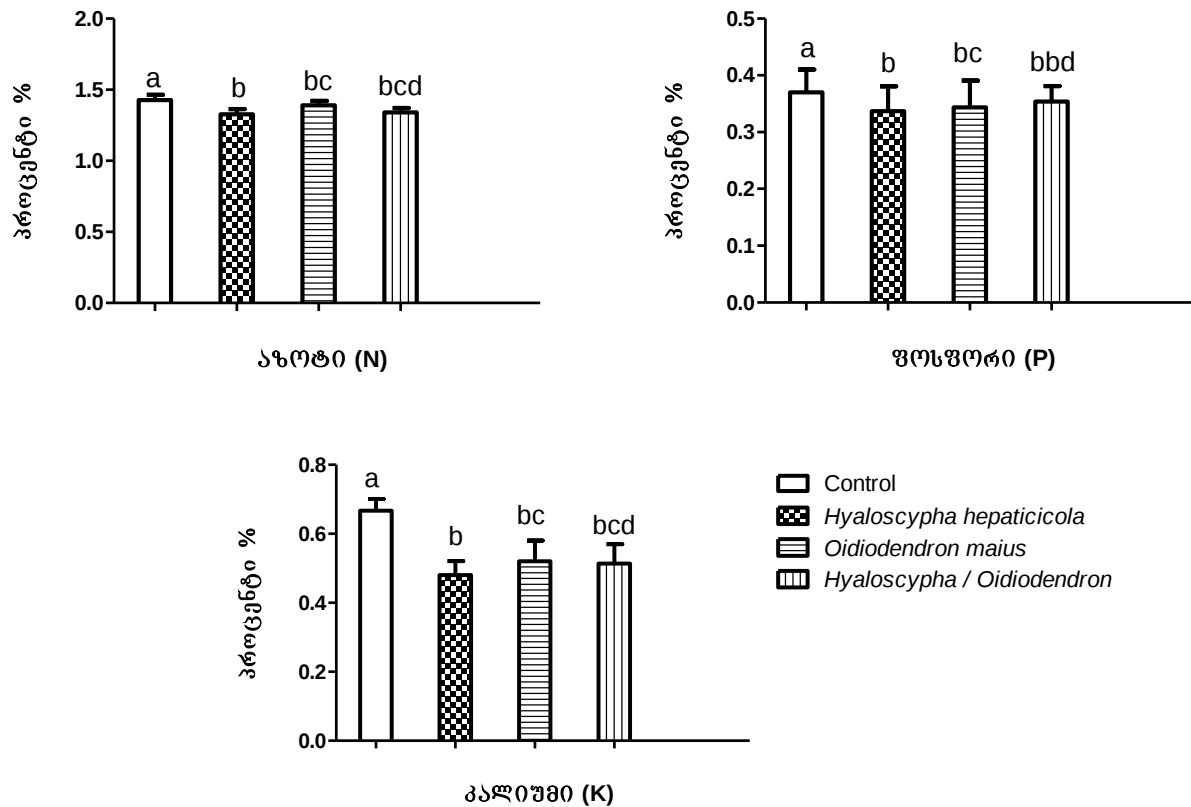
შტამით ინოკულაციის შემთხვევაში მიღებულ იქნა მსგავსი ფესვების მშრალი წონა როგორც საკონტროლო ვარიანტში (4,3 გრამი). ტოტების სიგრძის შემთხვევაში კი, როგორც საკონტროლო ვარიანტში, ასევე *O. maius* - ის შტამით ინოკულაციისა და *H. hepaticicola* - ს შტამით ინოკულაციის შემთხვევაში დაფიქსირდა იდენტური რიცხვები (27 სანტიმეტრი), ხოლო სოკოების ნარევით ინოკულაციის შემთხვევაში დაფიქსირდა ყველაზე ნაკლები სიგრძე (22 სანტიმეტრი). მიღებულ მონაცემებს შორის სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება დაფიქსირდა მხოლოდ ფესვებისა და ტოტების სველი წონის შემთხვევაში საკონტროლო ვარიანტსა და *H. hepaticicola* - ს შტამით ინოკულაციას შორის, ასევე საკონტროლო ვარიანტსა და *O. maius* - ის შტამისა და *H. hepaticicola* - ს შტამის ნაზავით ინოკულაციის ვარიანტს შორის ($P < 0,05$). კიდევ ერთი სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება დაფიქსირდა ტოტების სიგრძის შემთხვევაში საკონტროლო ვარიანტსა და *H. hepaticicola* - ს შტამით ინოკულაციას შორის, ასევე *O. maius* - ის შტამის შტამით ინოკულაციასა და *O. maius* - ის შტამისა და *H. hepaticicola* - ს შტამის ნაზავით ინოკულაციის ვარიანტს შორის ($P < 0,05$). ყველა დანარჩენ შემთხვევაში კი არ დაფიქსირებულა სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება და $P > 0,05$ (გრაფიკი 10, დანართი 19 და 20).



გრაფიკი 10. ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა

მცენარეთა მიერ საკვები ელემენტები ათვისება

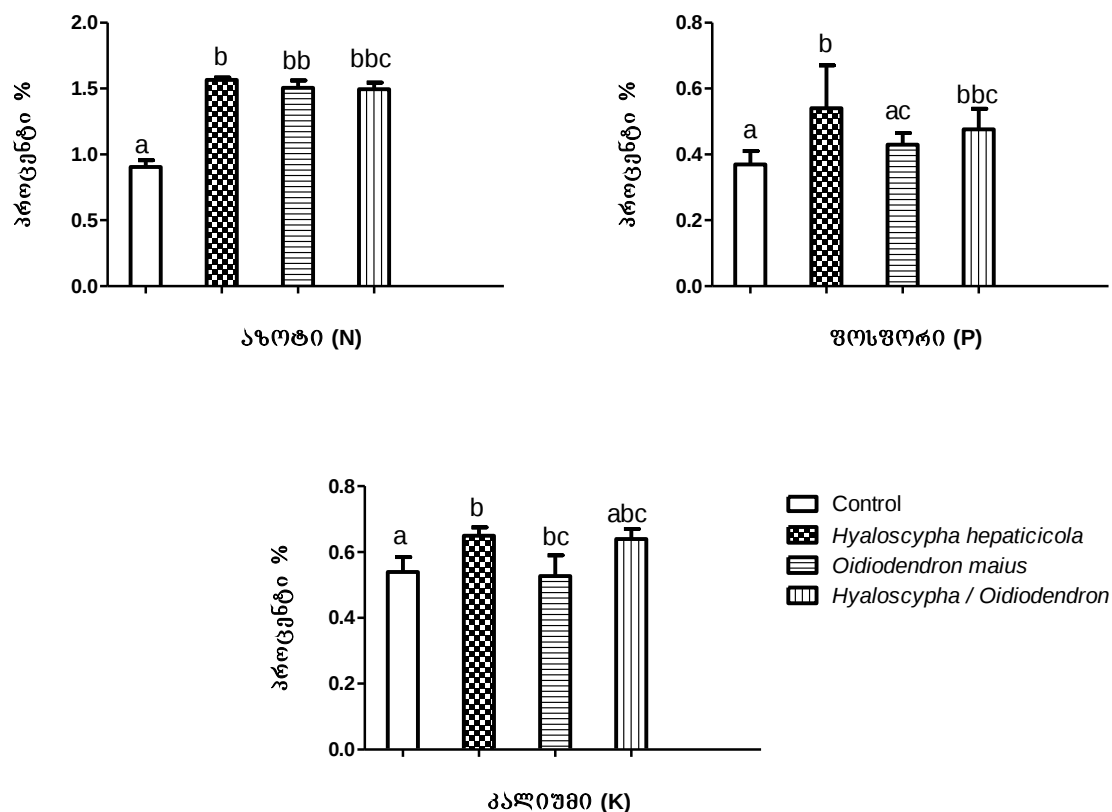
ლეგასის ჯიშის ლურჯი მოცვზე საკვები ელემენტების (აზოტი (N), ფოსფორი (P) და კალიუმი (K)) ათვისების მაჩვენებლები შემოწმებულ იქნა საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის ჰაინც ფერის სახელობის ეკოლოგიური სოფლის მეურნეობისა და ბუნების დაცვის ლაბორატორიაში და მიღებული შედეგების მიხედვით სამივე ძირითადი საკვები ელემენტის ათვისების მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა საკონტროლო ვარიანტში (N – 1,5%, P – 0,33%, K – 0,62%). ამასთანავე, აღსანიშნავია რომ აზოტის (N) ათვისებაზე დაფიქსირდა მცირედი განსხვავება საკონტროლო და ინოკულირებულ ვარიანტებს შორის, ვიდრე ფოსფორისა (P) და კალიუმის (K) ათვისებაზე. მიღებულ მონაცემებს შორის როგორც აზოტის (N) ასევე ფოსფორის (P) და კალიუმის (K) ათვისებაზე სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი სხვაობა დაფიქსირდა საკონტროლო ვარიანტსა და ინოკულაციის ყველა ვარიანტს შორის, ასევე, *O. maius* - ის შტამით ინოკულაციასა და *O. maius* - ის შტამისა და *H. hepaticicola* - ს შტამის ნაზავით ინოკულაციის ვარიანტს შორის ($P < 0,05$) (გრაფიკი 11, დანართი 21 და 22).



გრაფიკი 11. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ მიერ საკვები ელემენტების ათვისება

საკვები ელემენტების ათვისების შედეგით, ინოკულირებულმა ვარიანტებმა აჩვენა უკეთესი შედეგი ვიდრე საკონტროლო ვარიანტმა, გარდა *Oidiodendron maius* - ის შტამით ინოკულაციისას კალიუმის (K – 0,5%) ათვისებაზე, სადაც დაფიქსირდა იგივე შედეგი როგორც საკონტროლო ვარიანტში. *Hyaloscypha hepaticicola* - ს შტამით ინოკულაციისას და სოკოების ნარევით ინოკულაციისას დაფიქსირდა თანაბარი რაოდენობით კალიუმის (K – 0,62%) ათვისების პროცენტი. ასევე მცირედი განსხვავება დაფიქსირდა აზოტის (N) ათვისების შემთხვევაში, თუმცა ყველა ინოკულირებულ ვარიანტში დაფიქსირდა უფრო მაღალი პროცენტი ვიდრე საკონტროლო შემთხვევაში. ფოსფორის (P) ათვისებისას ყველა ინოკულირებულ ვარიანტში დაფიქსირდა უფრო მაღალი პროცენტი ვიდრე საკონტროლო ვარიანტში, თუმცა ყველაზე მაღალი შედეგი დაფიქსირდა *H. hepaticicola* -

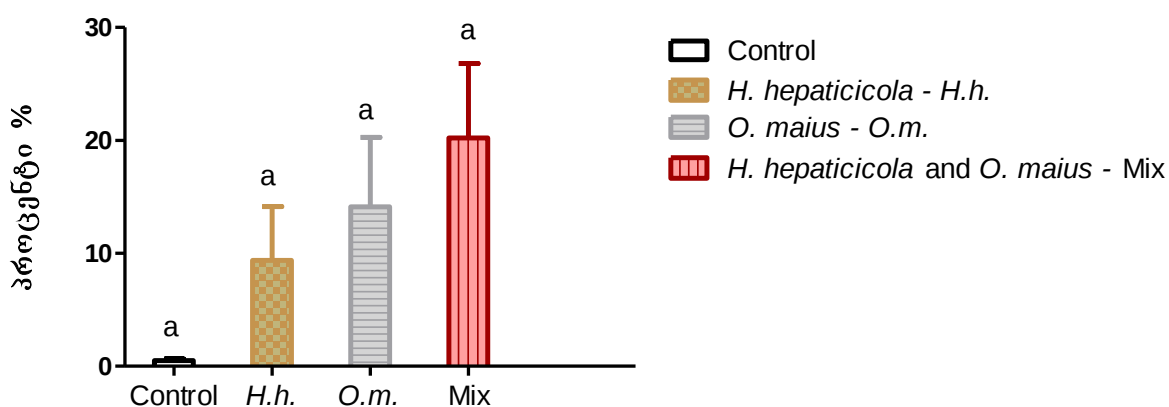
ს შტამით ინოკულაციისას (0,4%), შემდეგ სოკოების ნარევით ინოკულაციისას (0,37%) და შემდეგ *O. maius* - ის შტამით ინოკულაციისას (0,34%). მიღებულ მონაცემებს შორის სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება აზოტის (N) ათვისებაზე დაფიქსირდა საკონტროლო ვარიანტსა და ინოკულაციის ყველა ვარიანტს შორის, ფოსფორის (P) ათვისებაზე საკონტროლო ვარიანტსა და *H. hepaticicola* - ს შტამით ინოკულაციის ვარიანტს შორის, ასევე საკონტროლო ვარიანტსა და *O. maius* - ის შტამისა და *H. hepaticicola* - ს შტამის ნაზავით ინოკულაციის ვარიანტს შორის. ხოლო კალიუმის (K) ათვისებაზე სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება დაფიქსირდა მხოლოდ საკონტროლო ვარიანტსა და ინოკულაციის ყველა ვარიანტს შორის $P < 0,05$ (გრაფიკი 12, დანართი 23 და 24).



გრაფიკი 12. ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ მიერ საკვები ელემენტების ათვისება

ფესვების გამიკორიზიანების შესწავლა

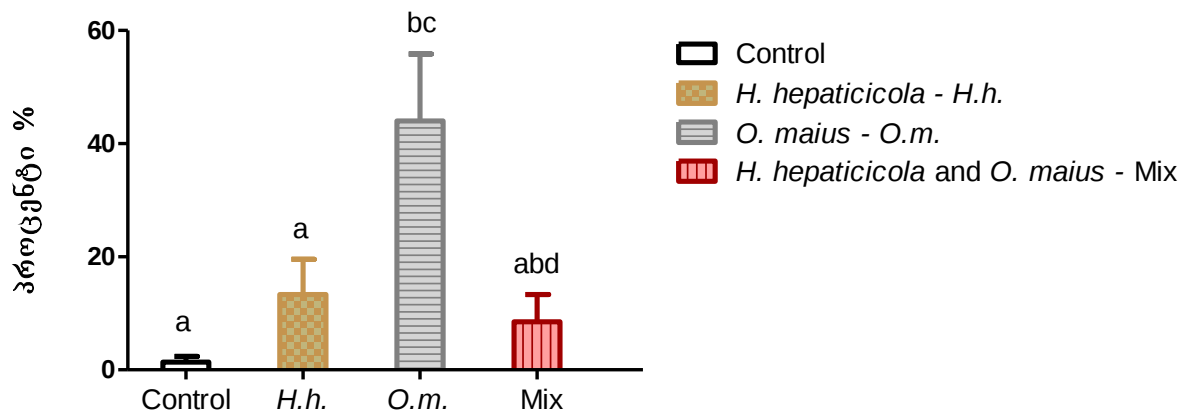
მიკორიზული სოკოებით ლურჯი მოცვის ლეგასის ჯიშის ფესვების კოლონიზაციის ინტენსივობისა და სიხშირის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა სოკოების შტამების ნარევით ინოკულაციის შემთხვევაში (20%). შემდეგი მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა *Oidiodendron maius* - ის შტამით ინოკულაციისას (15%) და შემდეგ *Hyaloscypha hepaticicola* - ს შტამით ინოკულაციის შემთხვევაში (10%). ხოლო, საკონტროლო ვარიანტში დაფიქსირდა მიკორიზული სოკოებით ფესვების კოლონიზაციის მინიმალური მაჩვენებელი (0.5%). მიღებულ შედეგებს შორის სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი სხვაობა არ დაფიქსირებულა და $P > 0,05$ (გრაფიკი 13, დანართი 25 და 26).



გრაფიკი 13. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ ფესვების გამიკორიზიანება

დიუკის ჯიშის ლურჯი მოცვის მცენარის ფესვების ერიკოიდული მიკორიზული სოკოებით კოლონიზაციის ინტენსივობისა და სიხშირის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა *Oidiodendron maius* - ის შტამით ინოკულაციისას (40%), შემდეგ *Hyaloscypha hepaticicola* - ს შტამით ინოკულაციისას (15%) და შემდეგ სოკოების ნარევით ინოკულაციისას (10%). საკონტროლო ვარიანტში კი დაფიქსირებულ იქნა მინიმალური კოლონიზაციის მაჩვენებელი (0,5%). მიღებულ მონაცემებს შორის სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი სხვაობა დაფიქსირდა ყველა ვარიანტში გარდა საკონტროლო ვარიანტისა

Hyaloscypha hepaticicola - ს შტამით ინოკულაციას შორის $P > 0,05$ (გრაფიკი 14, დანართი 25 და 26).



