

კაბერნე სოვინიონისა და მგალობლიშვილის ჯიშის ვაზების შემგუებლობა
საქართველოს სხვადასხვა ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებთან და მათი ფარდობითი
გვალვაგამძლეობა

თეკლე ზაკალაშვილი

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

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ლევან უჯმაჯურიძე, პროფესორი

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

თბილისი, 2025.

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."

თეკლე ზაკალაშვილი



თარიღი: 1 თებერვალი, 2025

აბსტრაქტი:

წინამდებარე ნაშრომი იკვლევს ვაზის ქართული ჯიშის მგალობლიშვილისა და ფრანგული ჯიშის, კაბერნე სოვინიონის შემგუებლობას საქართველოს სხვადასხვა ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებთან და აღნიშნული ჯიშების ფარდობით გვალვაგამძლეობას. მგალობლიშვილი, თავისი განსაკუთრებული გენეტიკური მახასიათებლის გამო, რაც გულისხმობს ჭრაქის გამომწვევი პათოგენის მიმართ მის ნაწილობრივ მედეგობას, წარმოადგენს მევენახეობისთვის მნიშვნელოვან ჯიშს. რაც შეეხება კაბერნე სოვინიონს, იგი მსოფლიოში კულტივირების კუთხით მოწინავე ადგილზეა და საქართველოშიც მაღალხარისხოვან ენოლოგიურ ნიშან-თვისებებს ამჟღავნებს. შესაბამისად, სამი წლის მანძილზე, ორივე ჯიშზე ჩატარდა სხვადასხვა ფიზიოლოგიური, ბიოქიმიური და აგრონომიული ანალიზები, კვლევის მიზნებიდან გამომდინარე.

კვლევის ფარგლებში ჯიშები შესწავლილ იქნა როგორც კახეთის, ასევე ქართლის რეგიონში. კვლევა მოიცავდა დაკვირვებას, გაზომვას და ანალიზს, ისეთი ფიზიოლოგიური პროცესებისა, როგორიცაა ფოტოსინთეზი, ტრანსპირაცია და ფლორესცენცია. კვლევის ფარგლებში შესწავლილ იქნა ფოთლის პიგმენტების დინამიკა. შემუშავდა ვაზის სხვადასხვა ჯიშის ფარდობითი გვალვაგამძლეობის წინასწარი დიაგნოსტიკის ექსპრესს მეთოდი. შესწავლილ იქნა ვაზის ფოთლებში წყლის შემცირების გზები და ვაზის ფოთლებში წყლის ფარდობითი მნიშვნელობის დინამიკის კავშირი ჯიშურ თავისებურებებთან. კვლევა დასრულდა მიკროვინიფიკაციით და მიღებული ღვინის ტექნიკური პარამეტრების შესწავლით.

მიღებულ მონაცემებზე დაყრდნობით, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ კაბერნე სოვინიონში და მგალობლიშვილში, რომლებიც გაშენებულია ქართლის რეგიონში (ს. ჯილაურა), ფოტოსინთეზის პირველადი პროცესები მაღალი ეფექტურობით მუშაობენ. მონაცემებზე დაყრდნობით, კაბერნე სოვინიონისა და მგალობლიშვილის ვაზის ჯიშებში მიმდინარე ფოტოსინთეზური პროცესების შედარებამ კახეთის რეგიონისათვის დამახასიათებელი ჯიშების - რქაწითელისა და საფერავის

ანალოგიურ ფიზიოლოგიურ მონაცემებთან, მიგვიყვანა დასკვნამდე, რომ საცდელი ჯიშები სრულადაა ადაპტირებული კახეთის რეგიონთან. ამასთანავე, კვლევამ და ჩატარებულმა ცდებმა აჩვენა, რომ ფლუორესცენციის პარამეტრები შეგვიძლია გამოვიყენოთ ფარდობითი გვალვაგამძლეობის დასადგენად. ანალიზებმა აჩვენა, რომ მაგლობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონი მცირედი ფარდობითი გვალვაგამძლეობით ჩამოუვარდება კახეთის რეგიონის ჯიშებს. თუმცა კაბერნე სოვინიონმა ამ რეგიონში უფრო მაღალი ფარდობითი გვალვაგამძლეობა აჩვენა ვიდრე მაგლობლიშვილმა. რაც შეეხება პიგმენტების ანალიზს, წყლის დეფიციტის დროს ვაზის ფოთლებში პიგმენტების სინთეზი შემცირებულია, მაგრამ ეს შემცირება არ იწვევს ფოტოსინთეზურ აპარატში სტრუქტურულ ცვლილებებს.

ჩატარებული ანალიზები და კვლევა გვჩვენებს გავიგოთ ჯიშების რეგიონალური ადაპტაცია და მათი ფიზიოლოგიური პროცესების მახასიათებლები კლიმატის ცვლილების დროს.

საძიებო სიტყვები: 1.ფიზიოლოგია 2.მაგლობლიშვილი 3.კაბერნე სოვინიონი
4.გვალვა 5.გამძლეობა

Abstract:

This study investigates the adaptation of the Georgian grapevine variety Mgaloblishvili and the French variety Cabernet Sauvignon to the diverse soil and climatic conditions of Georgia, as well as the relative drought tolerance of these varieties. Mgaloblishvili, with its unique genetic trait of partial resistance to the pathogen causing downy mildew, is a significant variety for viticulture. Cabernet Sauvignon, on the other hand, is one of the most widely cultivated grape varieties globally and demonstrates high-quality enological characteristics in Georgia. Over three years, various physiological, biochemical, and agronomic analyses were conducted on both varieties, aligned with the objectives of the study.

The study was carried out in the Kakheti and Kartli regions of Georgia. Observations, measurements, and analyses focused on key physiological processes such as photosynthesis, transpiration, and fluorescence. Additionally, the dynamics of leaf pigments were examined. A rapid diagnostic method for assessing the relative drought tolerance of different grape varieties was developed. The research explored the mechanisms of water reduction in grape leaves and the relationship between the dynamics of relative water content and varietal characteristics. Finally, the research concluded with microvinification and an analysis of the technical parameters of the resulting wines.

The findings suggest that the primary photosynthetic processes in both Cabernet Sauvignon and Mgaloblishvili, cultivated in the Kartli region (village Jighaura), exhibit high efficiency. Over two years of monitoring, a comparison of the photosynthetic processes in Cabernet Sauvignon and Mgaloblishvili with similar physiological data for Kakheti's native varieties, Rkatsiteli and Saperavi, confirmed that the test varieties are fully adapted to the Kakheti region. Furthermore, the experiments demonstrated that fluorescence parameters can serve as reliable indicators for assessing relative drought tolerance. While Mgaloblishvili and Cabernet Sauvignon exhibited slightly lower drought tolerance than the native Kakheti varieties, Cabernet Sauvignon outperformed Mgaloblishvili in this regard. Regarding

pigment analysis, water deficit conditions reduced pigment synthesis in grapevine leaves, though this reduction did not result in structural changes in the photosynthetic apparatus.

The conducted analyses and findings contribute to a better understanding of the regional adaptation of grape varieties and the characteristics of their physiological processes in the context of climate change.

Keywords: 1.physiology 2.Mgaloblishvili 3.Cabernet Sauvignon 4. Drought 5.resistance

მადლობა:

მსურს ჩემი გულითადი მადლობა გადავუხადო ყველა იმ ადამიანს, რომელსაც მცირე თუ დიდი წვლილი მიუძღვის აღნიშნული კვლევის შესრულებაში. მათ პირდაპირი ან ირიბი გავლენა ჰქონდათ დისერტაციის მსვლელობაზე, რისთვისაც მადლიერი ვარ. განსაკუთრებული მადლობა მინდა გადავუხადო ჩემს ხელმძღვანელს, ბატონ ლევან უჯმაჯურიძეს, რომელიც მუდმივად მიკვალავდა გზას რთული პროცესის მანძილზე, მიზიარებდა ცოდნას, მენდობოდა და მისმენდა- მევენახეს ენაზე რომ ვთქვა, ყოვლეთვის იყო ჩემთვის საყრდენი, რისთვისაც მუდმივად მადლიერი ვიქნები.

მინდა განსაკუთრებული მადლობა გადავუხადო ბატონ თემურ ორთოიძეს, რომელიც მითმობდა თავისუფალ დროს, მიზიარებდა თავის ცოდნას, მაძლევდა რჩევა-დარიგებას არამხოლოდ კვლევითი, არამედ ცხოვრებისეული მიმართულებით და მახსენებდა, რომ სირთულეებს არ შევშინებოდი. ბატონი თემური მაგალითია ჩემთვის, როგორ უნდა მოვექცე სხვა ადამიანებს და ვეცდები, მცირედი მაინც ვისწავლო მისგან. მსურს მადლობა გადავუხადო ასევე ფიზიოლოგიის სამსახურის გუნდს, განსაკუთრებით კი თათული წენგუაშვილს, რომელიც მეხმარებოდა საკვლევ ასპექტში, ჩემთან ერთად ითმენდა სიცხეს და სიცივეს, რომლის გარეშეც ამ კვლევის შესრულება ძალიან რთული იქნებოდა. ასევე მინდა მადლობა გადავუხადო საქართველოს აგრარულ უნივერსიტეტს, რომელიც ჩემი სახლია 2013 წლიდან. ასევე სადოქტორო სკოლის ლექტორებს, დეკანს- ქალბატონ ნატო კობახიძეს დაუღალავი შრომისთვის და მხარდაჭერისთვის, საუნივერსიტეტო კომისიას, მის წევრებს, რომლებიც მუდმივად მიზიარებდნენ თავიანთ აზრს დისერტაციაზე, მაძლევდნენ მიმართულებას, ისმენდნენ ჩემს პრეზენტაციას და მეხმარებოდნენ შეცდომების აღმოჩენაში. დიდი მადლობა ქალბატონ თეო ურუშაძეს პრეზენტაციის სწორი მიმართულების მიცემისთვის და არამარტო. განსაკუთრებული მადლობა ქალბატონ ია ფიფიას, რომლის კომენტარებიც და მხარდაეჭრაც მუდმივად მაძლევდა იმედს. სწორედ აღნიშნული ადამიანების დახმარებით გახდა შესაძლებელი კვლევის დასრულება. ასევე მსურს გულითადი მადლობა გადავუხადო ყველა იმ ადამიანს, რომელიც შემხვდა საუნივერსიტეტო ცხოვრებაში და მასწავლა ჩემი პროფესიის სიყვარული. განსაკუთრებული მადლობა მინდა გადავუხადო ბატონ დავით ჩიჩუას, რომელიც

2013 წლიდან მიზიარებს ცოდნას და ყოველთვის მამლევს იმის მაგალითს, როგორი უნდა იყოს პროფესიონალი და კარგი ადამიანი. ასევე მინდა მადლობა გადავუხადო ქალბატონ ლალი მოსიაშვილს და ბატონ ვაჟა გოცირიძეს იმ სამყაროში, რომლებიც მუდმივად იყვნენ ჩემი მხარდამჭერნი. მათ მიერ ჩემში ჩადებული ამაგი და ზრუნვა შეუფასებელია, რამაც კვალი ისე დატოვა ჩემზე, რომ ვცდილობ, სხვა ადამიანებსაც მცირედით მაინც მსგავსად მოვექცე.

მინდა მადლობა გადავუხადო მიხეილ მხეიძეს და კახა ქანდაურიშვილს ქინძმარაულის მარნიდან. მათ უფლება მომცეს შემესწავლა მგალობლიშვილის ჯიში, რომელიც კოლექციაშია გაშენებული, ასევე ყოველთვის მედგნენ გვერდით, როდესაც ეს მჭირდებოდა. აქვე მსურს მადლობა გადავუხადო ანა მაისურაძეს, რომელმაც საშუალება მომცა ლოპოტას ტერიტორიაზე არსებული ვაზი შემესწავლა.

მნიშვნელოვანია აღვნიშნო შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერა სადოქტორო გრანტის სახით (PHDF-22-4165), რომლის გარეშეც შეუძლებელი იქნებოდა ნაშრომის შესრულება. მინდა ასევე მადლობა გადავუხადო იმ ორგანიზაციებს (განათლების საერთაშორისო ცენტრი, საქართველოს ფრანგულ ინსტიტუტს და სხვ.), რომლებმაც საშუალება მომცეს კვლევის მანძილზე ცოდნა ესპანეთის, გერმანიისა თუ საფრანგეთის წამყვან ინსტიტუტებში ამემალეებინა. განსაკუთრებული მადლობა მინდა გადავუხადო ფრანგ მეცნიერებს, რომლებიც მიზიარებდნენ ცოდნას ვაზის ფიზიოლოგიასთან დაკავშირებით- რობერტო ბაჩილიერს, რომელმაც მომცა კვლევის მოტივაცია, კორალი დევასმეს და გილერმე მარტინს მათი სიკეთისთვის.

ასევე მინდა მადლობა გადავუხადო ჩემს ჯგუფელებს, მოტივაციისთვის, ჩემს მეგობრებს, იმისთვის რომ მაინც მემეგობრებიან, მიუხედავად იმისა, რომ დრო მცირე მქონდა, ჩემს კოლეგებს მუდმივი მხარდაჭერისთვის. ასევე დიდი მადლობა მინდა გადავუხადო ჩემს ოჯახს (მათ შორის შინაურ ცხოველებს) ყოველთვის გვერდში დგომისთვის და ჩემს მიერ გადატანილი სიხარულისა თუ სევდის გაზიარებისთვის, დარწმუნებისთვის, რომ ყველაფერს შევძლებ. მადლობა პაპაჩემს, რომ მისი სიტყვები: „თეთნულდი, შენ მაგარი გოგო ხარ“ მუდმივად მეხმარებოდა რთულ დროს.

დიდი მადლობა მსურს გადავუხადო იმ ადამიანებს, რომელიც ამ სამი წლის მანძილზე ცხოვრებაში შემხვდნენ და დამარწმუნეს, რომ ჩემ მიერ არჩეული გზა

ღირებულია- „I just wanted you to know there will be a piece of you in me always, and I'm

grateful for that. Whatever someone you become, and wherever you are in the world, I'm sending you love“

ასევე დიდი მადლობა მინდა გადავუხადო ნიკოლოზ ბარათაშვილს, რომლის სიტყვებიც ყოველდღე მახსენდება და რეზისტენტობას მმატებს სევდიან დროს:

„ცუდად ხომ მაინც არ ჩაივლის ეს განწირულის სულის კვეთება,
და გზა უვალი, შენგან თელილი, მერანო ჩემო, მაინც დარჩება;
და ჩემს შემდგომად მოძმესა ჩემსა სიძნელე გზისა გაუადვილდეს, და
შეუპოვრად მას ჰუნე თვისი შავის ბედის წინ გამოუქროლდეს!“

ძალიან დიდი მადლობა მსურს გადავუხადო ჩემს სტუდენტებს, რომლებიც ძირითად მოტივაციას წარმოადგენდნენ ამ ნაშრომის შესრულებაში. მათ რთული დღეებისგან ძალიან ბევრჯერ გადამარჩინეს, რისთვისაც მუდმივად მადლიერი ვიქნები- “Everyone you meet is fighting a battle you know nothing about, be kind always”

და ბოლოს, ყველაზე დიდი მადლობა მინდა გადავუხადო ჩემს ქვეყანას, საქართველოს, რომელიც არც კი ვიცოდი, ასე ძალიან თუ მიყვარდა.

“per aspera ad astra”

სარჩევი:

დეკლარაცია	ii
აბსტრაქტი	iii
მადლობა.....	vii
სარჩევი	X
ცხრილების სია	xii
გრაფიკების სია	xiv
ფიგურების სია.....	xv
აბრევიატურა.....	xvi
1.შესავალი.....	2
1.1 ტაქსონომია და ანატომია - ბოტანიკური კლასიფიკაცია და გეოგრაფიული გავრცელება	2
1.2 ვაზის განვითარება	2
2.ლიტერატურული მიმოხილვა	4
2.1 კლიმატური ფაქტორების ექსტრემალური ცვლილება და გავლენა მევენახეობაზე.....	4
2.1.1 კლიმატის ცვლილება ღვინის ხარისხზე.....	4
2.1.2 კლიმატის ცვლილების ეფექტი პროდუქტის შედგენილობაზე	5
2.1.3 სინათლე და მზის მაღალი რადიაცია	8
2.1.4 ტემპერატურა და ექსტრემუმი	9
2.1.5 წყლის რაოდენობა	9
2.1.6 ანთროპოგენური ფაქტორები და ვენახის მენეჯმენტი.....	10
2.1.7 ნიადაგი.....	11
2.2 ვაზის ფიზიოლოგია და მორფოლოგია.....	13
2.2.1 ვაზში მიმდინარე ფიზიოლოგიური და მორფოლოგიური პროცესები	13
2.2.2 ემბოლიზმი და კავიტაცია	19
2.3 ვაზში მიმდინარე ფიზიოლოგიური პროცესები	21
2.3.1 ფოტოსინთეზი	21
2.3.2 უჯრედული სუნთქვა.....	25
2.4 ვენახში მიმდინარე აგროტექნიკური ღონისძიებები	26
2.4.1 საძირეები.....	27
2.4.2 ვაზის გენეტიკური მახასიათებლები.....	31
3.მეთოდოლოგია	33
3.1 მთავარი ამოცანები	33
3.2 კვლევის ობიექტი - საკვლევი ჯიშების შერჩევა.....	34
3.3 ექსპერიმენტის სქემა.....	38

3.4 კვლევაში გამოყენებული დანადგარები და პროცედურა	39
3.4.1 GFS 3000 და გამოყენების მეთოდოლოგია	39
3.4.2 PAM ფლუორომეტრი 2100 და გამოყენების მეთოდოლოგია	48
3.4.3 პიგმენტების განსაზღვრის მეთოდი	52
3.4.4 წყლის ფარდობითი შემცველობა და მშრალი ნივთიერებების მეთოდი.....	54
3.4.5 მიკროვინიფიკაცია.....	55
3.4.6 ანტოციანების განსაზღვრა.....	56
3.4.7 ტიტრული მჟავიანობა (TA) დვინოში	57
3.4.8 ალკოჰოლის შემცველობა	58
3.4.9 ნარჩენი შაქარი	58
3.4.10 Folin-Ciocalteu-ს მეთოდი სრული ფენოლების გასაზომად.....	58
3.4.11 სტატისტიკური ანალიზი და მონაცემთა ვიზუალიზაცია	59
4. შედეგები და მათი განხილვა.....	61
4.1 ვაზის ჯიშების ფიზიოლოგიური პროცესების ფუნქციონირება ქართლის რეგიონში	61
4.1.1 ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის ინტენსივობა	61
4.1.2 ფლუორესცენციის პარამეტრები.....	67
4.1.3 ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის დღიური დინამიკა	69
4.1.4 მაგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ვაზის ფოთლებში პიგმენტების (ქლოროფილი ა და ბ; კაროტინოიდები) შემცველობის წლიური დინამიკა	70
4.2 ვაზის ჯიშების ფიზიოლოგიური პროცესების ფუნქციონირება კახეთის რეგიონში	77
4.3 ვაზის ფარდობითი გვალვაგამძლეობის ექსპრეს მეთოდი	81
4.3.1 ფოთლებში წყლის შემცირების გზები.....	82
4.3.2 ფოთლებში წყლის ფარდობითი მნიშვნელობის დინამიკა	84
4.3.3 ფლუორესცენციის პარამეტრების დამოკიდებულება წყლის შემცველობაზე	85
4.4 ჯიშების ფარდობითი გვალვაგამძლეობა	92
4.4.1 ქართლის რეგიონში.....	92
4.4.2 კახეთის რეგიონში	97
4.4.3 მოდელურ პირობებში	101

4.4.4 მიკროვინიფიკაციის შედეგები.....	115
5. დასკვნა და რეკომენდაციები.....	117
დანართი-ფოტოების ჩამონათვალი	119
ბიბლიოგრაფია	121

ცხრილები:

ცხრილი 1-ცხრილი 1: წყლის სტრესის დონე და გავლენა მცენარეზე.....	17
ცხრილი 2: მცენარის მორწყვის დონე და ბაგეების გამტარობა	18
ცხრილი 3-GFS-3000-ის მიერ გაზომილი პარამეტრები	44
ცხრილი 4-ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის ინტენსივობა ვაზის ფოთლებში.....	62
ცხრილი 5- ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის ინტენსივობა ვაზის ფოთლებში.....	68
ცხრილი 6-სხვადასხვა ჯიშის ვაზების ფოთლის ფლუორესცენციის მახასიათებლები.....	72
ცხრილი 7-სხვადასხვა ჯიშის ვაზების ფოთლის ფლუორესცენციის მახასიათებლები. ანათვლები აღებულია 29.08.2022-ში ს.ჯიდაურას საცდელ ნაკვეთზე	72
ცხრილი 8-ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის ინტენსივობები სხვადასხვა ჯიშის ვაზებისათვის.....	77
ცხრილი 9- ფლუორესცენციის პარამეტრების მნიშვნელობები სხვადასხვა ჯიშის ვაზებისათვის.....	77
ცხრილი 10- ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის ინტენსივობები სხვადასხვა ჯიშის ვაზებისათვის.....	78
ცხრილი 11- ფლუორესცენციის პარამეტრების მნიშვნელობები სხვადასხვა ჯიშის ვაზებისათვის.....	78
ცხრილი 12-მაგლობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფოტოსინთეზის ინტენსივობა და ტრანსპირაცია კახეთის რეგიონში	80
ცხრილი 13- მაგლობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფლუორესცენციის პარამეტრები კახეთის რეგიონში 2023.....	81
ცხრილი 14- ვაზის სხვადასხვა ჯიშის ფოთლებში წყლის ფარდობითი შემცველობის- RWC მნიშვნელობის დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან სხვადასხვა ჯიშისათვის ქართლის რეგიონში	92
ცხრილი 15-მონაცემთა ანალიზი.....	93
ცხრილი 16- ელექტრონული ტრანსპორტის-ETR მნიშვნელობები სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ფოთლებში ქართლის რეგიონში- ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის ინტენსივობა ვაზის ფოთლებში	95
ცხრილი 17- ვარიანტური ფლუორესცენციის-Fv მნიშვნელობები სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ფოთლებში ქართლის რეგიონში	95
ცხრილი 18- კახეთის რეგიონში გაშენებული სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ფოთლებში წყლის ფარდობითი შემცველობის-RWC დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან	97
ცხრილი 19- ელექტრონული ტრანსპორტის ინტენსივობის-ETR დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ფოთლებში, კახეთის რეგიონში.....	99

ცხრილი 20- ვარიანტული ფლუორესცენციის-Fv მნიშვნელობების დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან სხვადასხვა ჯიშის ვაზისათვის კახეთის რეგიონში	100
ცხრილი 21- ქოთანში გაშენებული მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონისათვის წყლის ფარდობითი შემცველობა-RWC.....	102
ცხრილი 22- მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფოთლებში ფლუორესცენციის პარამეტრები.....	103
ცხრილი 23. წყლის ფარდობითი შემცველობა ქოთანში გაშენებული მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონისათვის.....	104
ცხრილი 24- მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის მნიშვნელობები	105
ცხრილი 25- ქოთნებში გაშენებული მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ჯიშის ვაზის ფოთლებში ფლუორესცენციის პარამეტრები.....	105
ცხრილი 26- წყლის ფარდობითი შემცველობა ქოთანში გაშენებული მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონისათვის.....	107
ცხრილი 27- მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფოთლებში ფლუორესცენციის პარამეტრები.....	109
ცხრილი 28- მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფოთლებში წყლის ფარდობითი შემცველობა.....	110
ცხრილი 29- მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფოთლებში ფლუორესცენციის პარამეტრები.....	111
ცხრილი 30- ქოთანში გაშენებული მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონში პიგმენტების შემცველობა-გაზომვები ჩატარდა 23.08.2024 წ.	113
ცხრილი 31-მგალობლიშვილის ღვინის ანალიზის შედეგები მოსავლის წლების მიხედვით	115
ცხრილი 32- OIV-ის მიხედვით მახასიათებლების ოპტიმალური შედეგი წითელი ღვინისთვის.....	116
ცხრილი 33- შედარება მგალობლიშვილისა და პინო ნუარს შორის	116

სურათები:

სურათი 1: რთველის თარიღები Chateauneuf du Pape-ში 1945-2012 წელი	7
სურათი 2: მგალობლიშვილისა და პინო ნუარის კოლონიზაცია დროის გარკვეულ მონაკვეთში.....	35
სურათი 3- მგალობლიშვილის ვაზის რამდენიმე ამპელოგრაფიული დესკრიპტორი (ეროვნული კატალოგი)	36
სურათი 4- GFS 3000.....	40
სურათი 5-GFS 3000-ის მექანიზმი	42
სურათი 6-PAM 2100.....	49
სურათი 7-პროგრამა R-ში მუშაობის პროცესი	119
სურათი 8- კაბერნე სოვინიონის ფოთლების ფლუორესცენციული კვლევა	119
სურათი 9- ნიმუშების აწონვა.....	120
სურათი 10- PAM ფლუორომეტრის გამოყენება	120

გრაფიკები:

გრაფიკი 1- შედარება მაგალობლიშვილისა და პინო ნუარს შორის	65
გრაფიკი 2-კაბერნე სოვინიონის ფიზიოლოგიური პროცესების ცვლილება დროსთან ერთად	66
გრაფიკი 3- ჩინურის ფიზიოლოგიური პროცესების ცვლილება დროსთან ერთად.....	67
გრაფიკი 4-კორელაცია მზის სინათლით განათებულობასა და ფოტოსინთეზს შორის ჯიშ მაგალობლიშვილზე.....	69
გრაფიკი 5- ქლოროფილი A-ს ცვლილება დროში, ჯიში-ჩინური	74
გრაფიკი 6- ქლოროფილი A-ს ცვლილება დროში, მაგალობლიშვილი	74
გრაფიკი 7- ქლოროფილი A-ს ცვლილება დროში, კაბერნე.....	75
გრაფიკი 8- ქლოროფილი A-ს ცვლილება ჯიშურად	75
გრაფიკი 9-ცვლადების შედარება ჯიშებს შორის.....	75
გრაფიკი 10. ETR და Fv მნიშვნელობების დამოკიდებულება წყლის ფარდობით შემცველობასთან- RWC.....	83
გრაფიკი 11- ვაზის სხვადასხვა ჯიშის ფოთლებში წყლის ფარდობითი შემცველობის-RWC დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის დროსთან.....	85
გრაფიკი 12-მახასიათებლების დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის დროსთან.....	87
გრაფიკი 13- ჯიშების მიერ განცდილი ცვლილება დროში	94
გრაფიკი 14- ჯიშების მიხედვით, რეგრესიის ტრენდი	95
გრაფიკი 15-ვარიანტული ფლუორესცენციის-Fv მნიშვნელობების დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან სხვადასხვა ჯიშის ვაზისათვის ქართლის რეგიონში	96
გრაფიკი 16- კახეთის რეგიონში გაშენებული სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ფოთლებში წყლის ფარდობითი შემცველობის-RWC დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან	98
გრაფიკი 17-ელექტრონული ტრანსპორტის ინტენსივობის-ETR დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ფოთლებში, კახეთის რეგიონში....	99
გრაფიკი 18-ვარიანტული ფლუორესცენციის-Fv მნიშვნელობების დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან სხვადასხვა ჯიშის ვაზისათვის კახეთის რეგიონში	100
გრაფიკი 19- გრაფიკი 19- RWC-ს ცვლილება მაგალობლიშვილის საკონტროლო და საკვლე ნიმუშში, რომელსაც წყლის მიწოდება შეეწყვიტა.....	112
გრაფიკი 20- RWC-ს ცვლილება კაბერნე სოვინიონის საკონტროლო და საკვლე ნიმუშში, რომელსაც წყლის მიწოდება შეეწყვიტა	113
გრაფიკი 21- RWC-ს ცვლილება მაგალობლიშვილის და კაბერნე სოვინიონის საკვლე ნიმუშში, რომელსაც წყლის მიწოდება შეეწყვიტათ.....	113

ფიგურები:

ფიგურა 1- რქაწითელისა და ცოლიკოურის ვაზის ჯიშებში ΔETR მნიშვნელობის ცვლილების დამოკიდებულება ΔRWC შემცირებასთან (1- რქაწითელი, 2- ცოლიკოური).....91

აბრევიატურები:

ABA-Absicis acid-აბსციზის მჟავა

BAP-6-Benzylaminopurine- 6- ბენზილამინოპურინი

DNA-დნმ-დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა

ELISA-Enzyme-Linked Immunosorbent Assay-იმუნოფერმენტული ანალიზი

ETR- Electron Transport Rate-ელექტრონული ტრანსპორტის სიჩქარე

E-ტრანსპირაცია

F-Fluorescence-ფლუორესცენცია

Fm-maximum Fluorescence -მაქსიმალური ფლუორესცენცია

Fv-variable fluorescence-ვარიაბელური ფლუორესცენცია

Ga- Giberellings-გიბერელინები

GA3-Gibberellic Acid 3-გიბერელენის მჟავა

gs-stomatal conductance-ბაგეების გამტარობა

HPLC-High-Performance Liquid Chromatography-მაღალი ხარისხის თხევადი ქრომატოგრაფია

IAA-Indole-3-acetic acid-ინდოლ-3-მარმჟავა

IBA-Indole-3-butyric acid-ინდოლ-3-კარაქმჟავა

IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change- კლიმატის ცვლილების სამთავრობათშორისო ექსპერტთა ჯგუფი

Ja- Jasmonates-ჟასმონატები

NAA-Naphthaleneacetic acid-ნაფტალინმჟავა

NADP+ Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate

ნიკოტინამიდადენინდინუკლეოტიდ ფოსფატი

NPQ- non-photochemical quenching-არაფოტოქიმიური ქრომა

OIV- Internation vine and wine organization- ვაზისა და ღვინის საერთაშორისო ორგანიზაცია

PCR-Polymerase Chain Reaction-პოლიმერაზული ჯაჭვური რეაქცია

PDO- Protected Designation of Origin-დაცული ადგილწარმოშობა

PSII-photosystem II-ფოტოსისტემა II

PSI-photosystem I-ფოტოსისტემა I

P-turgor-ტურგორი

qN-quantum Yield of Non-Photochemical Quenching-კვანტური სარგებელი არაფოტოქიმიური ქრომის

qP-photochemical quenching-ფოტოქიმიური ქრომა

rh-hydraulic resistance-ჰიდრაულიკური რეზისტენტობა

ROS- Reactive oxygen-რეაქტიული ჟანგბადი

Representative Concentration Pathways-კონცენტრაცია

RWC-Relative water content-წყლის ფარდობითი შემცველობა

SAR-Systemic Acquired Resistance-სისტემურად შეძენილი რეზისტენტობა

STS-Stilbensynthase-სტილბენსინთაზა

Tcuv, Ttop and Tamb- კიუვეტის და გარემოს ტემპერატურა

UPOV- International Union for the Protection of New Varieties of Plants- მცენარეთა ახალი ჯიშების დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაცია

UVB- Ultraviolet B-ულტრაიისფერი B

UV-Ultraviolet light-ულტრაიისფერი სინათლე

VSP-vertical shoot positioning-ყლორტის ვერტიკალურად განლაგება

Y(II)-Effective Quantum Yield of Photosystem II- ეფექტური კვანტური სარგებელი
ფოტოსისტემა II-ში

Ψ_{II} -ოსმოსური პოტენციალი

1. შესავალი

1.1 ტაქსონომია და ანატომია-ბოტანიკური კლასიფიკაცია და გეოგრაფიული გავრცელება.

ვაზს (*Vitis vinifera* ssp. *sativa*) მნიშვნელოვანი კულტურული, ეკოლოგიური თუ ეკონომიკური მნიშვნელობა აქვს მსოფლიოსთვის (Keller, 2015). მისი კულტივაციის კუთხით ქვეყნები იყოფიან ორ ნაწილად: ძველი და ახალი მსოფლიოს მევენახეობის რეგიონებად (Anderson, 2024). საქართველო, როგორც ვაზისა და ღვინის სამშობლო (McGovern, 2007), ძველი მსოფლიოს ნაწილია. 2023 წლის მონაცემებით, რომელსაც ვაზისა და ღვინის საერთაშორისო ორგანიზაცია (OIV) აქვეყნებს, ცნობილია, რომ სავენახე ფართობი მსოფლიოში 7.3 მლნ ჰა-ს წარმოადგენს, საიდანაც ესპანეთს ყველაზე დიდი ფართობი უკავია. რაც შეეხება ღვინის წარმოებას, 2023 წელს დაახლოებით 244 მლნ ჰექტოლიტრით განისაზღვრა, რომელიც 2022 წელთან შედარებით შემცირებულია 7%-ით. აღნიშნული გამოწვეულია როგორც კლიმატის ცვლილებითა და მისი ექსტრემალური გამოხატულებით, ასევე აღნიშნულის შედეგად სოკოვანი დაავადებების და მათი ზიანის ზრდის გამოც (OIV, 2023).

გვარი ვიტისი მიეკუთვნება Vitaceae-ს ოჯახს, სადაც წარმოდგენილია ვაზის 60 სახეობა, საიდანაც ერთ-ერთი არის *Vitis vinifera* L (Hardie, 2000). ვაზი მრავალწლოვანი, ლიანასებრი მცენარეა, რომელიც ძირითადად ზომიერი კლიმატის მოყვარულია. ველური ვაზის (*Vitis vinifera* ssp. *sylvestris*) დომესტიკაციის შედეგად წარმოიშვა კულტურული ვაზი, რომელიც ერთ-ერთი პირველი კულტურაა, რომელიც ადამიანმა „გააკულტურა“ (Zohary and Hopf, 2000). კვლევის მიხედვით, რომელშიც 3525 კულტურული და ველური ვაზის ნიმუში იყო ჩართული მთელი მსოფლიოდან, ცნობილი ხდება, რომ დომესტიკაცია 11000 წლის წინ მოხდა როგორც დასავლეთ აზიაში, ასევე კავკასიის რეგიონში, რამაც დაამტკიცა ვაზის დუალური დომესტიკაციის თეორია (Dong et al., 2023). საქართველოში ჩატარებულმა მრავალმა კვლევამ კი (Maghradze et al., 2019)რამდენჯერმე დაამტკიცა, რომ ის მეღვინეობის სამშობლოა და აქვს მეღვინეობის 8000 წლიანი უწყვეტი ტრადიცია. დღეს *Vitis vinifera*-ს 10000 ზე მეტი ჯიშია ცნობილი, საიდანაც დაახლოებით 1300 გამოიყენება კომერციულად. აღსანიშნავია ისიც, რომ ზოგიერთ მკვლევარზე დაყრდნობით, დნმ-

ის შესწავლის შედეგად შესაძლებელია ეს რიცხვი 5000-მდე დავიდეს (Keller 2020). ეს გამოწვეულია იმით, რომ ხშირად ვაზის ერთი ჯიში სხვადასხვა რეგიონსა თუ ქვეყანაში განსხვავებული სახელით, სინონიმით მოიხსენიება, აღსანიშნავია ჰომონიმების შემთხვევაც. საბოლოოდ კი, ჯიშების სიმრავლე გამოწვეულია ათასწლოვანი სელექციის შედეგად, რასაც საფუძვლად სხვადასხვა ტიპის მუტაცია უდევს, რომელსაც მოჰყვა ვეგეტატიური გამრავლება და ჯიშური სიწმინდის კონსერვაცია (Zhou, Muyle and Gau, 2019). საქართველო, როგორც აღინიშნა მევენახეობა-მელვინეობის ერთ-ერთი უძველესი კერაა, რასაც ვაზის ჯიშების გენეტიკური კვლევაც მოწმობს. ამპელოგრაფიულ მონაცემებზე დაყრდნობით კი ვაზის ადგილობრივი ჯიშების რაოდენობა 525-ს უტოლდება (Ketskhoveli, Ramishvili, და Tabidze, 1960) რაც ბიომრავალფეროვნების კუთხით მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია. გენეტიკური მრავალფეროვნება და რეგიონების თავისებურება განსაზღვრავს მიკროზონების (PDO) რაოდენობასაც, რაც დღეს საქართველოში, საქპატენტის მონაცემების მიხედვით 29-ს წარმოადგენს (National Wine Agency of Georgia, 2024).

1.2 ვაზის განვითარება

ვაზის განვითარება შედგება ორი ძირითადი-ვეგეტატიური და რეპროდუქციული ფაზისგან (Conde et al., 2007). ვაზის სეზონური ზრდა და ფენოლოგიური ფაზების მიხედვით განვითარება დამოკიდებულია დღის ხანგრძლივობასა და ტემპერატურაზე, სადაც გამოიყოფა ვაზის აქტიური და მოსვენების პერიოდი. გაზაფხულზე, მიძინების პერიოდიდან გამოსვლა ქსილემში არსებული სითხის მოძრაობით გააქტიურდება, რომლის გადაადგილებაც ფესვებში არსებული, ვეგეტაციისთვის საჭირო ტემპერატურის დაგროვებით იწყება. ამას კი მოყვება ვაზის ძირითადი ფენოფაზების წარმართვა, რაც მოიცავს კვირტის დაბერვას, გაშლას და სხვ. (Kuhn et al., 2014). თითოეული ფენოფაზის დროს ვაზში სხვადასხვა პროცესი მიმდინარეობს, რაც გამოხატულია უჯრედების დაყოფით, გამრავლებით, ელონგაციით, სხვადასხვა ჰორმონის, არომატული ნაერთისა თუ ნივთიერებების წარმოქმნით. თითოეული ფაზა განსხვავებული ხანგრძლივობისაა (Coombe 1960). ვაზი ფენოფაზების მიხედვით განსხვავებულ სენსიტიურობას ან მედეგობას

ამჟღავნებს სხვადასხვა ბიოტური თუ აბიოტური ფაქტორების მიმართ (Lebon et al., 2008) (Coombe, 1995). აბიოტური ფაქტორებიდან აღსანიშნავია კლიმატის ცვლილების შედეგად გახშირებული ექსტრემუმი, რაც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ვაზის ფენოლოგიასა და განვითარებაზე.