გრაფიკი 14. ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ ფესვების გამიკორიზიანება სხვადასხვა სახეობის სოკოთი ინოკულაციისას: კონტროლი (სოკოს გარეშე), *H. hepaticicola*, *O. maius*, *H. hepaticicola* + *O. maius*

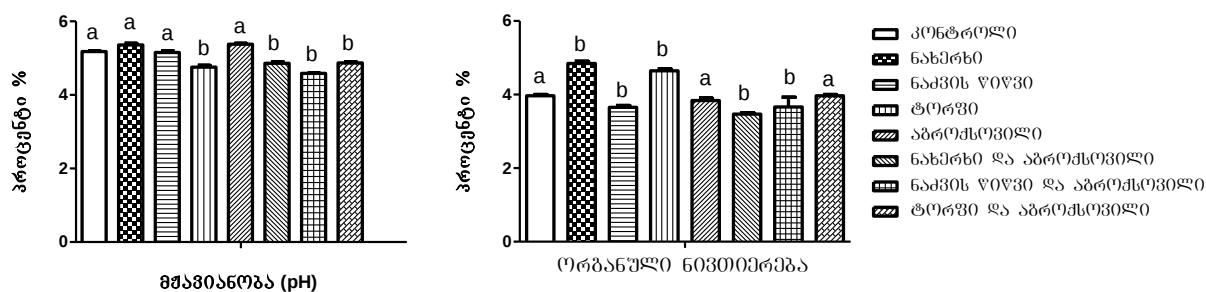
4.3. სხვადასხვა სახის მულჩირების გავლენა ლურჯი მოცვის მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ზრდა-განვითარებაზე და ფესვების გამიკორიზიანებაზე საველე პირობებში

მცენარეთა მიერ საკვები ელემენტების ათვისება

საველე ცდაზე ლურჯი მოცვის ლეგასის ჯიშის დარგვამდე ჩატარებული ნიადაგის კვლევებით საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის ჰაინც ფერის სახელობის ეკოლოგიური სოფლის მეურნეობისა და ბუნების დაცვის ლაბორატორიაში დადგინა რომ მჟავიანობა (pH) იყო 5,08, ხოლო ორგანული ნივთიერების შემდგენლობა 3.08. აზოტის (N)

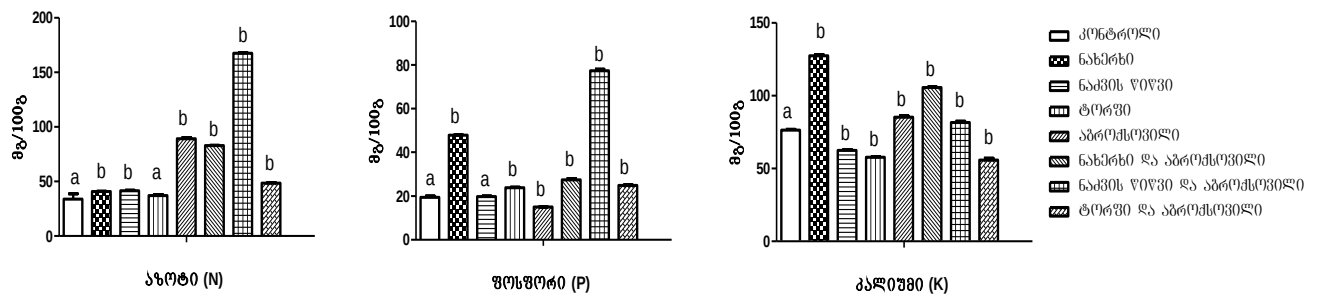
შემადგენლობა 12,39 მგ/100გ, ფოსფორის (P) შემადგენლობა 8,74 მგ/100გ და კალიუმის (K) შემადგენლობა 6,94 მგ/100გ.

საველე ცდის დასრულების შემდეგ ჩატარებული ლაბორატორიული კვლევის მიხედვით მჟავიანობის (pH) მაჩვენებელი კონტროლის ვარიანტში (5,15), ასევე ნახერხისა (5,3) და ნაძვის წიწვის მულჩებად (5,1) გამოყენების შემთხვევაში მცირედით იქნა გაზრდილი ხოლო სხვა ყველა ვარიანტში მჟავიანობის (pH) მაჩვენებელი იქნა შემცირებული (გრაფიკი 15, დანართი 27 და 28). ორგანული ნივთიერების შემადგენლობა კი ყველა ვარიანტში იქნა გაზრდილი, ხოლო ყველაზე მაღალი შემადგენლობა დაფიქსირდა ნახერხისა (4,9%) და ტორფის მულჩად (4,7%) გამოყენების შემთხვევაში (გრაფიკი 15, დანართი 29 და 30). მჟავიანობის (pH) მაჩვენებელზე სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი სხვაობა დაფიქსირდა მხოლოდ ტორფით, ნახერხისა და აგროქსოვილი ნარევის, ნაძვის წიწვისა და აგროქსოვილის ნარევის, ტორფისა და აგროქსოვილის ნარევით მულჩირების შემთხვევაში ($P < 0,05$), სხვა შემთხვევებში კი არ დაფიქსირებულა სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება ($P > 0,05$). ხოლო ორგანული ნივთიერების შემთხვევაში მხოლოდ საკონტროლო ვარიანტის და აგროქსოვილის, ტორფისა და აგროქსოვილის ნარევის მულჩად გამოყენების შემთხვევაში არ დაფიქსირდა სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება ($P > 0,05$).



გრაფიკი 15. ნიადაგის მჟავიანობა (pH) და ორგანული ნივთიერებების შემადგენლობა

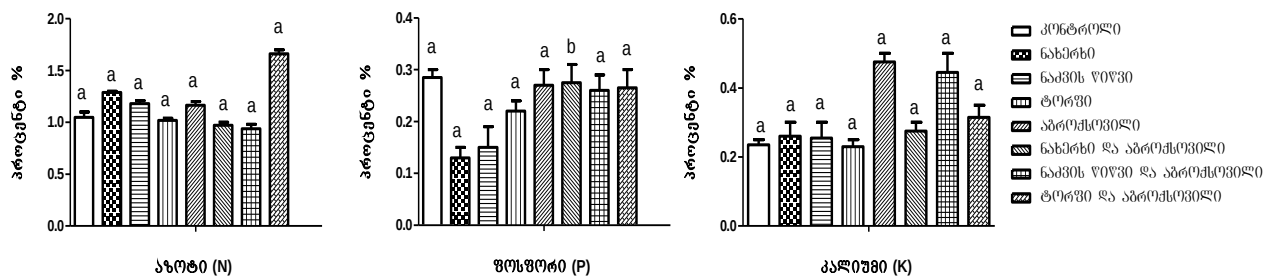
ნაძვის წიწვითა და აგროქსოვილით ერთდროულად მულჩირების შემთხვევაში ნიადაგში დაფიქსირდა როგორც აზოტის ($N - 168 \text{ მგ/100გ}$), ასევე ფოსფორის ($P - 78 \text{ მგ/100გ}$) ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი, ხოლო კალიუმის (K) მაჩვენებელი ყველაზე მაღალი დაფიქსირდა ნახერხით მულჩირების შემთხვევაში - 126 მგ/100გ (გრაფიკი 16, დანართი 31 და 32). სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი სხვაობა არ დაფიქსირდა მხოლოდ ტორფით მულჩირებისას აზოტის ათვისების მიღებულ შედეგზე, ასევე ნაძვის წიწვით მულჩირებისას ფოსფორის ათვისების მიღებულ შედეგზე ($P > 0,05$), სხვა ყველა შემთხვევაში კი დაფიქსირდა სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი სხვაობა ($P < 0,05$).



გრაფიკი 16. ნიადაგში არსებული საკვები ელემენტები

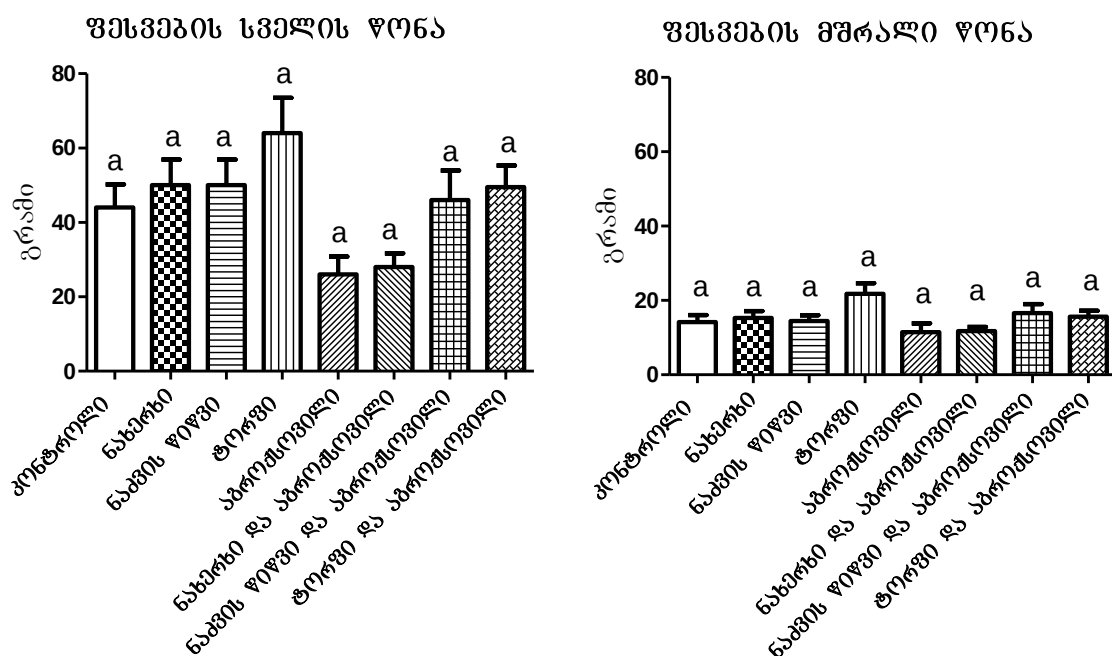
მცენარის ფოთოლში აზოტის (N) ყველაზე მაღალი შემადგენლობა დაფიქსირდა ტორფით და აგროქსოვილით ერთდროულად მულჩირებისას - $1,7\%$. ფოსფორის (P) ყველაზე მაღალი შემადგენლობა თანაბრად დაფიქსირდა კონტოლის, აგროქსოვილის და ნახერხთან ერთად აგროქსოვილის მულჩირების გამოყენების შემთხვევაში - $0,27\%$, ხოლო კალიუმის (K) ყველაზე მაღალი შემადგენლობა დაფიქსირდა აგროქსოვილისა და ნაძვის წიწვის აგროქსოვილთან ერთად მულჩირებად გამოყენების შემთხვევაში - $0,45\%$ (გრაფიკი 17, დანართი 33 და 34) მიღებული მონაცემების მიხედვით მხოლოდ ნახერხისა და აგროქსოვილის ნარევით მულჩირებისას ფოსფორის ათვისების მაჩვენებელზე დაფიქსირდა სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება ($P < 0,05$), ხოლო სხვა ყველა

შემთხვევაში მიღებული შედეგები არ წარმოადგენდა სტატისტიკურად მნიშვნელოვან განსხვავებას ($P > 0,05$).

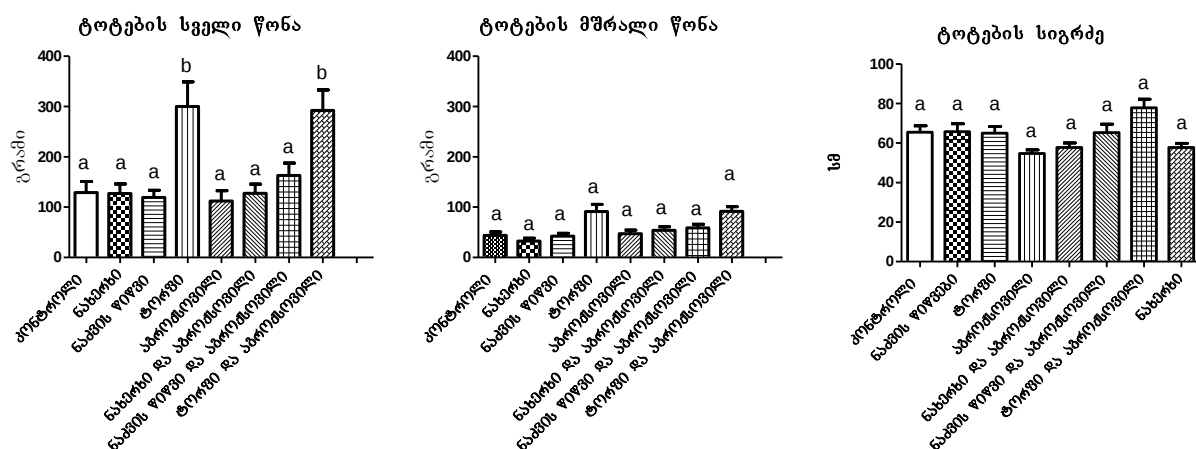


გრაფიკი 17. საკვები ელემენტების შემცველობა „ლეგასის“ ჯიშის ლურჯი მოცვის ფოთლებში

ფესვების სველი (64 გრამი) და მშრალი წონის (22 გრამი) ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა მულჩირებისთვის ტორფის გამოყენების შემთხვევაში (გრაფიკი 18 - მიღებული მონაცემები არც ერთ შემთხვევაში არ წარმოადგენდა სტატისტიკურად მნიშვნელოვან სხვაობას ($P > 0,05$)). ანალოგიურად, ტორფით მულჩირებისას დაფიქსირდა ტოტების სველი (300 გრამი) და მშრალი წონის (92 გრამი) ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი (გრაფიკი 18, დანართი 35 და 36). ტოტების სველი (292 გრამი) და მშრალი წონის (90 გრამი) შემთხვევაში აღსანიშნავია, რომ მულჩირებისთვის ტორფის აგროქსოვილთან ერთად გამოყენების შემთხვევაში დაფიქსირდა მცირედით ნაკლები რაოდენობა. ხოლო ტოტების სიგრძის შემთხვევაში ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა ტორფის აგროქსოვილთან ერთად გამოყენების შემთხვევაში - 79 სანტიმეტრი (გრაფიკი 19, დანართი 37 და 38). ტორფით, ასევე ტორფით და აგროქსოვილის ნაზავით მულჩირებისას მიღებული ტოტების სველი წონის მონაცემები წარმოადგენდა სტატისტიკურად მნიშვნელოვან სხვაობას ($P < 0,05$), ხოლო სხვა ყველა შემთხვევაში მიღებული მონაცემები არ წარმოადგენდა სტატისტიკურად მნიშვნელოვან სხვაობას ($P > 0,05$).



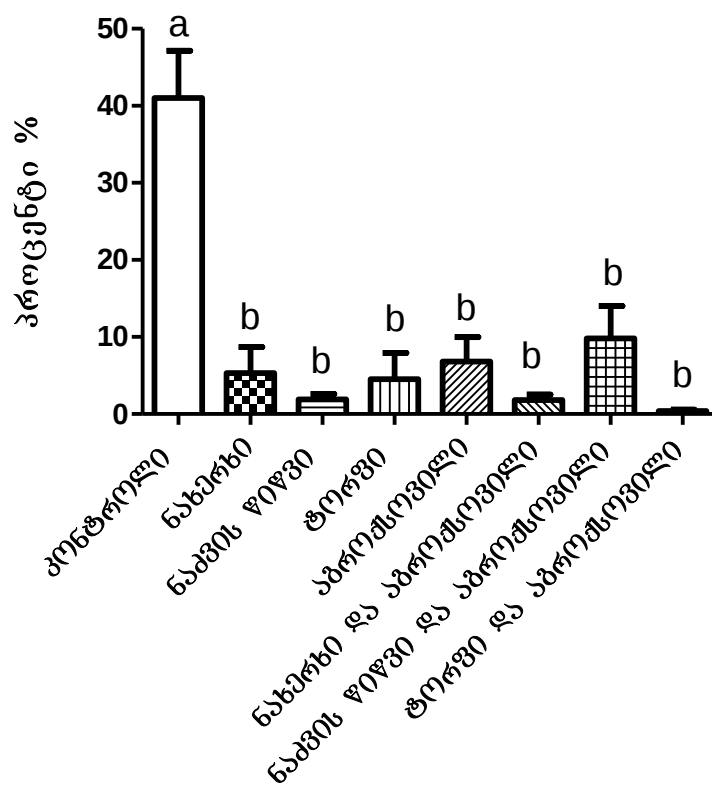
გრაფიკი 18. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“, მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა



გრაფიკი 19. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“, მიწისზედა ნაწილების ბიომასა

მიკორიზული სოკოებით ლურჯი მოცვის ფესვების კოლონიზაციის ინტენსივობის და სიხშირის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა კონტროლირებად ვარიანტში

(40%), ხოლო სხვა ვარიანტებში ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა ნაძვის წიწვების აგროქსოვილთან მულჩირებისთვის გამოყენების შემთხვევაში (10%). აღსანიშნავია რომ საკონტროლო ვარიანტში დაფიქსირებულ კოლონიზაციის სიხშირესა და მულჩირების ვარიანტებს შორის იყო დიდი სხვაობა (გრაფიკი 20, დანართი 39 და 40). მიღებული მონაცემების ყველა შემთხვევა წარმოადგენდა სტატისტიკურად მნიშვნელოვან განსხვავებას ($P < 0,05$).



გრაფიკი 20. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“, ფესვების გამიკორიზიანება

5. შედეგების განხილვა

5.1. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ბიოლოგიის ზოგიერთი საკითხის შესწავლა ლაბორატორიულ პირობებში

სადისერტაციო კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ გარემო ფაქტორები, როგორიცაა სხვადასხვა საკვები არე, ტემპერატურა, მჟავიანობა (pH) და ტენიანობა, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების *Oidiodendron maius*-ისა და *Hyaloscypha hepaticicola*-ს მიცელიუმის ზრდაზე.