2. ლიტერატურული მიმოხილვა

2.1 კლიმატური ფაქტორების ექსტრემალური ცვლილება და გავლენა მევენახეობაზე;

2.1.1 კლიმატის ცვლილება:

კლიმატის ცვლილებას მევენახეობაზე მნიშვნელოვანი გავლენა აქვს, რაც აისახება მცენარის ფიზიოლოგიაზე, ვენახში მიმდინარე აგრონომიულ პრაქტიკებსა თუ საბოლოო პროდუქტის ენოლოგიურ და ქიმიურ მახასიათებლებზე (Buchanan, Gruissem, and Jones, 2015). ჯერ კიდევ მე-19 საუკუნის ბოლოს პირველად გამოიცა სტატია, რომელიც საუბრობდა კლიმატის ცვლილებაზე და ნახშირორჟანგის გავლენაზე, რაც საბოლოოდ $+0.3^{\circ}\text{C}$ -ით გაზრდიდა გლობალურად გარემოს ტემპერატურას (Anderson et al., 2016). კლიმატის ცვლილება მოიცავს ისეთ ცვლილებებს, როგორიცაა ჰაერის ტემპერატურის მატება, მოსული ნალექის რაოდენობის ცვლილება, ატმოსფერული ნახშირორჟანგის გაზრდა და სხვ. აღსანიშნავია, რომ სათბურის გაზების ემისია მკვეთრად გაიზარდა ბოლო წლებში და პიკს 2000-2010 წლებში მიაღწია (Prentice et al., 2001). თავად ატმოსფერული აირის შედგენილობა კი ანთროპოგენური ფაქტორის გავლენით, ინდუსტრიული რევოლუციის შემდგომ მკვეთრად შეცვლილი. ვინაიდან სათბურის გაზები, განსაკუთრებით მეთანი (CH_4) აზოტის ოქსიდი (N_2O) და ნახშირბადის დიოქსიდი (CO_2) უდიდეს გამოწვევას წარმოადგენს გარემოსთვის და მათი გავლენაც დრამატულია ბუნებაზე, შეიქმნა კლიმატის ცვლილების სამთავრობათშორისო ექსპერტთა ჯგუფი, 1988 წელს (Armstrong McKay et al., 2022). ჯგუფის მთავარი მიზანი ადამიანთა ზეგავლენით მომხდარი კლიმატის ცვლილების რისკის შესწავლაა. შედეგად პანელმა შეიმუშავა კლიმატის ცვლილების რამდენიმე სცენარი. აღნიშნული განიხილავს კლიმატის ცვლილების რამდენიმე ვერსიას. IPCC-ს რეპორტში, რომელიც 2013 წელს გამოიცა საუბარია იმაზე, რომ 21-ე საუკუნის ბოლოს, გლობალური საშუალო ტემპერატურა გაიზრდება 1.0°C -დან 3.7°C -მდე. ამ შემთხვევაში მინიმუმი და მაქსიმუმი შერჩეულია იმ სცენარზე დაყრდნობით, რომელსაც მოიხსენიებენ შედარებით ოპტიმისტურად, იმ სცენარამდე, რომელიც შედარებით უფრო პესიმისტურია, შესაბამისად-RCP 2.6-RCP 8.5-მდე (IPCC 2013).

რაც შეეხება წყლის ნაკლებობის ნაწილს, არსებული სცენარის მიხედვით, ნალექის მოსვლის რეჟიმი შეიცვლება, რაც თავის მხრივ აისახება წვიმის ინტენსივობასა და სიხშირეზე. მიუხედავად ამისა, ეს არ იქნება ყველა რეგიონისთვის მსგავსი. ზოგიერთ რეგიონში მოიმატებს გვალვა, ხოლო საპირისპიროდ, ზოგიერთ რეგიონში წყალდიდობები გახშირდება. მიუხედავად ამისა, წყლის დეფიციტის გავლენა მცენარეებზე გაიზრდება, რადგან თუნდაც ლოკალურად არ შემცირდეს ნალექი, გაზრდილი ტემპერატურისა და მომატებული ევაპოტრანსპირაციის წინაშე მცენარე კვლავ მოწყვლადია. კვლევაზე (van Leeuwen et al., 2008) დაყრდნობით, ტემპერატურა და წყლის ნაკლებობა გადამწყვეტ როლს თამაშობს მცენარის ფენოლოგიური განვითარების ცვლილებაში. შესაბამისად კლიმატის ცვლილება და მომატებული ტემპერატურა გარემოში ცვლის მარცვლის მომწიფების, შაქრების რაოდენობას, მჟავების თუ სხვა მნიშვნელოვანი ნივთიერებების აკუმულაციის უნარსა და სიჩქარეს, მარცვლის განვითარების დინამიკას და საბოლოოდ გავლენას ახდენს ღვინის ხარისხზე (Arrizabalaga-Arriazu et al., 2020).

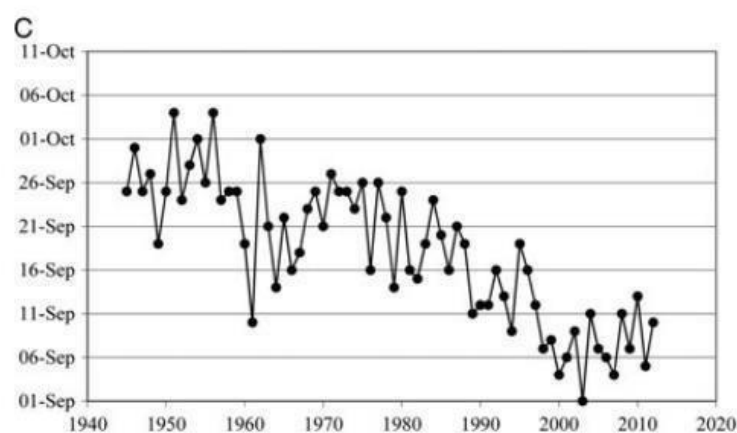
2.1.2 კლიმატის ცვლილების ეფექტი პროდუქტის შედგენილობაზე:

მარცვლის შედგენილობაზე გავლენა მრავალ ფაქტორს აქვს, რომელიც შეიძლება იყოს ენდოგენური ან ეგზოგენური. გარდა ამისა, ეს ფაქტორები, წარმოშობის ბუნების მიხედვით შეიძლება იყოს აბიოტური ან ბიოტური წარმომავლობის (Keller, 2015). (Martínez-Lüscher, et al., 2016). ხმელთაშუაზღვის რეგიონი, სადაც თავმოყრილია ძველი მსოფლიოს მევენახეობის რეგიონები, ძლიერ სტრესს განიცდის კლიმატის ცვლილებისგან და მისი თანმდევი აბიოტური პროცესებისგან. კვლევებზე დაყრდნობით ტემპერატურა 3°C to 5.8°C -მდეა გაზრდილი და ასევე შემცირებულია ნალექიც, რაც თავის მხრივ გრძელვადიანი გვალვის წინაპირობაა. აღსანიშნავია ისიც, რომ ხშირი გვალვის გარდა, მომატებულია თბური ტალღების ინტენსივობაც (Masson-Delmotte et al., 2021). გარემოში გაზრდილ ტემპერატურას გადამწყვეტი გავლენა აქვს ვაზის ფენოლოგიის, ვეგეტატიური და რეპროდუქციული ციკლების ცვლილებაზე. მრავალი ისტორიული ჩანაწერი, რომელიც მარნებსა და შატოებს, სხვადასხვა ქვეყნებში აქვთ შენახული, მოწმობს, რომ რთველის თარიღი უფრო დაუფრო ადრე დგება (Martínez-Lüscher et al. 2016). ამას ემატება ისიც, რომ იცვლება ვაზის სიმწიფის ფიზიოლოგიური მახასიათებლები. მაგალითად, ხშირად ხდება ორგანული მჟავების

დეგრადაცია, რაც ზოგიერთი ღვინის ტიპისთვის პრობლემას წარმოადგენს. გარდა ამისა, შაქრის რაოდენობაც იმატებს, ხოლო მცირდება ანტოციანები, რაც წითელი ღვინისთვის მთავარ პიგმენტს წარმოადგენს ფერის განსაზღვრაში. (Martínez-Lüscher et al., 2014). აღსანიშნავია ნახშირორჟანგის მაღალი დონეც, რის შედეგადაც ნახშირბადის, ფიქსაცია გაზრდილია ვაზის მიერ, რაც თავის მხრივ მცენარის მწვანე ნაწილების ინტენსიურ ზრდას იწვევს. უკანასკნელი გავლენას ახდენს ბალანსზე, რომელიც მყარდება ვაზის ვეგეტაციურ და რეპროდუქციულ ნაწილებს შორის. ეს საბოლოოდ ღვინის ხარისხზე და მოსავლის უკონტროლო რაოდენობაზე აისახება (Mauney et al., 1994). აქვე მნიშვნელოვანია წყლის სიმცირის გავლენაც ფენოფაზებზე. ვაზს, ფენოლოგიური განვითარების ფაზების მიხედვით, სხვადასხვა მოთხოვნა აქვს წყლის მიმართ. მაშინ როდესაც, წყლის სტრესი დგება შეთვალეზამდე ამას განსაკუთრებული ეფექტი აქვს შაქრების აკუმულაციაზე. თავის მხრივ გვალვა ამცირებს ნახშირბადის ასიმილაციას, რის შედეგადაც მარცვლის გამონასკვა არაა ოპტიმალური და მისი ზომაც საკმაოდ პატარაა. იმის გამო, რომ მარცვალი შეიცავს ნაკლები რაოდენობის წყალს, ირღვევა შაქარ-მჟავას ბალანსი, რაც ერთ-ერთი მთავარი კომპონენტია ყურძნის ორგანოლექტივისთვის. შაქრები მეტად კონცენტრირებულია, მჟავები კი მცირე რაოდენობით არიან წარმოდგენილნი. ვინაიდან, ყურძენი მრავალ ქიმიურ კომპონენტს შეიცავს სცენარიც განსხვავებულად ვითარდება სხვადასხვა სტრესის შემთხვევაში (Moutinho-Pereira et al, 2005). სწორედ ამიტომ, კლიმატის ცვლილების გავლენაც მრავალფეროვანია, და მოიცავს არამხოლოდ მარცვლისა და მომავალი ღვინის ქიმიური კომპონენტების ცვლილებას, არამედ უარყოფით გავლენას მარცვალზე არსებული მიკრობიოტის, კერძოდ კი საფუვრების წინააღმდეგ, რომელიც ტკბილის ოპტიმალურ ფერმენტაციას განსაზღვრავს. აღსანიშნავია ისიც, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში წყლის სტრესს შეუძლია ფერის, არომატისა და სხვა ორგანოლექტიკური მახასიათებლების პოზიტიურად შეცვლა, რაც ძირითადად გამოწვეულია ნივთიერებების კონცენტრირების ხარჯზე. ასევე ითვლება, რომ მომატებული ფენოლური ნაერთები, რომლებიც ზოგიერთ შემთხვევაში სტრესის წინააღმდეგ წარმოიქმნება წითელ ღვინოს კომპლექსურობას მატებს. მიუხედავად ამისა, გრძელ პერიოდში გვალვას უდიდესი გავლენა აქვს მცენარის მეტაბოლიზმზე, რაც გამოიხატება ფოტოსინთეზის

მექანიზმის ცვლილებით (Flexas et al., 2004), რომელიც თავის მხრივ მცენარის მიერ შემცირებული ტრანსპირაციის (რათა წყლის კონსერვაცია მოახდინოს) შედეგია. გარდა ამისა, ფოთლის ანალიზი აჩვენებს, რომ იცვლება მეტაბოლიტების რაოდენობა ფოთოლში და იმატებს სტრეს მარკერები, როგორიცაა წყალბადის ზეჟანგი თუ პროლინა (Ju et al, 2018). პროლინის მთავარი ფუნქციაა შეამციროს ROS-ის ეფექტი, ასევე სამარაგოდ გარდაქმნას ნახშირბადისა და აზოტის რაოდენობა სტრესში მყოფ მცენარეებში. წყლის სტრესის დროს, მცენარეები ასინთეზირებენ ოსმოლიტებს, რათა დააბალანსონ ჰომეოსტაზი. პროლინის თუ ზეჟანგის აკუმულაცია წარმოადგენს ძირითად ფიზიოლოგიურ მექანიზმს სტრესის წინააღმდეგ (Liu and Wang, 2020). ცალკე უნდა აღინიშნოს კლიმატის ცვლილების გავლენა რთველსა და მის თარიღზე, რაც ზოგიერთი აპელაციისა თუ მიკროზონისთვის, გადამწყვეტი ფაქტორია. წყლის სტრესს და მომატებულ ტემპერატურას ბორდოს შემთხვევაში სავარაუდოდ 15 დღით წინსწრება ექნება რთველის ისტორიულ თარიღთან 2050 წლამდე. კვლევის (van Leeuwen and Darriet, 2016) მიხედვით კი 21-ე საუკუნის ბოლოს რთველის პერიოდი 30 დღით ადრე დადგება. რთველის თარიღი სხვადასხვა ადგილწარმოშობის დასახელების ღვინოებისთვის გადამწყვეტი ფაქტორია და კანონით არის განსაზღვრული. კლიმატის ცვლილება კი ამ თარიღებს ცვლის. შემდეგ კარგად ჩანს, თუ როგორ შეიცვალა რთველის თარიღები Chateauneuf du Pape-ს შემთხვევაში 1945 წლიდან 2012 წლამდე (Mira de Orduña, 2010).