კვლევის შედეგად დადასტურდა ძლიერი კავშირი ამ ფაქტორებსა და მიცელიუმის ზრდის ტემპებს შორის. სადისერტაციო კვლევით მიღებული შედეგები ემთხვევა არსებულ კვლევებს, რომელთა მიხედვით ერიკოიდულ მიკორიზულ სოკოებს (EMF) აქვთ გარემოს სხვადასხვა პირობებთან ადაპტაციის უნარი (Brundrett, 2004).

სადისერტაციო კვლევების მიხედვით, სოკოების ოპტიმალური ზრდა დაფიქსირდა 20°C-დან 25°C-მდე, რაც შეესაბამება Kowalik-ის დასკვნებს (Sardar et al., 2015), რომელმაც განსაზღვრა ზომიერი ტემპერატურის დიაპაზონი სოკოს განვითარებისთვის.

ერიკოიდული მიკორიზული სოკოებს აქვთ სხვადასხვა რეაქციის საკვები არის (pH) პირობებში განვითარების უნარი, რაც დადასტურდა, უკვე არსებული კვლევების მიხედვითაც, რაც კიდევ ერთხელ ხსნის ლურჯი მოცვისა და ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების სიმბიოზის უნარს მჟავე ნიადაგებში (Brundrett, 2004). სადისერტაციო კვლევებით, *O. maius*-ს და *H. hepaticicola*-ს განვითარებისას საინტერესო მოვლენას წყობდა ადგილი. აღმოჩნდა, რომ ორივე სოკო შედარებით მჟავე და შედარებით სუსტ საკვებ არეზე კარგად ვითარდება. *O. maius*-ისთვის საუკეთესო აღმოჩნდა 6 და 9 მჟავიანობის საკვები არის რეაქცია, ხოლო *H. hepaticicola*-სთვის კი 5 და 7. მსგავსი

მოვლენა აღინიშნება ზოგიერთი სხვა სოკოს შემთხვევაშიც, რაც განპირობებულია სოკოს მიცელიუმის კედლის ამფოტერული ბუნებით.

ნახშირბადი მნიშვნელოვნად მოქმედებს მიცელიუმის ზრდაზე. ჩვენს შემთხვევაში ორივე სოკომ მაქსიმალური განვითარება განიცადა სახამებელის შემთხვევაში, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ *O. maius*-ს და *H. hepaticicola*-ს არ უჭირს რთული ნახშირწყლების შეთვისება, რითაც განსხვავდება სხვა სოკოებისგან. არსებული ლიტერატურული მონაცემები ხაზს უსვამდნენ ერიკოიდული მიკორიზული სოკოებისთვის ნახშირბადის წყაროების ზოგად მნიშვნელობას, მაგრამ დეტალურად არ გამოყოფდნენ ნახშირბადის წყაროების ტიპებს, რომლებიც უკეთესი იქნებოდა მათი განვითარებისთვის (Hamad et al., 2015). (Wagg et al., 2011)-ის მონაცემებით, არსებობს სოკოები, რომლებიც ერთად უფრო წარმატებით მოქმედებენ, ვიდრე ცალკე-ცალკე, ჩვენს შემთხვევაში, ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების კოკულტივაციამ გვაჩვენა *H. hepaticicola*-ს და *O. maius*-ს შორის ანტაგონისტური ურთიერთქმედება. აქედან გამომდინარე ამ ორი სახეობის სოკოს გამოყენება მცენარეთა გასამიკორიზიანებლად ცალკე უფრო რეკომენდებულია, ვიდრე ერთად.

5.2. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) გავლენის შესწავლა ლურჯი მოცვის (*V. corymbosum*) ლეგასის და დიუკის ჯიშებზე რიზოტრონების გამოყენებით, კონტროლირებად გარემოში

სხვადასხვა კვლევით დადასტურებულია, რომ მიკორიზული სოკოები რომლებიც ქმნიან სიმბიოზს სხვადასხვა მცენარესთან, ამცირებს ფესვების სიგრძეს, რისი მაგალითიცაა არბუსკულური მიკორიზული სოკოებით ინოკულაცია ჩაისთან (Chen et al., 2021). ამასთანავე საკვები ელემენტებით ღარიბ ნიადაგებში, მიკორიზულ სოკოზე დამოკიდებულმა მცენარეებმა შეიძლება შეამცირონ მეტაბოლური აქტივობა ძირითადი ფესვის სიგრძის შემცირებითა და გვერდითა ფესვების ზრდით (Hetrick, 1991). ასევე,

მეტაბოლური აქტივობის შემცირება შეიძლება გამოწვეული იყოს ღარიბი ნიადაგით (Hetrick, 1991).

ჩვენს ექსპერიმენტებში ერიკოიდული მიკორიზული სოკოებით ინოკულაციის შედეგად მიღებულია ფესვებისა და მიწისზედა ნაწილების ნაკლები ბიომასა საკონტროლო ვარიანტთან შედარებით. *H. hepaticicola*-ს შტამით ინოკულაციის შედეგად „ლეგასის“ ჯიშის ლურჯ მოცვზე მიღებულია ტოტების ნაკლები სიგრძე, ვიდრე *O. maius*-ის შტამით ან/და ორივე შტამით ერთდროულად ინოკულაციისას. როგორც ცნობილია, მიკორიზული სოკოებს გააჩნიათ სიმბიოზური ურთიერთობის დამყარების საშუალება მცენარეებთან, რაც გულისხმობს ორმხრივ სარგებელს, როგორც სოკოსთვის ასევე მცენარისთვის ნახშირბადის შემცველობაზე, აქედან გამომდინარე შესაძლოა მცენარის ზრდის ტემპი ინოკულაციის საწყის პერიოდში იქნეს შენელებული, რადგან საწყის ეტაპზე, შესაძლოა, სოკო იყენებდეს მცენარის მიერ სინთეზირებულ ორგანულ ნივთიერებებს, რაც აფერხებს მცენარის ზრდას. (Buwalda and Goh, 1982; Koide, 1985; Peng et al., 1993; Taylor and Harrier, 2000; Bryla and Eissenstat, 2005).

ჩვენს ექსპერიმენტებში ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების ორივე შტამით (*H. hepaticicola* და *O. maius*) ინოკულაციამ გაზარდა აზოტის (N) კონცენტრაცია „დიუკის“ ჯიშის ლურჯ მოცვის ფოთლებში. ანალოგიური შედეგებია ნაჩვენები სხვადასხვა კვლევებში, როცა ერიკოიდული მიკორიზული სოკოთი ინოკულაციისას იზრდებოდა მცენარეში აზოტის (N) შემცველობა (Scagel, 2005a). მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ „ლეგასის“ ჯიშის ლურჯი მოცვის ერიკოიდული მიკორიზული სოკოებით ინოკულაციას არ ქონდა გავლენა ფოსფორის (P) ათვისებაზე და შეამცირა კალიუმის (K) შემადგენლობა მცენარეში. შედეგი იგივე იყო როგორც სოკოების შტამებით, ცალ-ცალკე, ასევე ორივე სოკოთი ერთდროული ინოკულაციისას.

ჩვენს მიერ რიზოტრონებით ჩატარებულ ექსპერიმენტებში ლურჯი მოცვის ფესვების კოლონიზაცია ერიკოიდული მიკორიზული სოკოებით მაღალი იყო საკონტროლო ვარიანტთან შედარებით, როგორც „ლეგასის“, ასევე „დიუკის“ შემთხვევაში. ლურჯი მოცვის ჯიშ „დიუკის“ შემთხვევაში *O. maius*-ის შტამით ინოკულაციისას დაფიქსირდა უფრო მაღალი გამიკორიზიანება, ვიდრე *H. hepaticicola*-ს შტამით ან/და ორივე შტამით ერთდროულად ინოკულაციისას, ხოლო „ლეგასის“ შემთხვევაში მაღალი იყო კოლონიზაცია ორივე სოკოს მიქსით მცენარეების ინოკულაციის შემთხვევაში. ლიტერატურული მონაცემებით ეს აიხსნება იმით, რომ ერიკოიდული მიკორიზული სოკოებით ლურჯი მოცვის ფესვების კოლონიზაცია ხშირად ცვლებადია და ეს დამოკიდებულია როგორც მცენარის ჯიშზე, ასევე, გარემო პირობებზე, რომლებშიც მცენარეები იზრდება (Albornoz, 2021; Brody et al., 2019; Scagel et al., 2005; Villarreal-Ruiz et al., 2012).

5.3. სხვადასხვა სახის მულჩირების გავლენა ლურჯი მოცვის მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ზრდა-განვითარებაზე და ფესვების გამიკორიზიანებაზე საველე პირობებში

საველე ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ საკონტროლო ვარიანტში, სადაც არ იყო მულჩი გამოყენებული, ყველაზე ძლიერად აღინიშნა ლურჯი მოცვის ფესვების კოლონიზაცია, რაც შეიძლება აიხსნას ბალახის საფარის დადებითი გავლენით ნიადაგის მიკრობიომზე. უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ სხვადასხვა სახის ორგანული მულჩები, როგორცაა ხის ჩიპსები და ტორფი, მნიშვნელოვნად აძლიერებდა ლურჯი მოცვის ფესვების კოლონიზაციას ერიკოიდული მიკორიზული სოკოებით. მულჩირება, ასევე, გავლენას ახდენდა მცენარეების მიწისზედა და მიწისქვეშა ნაწილების ზრდაზე. ეს შედეგები შესაბამისობაშია იმ კვლევების ნაწილთან, რომელიც ხაზს უსვამს მულჩირების სარგებელს ფესვების განვითარებისა და მიკრობული აქტივობისთვის ხელსაყრელი მიკროგარემოს შესაქმნელად (Strik et al., 2017; Costello et al., 2019). შედეგები ეხმიანება, ასევე, ლის ნაშრომს (Li et al., 2024), რომლის მიხედვითაც „ორგანული მულჩები

აუმჯობესებს ნიადაგის მიერ ტენიანობის შენარჩუნებას, ამცირებს ტემპერატურის ცვლილებას და ხელს უწყობს ნიადაგის სასარგებლო მიკროორგანიზმების ზრდას.

კვლევამ აჩვენა, რომ მულჩირებულ ნიადაგებს ქონდათ ერიკოიდულ მიკორიზული სოკოებით კოლონიზაციის მნიშვნელოვნად მაღალი მაჩვენებლები, სავარაუდოდ ნიადაგის გაძლიერებული სტრუქტურისა და ორგანული მულჩის მიერ ტენიანობის შენარჩუნების გამო. ეს ადასტურებს ჰიპოთეზას, რომ მულჩირება არა მხოლოდ აუმჯობესებს მცენარეთა ჯანმრთელობას, არამედ უშუალოდ ხელს უწყობს სიმბიოზურ გარემოს სასარგებლო სოკოებისთვის (Sales et al., 2022).

6. დასკვნა

დისერტაციაში წარმოდგენილია ერიკოიდულ მიკორიზული სოკოების ზოგიერთი სახეობის (*Oidiodendron maius* და *Hyaloscypha hepaticicola*) ბიოლოგიური და ბოიმეტრული თავისებურებები ლურჯი მოცვის (*Vaccinium corymbosum* L.) ჯიშების „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშების მცენარეებთან ურთიერთქმედების პირობებში. აგრეთვე კვლევა იმის შესახებ, თუ როგორ მოქმედებს მულჩირების სხვადასხვა საშუალებები (ტორფი, წიწვი, ნახერხი და ა.შ) ლურჯი მოცვის საკვლევი ჯიშების ზრდასა და ფესვების გამიკორიზიანებაზე. აღნიშნული კვლევის განხორციელება საშუალებას იძლევა გაკეთდეს შემდეგი სახის დასკვნები:

1. კონტროლირებად (სათბურის) პირობებში ექსპერიმენტისა და ღია გრუნტში საველე ცდის საშუალებით, დადგინდა, რომ გარემო ფაქტორები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდაზე.
2. სადისერტაციო კვლევით დადასტურდა, რომ შესწავლილი ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდა-განვითარებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს გარემო ფაქტორები, როგორიცაა საკვები არის შემადგენლობა, ტემპერატურა, მჟავიანობა (pH), ტენიანობა და ნახშირწყლების კონცენტრაცია.
3. დადგინდა, რომ *O. maius*-ის ზრდა-განვითარებისთვის ოპტიმალური აღმოჩნდა აგარიზებული დექსტროზიანი კარტოფილის საკვები არე (PDA), ხოლო *H. hepaticicola*-სთვის აგარიზებული მელინ -ნორკლანსის არე (MEA).

4. კვლევის შედეგად გაირკვა, რომ ორივე მიკორიზული სოკოს აქვს უნარი გაიზარდოს სხვადასხვა ტემპერატურის პირობებში. თუმცა *Oidiodendron maius* - ის შტამისთვის ოპტიმალური ტემპერატურა არის $+25-26^{\circ}\text{C}$, ხოლო *Hyaloscypha hepaticicola* - ს შტამს უფრო ფართო ტემპერატურულ სპექტრში შეუძლია ზრდა-განვითარება და მისთვის ოპტიმალურია $+20-40^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურა.
5. ექსპერიმენტის შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ ნახშირწყლების სხვადასხვა წყაროდან ორივე ერიკოიდული მიკორიზული სოკო (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ნახშირბადს უფრო უკეთ ითვისებს სახამებლის წყაროდან, რაც ადასტურებს ჰიპოთეზას, რომ სოკოების ფერმენტული აპარატი უფრო იოლად შლის რთულ ნახშირწყლებს, ვიდრე მარტივს.
6. კვლევის შედეგად შემუშავდა მოცემული ერიკოიდული მიკორიზული სოკოს გამრავლების კონკრეტული პროტოკოლი. (იხილეთ პრაქტიკული რეკომენდაციები)
7. გამოირკვა, რომ მიკორიზული სოკოების კოკულტივაციამ (ერთად გამოყენებამ) აჩვენა გარკვეული ანტაგონისტური ურთიერთქმედება ერიკოიდული მიკორიზული სოკოს შტამებს (*O. maius* და *H. hepaticicola*) შორის. ეს თვისება, როგორც ჩანს, სოკოების კონკურენტუნარიანობაზე მიუთითებს ნიადაგში არსებულ უამრავი სახეობის სხვა სოკოსთან.
8. კონტროლირებად გარემოში რიზოტრონების გამოყენების კვლევამ აჩვენა, რომ ერიკოიდული მიკორიზული სოკოებით (*Oidiodendron maius* და *Hyaloscypha hepaticicola*) ინოკულაციამ განაპირობა „დიუკის“ ჯიშის ლურჯი მოცვის ფესვების გაუმჯობესებული გამიკორიზიანება, ხოლო „ლეგასიზე“ ნაკლები ეფექტი აღინიშნა.

9. საგულისხმოა, რომ ლურჯი მოცვის ორივე ჯიშის („ლეგასი” და „დიუკი”) ფესვებისა და მიწისზედა ნაწილების სველ და მშრალ წონაზე ერიკოიდული მიკორიზული სოკოებით ინოკულაციამ მნიშვნელოვანი გავლენა ვერ მოახდინა. რაც ადასტურებს ჰიპოთეზას, რომ მოკორიზული სოკოების დადებითი ეფექტი მოკლევადიან ცდაში ვლინდება უფრო მცენარის იმუნიტეტის ზრდაში, ვიდრე პირდაპირ მორფოლოგიურ მახასიათებლებზე.
10. დადგინდა, რომ „ლეგასის” ჯიშის ლურჯ მოცვზე სოკოებით ინოკულაციამ შეამცირა კალიუმის (K) ათვისების მაჩვენებელი, ხოლო „დიუკის” ჯიშის შემთხვევაში *H. hepaticicola*-თი და სოკოების ნარევით ინოკულაციამ გაზარდა კალიუმის (K) ათვისების მაჩვენებელი. *O. maius*-ით ინოკულაციის შემთხვევაში სოკოთი ინოკულაციას გავლენა არ მოუხდენია ათვისების მაჩვენებლის ცვლილებაზე.
11. მონაცემების დამუშავებამ აჩვენა, რომ *O. maius*-ით ინოკულაციის შემთხვევაში აღინიშნა ფესვების გამიკორიზიანების ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი ჯიშზე „ლეგასი”, ხოლო ჯიშ „დიუკზე” გამიკორიზიანება ყველაზე მაღალი აღინიშნა სოკოების ნარევით ინოკულაციის შემთხვევაში .
12. კვლევამ დაადასტურა, სხვადასხვა სახის მულჩირების დადებითი გავლენა „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშების მცენარეების მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ზრდა-განვითარებაზე სავსე პირობებში.
13. დადგინდა, რომ აგროქსოვილისა და ნაძვის წიწვით ერთდროულად მულჩირებისას ხდება ნიადაგის მჟავიანობის (pH) ცვლილება (შემჟავება) და ლურჯი მოცვისთვის შესაბამისი მჟავიანობის შენარჩუნება. ამასთანავე,

მულჩირების სხვა ყველა ვარიანტში არ აღინიშნა ნიადაგის მჟავიანობის დადასტურებული არსებითი ცვლილება.

14. კვლევის შედეგად გაირკვა, რომ ნახერხით მულჩირებისას ნიადაგში ორგანული ნივთიერებების ზრდის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი ფიქსირდება, შემდეგ კი ტორფით მულჩირებისას. აღნიშნული არსებითად აღემატება ორგანული მულჩის არ გამოყენების შემთხვევას. მიღებული შედეგი ადასტურებს ნახერხისა და ტორფის მულჩირების გამოყენების დადებით გავლენასა და მნიშვნელობას ნიადაგის ორგანული ნივთიერებების ზრდაზე.

15. ფესვების როგორც სველი ასევე მშრალი წონის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა ტორფით მულჩირებისას, ხოლო ტოტების სველი და მშრალი წონის მაჩვენებელი როგორც ტორფით, ასევე ტორფითა და აგროქსოვილით ერთდროულად მულჩირებისას სარწმუნოდ გაიზარდა, რაც კიდევ ერთხელ ადასტურებს მულჩირების დადებით გავლენას მცენარის ბიომასის ზრდაზე.

6.1. რეკომენდაციები

დისერტაციის შედეგებიდან გამომდინარე, რამდენიმე პრაქტიკული რეკომენდაცია შეიძლება გაკეთდეს მოცემული დარგის მეცნიერებისა და ლურჯი მოცვის წარმოებით დაკავებული ფერმერებისთვის:

1. სამეცნიერო მიზნებით საკვლევი ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticola*) მასობრივი გამრავლებისთვის/წარმოებისთვის შეიძლება გამოყენებული იქნას სოკოების ზრდა-განვითარებისთვის შემდეგი პროტოკოლი:

- *O. maius* ოპტიმალური პირობები: ტემპერატურა: +25+28° C, ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა: 95-100%, საკვები არე: აგარიზებული

დექსტროზიანი კარტოფილის საკვები არე (PDA), pH: 5 - 7, და ნახშირწყლების წყარო - სახამებელი.

- *H. Hepaticicola* ოპტიმალური პირობები: ტემპერატურა: +20+30° C, ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა: 95-100%, საკვები არე: აგარიზებული მელინ-ნორკლანსის საკვები არე (MEA); pH - 6 - 9 , და ნახშირწყლების წყარო - სახამებელი.

2. მიკორიზული სოკოები უკეთესად ვითარდება კონტროლირებულ გარემოში, ვიდრე ღია გრუნტში, ამიტომ, ლურჯი მოცვის კომერციულ წარმოებას კონტროლირებად გარემოში (სათბურები) ვიდრე ღია გრუნტში, შეიძლება უპირატესობა მიენიჭოს.
3. სამრეწველო ბაღებში ჯიში „დიუკის“ კულტივირებისთვის რეკომენდებულია ერიკოიდული მიკორიზული სოკოს შტამების - *O. maius*-ისა და *H. hepaticicola*-ის გამოყენება, რომელიც აძლიერებს მოცემულ ჯიშში აზოტისა და ფოსფორის შეთვისებას, რაც შესაბამისად პოზიტიურ გავლენას მოახდენს მოცემული ჯიშის ზრდა-განვითარებაზე.
4. გამომდინარე ექსპერიმენტის შედეგიდან, რომ მიკორიზული სოკოს შტამები განსხვავებული ინტენსივობით კოლონიზირდება სხვადასხვა გენოტიპის ჯიშებზე (ჯიში „დიუკი“ - მაღალი, ჯიში „ლეგასი“ - ნაკლებ დამაკმაყოფილებელი), მიკორიზული სოკოების კომერციულ ბაღებში შეტანას წინ უნდა უძღოდეს კვლევა მოცემული ჯიშისთვის კონკრეტული მოკორიზული სოკოს ეფექტიანობის შესახებ.
5. ლურჯი მოცვის კომერციული წარმოების დროს ორგანული მულჩის შემდეგი სახეობების გამოყენება, როგორიცაა ნახერხი და ტორფი, მნიშვნელოვნად ხელს

უწყობს ხელსაყრელი გარემოს შექმნას მიკორიზული სოკოების განვითარებისთვის, რაც მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს მცენარის მიერ საკვები ელემენტების შეთვისებას.

6.2. შემდგომი კვლევის სამომავლო პერსპექტივა

მიუხედავად იმისა, რომ სადისერტაციო კვლევა იძლევა მნიშვნელოვან დასკვნებს, თავისთავად რჩება მეტად საინტერესო რამდენიმე სფერო მომავალი კვლევებისთვის, სამომავლო შესწავლა ფოკუსირებული უნდა იყოს შემდეგი მიმართულებებზე, კერძოდ:

- გაგრძელდეს მიკორიზული ინოკულაციისა და მულჩირების პრაქტიკის მდგრადი ეფექტის შესწავლა ლურჯი მოცვის სხვადასხვა ჯიშებში მიწისზედა და მიწისქვედა ბიომეტრულ მაჩვენებლებსა და სამეურნეო-პრაქტიკულ მონაცემებზე (ნაყოფების პომოლოგიური მაჩვენებლები, მოსავლიანობა და ა.შ) სხვადასხვა ტიპის აგრონომიული მოვლის პირობებში. აღნიშნული უზრუნველყოფს სრულყოფილი გაგებას იმის შესახებ, თუ როგორ მოქმედებენ მიკორიზული სოკოები ხანგრძლივი დროის განმავლობაში მცენარის პროდუქტიულობაზე, ნიადაგის სტრუქტურასა და მიკრობულ მრავალფეროვნებაზე.
- ლურჯი მოცვის ჯიშების „ლეგასი“ და „დიუკი“ შორის დაფიქსირებული განსხვავებები მიკორიზულ ინოკულაციაზე ადასტურებს, რომ საჭიროა შემდგომი კვლევა სიმბიოზური ეფექტიანობის განსაზღვრისთვის ჯიშების ჭრილში სპეციფიკური სხვადასხვაობის შესასწავლად.
- საინტერესო იქნება ასევე, კომპლექსური კვლევის ჩატარება გენოტიპურ მახასიათებელზე (დნმ, QTL, კონკრეტული გენი სხვა) იდენტიფიცირება, რაც განაპირობებს გარკვეული ჯიშების შესაბამის რეაგირებას მიკორიზულ სოკოებზე, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მიკორიზული სოკოებით ინოკულაციის მაქსიმალური სარგებელი.

- წარმოდგენილი სადისერტაციო კვლევა მოიცავს მულჩირების შვიდ სახეობას, თუმცა სამომავლო კვლევამ სასურველია ასევე გამოიკვლიოს მულჩირების სხვადასხვა მასალის გრძელვადიანი მდგრადობა, განსაკუთრებით მათი გავლენა ნიადაგის მდგომარეობასა და მიკრობულ მრავალფეროვნებაზე.

გამოყენებული ლიტერატურა

გოგოლიშვილი, მარიამ; „ნიადაგის დამუღწვის თეორიული და პრაქტიკული საკითხები მევენახეობაში“. სახელმწიფო გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“, თბილისი, 1963.

გოლიაძე, ვახტანგ; ცეცხლაძე, ცისანა; ყიფიანი, ნინო; შალამბერიძე, მანანა; „მოცვის წარმოების აგროტექნოლოგია“. USAID, 2018.

ლიანა ქოიავა; ლამზირი გორგილაძე და გალინა მეფარიშვილი; ლურჯი მოცვის (*Vaccinium Corymbosum*) სოკოვანი დაავადებები და ბრძოლის ღონისძიებები; თბილისი, 2024.

შ. ჭანიშვილი, ძ. ტყეზუჩავა და გ. ბუცხრიკიძე; „საცდელი საქმის მეთოდის მემცენარეობაში“; სამცე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, 2017 წელი.

შ. ყანჩაველი; ლ. ცხვედაძე; მ. კერესელიძე და ე. კილაძე; „ლურჯი მოცვის (*Vaccinium corymbosum* L.) ნერგების ხმოზა და მის წინააღმდეგ ბრძოლა“; ჟურნალი: აგრარული საქართველო, 2024.

Abbà, S.; Khouja, H.R.; Martino, E.; Archer, D.B.; Perotto, S.; “SOD1-Targeted Gene Disruption in the Ericoid Mycorrhizal Fungus *Oidiodendron maius* Reduces Conidiation and the Capacity for Mycorrhization”. Torino, Italy, vol. 22, no. 11, pp. 1412–1421, 2009

Adeoyo, O.R.; “A Review on Mycorrhizae and Related Endophytic Fungi as Potential Sources of Enzymes for the Bio-Economy”. Nigeria, pp. 35–49, 2021

Albert, T.; Karp, K.; Starast, M.; Paal, T.; “The effect of mulching and pruning on the vegetative growth and yield of the half-high blueberry Effect of cultivation technologies on content of bioactive compounds in blueberries View project Grapevine cultivation in Estonia View project”. Estonia, 2010

Albornoz, E. Felipe; Dixon, W. Kingsley; Lambers, Hans; “Revisiting mycorrhizal dogmas: Are mycorrhizas really functioning as they are widely believed to do?”. Soil Ecology Letters, vol. 3, no. 1, pp. 73–82, 2021

Al-Qaisi, Dakhil Ahmed Alaal; Altai, H.M. Salahaldeen; “The Effect of Inoculation with Mycorrhiza Fungi and Organic Fertilization on the Content of Plant Nutrient-Absorbing and Heavy Elements of *Chrysanthemum Calendula* Officinalis L.”. Iraq, vol. 1262, no. 8, 2023

Aminuddin, H.; Khan, A. Mohd; Madzlan, K.; “Effects of pH on mycelial growth and amino acid composition of *Lentinula edodes* in submerged cultures”. Malaysia, vol. 41, no. 1, pp. 63–70, 2013.

Appiah, Kwame Sarpong; Onwona-Agyeman, Siaw; Omari, Ansons Richard; Horiuchi, Naomi; Sarkdee-Addo, Elsie; Sabi, Benjamin Edward; Fujii, Yoshiharu; “Evaluation of the Effectiveness of Loose and Compressed Wood Chip Mulch in Field-Grown Blueberries—A Preliminary Study”. Agronomy, Japan, vol. 13, no. 2, pp. 1–11, 2023

- Apše, Jana; Karkliņš, Aldis; “Influence of soil modification on change in its properties and mineral nutrition of highbush blueberries”. Latvia University of Agriculture, vol. 1, pp. 61–66, 2012
- Baldwin, I.T. Jena; Caldwell, M.M. Logan; Heldmaier, G. Marburg; Lange, O.L. Wurszburg; Mooney, H.A. Stanford; Schulze, E.-D. Jena; Sommer, U. Kiel; “Ecological Studies, Analysis and Synthesis - Mycorrhizal Ecology”. Berlin, vol. 157, 2003
- Berch, S.M.; Allen, T.R.; Berbee, M.L.; “Molecular detection, community structure and phylogeny of ericoid mycorrhizal fungi”. Plant and Soil, 2002.
- Bergero, Roberta; Girlanda, Mariangela; Bello, Federica; Luppi, Anna Maria; Perotto, Silvia; “Soil persistence and biodiversity of ericoid mycorrhizal fungi in the absence of the host plant in a Mediterranean ecosystem”. Mycorrhiza, vol. 13, no. 2, pp. 69–75, 2003
- Bhadana, Kumar Naresh; Singh, Gopal; Kumar, Deepak; Srivastava, Seweta; “Effect of some Abiotic Factors on the Growth and Development of Different *Pleurotus* spp.”. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, vol. 9, no. 10, pp. 1079–1088, 2020
- Bitsadze, Nana; “Effect of Arbuscular-Mycorrhizal Fungi (Amf) On Growth And Development of Different Georgian Wheat Genotypes”. Tbilisi, Georgia, no. July, 2015.
- Bobokashvili, Zviad; Ujmajuridze, Levan; Maghlakelidze, Elene; Uznadze, Z. and Mdinaradze, Irma; “The results of blueberry (*Vaccinium*) cultivars evaluation in West Georgia conditions”; Acta Horticulturae, 2019
- Bordaa, Ricardo Cosio; Bendezúa, Carlos Guerra; “Opportunities for the Peruvian blueberry due to the seasonality of imports from the United States”. Journal of Global Management Science, vol. 1, no. 1, pp. 15–21, 2018.
- Boroujeni, Dorna; Hemmatinezhad, Beshan; “Review of application and importance of ectomycorrhiza fungi and their role in the stability of ecosystems”. Bioscience, vol. 12, no. 1, pp. 153–158, 2015
- Brannon, J.M.; “Influence of Glucose and Fructose on Growth of Fungi”. The University of Chicago Press, vol. 76, no. 3, pp. 257–273, 1923
- Brody, A.K.; Waterman, B.; Ricketts, T.H.; Degrassi, A.L.; González, J.B.; Harris, J.M.; Richardson, L.L.; “Genotype-specific effects of ericoid mycorrhizae on floral traits and reproduction in *Vaccinium corymbosum*”. Journal of Botany 106, 1412–1422. 2019
- Brundrett, C. Mark; “Diversity and classification of mycorrhizal associations.” Cambridge Philosophical Society, vol. 79, no. 3, pp. 473–495, 2004
- Bruzzone, M. Clara; Fehrer, Judith; Fontenla, B. Sonia; Vohník, Martin; “First record of *Rhizoscyphus ericae* in Southern Hemisphere’s Ericaceae”. Mycorrhiza, vol. 27, no. 2, pp. 147–163, 2017
- Bruzzone, M. Clara; Fontenla, B. Sonia; Vohník, Martin; “Is the prominent ericoid mycorrhizal fungus *Rhizoscyphus ericae* absent in the Southern Hemisphere’s Ericaceae? A case study on the

- diversity of root mycobionts in Gaultheria spp. from northwest Patagonia, Argentina,” Mycorrhiza, vol. 25, no. 1, pp. 25–40, 2015
- Bryla, D.R.; Eissenstat, D.M.; “Respiratory costs of mycorrhizal associations”. The Netherlands, pp. 207-224, 2005
- Bryla, R. David; Linderman, G. Robert; “Implications of irrigation method and amount of water application on Phytophthora and Pythium infection and severity of root rot in highbush blueberry”. HortScience, vol. 42, no. 6, pp. 1463–1467, 2007
- Bryla, R. David; Strik, C. Bernadine; “Effects of cultivar and plant spacing on the seasonal water requirements of highbush blueberry”. Journal of the American Society for Horticultural Science, vol. 132, no. 2, pp. 270–277, 2007
- Buwalda J.G.; Goh, K.M.; “Host-fungus competition for carbon as a cause of growth depressions in vesicular-arbuscular mycorrhizal ryegrass”. Soil Biology 14, 103-106, 1982
- Cairney J.W.G.; Meharg, A.A.; “Ericoid mycorrhiza: a partnership that exploits harsh edaphic conditions”. University of Western Sydney, 2003
- Cairney, J.W.G.; Sawyer, N.A.; Sharples, J.M.; Meharg, A.A. “Intraspecific variation in nitrogen source utilisation by isolates of the ericoid mycorrhizal fungus *Hymenoscyphus Ericae* (Read) Korf and Kernan”. Australia, 2000
- Cane, Jim; “Blueberries”. Republic of Panama, 2021
- Carrillo, Ruben; Guerrero, Jaime; Rodríguez, Mario; Meriño-Gergichevich, Cristian; “Colonization of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) plantlets by ericoid mycorrhizae under nursery conditions”. Chile, vol. 42, no. 3, pp. 365–374, 2015
- Celik, Huseyin; Islam, Ali; “Blueberry species introduction, selection and cultivation practice in northeastern part of Anatolia”. Acta Horticulture, vol. 1017, no. May, pp. 441–446, 2014
- Chai, Zhi; Herrera-Balandrano, Daniela; Yu, Hong; Beta, Trust; Zeng, Qilong; Xiaoxiao, Zhang; Tian, Liangliang; Niu, Liying; Huang, Wuyang; “A comparative analysis on the anthocyanin composition of 74 blueberry cultivars from China”. ELSEVIER, vol. 102, no. March, p. 104051, 2021
- Chauhan, Surya; Mahawar, Sonam; Jain, Devendra; Udpadhyay, K. Sudhir; Mohanty, Ranjan Santosh; Singh, Abhijeet; Maharjan, Elina; “Boosting Sustainable Agriculture by Arbuscular Mycorrhiza under Stress Condition: Mechanism and Future Prospective”. India, 2022
- Chen, W.; Ye, T.; Sun, Q.; Niu, T.; Zhang, J.; “Arbuscular mycorrhizal fungus alters root system architecture of *Camellia sinensis* L. as revealed by RNA-seq analysis”. Plant Science 12, 777357, 2021
- Connor, Ann Marie; Luby, J. James; Tong, B.C. Cindy; Finn, E. Chad; Hancock, F. James; “Genotypic and environmental variation in antioxidant activity, total phenolic content, and

anthocyanin content among blueberry cultivars”. Michigan State University, vol. 127, no. 1, pp. 89–97, 2002

Connor, Marie Ann; Luby, J. James; Tong, B.S. Cindy; “Variability in antioxidant activity in blueberry and correlations among different antioxidant activity assays”. University of Minnesota, vol. 127, no. 2, pp. 238–244, 2002

Cope, E. Jonathan; Berckx, Fede; Galinski, Anna; Lentz, Jonas; Nagel, A. Kerstin; Fiorani, Fabio; Weih, Martin; “Precrop-treated soil influences wheat (*Triticum aestivum* L.) root system architecture and its response to drought”. Germany; vol. 15, no. June, pp. 1–13, 2024.