Harvest Dates in Châteauneuf du Pape from 1945 to 2012



Source: ONERC, 2014.

სურათი 1: რთველის თარიღები Chateauneuf du Pape-ში 1945-2012 წელი.

სწორედ ხსენებული ფაქტორების გამო, კლიმატის ცვლილება მთავარ გამოწვევას წარმოადგენს დღევანდელი მევენახეობისთვის. OIV-ი სამოქმედო გეგმასა და რეზოლუციაში (641-2020) ხაზს უსვამს მდგრადი მევენახეობის მნიშვნელობას, ეკო-მეგობრული ჯიშების მოძიებას და კლიმატის ცვლილებასთან ბრძოლის აუცილებლობას. (International Organisation of Vine and Wine, 2020).

ასევე აღსანიშნავია რამდენიმე ფაქტორი, რომელსაც მარცვლის შედგენილობის გარდაქმნა აქტიურად შეუძლია (Lecourieux, et al., 2017).

2.1.3 სინათლე და მზის მაღალი რადიაცია

სინათლეს, როგორც ფოტოსინთეზის მთავარ კომპონენტს გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს მცენარის განვითარებაში. ვაზის შემთხვევაზე არაა გამონაკლისი. სინათლე ქმნის მცენარის მიკროკლიმატს (Kizildeniz, et al., 2015). სინათლის აღქმის და მცენარის მიერ ათვისების ინტენსივობა შეიძლება დარეგულირდეს აგრონომიული პრაქტიკებითაც, რომლის მაგალითია ყლორტების შეთხელება, მწვანე მასის მენეჯმენტი და რქების ოპტიმალური განლაგება სივრცეში. რაც შეეხება დაჩრდილვას, მისი მომატება ამცირებს სინათლის და ტემპერატურის ინტენსივობას, ტრანსპირაციას და წყლის დაკარგვას მარცვლებიდან (van Leeuwen, and Darriet, 2016). დაჩრდილვა ასევე ამცირებს ფოტოსინთეზის ინტენსივობას, რაც თავის მხრივ ამცირებს შაქრების ექსპორტს მარცვლამდე, ეს კი საბოლოოდ მარცვლის ზრდაზე აისახება. (Rojas-Lara and Morrison). მნიშვნელოვანია დაჩრდილვის პერიოდიც, თუ ის მოხდა მარცვლის განვითარების დასაწყისში, მარცვლის ზრდა შემცირებულია. აღსანიშნავია, რომ როდესაც მარცვალი დაჩრდილვის მდგომარეობიდან პირდაპირ მზით განათებულ მდგომარეობაში გადადის, ის მოწყვლადი ხდება მზის სხივების მიმართ, განსაკუთრებით მაშინ, თუ ტემპერატურაც მაღალია. ამ დროს მზის დამწვრობის და არუჯვის ეფექტი იზრდება (Hewitt, et al., 2023). სწორედ ამიტომ, მწვანე მასის მენეჯმენტი დროულად უნდა ჩატარდეს, რათა მარცვალმა ოპტიმალურად შეძლოს განვითარება. აქვე აღსანიშნავია სინათლის და მზის გავლენის ირიბი ეფექტი ღვინის ხარისხზე. როგორც ცნობილია Newsham et al., 1997-ზე დაყრდნობით, საფუარი მოწყვლადია ულტრააისფერი B სხივების მიმართ. შესაბამისად გარემო ფაქტორებს, მათ შორის სინათლეს და მის ინტენსივობას გავლენა აქვს საფუვრის და ზოგადად მარცვლის მიკროფლორის შემადგენლობაზე (Pilard et al. 2021).

2.1.4 ტემპერატურა და ექსტრემუმი

ტემპერატურას გადამწყვეტი როლი აქვს ვაზის განვითარებასა და მარცვლის შემადგენლობაზე. ცვლილებები, რომელიც შეიძლება იყოს ენზიმური ბუნებისა, სწორედ ტემპერატურით განისაზღვრება (Schulz 2000). მაღალი ტემპერატურა უმეტესწილად აჩქარებს მცენარის ზრდას და ფენოლოგიურ ფაზებს, რაც თავის მხრივ, კლიმატის ცვლილების ფარგლებში, ყოველწლიურად ასწრაფებს რთველის თარიღსაც (Bernardo et al. 2018). როდესაც მევენახეობის რეგიონი ცხელია და ტემპერატურა 35 გრადუსს აჭარბებს, ფოტოსინთეზი ითრგუნება, მაგრამ აღსანიშნავია, რომ დაბალი ტემპერატურაც ასევე ალიმიტირებს ფოტოსინთეზს და შესაბამისად შაქრის წარმოება-აკუმულაციასაც ფოთლებში. ვინაიდან მტევანზე არსებულ მარცვლებს სხვადასხვა აღქმა აქვთ ტემპერატურისა თავიანთი განლაგების გამო, მათი განვითარებაც ინდივიდუალურად მიმდინარეობს. საინტერესოა, რომ მზის მიმართ მყოფი მარცვლების ტემპერატურა 12-17°C -ით მაღალია, ვიდრე დაჩრდილული მარცვლებისა, რომელთა ტემპერატურაც ჰაერის ტემპერატურის ტოლია (Kliewer and Linder, 2009). მტევნის გაცხელება ასევე დამოკიდებულია მტევნის სიკუმსეზე. რაც უფრო კუმსია მტევანი, მით მეტად „ცხელდება“ ის (Hunter, 2013), რაც ცვლის მტევნის განვითარების დინამიკასა და მიკროკლიმატს. აღსანიშნავია ისიც, რომ ზომიერი ქვეყნების კლიმატი დადებითაც მოქმედებს ვაზის განვითარებაზე. მაგალითად, რეგიონებში, სადაც თბილი ტემპერატურაა, გაშენებული ზოგიერთი ჯიში, იძლევა მოსავალს უფრო ადრე, შეიცავს მეტ β-დამასცენონის და გერანიოლის კონცენტრაციებს (Pineau, et al., 2007). საგვიანო სიმწიფის რეგიონებში კი შემცირებულია აღნიშნული ნივთიერებების რაოდენობა, ასევე იცვლება მონოტერპენების რაოდენობაც (Wilson, et al., 1986).

2.1.5 წყლის რაოდენობა

რაც შეეხება წყალს, მისი სიჭარბე თუ ნაკლებობა გადამწყვეტ როლს თამაშობს მცენარის განვითარებაში (Calderon-Orellana, et al., 2014). აქ იგულისხმება როგორც ნიადაგური წყლის მარაგი, ასევე ატმოსფერულად მოსული ნალექებიც. წყალს გავლენა აქვს არამხოლოდ მარცვლის შედგენილობაზე, არამედ მთლიანად ვაზის ზრდაზე და მოსავლის ფორმაციაზე. თავის მხრივ უმნიშვნელოვანესია ნიადაგის კომპონენტიც, ვინაიდან ნიადაგის ტიპს, სტრუქტურას, ტექსტურას თუ სხვა

მახასიათებლებს, წყლის შეკავების კუთხით გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ფესვების განვითარებასა და მცენარის ზრდაში. ამაზე გავლენას ახდენს ასევე დრენაჟი და ნიადაგის დამუშავების ტიპიც. (Van Leeuwen, et al., 2004). ერთსადაიმავე ვენახში ხშირად გვხვდება განსხვავებული მოსავლისა და დატვირთვის ვაზები, რაც გამოწვეულია იმით, თუ რამდენად ახერხებს ინდივიდუალური ვაზი წყლის ათვისებას. (Cortell et al., 2005); როდესაც წყლის სიჭარბეა, ძირითადად ვაზის მწვანე მასა ძლიერად იზრდება, შედეგად კი ირღვევა ქიმიური კომპონენტების ბალანსი და ვილებთ, მაგალითად ყურძენს, რომელსაც აქვს ნაკლები არომატები ან შემფერავი პიგმენტები. წყლის დეფიციტის დროს, კი მოსავალი ნაკლებია, მაგრამ ზოგიერთ შემხვევაში შეიძლება გაიზარდოს მარცვლის შემადგენელი კომპონენტების კომპოზიცია და მარცვლის ქიმიური ხარისხი ვაზისთვის. შეზღუდული ირიგაციის სტრატეგია ხშირად გამოიყენება იმისთვის, რომ გაიზარდოს მარცვლის ხარისხი, დაბალანსდეს მისი ზომა და მარცვლის შემადგენელი ქიმიური ნაერთების კონცენტრაცია (Coombe, 1987). აქვე აღსანიშნავია, რომ წყლის დეფიციტი ამცირებს მწვანე მასის ზრდას და მის ჩაბურვას, რაც აუმჯობესებს სინათლის შეღწევადობას, ცვლის მიკროკლიმატს და ზრდის მარცვლის ტემპერატურას, რაც აუმჯობესებს ზოგიერთი ქიმიური ელემენტების აკუმულაციასაც (Hepner et al., 1985;)

2.1.6 ანთროპოგენური ფაქტორები და ვენახის მენეჯმენტი:

ანთროპოგენური ფაქტორები და ადამიანის მიერ მიღებული გადაწყვეტილება, ბიოტურ ფაქტორებთან ერთად მნიშვნელოვანი კომპონენტია ვაზის განვითარებაში. მიუხედავად იმისა, რომ მევენახეობაში გავრცელებულია მოსაზრება, რომ რაც მეტია მოსავალი, მით ნაკლებია მისი ხარისხი და შესაბამისად პირიქით, აღნიშნულის ფორმულირება ყოველთვის სწორი არაა. უმნიშვნელოვანესია არა მოსავლის რაოდენობა, არამედ ის დატვირთვა რაც ვაზს ეძლევა წლიდან წლამდე, ანუ დარჩენილი კვირტების რაოდენობა, რომელთაც ნაყოფის მოცემა შეუძლიათ. აღნიშნული განისაზღვრება რამდენიმე კომპონენტით, სადაც გადამწყვეტი მნიშვნელობა „გამცემი-მიმღები“-ის ბალანსს ეფუძნება (Scheible, et al., 1997). უმეტესწილად, ფოთლის მასა 1-1.5 კვ.მ უნდა იყოს იმისთვის, რომ 1 კგ ნაყოფი მივიღოთ მცენარიდან. აღნიშნული, რა თქმა უნდა, მოქმედებს სხვლის ტექნიკაზეც და რავაზის ინდექსიც შესაბამისად უნდა იყოს დადგენილი. თუ ფარდობა ირღვევა,

შედეგად გვაქვს ან დიდი რაოდენობით მწვანე მასის მიღება, რაც ამცირებს მარცვლის ხარისხს და რეპროდუქციულ ზრდას, ან პირიქით, შემცირებული მწვანე მასა, რაც ასევე მაღლიმიტირებელ ფაქტორს წარმოადგენს (Bell, and Henschke, 2005).

შესაბამისად, ვაზის ზრდის სიძლიერიდან გამომდინარე, სწორი სხვლის ტექნიკის და დატვირთვის შერჩევით მიიღება დაბალასებულად მოზარდი ვაზი და ხარისხობრივად მაღალი პროდუქცია. (Kliwer and Dokoozlian, 2005). აგრონომიული პრაქტიკები სხვლის გარდა ასევე მოიცავს მწვანე ოპერაციას და იმ აგროტექნიკურ ქმედებებს, რაც ვაზის მართვაში ეხმარება მევენახეს სავეგეტაციო წლის მანძილზე. ვენახში მიღებული გადაწყვეტილება, გავლენას ახდენს საბოლოო ღვინის ქიმიურ შედგენილობაზე. მაგალითად, მეთოქსიპირაზინები, რომლებიც მწვანე ტონებს განაპირობებენ, მოწყვლადნი არიან მზის სინათლის მიმართ (Hashizume, et al., 2001).

შესაბამისად მწვანე მასის მენეჯმენტი და ფოთლების შეცლა, ამცირებს პირაზინების რაოდენობასაც. ფოთლების შემცირებამ გარკვეულად და ნამხარის შეცლამ, არომატულად დადებითი შედეგი ანახა კაბერნე სოვინიონზე, ვერტიკალურ პოზიციონირებაში (VSP) (Smart, et al., 1982). ახალ ზელანდიაში ჩატარებულმა კვლევამ აჩვენა, რომ ბაზალური ფოთლების შეცლა (50-100% ფოთლებისა მტევნის ზონაში) ზრდის სრული ფენოლებისა და ანტოციანების კონცენტრაციას კაბერნე სოვინიონში. ის 50%-ით გაიზარდა კონტროლთან შედარებით. აღნიშნული პროცესი ჩატარდა ყვავილობიდან 5 კვირის შემდგომ (Tesic et al., 2008). თავის მხრივ, მზის სინათლე ზრდის წითელი პიგმენტების რაოდენობას ახალგაზრდა ღვინოში, რაც ემყარება ანტოციანინების გარდა კოფაქტორის ანუ ფლავონოლების მომატებას. მზე ასევე ამარტივებს ფერმენტაციის დროს ანტოციანინების ექსტრაქციას. დამატებით, აღმოჩნდა, რომ მზის სინათლეს არაპირდაპირი ეფექტი აქვს ღვინის ხარისხზე (Smart, et al., 1988). როგორც ჩანს, საფუვრები სენსიტიურნი არიან UVB რადიაციის მიმართ. შესაძლებელია, რომ მზის ნათებამ შეცვალოს საფუვრის მიკროფლორა, რომელიც იმყოფება ყურძენზე (Longo, et al., 1991).