Cosmulescu, Sina; Laies, M.M. Maria; Sărățeanu, Veronica. “The Influence of Variety and Climatic Year on the Phenology of Blueberry Grown in the Banat Area, Romania”. Agronomy, vol. 12, no. 11, 2022

Costello, C. Ryan; Sullivan, M. Dan; Bryla, R. David; Strik, C. Bernadine; Owen, S. James; “Compost feedstock and compost acidification affect growth and mineral nutrition in Northern Highbush Blueberry”. HortScience, Oregon State University, vol. 54, no. 6, pp. 1067–1076, 2019.

Crous, P.W.; Jurjevic, Z.; Balashovs, S.; Zervakis, G.I.; Groenewald, J.Z.; “Fungal Planet description sheets: 1614–1696”. Fungal Systematics and Evolution, vol. 13, no. June, pp. 183–440, 2024

Daghino, Stefania; Martino, Elena; Perotto, Silvia; “Model systems to unravel the molecular mechanisms of heavy metal tolerance in the ericoid mycorrhizal symbiosis”. Mycorrhiza, vol. 26, no. 4, pp. 263–274, 2016

Davis, J. Amanda; Strik, C. Bernadine; “Long-term Effects of Pre-plant Incorporation with Sawdust, Sawdust Mulch, and Nitrogen Fertilizer Rate on ‘Elliott’ Highbush Blueberry”. HortScience, vol. 57, no. 3, pp. 414–421, 2022

Derkowska, Edyta; Paszt, Sas Lidia; Dyki, Barbara; Sumorok, Beata; “Assessment of Mycorrhizal Frequency in the Roots of Fruit Plants Using Different Dyes”. Advances in Microbiology, vol. 05, no. 01, pp. 54–64, 2015.

Dighton, John; White, F. James; Oudemans, Peter; “The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem, Third Edition”. Taylor & Francis, 2005.

Downie, Helen; Holden, Nicola; Otten, Wilfred; Spiers, J. Andrew; Valentine, A. Tracy; Dupuy, X. Lionel; “Transparent Soil for Imaging the Rhizosphere”. University of Abertay Dundee, United Kingdom, vol. 7, no. 9, pp. 1–6, 2012

Draper, Arlen; Galletta, Gene; Jelenkovic, Gojko; Vorsa, Nicholi; “Cultivar & Germplasm Releases”. HortScience, vol. 22, no. 2, pp. 956–957, 2000

Eeraerts, Maxime; DeVetter, W. Lisa; Batary, Peter; Ternest, J. John; Mallinger, Rachel; Arrington, Matthew; Benjamin, E. Faye; Blaauw, R. Brett; Campbell, W. Joshua; Cavigliasso, Pablo; Daniels, C. Jaret; Groot, G. Arjen; Ellis, D. James; Gibbs, Jason; Goldstein, Lauren; Hoffman,

D. George; Kleijn, David; Melathopoulos, Andony; Miller, Z. Sharron; Montero-Castano, Ana; Naranjo, M. Shiala; Nicholson, C. Charlie; Perkins, A. Jacquelyn; Rao, Sujaya; Raine, E. Nigel; Reilly, R. James; Ricketts, H. Taylor; Rogers, Emma; Isaacs, Rufus; “Synthesis of highbush blueberry pollination research reveals region-specific differences in the contributions of honeybees and wild bees”. British Ecological Society, vol. 60, no. 12, pp. 2528–2539, 2023.

E. Kiladze and N. Bitsadze; “Biological peculiarities of selected species of Ericoid Mycorrhizal Fungi associated with blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.)”; The Journal of Nature Studies - Annals of Agrarian Science; Vol. 22; No. 1; pp.1-13; <https://journals.org.ge/index.php/aans/article/view/178> (Accessed 31 December 2024)

E. Kiladze, T. Wojciechowski, N. Bitsadze and D. R. Bryla; “Early response of highbush blueberry to inoculation with ericoid mycorrhizal fungi under controlled conditions in rhizotrons”; Ukrainian Botanical Journal, 2025

Ehlenfeldt, K. Mark. “Domestication of the highbush blueberry at Whitesbog, New Jersey, 1911–1916.” Acta Horticulture, vol. 810, pp. 43–48 2009.

Ehret, L. David; Frey, Brenda; Forge, Tom; Helmer, Tom; Bryla, R. David; Zebarth, J. Bernie; “Effects of nitrogen rate and application method on early production and fruit quality in highbush blueberry”. Agricultural Institute of Canada, vol. 94, no. 7, pp. 1165–1179, 2014

Ehret, L. David; Frey, Brenda; Forge, Tom; Helmer, Tom; Bryla, R. David; “Effects of drip irrigation configuration and rate on yield and fruit quality of young Highbush blueberry plants”. HortScience, vol. 47, no. 3, pp. 414–421, 2012

Falagán, Natalia; Miclo, Tiana; Terry, A. Leon; “Graduated Controlled Atmosphere: A Novel Approach to Increase ‘Duke’ Blueberry Storage Life”. Cranfield University, vol. 11, no. March, pp. 1–10, 2020

Fernandez-Salvador, A. Javier; “Organic Blueberry Production Systems – Grower Practices and Impact on Plant Nutrient Concentration, Content, and Biomass”. Dissertation in Horticulture, Oregon State University, 2023

Fernandez-salvador, Javier; Strik, C. Bernadine; “Fertilizer source and cultivar had more impact than mulch type on biomass allocation in mature northern highbush blueberry grown in long-term organic production”. Oregon State University, 2017

Ferrol, Ferrol; Lanfranco, Luisa; “Arbuscular Mycorrhizal Fungi Methods and Protocols Methods in Molecular Biology 2146”. Human Press, vol. 115, no. 3, pp. 495–501, 2020

Galt & Taggart. “Blueberry Business in Georgia”. <https://galtandtaggart.com/en/reports/research-reports/blueberry-business-georgia> (10.09.2024).

García-Vázquez, Irais; Calderón-Zavala, Guillermo; Arévalo-Galarza, de Lourdes; “Bioregulators and Biostimulants on Development, Growth and Fruit Yield of Blueberry Cv. Biloxi”. Mexico, vol. 46, no. 4, pp. 383–388, 2023

Gashi, Njomza; Hasani, Endrit; Salihu, Salih; “Quality Evaluation of Muffins Enriched with Blueberry and Cranberry Powders”. *International Journal of Food Science*, vol. 2024, 2024

Gonzalez, Juan Espinosa; Hernández, V. Espinosa; Ojeda, E. Trejo; Delgadillo J. Martínez; Molina, J. C. Moreno; Sánchez, Francisco Landeros; “Assessing the Nutritional Effect of *Lupinus montanus* on *Zea mays* HS-2 (Intercropping) and Identification of Nodular Bacteria through the Use of Rhizotrons”. *Mexico*, vol. 14, no. 4, pp. 910–921, 2023

Gough, E. Robert. “The Highbush Blueberry and Its Management”. New York, no. September, pp. 9–12, 1994

Graham, H. James; Leonard, T. Robert; Menge, A. John; “Membrane-Mediated Decrease in Root Exudation Responsible for Phosphorus Inhibition of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Formation”. *Plant Physiology*, vol. 68, no. 3, pp. 548–552, 1981

Gumbrewicz Rebecca; Calderwood, Lily; “Comparison of Wood Mulch Particle Sizes for Wild Blueberry Management in a Changing Climate”. *University of Maine, USA*, vol. 22, no. 1, pp. 551–567, 2022

Hamad, O. Hewa; Alma, M. Hakki; Ismael, M. Hero; Göçeri, Ali; “The Effect of Some Sugars on the Growth of *Aspergillus niger*”. *Iraq*, vol. 17, no. 4, p. 7, 2015

Heijden, G.A. Marcel; Horton, R. Thomas; “Socialism in soil? the importance of mycorrhizal fungal networks for facilitation in natural ecosystems”. *Journal of Ecology*, vol. 97, no. 6, pp. 1139–1150, 2009

Hetrick, B.A.D.; “Mycorrhizas and root architecture”. *Experientia* 47, 355–362, 1991

Hoa, Thi Ha; Wang, Chun-Li; “The effects of temperature and nutritional conditions on mycelium growth of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*)”. *Mycobiology*, vol. 43, no. 1, pp. 14–23, 2015

Holzapfel, A. Eduardo; “Selection and management of irrigation systems for blueberry”. *Acta Horticulturae*, vol. 810, no. March, pp. 641–648, 2009

Huang, Jinqi; Zheng, Shuyi; Li, Henggang; Ao, Qiaoman; Wang, Xun; “Analysis of the flavor quality in 10 blueberry varieties”. *Earth and Environmental Science*, vol. 474, no. 3, 2020.

Huck, G. Morris; Taylor, M. Howard; “The Rhizotron as a Tool for Root Research”. *Advances in Agronomy*, no. 96, 1982.

International Blueberry Organization, “Global state of the blueberry industry report”, <https://www.internationalblueberry.org/2023-report/> (15.09.2024)

Jeong, Ukhan; Jang, Taeyoung; Kim, Dohee; Cheong, Ju Eun; “Classification and Identification of Pinecone Mulching in Blueberry Cultivation Based on Crop Leaf Characteristics and Hyperspectral Data,” *Agronomy*, vol. 14, no. 4, 2024

- Joshi, Ekta; Fatehpuria, Kumar Pramod; Singhal, Vibha; Jinger, Dinesh; Kumar, S. Vijay; “Role of Mycorrhiza Fungi in Production Agriculture”. India, no. May, pp. 134–148, 2024
- Kalt, Wilhelmina; Cassidy, Aedin; Howard, R. Luke; Krikorian, Robert; Stull, J. April; Tremblay, Francois; Zamora-Ros, Raul; “Recent Research on the Health Benefits of Blueberries and Their Anthocyanins”. Barcelona, Spain, vol. 11, no. 2, pp. 224–236, 2020
- Karp, Kadi; Noormets, Merrit; Paal, Taimi; Starast, Marge; “The influence of mulching on nutrition and yield of ‘Northblue’ blueberry”. Acta Horticulture, Estonia, vol. 715, no. June, pp. 301–305, 2018
- Kerley, J. Simon; Read, J. David; “The biology of mycorrhiza in the Ericaceae XIX. Fungal mycelium as a nitrogen source for the ericoid mycorrhizal fungus *Hymenoscyphus ericae* and its host plants”. New Phytology, 1997.
- Kerstin A. Nagel; Putz, Alexander; Gilmer Frank; Heinz, Kathrin; Fischbach, Andreas; Pfeifer, Johannes; Faget, Marc; Blossfeld Stephan; Ernst, Michaela; Dimaki, Chryssa; Kastenholz, Bernd; Kleinert; Ann-Katrin; Galinski, Anna; Scharr, Hanno; Fiorani, Fabio; Schurr, Ulrich; “GROWSCREEN-Rhizo is a novel phenotyping robot enabling simultaneous measurements of root and shoot growth for plants grown in soil-filled rhizotrons”. Germany, vol. 39, no. 11, pp. 891–904, 2012
- Khurana, Sakshi; Kumar, Vikash; Singh, Jagdeep; Sindhu, Anil; “Standardization of Parameters for the Mycelium Growth of *Hericium erinaceus*. An Edible Medicinal Mushroom”. Annals of Agri-Bio Research, vol. 27, no. 2, pp. 149–152, 2022
- Koide, R.T.; “The nature of growth depressions in sunflower caused by vesicular-arbuscular mycorrhizal infection”. New Phytology 99, 449–462, 1985
- Kranabetter, J. M.; “The effect of refuge trees on a paper birch ectomycorrhiza community”. Canada, vol. 77, no. 10, pp. 1523–1528, 2000
- Kuchenbuch, O. Rolf; Ingram, T. Keith; “Image Analysis for Non-destructive and Non-invasive Quantification of Root Growth and Soil Water Content in Rhizotrons”. India, pp. 7–9, 2002.
- Kumar, Naresh; Singh, Mahabeer; “Effect of relative humidity on lubricant performance”. India, vol. 29, no. 6, pp. 3930–3932, 1993
- Kumari, Manju; Sharma, Om Prakash; Nathawat, B.D.S.; “Pathogenicity, Host Range and Influence of Temperature, Humidity and pH Levels on the Growth of *Fusarium oxysporum* f.sp. lentis”. Legum. Research, India, vol. 47, no. 3, pp. 455–462, 2024
- Larco, Handel; Strik, C. Bernadine; Bryla, R. David; Sullivan, M. Dan; “Mulch and Fertilizer Management Practices for Organic Production of Highbush Blueberry. II. Impact on Plant and Soil Nutrients during Establishment”. U.S. Department of Agriculture, 2013.

Li Yanan; Liu, Shuxia; Wang, Dongmei; Li, Qi; Wang, Chengyu; Wu, Lin; “Comparative Study on the Effects of Different Soil Improvement Methods in Blueberry Soil”. *Agronomy, China*, vol. 14, no. 1, 2024

Li Yanan; Liu, Shuxia; Wang, Dongmei; Li, Qi; Wang, Chengyu; Wu, Lin; “Plastic film mulching maintains soil organic carbon by increasing fungal necromass carbon under manure application”. *Agronomy, China*, vol. 74, no. 6, 2023

Lin, Lei-Chen; Lin, Wan-Rou; Hsu, Yu-chen; Pan, Hung-Yu; “Influences of three *oidiodendron maius* isolates and two inorganic nitrogen sources on the growth of *Rhododendron Kanehirae*”. *Taiwan*, vol. 38, no. 5, pp. 742–753, 2020,

Lobet, Guillaume; Pagès, Loic; Draye, Xavier; “A novel image-analysis toolbox enabling quantitative analysis of root system architecture”. *Oxford Academic*, vol. 157, no. 1, pp. 29–39, 2011

Maliavin, I. Anton; Belyi, E. Lev; “Blueberry polyphenols for prevention of urinary tract infection: future perspectives”. *Ulyanovsk State University, Russia*, no. 2, pp. 1–5, 2024.

Martin, Francis; Kohler, Annegret; Murat, Claude; Veneault-Fourrey, Claire; Hibbett, S. David; “Unearthing the roots of ectomycorrhizal symbioses”. *Nature Reviews Microbiology*, vol. 14, no. 12, pp. 760–773, 2016

Mcgonigle, T.P.; Miller, M.H; Evans, D.G.; Fairchild, G.L; Swan, J.A. “A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular—arbuscular mycorrhizal fungi”. *New Phytology*, vol. 115, no. 3, pp. 495–501, 1990

McLaughlin, Linneause Mark; “The influence of Ericoid Mycorrhizal fungi on Rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*)”. *Mississippi State University*, vol. 150, no. 2, p. 37, 2012

Medeiros, Sousa Gilberto Jose; Biasi, Antonio Luiz; Bona, Maria Claudine; Cuquel, Lorena Francine; “Phenology, production and quality of blueberry produced in humid subtropical climate”. *Fruticultura*, vol. 40, no. 3, pp. 1–10, 2018

Medeiros, Sousa Gilberto Jose; De Bona, Maria Claudine; Cuquel, Lorena Francine; Biasi, Antonio Luiz; “Performance of blueberry cultivars under mild winter conditions”. *Santa Maria*, vol. 47, no. 9, 2017

Mikheev, S. Vyacheslav; Struchkova, V. Irina; Churkina, M. Ludmila; Brilkina, A. Anna; Berezina, V. Ekaterina; “Several Characteristics of *Oidiodendron maius* G.L. Barron Important for Heather Plants’ Controlled Mycorrhization”. *Journal of Fungi, Russia*, vol. 9, no. 7, 2023.

Mitchell, T. Derek; Gibson, R. Brian; “Ericoid mycorrhizal association: ability to adapt to a broad range of habitats”. *Science Direct*, 2006

Molnar, Sabin; Mitre, Viorel; Melnic, Vasile; Andreacan, Andreea; Lisandru, Tabita; Codrea, Maria; “Mulch Effects on Three Highbush Blueberry Cultivars Grown in Container”. *Romania*, vol. 76, no. 2, p. 215, 2019

- Monreal, Marcia; Berch, S.M.; Berbee, Mary; “Molecular diversity of ericoid mycorrhizal fungi.” Canadian Journal of Botany, vol. 77, no. 11, pp. 1580–1594, 1999
- Mu, Deyu; Du, Ning; Zwiazek, J. Janusz; “Inoculation with ericoid mycorrhizal associations alleviates drought stress in lowland and upland velvetleaf blueberry (*Vaccinium myrtilloides*) seedlings”. Plants, Canada, vol. 10, no. 12, 2021
- Mukerji, K.G.; Manoharachary, C.; Chamola; B.P.; “Techniques in Mycorrhizal Studies”. Springer Netherlands, 2002
- Nambiar, Rohan; Phogat, Naveen; Aravindharajan, S.T.M.; “Mycorrhizal Fungi as a Tool for Sustainable Agriculture: Application and Challenges.” India, vol. 5, no. 3, pp. 124–128, 2024.
- Namozov, Ikhtiyor; Kurbonmurodov, Akbar; “Adaptability of introduced varieties of blueberry (*Vaccinium Uliginosum* L.) plant to climate conditions of Tashkent”. Uzbekistan, vol. 03038, pp. 1–9, 2024.
- Nestby, R.; Krogstad, T.; Joner, E.; Vohník, M.; “The effect of NP fertilization on European blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) development on cultivated land in mid-Norway”. Journal of Berry Research, vol. 4, no. 3, pp. 147–157, 2014
- Neumann, Gunter; George, S. Timothy; Plassard, Claude; “Strategies and methods for studying the rhizosphere-the plant science toolbox”. Plant Soil, vol. 321, no. 1–2, pp. 431–456, 2009
- Nunez, H. Gerardo; Rodríguez-Armenta, Hilda Patricia; Darnell, L. Rebecca; Olmstead, W. James; “Toward marker-assisted breeding for root architecture traits in Southern highbush blueberry”. University of Florida, vol. 141, no. 5, pp. 414–424, 2016
- Nygren, Cajsa; “Functional diversity in nutrient acquisition by ectomycorrhizal fungi”. Forest Mycology and Pathology, Swedish University of Agricultural Sciences, 2008.
- O'Neill, Erin; Brody, K. Alison; Ricketts, Taylor; “Inoculum source dependent effects of ericoid, mycorrhizal fungi on flowering and reproductive success in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*)”. United States of America, vol. 18, no. 4 April, pp. 1–14, 2023
- Olmedo, Patricio; Zepeda, Baltasar; Rojas, Barbara; Silva-Sanzana, Christian; Rioseco-Delgado, Joaquin; Fernandez, Kamila; Balic, Ivan; Arriagada, Cesar; Moreno, A. Adrian; Defilippi, G. Bruno; Vargas-Campos, Reinaldo; “Cell wall calcium and hemicellulose have a role in the fruit firmness during storage of blueberry (*Vaccinium* spp.)”. Plants, vol. 10, no. 3, pp. 1–13, 2021
- Parthsarthi, Dheetanl Lata Pallavit; Ranjan, Nishant; Raj, Rishi; Kumari, Geeta; “Role of Mycorrhiza in Crop Improvement”. India, 2024.
- Patil, Anjali Rajendra; Patil, Sunita Sambhaji; “Anatomical studies for investigation of root colonization by orchid mycorrhiza”. India 2022.

Pedra, Filipe; Inácio, L. Maria; Fareleira, Paula; Oliveira, Pedro; Pereira, Pablo; Carranca, Corina; “Long-Term Effects of Plastic Mulch in a Sandy Loam Soil Used to Cultivate Blueberry in Southern Portugal”. *Pollutants, Portugal*, vol. 4, no. 1, pp. 16–25, 2024

Peng, S.B.; Eissenstat, D.M.; Graham, J.H.; Williams, K.; Hodge, N.C.; “Growth depression in mycorrhizal citrus at high phosphorus supply”. *Plant Physiology* 101, 1063-1071, 1993

Percival, David; Burkhard, Nicole; Lynch, Derek; Sharifi, Mehdi; “Organic Mulch Impact on Vegetation dynamics and Productivity of highbush blueberry under organic production”. *HortScience, Canada*, vol. 44, no. 3, pp. 688–696, 2009

Percival, David; Lynch, Derek; Burkhard, N.; “Effects of pine-needle and compost mulches and weeds on nitrogen dynamics in an organically-managed highbush blueberry field”. *Acta Hortic.*, Canada, vol. 873, no. December, pp. 253–260, 2010

Pérez, Valverde Mauricio William; “Blueberry Course”. Central University of Ecuador, no. November 2022, 2024.

Perotto, Silvia; Daghino, Stefania; Martino, Elena; “Ericoid mycorrhizal fungi and their genomes: another side to the mycorrhizal symbiosis?”. *New Phytologist*, vol. 220, no. 4, pp. 1141–1147, 2018

Perry, George. “Blueberry mulching”. Cornell University Extension Service, 2010

Pescie, A. Maria; Montecchia, Marcela; Lavado, S. Raul; Chiocchio, M. Viviana; “Inoculation with *Oidiodendron maius* BP Improves Nitrogen Absorption from Fertilizer and Growth of *Vaccinium corymbosum* during the Early Nursery Stage”. *Plants*, vol. 12, no. 4, 2023

Petridis, Antonios; Kaay, van der Jereon; Archibald, W. Iain; McCallum, Susan; Graham, Julie; Hancock, D. Robert. “Relective mulch increases fruit yield of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Darrow) grown in a northern maritime environment while maintaining key fruit quality traits”. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Aarhus University, Denmark, pp. 8–10, 2020.

Pokhriya, Priya; Melkania, Uma; Arunachalam, K.; “Indian Journal of Hill Farming Role of Mycorrhiza in Maintaining Carbon Stocks in Disturbed and Undisturbed Ecosystems of Central Himalayan region”. *India*, vol. 29, no. 2, pp. 204–210, 2016

Read, D. J.; Stribley, D.P.; “Effect of mycorrhizal infection on nitrogen and phosphorus nutrition of ericaceous plants”. *Nature*, vol. 241, p. 20, 1973.

Read, D.J.; “The Structure and Function of the Ericoid Mycorrhizal Root”. *Annals of Botany*, 1996

Read, D.J.; Duckett, J.G.; Francis, R.; Ligrone, R.; Russell, A.; “Symbiotic fungal associations in ‘lower’ land plants”. *University of Sheffield*, vol. 355, no. 1398, pp. 815–831, 2000

Reid, W. Robert; Lin, Ying-Chen; Gharaibeh, Raad; Brouwer, Cory; Rowland, Jeannie; Maine, Dory; Rachel, Walstead; Lila, A. Mary; Brown, Allan. ‘Blueprints for Blueberry’. Arusha, 2016.

- Rendon, Dalila; Hamby, A. Kelly; Asenault-Benoit, Arielle; Taylor, M. Christopher; Evans, K. Richard; Roubos, R. Craig; Sial, A. Ashfaq; Rogers, Mary; Petran, Andrew; Timmeren, Van Steven; Fanning, Philip; Isaacs, Rufus; Walton, Waughn; "Mulching as a cultural control strategy for *Drosophila suzukii* in blueberry". *Pest Management Science*, University of Georgia, vol. 76, no. 1, pp. 55–66, 2020
- Reni, F.; Bindhu, J.S.; Pillai, Shalini; "Rhizotron: A Unique Technique for Root Study: A Review". *Agricultural Reviews*, India, 2024
- Repáč, Ivan; Parobeková, Zuzana; Belko, Martin; "Ectomycorrhiza-hydrogel additive enhanced growth of Norway spruce seedlings in a nutrient-poor peat substrate". *Journal of Forest Science*, vol. 68, no. 5, pp. 170–181, 2022
- Requena, Natalia; Jeffries, Peter; Barea, Jose Miguel; "Assessment of natural mycorrhizal potential in a desertified semiarid ecosystem". *Applied Environmental Microbiology*, United Kingdom, vol. 62, no. 3, pp. 842–847, 1996
- Retamales, B. Jorge, Hancock F. James. *Blueberries, 2nd Edition*. Boston: Michigan State University, USA, 2018
- Retamales, B. Jorge; Mena, Carlos; Lobos, German; Morales, Yohana; "A regression analysis on factors affecting yield of highbush blueberries". *Amsterdam*, vol. 186, pp. 7–14, 2015
- Retamal-Salgado, Jorge; Loor, Beder; Hirzel, Juan; Lopez, Maria Dolores; Undurraga, Pablo; Zapata, Nelson; Vergara-Retamales, Rosa; Olivares-Soto, Hector; "Chlorophyll Fluorescence and Fruit Quality Response of Blueberry to Different Mulches". *Agronomy*, vol. 12, no. 7, 2022
- Rezvaninia, Faeze; Ebadi, Mohammad-Taghi; Safaie, Naser; "Investigating the use of Mycorrhiza and Trichoderma Fungi on Rhizome Yield and Active Ingredients of Ginger". *Iran*, 2024
- Ru, Sushan; Sanz-Saez, Alvaro; Leisner, P. Courtney; Rehman, Tanzeel; Busby, Savannah; "Review on blueberry drought tolerance from the perspective of cultivar improvement". *The University of Queensland, Australia*, vol. 15, no. May, pp. 1–15, 2024
- Saldajeno, Mary Grace; Hyakumachi, M.; "Mycorrhizal Technology in Agriculture. From Genes to Bioproducts". *France*, no. 1, pp. 1–5, 2011
- Sales, K. Bryan; Bryla, R. David; Trippe, M. Kristin; Scagel, F. Carolyn; Strik, C. Bernadine; Sullivan, M. Dan; "Biochar as an Alternative Soil Amendment for Establishment of Northern Highbush Blueberry," *HortScience*, Oregon State University, vol. 57, no. 2, pp. 277–285, 2022
- Sales, K. Bryan; Bryla, R. David; Trippe, M. Kristin; Weiland, E. Jerry; Scagel, F. Carolyn; Strik, C. Bernadine; Sullivan, M. Dan; "Amending sandy soil with biochar promotes plant growth and root colonization by mycorrhizal fungi in highbush blueberry". *HortScience*, vol. 55, no. 3, pp. 353–361, 2020
- Sanchez, Nicole; Strik, C. Bernadine; Dixon, Emily; "Growing Blueberries," *Oregon State University Extension Service*, no. December, 2020.

- Sardar, Hasan; Ali, A. Muhammad; Ayyub, M. Chaudhary; Ahmad, Rashid; "Temperature and pH Levels On T Growth Of Wild And Exotic". Pakistan Journal of Phytopathology, Pakistan, 2015
- Scagel, C.F.; "Inoculation with ericoid mycorrhizal fungi alters fertilizer use of highbush blueberry cultivars". HortScience 40, 786-794, 2005a
- Scagel, C.F.; Wagner, A.; Winiarski, P.; "Frequency and intensity of root colonization by ericoid mycorrhizal fungi in nursery production of blueberry plants". Small Fruits, 4, 95-112, 2005
- Scagel, F. Carolyn; "Inoculation with ericoid mycorrhizal fungi alters fertilizer use of highbush blueberry cultivars". HortScience, 2005
- Scagel, F. Carolyn; "Inoculation with ericoid mycorrhizal fungi alters fertilizer use of highbush blueberry cultivars". HortScience, vol. 40, no. 3, pp. 786-794, 2005
- Seleznov, Andril; Kuzmenko, Maryna; "Petiole Pro AI-powered Platform for the Blueberry QA Get the blueberry count, area, and diameter from a photo. Power up your blueberry yields with AI". Petiole, no. July, 2024
- Shamsudin, N.A.; Seelan, J.S.S.; Gansau, J.A.; Rusdi, N.A.; "A review: Molecular identification of orchid mycorrhiza". Advances in Horticultural Science, vol. 38, no. 1, pp. 97-116, 2024
- Shaw, G.; Leake, J.R.; Baker, A.J.M.; Read, D.J.; "The biology of mycorrhiza in the Ericaceae XVII. The role of mycorrhizal infection in the regulation of iron uptake by ericaceous plants". The University of Sheffield, 1990.
- Shaw, G.; Leake, J.R.; Baker, A.J.M.; Read, D.D.; "The biology of mycorrhiza in the Ericaceae: XVII. The role of mycorrhizal infection in the regulation of iron uptake by ericaceous plants". New Phytology, vol. 115, no. 2, pp. 251-258, 1990
- Shruti, M. Theradimani; Ramamoorthy, V.; Vellaikumar S.' "Effect of different culture media, temperature and pH on the mycelial growth of Pleurotus eryngii (King Oyster Mushroom)". The Pharma Journal, India, vol. 11, no. 7, pp. 2519-2522, 2022
- Sietio, Outi-Maaria; Toumivirta, Tero; Santalahti, Minna; Kiheri, Heikki; Timonen, Sari; Sun, Hui; Fritze, Hannu; Heinonsalo, Jussi; "Ericoid plant species and Pinus sylvestris shape fungal communities in their roots and surrounding soil". New Phytology, vol. 218, no. 2, pp. 738-751, 2018
- Smit, L. Albert; Noordwijk, van Meine; Bengough, A. Glyn; Pellerin, Sylvain; Engels, Christof; Geijn, C. Sieve; "Root Methods: A Handbook". The Netherlands, 2001
- Smith, E. Jane; "Mycorrhizal Symbiosis (Third Edition)". Soil Science Society of America Journal, vol. 73, no. 2, pp. 694-694, 2009
- Soudzilovskaia, A. Nadejda; Vaessen, Stijn; Barcelo, Milagros; He, Jinhong; Rahimlou, Saleh; Abarenkov, Kessy; Brundrett, C. Mark; Gomes, I.F. Sofia; Merckx, Vincent; Tedersoo, Leho; "FungalRoot: global online database of plant mycorrhizal associations". New Phytology, vol. 227, no. 3, pp. 955-966, 2020

Stanca, Loredana; Bilteanu, Liviu; Bujor, Crina Oana; Ion, Violeta Alexandra; Petre, Catalin Andrei; Badulescu, Liliana; Geicu, Ionut Ovidiu; Pisoschi, Magdalena Aurelia; Serban, Iren Andreea; Ghimpetanu, Oana-Margarita; “Development of Functional Foods: A Comparative Study on the Polyphenols and Anthocyanins Content in Chokeberry and Blueberry Pomace Extracts and Their Antitumor Properties”. *Foods*, vol. 13, no. 16, 2024

Straker, C. J.; “Ericoid mycorrhiza: ecological and host specificity”. Springer-Verlag, 1996.

Strik, C. Bernadine; “GrowinG BlueBerries in Your Home Garden”. Oregon State University, no. March, p. 20, 2006.

Strik, C. Bernadine; Davis, J. Amanda; Bryla, R. David; “Individual and combined use of sawdust and weed mat mulch in a new planting of northern highbush blueberry. II. Nutrient uptake and allocation,” *HortScience*, Oregon State University, vol. 55, no. 10, pp. 1614–1621, 2020

Strik, C. Bernadine; Finn, E. Chad; “Blueberry Cultivars for Oregon”. Oregon State University, vol. 1, no. March, pp. 4–9, 2008.

Strik, C. Bernadine; Finn, E. Chad; Moore, P. Patrick; “Blueberry Cultivars for the Pacific Northwest”. A Pacific Northwest Extension Publication, vol. 656, no. February p. 13, 2014

Strik, C. Bernadine; Sullivan, M. Dan; Bryla, R. David; “Mulch effects on highbush blueberry under organic management”. Oregon State University, vol. 1018, no. January 2017, pp. 375–382, 2017

Strik, C. Bernadine; Vance, Amanda; Bryla, R. David; Sullivan, M. Dan; “Organic production systems in northern highbush blueberry: I. impact of planting method, cultivar, fertilizer, and mulch on yield and fruit quality from planting through maturity”. *HortScience*, vol. 52, no. 9, pp. 1201–1213, 2017

Struchkova, V. Irina; Mikheev, S. Vyacheslav; Berezina, V. Ekaterina; Brilkina, A. Anna; “Phosphorus Supply to Plants of *Vaccinium* L. Genus: Proven Patterns and Unexplored Issues”. *Agronomy*, vol. 14, no. 6, 2024

Stull, April; Cassidy, Aedin; Djousse, Luc; Johnson, Sarah; Krikorian, Robert; Lampe, W. Johanna; Mukamal, J. Kenneth; Nieman, C. David; Starr, N.P. Katryn; Rasmussen, Heather; Rimm, B. Eric; Stote, S. Kim; Tangney, Christy. “The state of the science on the health benefits of blueberries: a perspective”. North Carolina State University, vol. 11, no. June, pp. 1–9, 2024

Sullivan, D.M.; Strik, C.B.; Bryla, R.D.; “Evaluation of alternative mulches for blueberry over five production seasons”. *Acta Horticulture*, Oregon state University, vol. 1076, no. October, pp. 171–178, 2015

Sun, Xialoei; Yang, Xiaosong; Hu, Zhengyi; Liu, Dulai; Xie, Zijian; Li, Songyn; Wang, Guoxi; Li, Meng; Sun, Zheng; Bol, Roland; “Biochar effects on soil nitrogen retention , leaching and yield of perennial citron daylily under three irrigation regimes Biochar effects on soil nitrogen retention

, leaching and yield of perennial citron daylily under three irrigation regimes”. Agricultural Water Management, China, vol. 296, no. March, p. 108, 2023

Tamar Kacharava, Liana Koiava and Aleqsandre Kalandia; “Phenolic compounds and Pectin consist of *Vaccinium Corymbosum* of Blueberry”; International Journal of Advanced Research (IJAR), 2019

Taylor, J.; Harrier, L.; “A comparison of nine species of arbuscular mycorrhizal fungi on the development and nutrition of micropropagated *Rubus idaeus* L. cv. Glen Prosen (red raspberry)”. Plant Soil, 225, 53-61, 2000

Tian, Fan; Wang, Juan-Cai; Bai, Xin-Xiang; Yang, Yan-Bing; Huang, Lang; Liao, Xiao-Feng; “Symbiotic seed germination and seedling growth of mycorrhizal fungi in *Paphiopedilum hirsutissimum* (Lindl.Ex Hook.) Stein from China”. Plant Signaling Behahavior, vol. 18, no. 1, pp. 1–15, 2023

Topp, N. Christopher; Iyer-Pascuzzi, S. Anjali; Anderson, T. Jill; Moore, T. Brad; Benfey, N. Philip; “3D phenotyping and quantitative trait locus mapping identify core regions of the rice genome controlling root architecture”. Austria, vol. 110, no. 18, 2013.