2.1.7 ნიადაგი:

კვლევაზე (Robinson, et al., 2014)-ზე დაყრდნობით, ვენახის ადგილმდებარეობას აქვს ყველაზე დიდი როლი ღვინის შემადგენლობაზე, ხოლო ამას მოყვება კანოპის მენეჯმენტი. მაგალითად, ნიადაგი, რომელიც დაბალანსებულ და არაჭარბ საკვებ

ელემენტებს შეიცავს, საბოლოოდ ვეგეტატიურად და რეპროდუქტიულად ეკვილიბრიუმში მყოფ მცენარეს გვამლევს. ამ დროს იზღუდება დიდი რაოდენობით ფოტოსინთატივის წარმოება (Martínez-Lüscher, et al., 2016). დაბალნუტრიენტული ნიადაგები, რომელთაც დიდი ფორები აქვს, საშუალო წყლის დეფიციტის დროს ძალიან ზღუდავენ მცენარის ვეგეტატიურ ზრდას. ამ პერიოდში მეტია სიცხე, მზის რადიაცია, ნიადაგიც უფრო თბება, რაც საბოლოოდ აუმჯობესებს მცენარის მიკროკლიმატს (Leibar, et al., 2015). კარგი დრენაჟი გავლენას ახდენს გაზაფხულის ზრდაზე, ასევე კარგად დრენაჟირებულ ყურძენს ნაკლებად უვითარდება ნახეთქები მარცვლის კანზე, რაც იცავს მას მომავალი სოკოვანი ან ბაქტერიული პრობლემებისგან (Tabacchi, 1994). რაც შეეხება ნიადაგის მარილიანობას, მისი ზრდა იწვევს ფერის ინტენსივობის მომატებას, იასამნისფერ რეფლექსიას და ციტრუსოვან-მინერალურ არომატებს (Dunlevy, et al., 2009).

გარდა აღნიშნული ფაქტორებისა, ვაზის ზრდასა და მარცვლის კომპოზიციაზე, გავლენას ახდენს ნიადაგისა და საძირის ინტერაქცია, საძირისა და სანამყენეს აფინიტეტი და თავსებადობა (Harris, et al., 2023), ვენახის მიკროფლორა და მიკროკლიმატი (Lee, et al., 2007) და სხვა; სწორედ ამიტომ, რთულია ბიოტური თუ აბიოტური ფაქტორების ერთმანეთისგან გამიჯვნა და თითოეულის გავლენის შესწავლა ცალ-ცალკე. ზემოაღნიშნულ ფაქტორებს (Keller, 2010), დიდი როლი აქვს სხვადასხვა პირველადი თუ მეორეული მეტაბოლიტის, არომატის, მისი პრეკურსორისა თუ შემფერავი კომპონენტების სინთეზზე.

2.2 ვაზის ფიზიოლოგია და მორფოლოგია

2.2.1 ვაზში მიმდინარე ფიზიოლოგიური და მორფოლოგიური ცვლილებები:

პირველ რიგში, როდესაც განვიხილავთ ფიზიოლოგიურ მახასიათებლებს, უნდა აღვნიშნოთ წყლის დეფიციტის გავლენის მნიშვნელობა ვაზის ვეგეტაციაზე, ფენოლოგიასა და პროდუქტიულობაზე. სტრესის დროს, მოდიფიცირდება ფოტოსინთეზის, რესპირაციისა და ტრანსპირაციის პროცესები. ამ სამი ფაქტორის ცვლილება კი, სრულიად ცვლის ვაზის მცენარის მეტაბოლიზმს და იმ საბოლოო შედეგს, რასაც მოსავლის ან საბოლოოდ ღვინის სახით ვიღებთ (Hrazdina, et al., 1984). ამასთანავე, როგორც უკვე ითქვა, კლიმატის ცვლილების შედეგად შეიცვალა და მუდმივად იცვლება ნიადაგი, მოსული ნალექის რაოდენობა თუ მცენარისთვის ასათვისებელი წყლის რაოდენობა (Shultz, 2016). ვინაიდან გვალვა მცენარისა და მის მიერ ასათვისებელი წყლის რაოდენობაზეა დაკავშირებული, მცენარეც თავის ფიზიოლოგიას შესაბამისად ცვლის. აღსანიშნავია ისიც, წყლის სტრესი გრძელვადიანია თუ მოკლევადიანი. აღნიშნული ცვლილება ყველა ჯიშისთვის განსხვავებულია და შესაბამისად, განსხვავებულია წყლის სტრესისადმი მცენარის პასუხი (Lovisolo et al., 2010). იმისდამიხედვით თუ რა ინტენსივობის სტრესი მიაღწა მცენარეს და ფენოლოგიის რა პერიოდში, მისი რეაქციაც გამდიდრებულია, განსხვავებულია. (Morales, et al., 2016)

ვაზი, როგორც ნებისმიერი სხვა მცენარე ზრდისთვის სამ ძირითად რესურსს მოითხოვს: ესაა ნახშირბადი, წყალი და მინერალური ნაერთები, რომელზეც ჯერ კიდევ გასული საუკუნის კვლევები საუბრობს (bloom et al 1985). მიუხედავად ამისა, მცენარე ხშირად განიცდის გარემოსგან აბიოტურ სტრესს, რომელიც არაბიოლოგიური შემზღუდავის მიერ აღმოცენდება და მოიცავს ისეთ კლიმატურ ფაქტორებს, როგორიცაა სიცხე, სიცივე, წყლის დეფიციტი ან სიჭარბე, საკვები ელემენტების ნაკლებობა და ტოქსიკურობა (Shani and Ben-Gal, 2005). ვაზის შემთხვევაში სტრესის სხვადასხვა დონე განიხილება და იმის მიხედვით, თუ რა ინტენსივობის, სიხშირისა თუ ხანგრძლივობისაა სტრესი ვაზის ფიზიოლოგიური პასუხიც განსხვავებულია. ყლორტების და ფესვის აპიკალური და ლატერალური მერისტემები ვაზს საშუალებას აძლევს, რომ მოერგოს გარემოს და მასში არსებულ

ცვლილებებს (Young et al., 2015). რაც შეეხება პლასტიკურობის უნარს, ეს ეხმარება მცენარეს მაქსიმალურად გაზარდოს ფოტოსინთეზური აქტივობა, გადარჩეს დიდი ხნის მანძილზე და ჰქონდეს რეპროდუქციული პოტენციალი (Dal Santo et al., 2013). რესურსების ოპტიმალური ალოკაციის ჰიპოთეზის თანახმად (Nagel, 2000), მცენარეები არასაკმარისად არსებული რესურსებისგან გამოწვეულ სტრესს პასუხობენ ზოგიერთ ორგანოში ბიომასის ზრდით, განსაკუთრებით იმ ორგანოებში, რომელთაც პირველ რიგში ადგება სტრესი. მაგალითად, როდესაც გარემოში მცირდება ნახშირბადის რაოდენობა ღრუბლიანი ამინდიდან გამომდინარე, მცენარეში იზრდება ფოთლების მასა, როდესაც ნიადაგში ნაკლებია საკვები ელემენტები, იზრდება ფესვის ზრდა (Chapin, 1991). შესაბამისად, ზოგიერთ შემთხვევაში, სწორედ წყლის ნაკლებობა აპროვოცირებს ფესვის აპიკალურ მერისტემას რომ ნიადაგში უფრო ღრმად ჩააღწიოს. აღსანიშნავია ისიც, რომ მცენარის საპასუხო რეაქციები სტრესის მიმართ მოიცავს მორფოგენულ პასუხებს, მაგრამ ეს არ ნიშნავს რომ მცენარე ხმება ან ზრდას ასრულებს, აქ უმეტესწილად იგულისხმება მცენარის ზრდის მიმართულების ცვლილება, რაც ზოგიერთ შემთხვევაში გამოიხატება უჯრედების გამრავლების შენელებით, უჯრედების დიფერენცირების ცვლილებით და სხვ. (Potters et al., 2007). ამ პროცესში უდიდესი როლი აქვთ მცენარეულ ჰორმონებს, რომლებიც შუამავლის როლს თამაშობენ. ყველა ორგანო თავისებურად პასუხობს ჰორმონალურ ცვლილებებს. მაგალითად აუქსინების მთავარი როლი ფესვის ფორმაციის პრომოციაა, მაშინ როცა ციტოკინი ყლორტების ზრდაზე ახდენს გავლენას. ცალკე აღსანიშნავია სტრესის ან ზრდის მაინჰიბირებელი ჰორმონები, როგორიცაა აბსციზის მჟავა და ეთილენი (Poorter and Nagel, 2000), რომელიც ერთადერთი აირადი ჰორმონია. უჯრედის დეჰიდრატაცია ასტიმულირებს ABA-ს სინთეზს კაროტენოიდ ზეაქსანიტინიდან პარენქიმულ უჯრედებში, განსაკუთრებით ფესვის, ყლორტისა და ფოთლის გამტარ კონებში, კამბიუმთან ახლოს (Nambara, 2005); სწორედ აბსციზის მჟავის მთავარი ფუნქციაა ოსმოსური სტრესის და წყლის ბალანსის რეგულირება, რაც gs-ს რეგულაციაში გამოიხატება (Lu et al., 2023). რაც შეეხება სტრესის მიმართ ტოლერანტობის ნაწილს, აქ ABA მონაწილეობას იღებს დეჰიდრატაციის მიმართ ტოლერანტული პროტეინების სინთეზში უჯრედის შიგნით. აბსციზის მჟავას ასევე შეუძლია აქვაპორინების დახურვა. აქვაპორინები ცილოვანი არხებია, რომელთა

მეშვეობითაც წყალი ძალიან სწრაფად გადის მემბრანაში. ისეთ მცენარეებში, რომელთაც აბსციზის მჟავის, როგორც სიგნალის აღქმა შეუძლიათ როგორც ფოთლის აქვაპორინების ასევე ბაგეების დახმარებით, ისინი მეტად სენსიტიურები არიან და შესაბამისად სწრაფი რეაქცია აქვთ წყლის სტრესის მიმართ, რაც გამოიხატება იმაში, რომ თავიანთ ბაგეებს უფრო ჩქარა და მჭიდროდ ხურავენ (Sabir et al., 2021). ამით განსხვავდებიან ისინი მცენარეებისგან, რომლებიც აბსციზის მჟავას მხოლოდ ბაგეების სიგნალით აღიქვამენ. ABA მოქმედებს როგორც აუქსინის ანტაგონისტი, რათა დათრგუნოს უჯრედის კედლის მოდუნება, რომელიც უჯრედის ზრდისთვის სავალდებულო (Singh and Roychoudhury, 2023). გარდა ზრდისა, იგი თრგუნავს უჯრედების დაყოფასაც. აბსციზის მჟავა მოქმედებს როგორც სტრეს სიგნალი. მისი სწრაფი მომატება ფესვის ზონაში არის პასუხი წყლის სტრესზე. აღსანიშნავია ისიც, რომ როდესაც წყლის სტრესი დგება უეცრად, ABA-ს სიგნალის გადაცემა ფესვიდან ძალიან ნელია და შესაბამისად ვერ ხდება ფოთლის დეჰიდრატაციის შეჩერება. სწორედ ამიტომ, ასეთ დროს აბსციზის მჟავა პირდაპირ ყლორტებსა და ფოთლებში იწარმოება (Christmann et al., 2007), მაშინ როცა აბსციზის მჟავა ყლორტების ზრდის ინჰიბიტორია წყლის სტრესის დროს, ფესვების შემთხვევაში მას საპირისპირო ფუნქცია აქვს. აღსანიშნავია ისიც, რომ ქსილემის pH ასევე სხვა აპოპლასტური სითხის pH იზრდება ნიადაგის შრობასთან (Wilkinson and Davies, 2002). ქსილემის pH კარგად მორწყული მცენარეების შემთხვევაში არის დაახლოები 6.0, მაშინ როცა წყლის სტრესის ქვეშ მყოფი მცენარეების ქსილემას წვენი შედგენილობა 7.0-ს უდრის. მხოლოდ ქსილემის წვენი pH-ის ეს ზრდა შეიძლება წარმოადგენდეს ფესვის წყაროს სიგნალს ფოთოლზე, რაც იწვევს ბაგეების დახურვას და ამცირებს უჯრედების გაფართოების (და შესაბამისად ზრდის) სიჩქარეს (Wilkinson and Hartung, 2009).