Tsintsadze, Shalva; Bobokashvili, Zviad; “Peculiarities of Development of Phenological Phases of Some New Introduced Cultivars of Blueberry Peculiarities of Development of Phenological Phases of Some New Introduced Cultivars of Blueberry (*Vaccinium corymbos*)”. Journal of Biology, no. November, 2023, 2023

Viera, Valencia; Garcia, Giraldo; “An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots”. Angew Chemie International Edition, Ed. 6(11), 951–952., vol. 2, 2019.

Villarreal-Ruiz, Luis; Neri-Luna, Cecilia; Anderson, C. Ian; Alexander, J. Ian; “In vitro interactions between ectomycorrhizal fungi and ericaceous plants”. Symbiosis, vol. 56, no. 2, pp. 67–75, 2012

Vishwakarma, Chndra Ramesh; Kumar, Anuj; Singh, Kumar Praveen; Dwivedi, Kumar Anil; “The Role of Plant-Mycorrhizal-Fungal Interactions in Soil Health and Carbon Sequestration in Agroecosystems”. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, vol. 12, no. 7, pp. 352–355, 2024

Vohník, Martin; “Ericoid mycorrhizal symbiosis: theoretical background and methods for its comprehensive investigation”. Mycorrhiza, vol. 30, no. 6, pp. 671–695, 2020

Vohník, Martin; Bruzone, M. Clara; Knoblochova, Tereza; Fernandez, V. Natalia; Kolarikova, Zuzana; Vetrovsky, Tomas; Fontenla, B. Sonia; “Exploring structural and molecular diversity of Ericaceae hair root mycobionts: a comparison between Northern Bohemia and Argentine Patagonia”. Mycorrhiza, vol. 33, no. 5–6, pp. 425–447, 2023

Vohník, Martin; Réblová, Martina; “Fungi in hair roots of *Vaccinium* spp. (Ericaceae) growing on decomposing wood: colonization patterns, identity, and in vitro symbiotic potential”. Mycorrhiza, vol. 33, no. 1–2, pp. 69–86, 2023

- Wagg, Cameron; Jansa, Jan; Stadler, Marina; Schmid, Bernhard; Heijden, Marcel; “Mycorrhizal fungal identity and diversity relaxes plant-plant competition”. *Ecology*, vol. 92, no. 6, pp. 1303–1313, 2011
- Wajid, Khan; Asif, Muhammad Ali; Ahmad, Khan Nasir; Aslam, Muhammad Khan; Rehman, Abdul; Javed, Nazir; “Effect of different levels of lime and pH on mycelial growth and production efficiency of oyster mushroom (*Pleurotus* spp.)”. *Pakistan*, vol. 45, no. 1, pp. 297–302, 2013
- Wang, Jessica; “How fruit moves: Crop systems, culture, and the making of the commercial blueberry, 1870–1930”. *Plants People Planet*, no. May, pp. 1080–1093, 2024
- Wei, Xiangying; Chen, Jianjun; Zhang, Chunying; Liu, Hong; Zheng, Xiuxia; Mu, Jingli; “Ericoid mycorrhizal fungus enhances microcutting rooting of *Rhododendron fortunei* and subsequent growth”. *Horticulture Research*, vol. 7, no. 1, 2020
- Wei, Xiangying; Chen, Jianjun; Zhang, Chunying; Pan, Dongming; “A new *Oidiodendron maius* strain isolated from *Rhododendron fortunei* and its effects on nitrogen uptake and plant growth”. *Frontiers in Microbiology*, China, vol. 7, no. AUG, 2016
- Wurzbarger, Nina; Higgins, P. Brian; Hendrick, L. Ronald; “Ericoid mycorrhizal root fungi and their multicopper oxidases from a temperate forest shrub”. *Ecology and Evolution*, vol. 2, no. 1, pp. 65–79, 2012
- Yuan, Jing; Yan, Rui; Zhang, Xueqiong; Su, Kai; Liu, Hui; Wei, Xin; Wang, Ran; Huang, Lanlan; Tang, Nianwu; Shanping, Wan; Liu, Wei; Lambers, Hans; Zheng Yi; He, Xinhua; Yu, Fuqiang; Wang, Yanliang; “Soil organic phosphorus is mainly hydrolyzed via phosphatases from ectomycorrhiza-associated bacteria rather than ectomycorrhizal fungi”. *Plant Soil*, no. April, 2024

დანართი 1. სხვადასხვა საკვები არის (PDA , MNA, MEA) გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*-ს) ზრდა-განვითარებაზე

საკვები არე/სოკო	მიცელიუმის ზრდა 20 დღეში (მმ) / ($\pm$ SE)	
	<i>Oidiodendron maius</i>	<i>Hyaloscypha hepaticicola</i>
აგარიზებული დექსტროზიანი კარტოფილი (PDA)	28 $\pm$ 2.7	27 $\pm$ 2.3
აგარიზებული მელინ - ნორკლანსი (MNA)	14.75 $\pm$ 0.62	21.75 $\pm$ 5.8
აგარიზებული ალაოს ექსტრაქტი (MEA)	25.75 $\pm$ 4.58	31.25 $\pm$ 1.65

დანართი 2 . ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - სხვადასხვა საკვები არის (PDA , MNA, MEA) გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*-ს) ზრდა-განვითარებაზე

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	2	72.33	36.17	0.7686	0.4783 ns
A ფაქტორი - სოკოების სახეობების	1	88.17	88.17	1.874	0.1879 ns
B ფაქტორი - საკვები არე	2	511.0	255.5	5.430	0.0143*
ნაშთი	18	847.0	47.06		
ტოტალური ვარიაცია	23	1518,17			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$),* სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 3. სხვადასხვა ტემპერატურის გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდა-განვითარებაზე

ტემპერატურა/სოკო	მიცელიუმის ზრდა (გრ) / ($\pm$ SE)	
	<i>Oidiodendron maius</i>	<i>Hyaloscypha hepaticicola</i>
+4	5.7 $\pm$ 0.75	9.3 $\pm$ 1.02
+6.6	7.5 $\pm$ 0.8	8.12 $\pm$ 0.42
+20	15.75 $\pm$ 1.9	35.5 $\pm$ 0.2
+23	14.75 $\pm$ 1.18	32 $\pm$ 2.4
+25	32.5 $\pm$ 3.3	39.3 $\pm$ 2.9
+30	24 $\pm$ 1.8	40 $\pm$ 0.4

დანართი 4 ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - სხვადასხვა ტემპერატურის გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ზრდა-განვითარებაზე

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	5	640.1	128.0	10.70	***
A ფაქტორი - სოკოების სახეობები	1	1365	1365	114.1	***
B ფაქტორი - ტემპერატურა	5	5738	1148	95.88	***
ნაშთი	36	430.9	11.97		
ტოტალური ვარიაცია	47	8174			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 5. საკვები არის სხვადასხვა მჟავიანობის (pH) გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*-ს) ზრდა-განვითარებაზე

მჟავიანობა/სოკო	მიცელიუმის ზრდა (გრ) / ($\pm$ SE)	
	<i>Oidiodendron maius</i>	<i>Hyaloscypha hepaticicola</i>
3	2.5 $\pm$ 1.5	12.25 $\pm$ 2.25
4	8 $\pm$ 1.2	18.25 $\pm$ 3.69
5	10.25 $\pm$ 1.25	22.5 $\pm$ 5.2
6	14.75 $\pm$ 3.1	17.5 $\pm$ 2.1
7	9.2 $\pm$ 3.6	32.25 $\pm$ 16.4
8	12 $\pm$ 1.7	11.25 $\pm$ 2.2
9	16.75 $\pm$ 1.9	14.25 $\pm$ 0.2
10	11.75 $\pm$ 1.9	13 $\pm$ 0.7

დანართი 6. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - საკვები არის სხვადასხვა მჟავიანობის (pH) გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*-ს) ზრდა-განვითარებაზე

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	7	1076	134.5	1.493	0.1816 ns
A ფაქტორი - სოკოების სახეობები	1	715.7	715.7	7.945	0.0067*
B ფაქტორი - მჟავიანობა (pH)	7	889.4	111.2	1.234	0.2975 ns
ნაშთი	54	4864	90.08		
ტოტალური ვარიაცია	69	7545.1			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 7. სხვადასხვა ტენიანობის (RH) გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*-ს) ზრდა-განვითარებაზე

ტენიანობა/სოკო	მიცელიუმის ზრდა 10 დღეში (მმ) / ($\pm$ SE)	
	<i>Oidiodendron maius</i>	<i>Hyaloscypha hepaticicola</i>
80 %	3.67 $\pm$ 0.33	6 $\pm$ 0.57
85 %	4.3 $\pm$ 0.33	9 $\pm$ 1
90 %	7.67 $\pm$ 1.2	8.67 $\pm$ 1.4
95 %	11.5 $\pm$ 2	10 $\pm$ 0.5
100 %	7.3 $\pm$ 1.5	9.4 $\pm$ 1.2

დანართი 8 ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - სხვადასხვა ტენიანობის (RH) გავლენა სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*-ს) ზრდა-განვითარებაზე

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	4	40.53	10.13	2.533	0.0724 ns
A ფაქტორი - სოკოების სახეობები	1	34.13	34.13	8.533	0.0084**
B ფაქტორი - ტენიანობა	4	176.0	44.00	11.00	***
ნაშთი	20	80.00	4.000		
ტოტალური ვარიაცია	35	330.66			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 9. ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების *O. maius* და *H. hepatitcola*-ს მიერ ნახშირბადის შეთვისების უნარი ნახშირწყლის სხვადასხვა წყაროდან

ნახშირწყლის წყაროები/სოკო	მიცელიუმის მოსავალი (გრამი/± SE)	
	<i>Oidiodendron maius</i>	<i>Hyaloscypha hepatitcola</i>
ნახშირწყლის გარეშე (კონტროლი)	1.35 ± 1.01	1.36 ± 0.04
ლაქტოზა	1.33 ± 0.04	1.38 ± 0.04
სახამებელი	1.71 ± 0.15	1.63 ± 0.04
საქაროზა	1.5 ± 0.004	1.47 ± 0.05
გლუკოზა	1.33 ± 0.003	1.43 ± 0.0001

დანართი 10. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების *O. maius* და *H. hepatitcola* მიერ ნახშირბადის შეთვისების უნარი ნახშირწყლის სხვადასხვა წყაროდან

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	4	0.02902	0.007254	0.6789	0.6146 ns
A ფაქტორი - სოკოების სახეობები	1	0.0009241	0.0009241	0.08648	0.7717 ns
B ფაქტორი - ტენიანობა	4	0.4352	0.1088	10.18	***
ნაშთი	20	0.2137	0.01069		
ტოტალური ვარიაცია	29	0.678844			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0.01$; $P \leq 0.001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0.05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0.05$)

დანართი 11. ლურჯი მოცვის ჯიშების „ლეგასის“ და „დიუკის“ განვითარების შესწავლა რიზოტრონების გამოყენებით

ფესვთა სიდიდეები/ჯიში	გამიკორიზიანების პროცენტი % (± SE)	
	ლეგასი	დიუკი
ძირათადი ფესვების სიგრძე	19.8 ± 1.5	10.9 ± 1.8
გვერდითა ფესვების სიგრძე	97.9 ± 12.04	53.9 ± 5.7
ფესვების საერთო სიგრძე	118.6 ± 11.5	64.8 ± 5.4
ფესვების სიღრმე	11.5 ± 0.5	10.9 ± 0.6
ფესვების სიგანე	18.5 ± 0.7	16.5 ± 0.7

დანართი 12. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშების „ლეგასის“ და „დიუკის“ განვითარების შესწავლა რიზოტრონების გამოყენებით

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	4	450.5	112.6	81.31	***
A ფაქტორი - ჯიშები	1	223.3	223.3	161.2	***
B ფაქტორი - ფესვთა სიდიდეები	4	4184	1046	755.2	***
ნაშთი	90	124.7	1.385		
ტოტალური ვარიაცია	99	4982.5			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 13. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ ფესვთა სისტემის ფენოტიპირება რიზოტრონებში

ჯიში/სოკო	ფესვთა სიგრძე (სმ)			ფესვთა სისტემის სიგანე (სმ)	ფესვთა სისტემის სიღრმე (სმ)
	ძირითადი ფესვები	გვერდითა ფესვები	საერთო		
ლეგასი					
სოკოს გარეშე (კონტროლი)	5.5 ± 1.0	19.5 ± 3.2	25.1 ± 3.7	8.0 ± 0.5	6.0 ± 0.4
<i>Hyaloscypha hepaticicola</i>	6.3 ± 0.7	27.4 ± 12.0	33.7 ± 12.1	7.6 ± 0.6	5.4 ± 0.5
<i>Oidiodendron maius</i>	4.9 ± 0.6	22.2 ± 5.8	27.1 ± 5.8	8.4 ± 0.6	5.8 ± 0.6
<i>H. hepaticicola</i> + <i>O. maius</i>	4.6 ± 0.7	14.4 ± 3.7	21.3 ± 3.7	8.3 ± 0.3	5.9 ± 0.4

დანართი 14. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშების „ლეგასის“ და „დიუკის“ განვითარების შესწავლა რიზოტრონების გამოყენებით

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	12	4497000	374700	0.3489	0.9784 ns
A ფაქტორი - სოკოთი ინოკულაციის ვარიანტები	3	3263000	1088000	1.013	0.3884 ns
B ფაქტორი - ფესვთა სიდიდეები	4	77790000	19450000	18.10	***
ნაშთი	180	193300000	1074000		
ტოტალური ვარიაცია	196	278850000			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 15. ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ ფესვთა სისტემის ფენოტიპირება რიზოტრონებში

ჯიში/სოკო	ფესვთა სიგრძე (სმ)/(± SE)			ფესვთა სისტემის სიგანე (სმ)	ფესვთა სისტემის სიღრმე (სმ)
	ძირითადი ფესვები	გვერდითა ფესვები	საერთო		
დიუკი					
სოკოს გარეშე (კონტროლი)	13.0 ± 4.1	63.0 ± 9.7	76.0 ± 12.4	9.9 ± 0.4	6.8 ± 0.5
<i>Hyaloscypha hepaticicola</i>	9.0 ± 1.3	63.0 ± 7.2	71.6 ± 7.8	9.7 ± 0.5	7.7 ± 0.3
<i>Oidiodendron maius</i>	8.5 ± 1.4	44.5 ± 8.7	52.9 ± 8.7	9.5 ± 0.6	7.2 ± 0.2
<i>H. hepaticicola</i> + <i>O. maius</i>	8.2 ± 1.6	42.3 ± 10.4	50.5 ± 10.9	9.3 ± 0.3	6.7 ± 0.5

დანართი 16. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ ფესვთა სისტემის ფენოტიპირება რიზოტრონებში

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	12	28740000	1916000	1.164	0.3022 ns
A ფაქტორი - სოკოთი ინოკულაციის ვარიანტები	3	17890000	5963000	3.621	0.0139*
B ფაქტორი - ფესვთა სიდიდეები	4	747500000	149500000	90.80	***
ნაშთი	216	355700000	1647000		
ტოტალური ვარიაცია	235	1149830000			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 17. ლურჯი მოცვის ჯიშის - „ლეგასის“ მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა

ჯიში/სოკო	ტოტების ბიომასა (გრ)/(± SE)		ტოტების სიგრძე (სმ)	ტოტების ბიომასა (გრ)	
	სველი წონა	მშრალი წონა		სველი წონა	მშრალი წონა
სოკოს გარეშე (კონტროლი)	6.4 ± 0.2	3.6 ± 0.2	23.3 ± 1.0	26.6 ± 5.2	5.0 ± 0.0
<i>Hyaloscypha hepaticicola</i>	5.8 ± 0.4	3.3 ± 0.2	20.4 ± 2.2	18.0 ± 2.6	4.3 ± 0.3
<i>Oidiodendron maius</i>	5.9 ± 0.3	3.7 ± 0.2	23.8 ± 2.2	12.7 ± 1.2	3.7 ± 0.3
<i>H. hepaticicola</i> + <i>O. maius</i>	6.5 ± 0.3	3.5 ± 0.2	24.1 ± 0.8	22.3 ± 0.7	4.7 ± 0.3

დანართი 18. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ ფესვთა სისტემის ფენოტიპირება რიზოტრონებში

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	6	47.88	7.981	0.8181	0.5582 ns
A ფაქტორი - სოკოთი ინოკულაცია	3	43.29	14.43	1.479	0.2242 ns
B ფაქტორი - ბიომასა	2	8838	4419	453.0	***
ნაშთი	108	1054	9.755		
ტოტალური ვარიაცია	119	9983.17			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 19. ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა

ჯიში/სოკო	ტოტების ბიომასა (გრ)/(± SE)		ტოტების სიგრძე (სმ)/(± SE)	ტოტების ბიომასა (გრ)/(± SE)	
	სველი წონა	მშრალი წონა		სველი წონა	მშრალი წონა
სოკოს გარეშე (კონტროლი)	9.3 ± 1.0	4.7 ± 0.3	27.7 ± 2.4	25.0 ± 0.6	4.3 ± 0.9
<i>Hyaloscypha hepaticicola</i>	7.3 ± 0.4	3.8 ± 0.1	27.9 ± 1.6	16.0 ± 3.1	4.3 ± 0.3
<i>Oidiodendron maius</i>	6.6 ± 0.6	3.5 ± 0.2	27.2 ± 1.1	20.7 ± 2.6	4.7 ± 0.7
<i>H. hepaticicola</i> + <i>O. maius</i>	6.1 ± 0.5	3.4 ± 0.2	22.7 ± 2.3	15.7 ± 5.0	4.0 ± 0.6

დანართი 20. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ მიწისზედა და მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	3	83.00	27.67	1.720	0.2030 ns
A ფაქტორი - სოკოთი ინოკულაცია	3	93.00	31.00	1.927	0.1658 ns
B ფაქტორი - ბიომასა	1	1350	1350	83.94	***
ნაშთი	16	257.3	16.08		
ტოტალური ვარიაცია	23	1783.3			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 21. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ მიერ საკვები ელემენტების ათვისება

ჯიში/სოკო	აზოტი - N (%)	ფოსფორი - P (%)	კალიუმი - K (%)
	(%) / ($\pm$ SE)		
სოკოს გარეშე (კონტროლი)	1.43 $\pm$ 0.4	0.37 $\pm$ 0.04	0.67 $\pm$ 0.03
<i>Hyaloscypha hepaticicola</i>	1.33 $\pm$ 0.4	0.33 $\pm$ 0.04	0.48 $\pm$ 0.04
<i>Oidiodendron maius</i>	1.39 $\pm$ 0.3	0.34 $\pm$ 0.05	0.52 $\pm$ 0.06
<i>H. hepaticicola</i> + <i>O. maius</i>	1.34 $\pm$ 0.3	0.35 $\pm$ 0.03	0.51 $\pm$ 0.06

დანართი 22. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ მიერ საკვები ელემენტების ათვისება

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	6	0.04885	0.008142	9060	***
A ფაქტორი - სოკოთი ინოკულაცია	3	0.02905	0.009683	10780	***
B ფაქტორი - საკვები ელემენტები	2	6.160	3.080	3428000	***
ნაშთი	24	0.00002157	0.0000008986		
ტოტალური ვარიაცია	35	6.23792157			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 23. ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ მიერ საკვები ელემენტების ათვისება

ჯიში/სოკო	აზოტი - N	ფოსფორი - P (%)	კალიუმი - K (%)
	(%) / ($\pm$ SE)		
სოკოს გარეშე (კონტროლი)	0.90 $\pm$ 0.05	0.37 $\pm$ 0.04	0.54 $\pm$ 0.05
<i>Hyaloscypha hepaticicola</i>	1.57 $\pm$ 0.02	0.54 $\pm$ 0.13	0.65 $\pm$ 0.03
<i>Oidiodendron maius</i>	1.51 $\pm$ 0.05	0.43 $\pm$ 0.04	0.53 $\pm$ 0.06
<i>H. hepaticicola</i> + <i>O. maius</i>	1.50 $\pm$ 0.05	0.48 $\pm$ 0.06	0.64 $\pm$ 0.03

დანართი 24. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის „დიუკის“ მიერ საკვები ელემენტების ათვისება

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	6	0.4833	0.08054	805.4	***
A ფაქტორი - სოკოთი ინოკულაცია	3	0.3500	0.1167	1167	***
B ფაქტორი - საკვები ელემენტები	2	6.865	3.432	34320	***
ნაშთი	24	0.002400	0.0001000		
ტოტალური ვარიაცია	35	7.7007			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 25. ლურჯი მოცვის „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშების ფესვების გამიკორიზიანება

სოკო	გამიკორიზიანების პროცენტი % ($\pm$ SE)	
	ლეგასი	დიუკი
სოკოს გარეშე (კონტროლი)	1.4 $\pm$ 1.0	0.5 $\pm$ 0.2
<i>Hyaloscypha hepaticicola</i>	13.3 $\pm$ 6.3	9.4 $\pm$ 4.7
<i>Oidiodendron maius</i>	44.0 $\pm$ 11.9	14.1 $\pm$ 6.2
<i>H. hepaticicola</i> + <i>O. maius</i>	8.5 $\pm$ 4.8	20.2 $\pm$ 6.6

დანართი 26. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშების ფესვების გამიკორიზიანება

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	3	4573	1524	3.963	0.0113*
A ფაქტორი - სოკოთი ინოკულაცია	3	8079	2693	7.000	***
B ფაქტორი - ჯიში	1	661.3	661.3	1.719	0.1940 ns
ნაშთი	72	27700	384.7		
ტოტალური ვარიაცია	79	41013.3			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 27. ნიადაგის მჟავიანობა (pH)

ჯიში/მულჩირება	პროცენტი % ($\pm$ SE)
	მჟავიანობა
ლეგასი	
მულჩის გარეშე (კონტროლი)	5.2 $\pm$ 0.04
ნახერხი	5.4 $\pm$ 0.06
ნამდვის წიწვი	5.2 $\pm$ 0.06
ტორფი	4.8 $\pm$ 0.07
აგროქსოვილი	5.4 $\pm$ 0.04
ნახერხი და აგროქსოვილი	4.9 $\pm$ 0.06
ნამდვის წიწვი და აგროქსოვილი	4.6 $\pm$ 0.02
ტორფი და აგროქსოვილი	4.9 $\pm$ 0.04

დანართი 28. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ნიადაგის მჟავიანობა (pH)

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
A ფაქტორი - მულჩირება	7	1.184	0.1692	61.8	***
ნაშთი	8	0.02190	103,3		
ტოტალური ვარიაცია	15	1.206			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 29. ორგანული ნივთიერებების შემადგელობა

ჯიში/მულჩირება	პროცენტი % ($\pm$ SE)
	ორგანული ნივთიერება
ლეგასი	
მულჩის გარეშე (კონტროლი)	3.9 ± 0.03
ნახერხი	4.8 ± 0.06
ნამდის წიწვი	3.7 ± 0.05
ტორფი	4.6 ± 0.05
აგროქსოვილი	3.8 ± 0.07
ნახერხი და აგროქსოვილი	3.5 ± 0.07
ნამდის წიწვი და აგროქსოვილი	3.6 ± 0.3
ტორფი და აგროქსოვილი	3.9 ± 0.04

დანართი 30. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ორგანული ნივთიერებების შემადგელობა

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
A ფაქტორი - მულჩირება	7	3.357	0.4796	22.12	***
ნაშთი	8	0.1735	0.02168		
ტოტალური ვარიაცია	15	3.531			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0.01$; $P \leq 0.001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0.05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0.05$)

დანართი 31. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ ნიადაგში არსებული საკვები ელემენტები

ჯიში/მულჩირება	მგ/100 გრ / ($\pm$ SE)		
	აზოტი (N)	ფოსფორი (P)	კალიუმი (K)
მულჩის გარეშე (კონტროლი)	33.9 $\pm$ 4.9	19.5 $\pm$ 0.5	76.5 $\pm$ 0.5
ნახერხი	40.9 $\pm$ 0.1	47.9 $\pm$ 0.08	127.4 $\pm$ 0.6
ნაძვის წიწვი	41.5 $\pm$ 0.5	19.7 $\pm$ 0.3	62.4 $\pm$ 0.6
ტორფი	37.3 $\pm$ 0.7	23.8 $\pm$ 0.2	57.7 $\pm$ 0.4
აგროქსოვილი	89.3 $\pm$ 0.7	14.9 $\pm$ 0.06	85.36 $\pm$ 0.6
ნახერხი და აგროქსოვილი	82.9 $\pm$ 0.1	27.4 $\pm$ 0.6	105.7 $\pm$ 0.3
ნაძვის წიწვი და აგროქსოვილი	167.6 $\pm$ 0.4	77.4 $\pm$ 0.6	81.8 $\pm$ 0.7
ტორფი და აგროქსოვილი	48.6 $\pm$ 0.4	24.8 $\pm$ 0.1	55.8 $\pm$ 1.2

დანართი 32. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ ნიადაგში არსებული საკვები ელემენტები

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	14	19630	1402	559.1	***
A ფაქტორი - მულჩირება	7	24160	3451	1376	***
B ფაქტორი - საკვები ელემენტები	2	21000	10500	4186	***
ნაშთი	24	60.19	2.508		
ტოტალური ვარიაცია	47	64850.19			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$),* სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 33. საკვები ელემენტების შემცველობა „ლეგასის“ ჯიშის ლურჯი მოცვის ფოთლებში

ჯიში/მულჩირება	მგ/100გრ (± SE)		
	აზტორი (N)	ფოსფორი (P)	კალიუმი (K)
ლეგასი			
მულჩის გარეშე (კონტროლი)	1.05 ± 0.05	0.3 ± 0.02	0.23 ± 0.02
ნახერხი	1.3 ± 0.01	0.1 ± 0.02	0.26 ± 0.04
ნაძვის წიწვი	1.2 ± 0.03	0.05 ± 0.04	0.26 ± 0.05
ტორფი	1.02 ± 0.02	0.22 ± 0.02	0.23 ± 0.02
აგროქსოვილი	1.2 ± 0.03	0.27 ± 0.03	0.48 ± 0.03
ნახერხი და აგროქსოვილი	0.9 ± 0.03	0.28 ± 0.04	0.28 ± 0.03
ნაძვის წიწვი და აგროქსოვილი	0.9 ± 0.04	0.26 ± 0.27	0.45 ± 0.04
ტორფი და აგროქსოვილი	1.7 ± 0.04	0.27 ± 0.04	55.8 ± 1.2

დანართი 34. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - საკვები ელემენტების შემცველობა „ლეგასის“ ჯიშის ლურჯი მოცვის ფოთლებში

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	14	3.306	0.2362	1.467	0.1982 ns
A ფაქტორი - მულჩირება	7	1.022	0.1461	0.9074	0.5173 ns
B ფაქტორი - საკვები ელემენტები	2	6.927	3.464	21.52	***
ნაშთი	24	3.863	0.1610		
ტოტალური ვარიაცია	40	4.328			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 35. ლურჯი მოცვის ჯიშის, „ლეგასის“, მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა

ჯიში/მულჩირება	გრამი ($\pm$ SE)	
	სველი წონა	მშრალი წონა
მულჩის გარეშე (კონტროლი)	44 $\pm$ 6.2	14.15 $\pm$ 1.9
ნახერხი	50 $\pm$ 6.9	15.3 $\pm$ 1.9
ნაძვის წიწვი	50 $\pm$ 6.9	14.5 $\pm$ 1.5
ტორფი	64 $\pm$ 9.5	21.8 $\pm$ 2.9
აგროქსოვილი	26 $\pm$ 4.9	11.5 $\pm$ 2.4
ნახერხი და აგროქსოვილი	28 $\pm$ 3.7	11.8 $\pm$ 1.2
ნაძვის წიწვი და აგროქსოვილი	46 $\pm$ 7.9	16.7 $\pm$ 2.4
ტორფი და აგროქსოვილი	49.5 $\pm$ 5.8	15.7 $\pm$ 1.6

დანართი 36. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის, „ლეგასის“, მიწისქვედა ნაწილების ბიომასა

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	7	5147	735.2	1.525	0.1631 ns
A ფაქტორი - ფესვების ბიომასა	1	51950	51950	107.8	***
B ფაქტორი - მულჩირება	7	12470	1782	3.697	0.0010**
ნაშთი	144	69410	482.0		
ტოტალური ვარიაცია	159	138977			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$),* სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 37. ლურჯი მოცვის ჯიშის, „ლეგასის“, მიწისზედა ნაწილების ბიომასა

ჯიში/მულჩირება	გრამი ($\pm$ SE)		სმ
	სველი წონა	მშრალი წონა	ტოტების სიგრძე
მულჩის გარეშე (კონტროლი)	129 $\pm$ 22.08	43.9 $\pm$ 6.5	65.5 $\pm$ 3.2
ნახერხი	127 $\pm$ 19.26	32.5 $\pm$ 5.9	57.8 $\pm$ 2.03
ნამდის წიწვი	119 $\pm$ 14.47	42.25 $\pm$ 5.7	65.8 $\pm$ 3.9
ტორფი	300 $\pm$ 49.25	91.1 $\pm$ 14.5	65 $\pm$ 3.3
აგროქსოვილი	112 $\pm$ 20.9	47.1 $\pm$ 7.02	54.7 $\pm$ 1.9
ნახერხი და აგროქსოვილი	127 $\pm$ 18.2	53.8 $\pm$ 7.5	57.8 $\pm$ 2.3
ნამდის წიწვი და აგროქსოვილი	163 $\pm$ 24.9	58.7 $\pm$ 7.1	65.3 $\pm$ 4.4
ტორფი და აგროქსოვილი	292 $\pm$ 41.15	116 $\pm$ 13.7	69.30 $\pm$ 3.8

დანართი 38. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის, „ლეგასის“, მიწისზედა ნაწილების ბიომასა

ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
ურთიერთქმედება	14	390700	27910	4.426	***
A ფაქტორი - ტოტების ბიომასა	2	781700	390800	61.99	***
B ფაქტორი - მულჩირება	7	341000	48710	7.725	***
ნაშთი	216	1362000	6305		
ტოტალური ვარიაცია	239	2875400			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$),* სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

დანართი 39. ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ გამიკორიზიანება

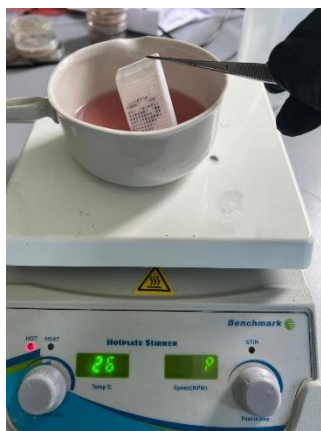
ჯიში/მულჩირება	გამიკორიზიანების პროცენტი % (± SE)
მულჩის გარეშე (კონტროლი)	41 ± 6.1
ნახერხი	5.3 ± 3.37
ნამდის წიწვი	1.9 ± 0.7
ტორფი	4.5 ± 3.4
აგროქსოვილი	6.8 ± 3.2
ნახერხი და აგროქსოვილი	1.8 ± 0.7
ნამდის წიწვი და აგროქსოვილი	9.8 ± 4.2
ტორფი და აგროქსოვილი	0.4 ± 0.2

დანართი 40. ვარიაციული ანალიზი (ANOVA) - ლურჯი მოცვის ჯიშის „ლეგასის“ გამიკორიზიანება

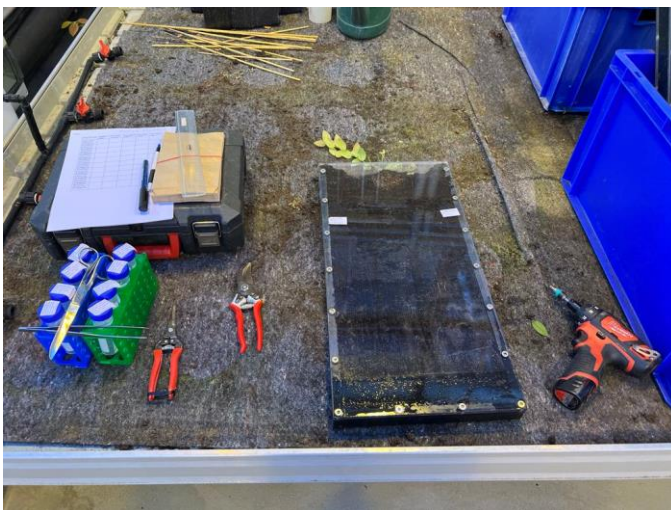
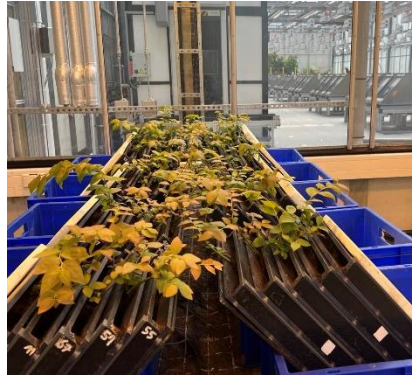
ვარიაციის წყარო	Df თავისუფლების ხარისხი	კვადრატების ჯამი	საშუალო კვადრატი	F სტატისტიკა	P სიდიდე
A ფაქტორი - მულჩირება	7	12400	1771	17,14	***
ნაშთი	63	6509	103,3		
ტოტალური ვარიაცია	9	18909			

, * სტატისტიკურად ძლიერ მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$), * სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ($P \leq 0,05$), ns სტატისტიკურად არამნიშვნელოვანი ($P > 0,05$)

სურათი 3. ლურჯი მოცვის ფესვების გამიკორიზიანების შესწავლა ლაბორატორიულ პირობებში



სურათი 4. „ლეგასის“ და „დიუკის“ ჯიშების ლურჯი მოცვის და ერიკოიდული მიკორიზული სოკოების (*O. maius* და *H. hepaticicola*) ურთიერთქმედების შესწავლა რიზოტრონების გამოყენებით, კონტროლირებად გარემოში



სურათი 5. სხვადასხვა მულჩის გავლენის შესწავლა „ლეგასის“ ჯიშის ლურჯი მოცვის ზრდა-განვითარებაზე