გვალვის დროს ხდება მცენარეული უჯრედის დეჰიდრატაცია და შესაბამისად ოსმოსური სტრესი. ამას მცენარეები ერთი უნივერსალური მექანიზმით ებრძვიან, რომლის დროსაც ოსმოპროტექტანტებს აგროვებენ უჯრედებში (Bognert et al., 1995). ეს ნაერთები შედარებით პატარა ზომის არიან, ახასიათებთ ჰიდროფილურობა, არიან შედარებით სტაბილური ორგანული ნაერთები. ეს ნივთიერები მოიცავენ საქაროზას, ფრუქტოზას, მანიტოლს, გლიცეროს და სხვადასხვა ამინომჟავებს. ისინი

ამცირებენ უჯრედის ოსმოსურ პოტენციალს ($\Psi\pi$). ეს მცირე ოსმოსური ცვლილება ხელს უწყობს წყლის ათვისების უწყვეტობას და იცავს მცენარეს წყლის ზედმეტი დანაკარგისგან, რაც საბოლოოდ ეხმარება მცენარეულ უჯრედს შეინარჩუნოს წყლის მაღალი პოტენციალი (Ψ). როდესაც ვაზი სიცხის ან გვალვის გარემოშია წარმოდგენილი და ამას აძლიერებს სხვა რომელიმე სტრესი გარემოდან, ხშირია ასევე ჟანგბადით ტოქსიკურობა, რასაც ოქსიდაზური სტრესი ეწოდება (Apel and Hirt, 2004). ამ დროს ხდება რეაქტიული ჟანგბადის ფორმირება. წყლის არსებობა ან დეფიციტი, გავლენას ახდენს კანოპის განვითარებაზე, მოსავალზე, ვაზის მიკროკლიმატზე, მარცვლის ქიმიურ შედგენილობაზე (Hochberg et al., 2023).

ცივ კლიმატში ვაზი დაახლოებით 300-600 მმ წყალს იყენებს, მაგრამ გასათვალისწინებელია მცენარის კვების არე, დარგვის სიხშირე, კანოპეს ზომა და სხვ. (Williams and Ayars, 2005). რაც შეეხება თბილ კლიმატს, აქ ზრდა უფრო ინტენსიურია და წყლის გამოყენებაც 400-800 მმ-ს უდრის. აღსანიშნავია, რომ მოსული ნალექის რაოდენობას უდიდესი გავლენა აქვს მოსავლის წლის ე.წ. ვინტაჟის ხარისხზე. გასათვალისწინებელია ასევე არამხოლოდ მოსული ნალექის ან ირიგაციის, არამედ სეზონის ტემპერატურული პატერნაც, რაც თავის მხრივ აისახება ევაპოტრანსპირაციაზე. ამის დამატებითად, მნიშვნელოვანია ნიადაგის წყლის შეკავების უნარის გათვალისწინებაც, რადგან სხვადასხვა სიღრმის, ტექსტურის თუ ორგანული მასის შემცველი ნიადაგები, განსხვავებულად „იქცევიან“ (Strack and Stoll, 2022). სწორედ ამიტომ, მევენახეობაში დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის სწორად შერჩევას და მისი მახასიათებლების დეტალურ ცოდნას. მევენახეობის უმეტესი რეგიონები ხმელთაშუაზღვის, ზომიერ კლიმატში არიან მოქცეულნი, რაც გულისხმობს რომ ზაფხული შედარებით მშრალია, ხოლო ზამთარი გრილი და ტენიანი. მიუხედავად ამისა, უნდა აღინიშნოს, რომ ხმელთაშუაზღვის მევენახეობის ქვეყნები, ყველაზე მეტად ზიანდებიან კლიმატის ცვლილებით. წყლის ბალანსი კი სწორედ ევაპორაციის დროს ატმოსფეროში დაკარგული წყლის რაოდენობით განისაზღვრება და იმ რაოდენობით, რომელიც აბსორბირდა ნიადაგიდან. იმ შემთხვევაში, როდესაც ნიადაგის Ψ მცირდება და ტრანსპირაციის სიჩქარე (E) მერყეობს, და ეს პროცესია გარკვეული პერიოდი გრძელდება, საბოლოოდ ვიღებთ წყლის ნაკლებობის შედეგად მცენარის სტრესს. კავშირი მცენარის ფოთლის წყლის

პოტენციალსა და სხვა ცვლადებს შორის შემდეგნაირად გამოიხატება:

$$\Psi_{\text{leaf}} = \Psi_{\text{soil}} - E r_h$$

სადაც, r_h არის ვაზში წყლის ნაკადისადმი მთლიანი

წინააღმდეგობა - (Buesa et al., 2022). როცა ტრანსპირაცია მეტია, ვიდრე წყლის შეწოვა ვაზის ფესვების მიერ, უჯრედის ტურგორი (P), წყლის ფარდობითი შემცველობა (RWC) და უჯრედის მოცულობა იკლებს, მაშინ როცა, სხვადასხვა ნივთიერებების კონცენტრაცია უჯრედის შიგნით, იმატებს, საბოლოოდ კი $\Psi\pi$ (უჯრედის ოსმოსური პოტენციალი) და Ψ (წყლის პოტენციალი) მცირდება. შესაბამისად, უჯრედების პასუხი წყლის სტრესის მიმართ, მოიცავს პასუხს ოსმოსური სტრესის მიმართაც. წყლის სტრესი ინტენსივობით სამ ნაწილად იყოფა, მცირე, საშუალო და ძლიერი. (HSIAO 1973).

ცხრილი 1: წყლის სტრესის დონე და გავლენა მცენარეზე

წყლის სტრესის დონე	წყლის პოტენციალი (Ψ)	RWC	ბაგეების გამტარობა (gs)	ფიზ.ეფექტი	ვიზუალური სიმპტომი	გავლენა მოსავალსა და ზრდაზე
მცირე სტრესი	-0.3 MPa დან -0.6 MPa	85% - 95%	შედარებით მაღალი, მცირედით შემცირება	მცირე გავლენა ფოტოსინთეზზე, ბაგეების მცირედით დახურვა;	არ შეინიშნება ჭკნობა, ზრდა მცირედია შემცირებული	ვაზის შემთხვევაში მოსავლის ხარისხის გაუმჯობესება
საშ. სტრესი	-0.6 MPa- დან -1.5 MPa-მდე	70% - 85%	შესამჩნევად მცირდება	ბაგეები იხურება, მცირდება ფოტოსინთეზი	ხმოზა, ფოთლების გაყვითლება, შემცირებული ზრდა;	გავლენა მოსავლის რაოდენობაზე, დაზიანება იმატებს
ძლიერი სტრესი	-1.5 MPa-ზე ქვემოთ	<70%	მკვეთრად მცირდება, ნოლამდე	ბაგეების ინტენსიური იხურება, ფოტოსინთეზი წყდება, ქსოვილი ზიანდება	ფოთლების გაყავისფრება, ხმოზა, მცენარის სიკვდილი	ძლიერი დანაკარგი, მცენარის კვდომა პოტენციურად;

- მცირე სტრესი (85% - 95% RWC): ამ დროს მცენარე ახერხებს წყლის სიმცირესთან გამკლავებას, ფიზიოლოგიური პროცესები უცვლელია.

- საშუალო სტრესი (70% - 85% RWC): გავლენა ზრდასა და ფოტოსინთეზზე შესამჩნევია. ფოთოლი ზოგჯერ ხმება და ცვივა;
- ძლიერი სტრესი (70%-ზე ქვემოთ RWC): მცენარე განიცდის ძლიერ დეჰიდრატაციას და აღნიშნულის გაგრძელება, გამოიწვევს მის გახმობას (Jiao, 2023).

RWC, რომლის გაზომვაც შესაძლებელია ვენახშივე, განსაზღვრავს დეჰიდრატაციის დონეს და Ψ -სთან ერთად გვამღებს ინფორმაციას მცენარის წყლის სტატუსზე. (Taiz,2010). აქვე აღსანიშნავია ბაგეების გამტარობა, რომელიც მცირდება წყლის სტრესის მომატებასთან ერთად, რათა დაიცვას წყლის მარაგი მცენარეში (Rogiers et al., 2009; Rogiers and Clarke, 2013).

მცენარის მდგომარეობა	ბაგეების გამტარობა (gs) [მმოლ m^{-2} h^{-1}]
კარგად მორწყული	200-დან 600-მდე
საშუალოდ დასტრესილი	50-დან 200-მდე
ძლიერად დასტრესილი	0-დან 50-მდე

ცხრილი 2: მცენარის მორწყვის დონე და ბაგეების გამტარობა:

გარდა ფიზიოლოგიისა, მნიშვნელოვანია ენოლოგიური კუთხით მომხდარი ცვლილებები. მაგალითად, მეორადი მეტაბოლიტები, რომლებიც ყურძენში გროვდება და ფერმენტაციისას მნიშვნელოვანია მაღალი ტემპერატურებით და გვალვის დროს აღარ წარმოიქმნება ინტენსიურად (Kliewer and Torres, 1972). მცირდება მარცვლის ზომაც, რაც ამცირებს ტკბილის გამოსავლიანობას (Trégoat et al., 2002;) პოზიტიურია ის, რომ შაქრის დაგროვება მაღალი ტემპერატურის და წყლის სტრესის დროს მეტად მიმდინარეობს (Coombe, 1987) გარკვეულ ეტაპამდე. აღსანიშნავია ისიც, რომ წყლის სტრესი ამცირებს ფოტოსინთეზს, რაც თავის მხრივ ქმნის ფოთოლის პატარა ფართობს. ეს კომბინაცია, რომელიც შედგება ფოთლის პატარა ფართობისგან და დაბალი ფოტოსინთეზისგან, საბოლოოდ შედეგად იძლევა დღის მანძილზე, დაბალი რაოდენობით დღიური ასიმილაციების წარმოებას, ვაზის მწვანე მასის მიერ. Tarara et al., 2011). ვინაიდან, კანოპის ასიმილაციის სიჩქარე, განსაზღვრავს ექსპორტის სიჩქარეს, მწვანე მასის მიერ შემცირებული ფოტოსინთეზი ამცირებს იმ ფოტოსინთეტების რაოდენობას, რომელიც უნდა ექსპორტირებულიყო

ვაზის სამარაგო ორგანოებში. თუმცა, იქამდე სანამ წყლის დეფიციტი საშუალოა ისე, რომ მხოლოდ თრგუნავს ყლორტის ზრდას და არა ფოტოსინთეზისას, კვლავ არის ნახშირწყლების მარაგი საკმარისი მრავალწლოვანი, სამარაგო ორგანოებისთვის (Muller et al., 2011). სტრესის ან ოპტიმუმის ამოცნობა, ვიზუალური დაკვირვებით მცენარეს ნაწილებზე, შესაძლებელია. დაუსტრესავი, კარგად მოზარდი ყლორტი, გამართული პწკალი და აპიკალური ყლორტი სწორედ დაუსტრესავი მდგომარეობის მანიშნებელია. რაც უფრო იმატებს წყლის სტრესი, მით უფრო მცირდება მწვანე ნაწილების ზრდა და პწკალები რჩება პატარა. უფრო ძლიერი სტრესის დროს, ზრდა ჩერდება და ყველაზე ახალგაზრდა ფოთოლი ფართოვდება ყლორტების წვერის მიღმა. ახალგაზრდა, მწვანე პწკალები ძალიან მგრძნობიარეა წყლის სტრესის მიმართ და უფრო ადრე იწყებენ ჭკნებას, ვიდრე ფოთლები. სწორედ მათი ხმოვა ან არა-ერექტულ მდგომარეობაში ყოფნა მიაწინებს წყლის სტრესის პრობლემაზე. (Lovisolo et al., 2016). წყლის სტრესის მენეჯმენტი მნიშვნელოვანი კომპონენტია ხარისხიანი ღვინის წარმოებაში. ფენოლოგიური ფაზებიდან გამომდინარე ვაზს სხვადასხვა მოთხოვნა აქვს წყალზე, არის პერიოდები, როდესაც წყლის სიჭარბეც დიდ პრობლემას წარმოადგენს, განსაკუთრებით ყვავილობის ან გამონასკვის დროს (Martínez-Lüscher et al., 2016).

2.2.2 ემბოლიზმი და კავიტაცია

ბაგეტა გამტარობის (gs) გვერდით, აუცილებელია კავიტაციის აღნიშვნაც. სწორედ ბაგეტის გაღება-დახურვის რეგულაცია ეხმარება მცენარეს წყლის დეფიციტის დროს თავიდან აირიდოს ქსილემის კავიტაცია, რომელიც საკმაოდ ხშირად ხდება ვაზის მცენარეში (Rogiers and Clarke, 2013). ჯიშები მის მიმართ განსხვავებულ სენსიტიურობას ამჟღავნებენ. კავიტაცია აინჰიბირებს ყლორტის ზრდას საშუალო წყლის სტრესის დროს, რასაც საბოლოოდ ემბოლიზმი მოყვება (Choat et al., 2010) კავიტაციის მიმართ სენსიტიურობის გამო, ვაზი ხშირად მიიჩნევა როგორც იზოჰიდრული მცენარე. ეს ნიშნავს, რომ მისი ბაგეტები, ამცირებს გამტარობას და ტრანსპირაციას, მაშინ როცა დაბალია $\Psi_{\text{ნიადაგის}}$, შესაბამისად ვაზს საშუალება აქვს რომ შეინარჩუნოს კონსტანტური $\Psi_{\text{ფოთლის}}$ დღის მანძილზე, მიუხედავად იმისა თუ რამდენია $\Psi_{\text{ნიადაგის}}$. ბაგეტებს სხვადასხვა სენსიტიურობა აქვთ კავიტაციის მიმართ.

კვლევაზე (Shultz, 2003) დაყრდნობით, შესაბამისად მათი სენსიტიურობაც განსხვავდება გვალვის მიმართ.

იზოჰიდრული სახეობები ან ჯიშები უფრო სენსიტიური ბაგეებით გამოირჩევიან, ვიდრე ანიზოჰიდრულები. აღნიშნული სხვაობა გამოიხატება ფესვებში არსებულ აქვაპორინების აქტივობაშიც. ვინაიდან $\Psi_{\text{ფოთლი}}$ არასდროს არის აბსოლიტურად კონსტანტური, უმჯობესია ვაზის დაყოფა თითქმის იზოჰიდრულ და თითქმის ანიზოჰიდრულ სახეობად ან ჯიშებად. მაგალითად, კაბერნე სოვინიონი, იმისდამხედვეთ თუ რა გარემოში იმყოფება, მოიაზრება, როგორც ორივე მათგანი (Martinez and Keller, 2023).

ასევე უნდა აღინიშნოს 2020 წელს ჩატარებული კვლევა, რომლის მიხედვითაც საყურადსაღებოა ვაზის ფიზიოლოგიური მახასიათებლებიდან ბაგეების გაღება-დახურვის მექანიზმი. აღმოჩნდა, რომ როცა $\Psi_{\text{კლორტი}} < -1.6 \text{ Mpa}$, ხდება ქსილემის კავიტაცია, ცვლილება ტურგორში, მიმდინარეობს ფოთლების ხმობა და ვაზის სიკვდილიც კი. (Gambetta et al., 2020) აღნიშნული კვლევა ასევე ცხადჰყოფს, რომ ყველა ჯიშს ახასიათებს ინდივიდუალური რეგულაცია და შესაბამისად წყლის სტრესის მიმართ სხვადასხვა სენსიტივობა. (Herrera et al., 2021). ფესვები უნდა იწოდნენ იმაზე მეტ წყალს, რაც ტრანსპირაციაში იკარგება, რათა მისცენ მცენარეს ზრდის საშუალება. ეს ძირითადად ეყრდნობა უჯრედის ზრდას ზომაში, რომელიც წყლის იმპორტითაა განპირობებული.

წყლის შეწოვა უჯრედების მიერ განპირობებულია გახსილი ნივთიერებების, მაგალითად საქაროზაც აკუმულაციით უჯრედის შიგნით და ეს თავის მხრივ დამოკიდებულია ოსმოსურად წარმოებული $\Delta\Psi$ -ზე უჯრედის ინტერიერსა და ექსტერიერს შორის (Keller, 2010)

რაც შეეხება ემბოლიზმისა და კავიტაციის შემთხვევას, ის კარგად გვანახებს თუ რა უარყოფითი შედეგი მოაქვს მცენარისთვის წყლის დეფიციტის არსებობას ფიზიოლოგიური კუთხით. კავიტაციის შედეგად, მცენარის გამტარ კონაში, კერძოდ ქსილემაში მკვეთრად იცვლება წნევა, რის შედეგადაც საბოლოოდ ქსილემაში გროვდება აირის ბუშტები, რაც იწვევს მცენარის ზედა და ქვედა ნაწილებს შორის კავშირის დაკარგვას და დისტილური ნაწილების ხმობას. აღნიშნულს ემბოლიზმი ეწოდება (Tyree and Sperry, 1989). ემბოლიზმის პროცენტულობა გვალვის დროს

მკვეთრად იმატებს. ასევე მნიშვნელოვანია, რომ პროცესი დისტალური ნაწილებისა და ფოთლებისთვის უფრო მძაფრად მიმდინარეობს, ვიდრე ბაზალური განშტოებებისთვის.

2.3 ვაზში მიმდინარე ფიზიოლოგიური პროცესები:

2.3.1 ფოტოსინთეზი

ფოტოსინთეზი არის ყველაზე მნიშვნელოვანი გზა მცენარეებისთვის, რომ შეაგროვონ ენერგია და წარმართონ საკუთარი მეტაბოლიზმი. ფოთლების პიგმენტების მიერ შთანთქმული ენერგიის ნაწილი სხვა ფორმად გადაიქცევა — ქიმიურ ენერგიად. ეს პროცესი, სინათლის ენერგიის ქიმიურ ენერგიად გარდაქმნა, ფოტოსინთეზის პირველ ეტაპზე მიმდინარეობს, რომლის რეაქციათა წყებასაც ერთობლივად სინათლის ფაზის, ანუ სინათლეზე დამოკიდებულ რეაქციებს უწოდებენ. მზის სინათლე ელექტრომაგნიტური რადიაციის ფორმას, რომელსაც ტალღისა და ნაწილაკების მახასიათებლები გააჩნია. (Wang et al., 2018). უნდა აღინიშნოს, რომ სინათლის სპექტრი არსებობს, რომელიც ადამიანის თვალისთვის ხილულია 400-დან 700 nm-მდე, მაგრამ მცენარეებისთვის ეს სპექტრი განსხვავდება. მცენარეებს შეუძლიათ აღიქვან როგორც ულტრაიისფერი, ასევე ინფრაწითელი რადიაცია. მცენარეთა ფოთლებში ფოტოსინთეზი მრავალ საფეხურად მიმდინარეობს, მაგრამ იგი შეგვიძლია, ორ ძირითად ეტაპად დავყოთ: სინათლეზე დამოკიდებული რეაქციები და კალვინის ციკლი (Kong et al., 2024).

სინათლის ფაზის, ანუ სინათლეზე დამოკიდებული, რეაქციები თილაკოიდურ მემბრანაში მიმდინარეობს და სინათლის ენერგიის მუდმივ მიწოდებას საჭიროებს. ქლოროფილი შთანთქმავს სინათლის ენერგიას და მას ქიმიურ ენერგიად გარდაქმნის ორი ნაერთის სინთეზის გზით - ატფ-ის და ნადფH-ის ელექტრონის გადამტანის (Wang et al., 2016). ამ პროცესში წყლის მოლეკულები გარდაიქმნება ჟანგბადის აირად - იმ ჟანგბადად, რომელსაც ვსუნთქავთ. კალვინის ციკლი, ანუ ბნელი ფაზის, სინათლეზე დამოუკიდებელი რეაქციები, სტრომაში მიმდინარეობს და არ საჭიროებს სინათლის ენერგიის პირდაპირ მიწოდებას. ამის ნაცვლად, კალვინის ციკლში სინათლის ფაზაში წარმოქმნილი ატფ ა ნადფH იხარჯება ნახშირბადის

ფიქსაციისთვის და სამნახშირბადიანი შაქრის წარმოსაქმნელად. ორი ასეთი მოლეკულა ერთმანეთს უერთდება და გლუკოზა წარმოიქმნება (Hildner et al., 2013).

ფოტოსინთეზის ძირითადი საფეხურებია:

სინათლის შთანთქმა II ფს-ის მიერ- როცა სინათლის ენერგია II ფოტოსისტემის მრავალი პიგმენტიდან რომელიმეს მიერ შთანთქმდება, იგი შუაგულისკენ გადაიტანება, პიგმენტიდან პიგმენტს გადაეცემა, სანამ სარეაქციო ცენტრს არ მიაღწევს. აქ ენერგია P680-ს გადაეცემა და მისი ელექტრონის მაღალენერგეტიკულ დონეზე გადახტომას იწვევს. მაღალენერგიული ელექტრონი შემდეგ მიმდებ მოლეკულას გადაეცემა და მის ადგილს წყლისთვის წართმეული ელექტრონი იკავებს. სწორედ წყლის გახლეჩვისას წარმოიქმნება O_2 რომელსაც ვსუნთქავთ. ატფ-ის სინთეზი-მაღალენერგიული ელექტრონი გადამტან ჯაჭვში ჩაერთვება და მასში მოძრაობისას თანდათან კარგავს ენერგიას. ამ ენერგიის ნაწილი H^+ იონების სტრომიდან თილაკოიდურ სივრცეში გადატანას ხმარდება, რაც პროტონულ გრადიენტს წარმოქმნის. H^+ იონები უკან, სტრომაში, გრადიენტის მიმართულებით ბრუნდება და გზად ატფ-სინთაზაში გაივლის, რაც ატფ-ის წარმოქმნას იწვევს. სინათლის შთანთქმა I ფს-ის მიერ-ელექტრონი I ფოტოსისტემამდე მიაღწევს და სარეაქციო ცენტრში მდებარე ქლოროფილების სპეციალურ წყვილს, P700-ს, უერთდება. ამ მომენტისთვის P700-ს თავისი ელექტრონი უკვე დაკარგული აქვს, რადგანაც პიგმენტების მიერ სინათლის ენერგიის შთანთქმისა და მისი შუაგულისკენ, სარეაქციო ცენტრისკენ გადაცემის შედეგად, საკუთარი ელექტრონი ძალიან მაღალენერგეტიკულ დონეზე მოხვდა და მიმდებ მოლეკულას გადაეცა. ამ ელექტრონის ადგილს ახალი, II ფოტოსისტემიდან (ელექტრონების გადამტანი ჯაჭვის გავლით) მოსული, ელექტრონი იკავებს.

ნადფH-ის წარმოქმნა-მაღალენერგიული ელექტრონი გადამტანი ჯაჭვის მეორე ნაწილს, უფრო მოკლე ტოტს, „დაუყვება“. ჯაჭვის ბოლოში იგი $NADP^+$ ს გადაეცემა (ამავე გზით მოსულ მეორე ელექტრონთან ერთად) და ნადფH წარმოიქმნება (Mcgraw-Hills, 2007).

ვიდრე სინათლის ენერგიის მიღებას და გამოყენებას დაიწყებს მცენარე, თავდაპირველად ახდენს სინათლის ენერგიის შთანთქმას. ქლოროფილი, მწვანე

ფერის სინათლის-შთანქმელი პიგმენტი არის სწორედ პასუხისმგებელი სინათლის „დაჭერაზე“. მცენარეებში ქლოროფილი ორი ფორმითაა წარმოდგენილი, ესაა ქლოროფილი ა და ქლოროფილი ბ. (Wei et al., 2022). მათ გარდა პროცესში ჩართულია ისეთი პიგმენტები, როგორიცაა კაროტინები და ქსანტოფილები. ქლოროფილი თილაკოიდებშია მოთავსებული. როდესაც ქლოროფილის მოლეკულა ფოტონის აბსორბციას ახდენს, მისი დაბალენერგიული ფორმა აგზნებულ ფორმად გარდაიქმნება. მცენარეებში სინათლის რეაქციები სპეციალური ორგანოების, ქლოროპლასტების თილაკოიდურ მემბრანებში მიმდინარეობს. სინათლის ფაზის რეაქციებში უმნიშვნელოვანეს როლს ასრულებენ ფოტოსისტემები- I ფოტოსისტემა (I ფს) და II ფოტოსისტემა (II ფს). ორივე ფოტოსისტემაში სინათლის ენერგიის მშთანქმელი მრავალი პიგმენტია. მათ შუაგულში (სარეაქციო ცენტრში) კი ქლოროფილის მოლეკულების სპეციალური წყვილია მოთავსებული. I ფოტოსისტემის სპეციალურ წყვილს P700 ეწოდება, II ფოტოსისტემისას კი — P680. დაახლოებით 250 ქლოროფილის მოლეკულაა დაჯგუფებული ფოტოსისტემა II-ში. აქედან უმეტესი ქლოროფილები მოიხსენიებიან, როგორც ანტენური პიგმენტები, ვინაიდან ანტენის მსგავსად სინათლის „დაჭერაზე“ არიან პასუხისმგებელნი (Zha et al., 2016).

გვალვას, როგორც აბიოტურ სტრესს შეუძლია მცენარის სარეაქციო ცენტრის დაზიანება. ზოგერთ შემთხვევაში პროცესი შეუქცევადია და მცენარე ხმება. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ როდესაც მცენარის ფოთოლი იმაზე მეტ ენერგიას იწოვს, რისი გარდაქმნაც შეუძლია ქიმიურ ენერგიად, ამ დროს „ენერგიით გადატვირთვა“ ხდება. ეს პროცესი აზიანებს ფოტოსინთეზის აპარატს მისი გათიშვით, რის შედეგადაც Mn^{2+} იონები ითიშებიან და ამავდროულად რეაქციის ცენტრიც ზიანდება. ასეთი ზიანის თავიდან არიდება შეუძლებელია, ვინაიდან უმეტესად იგი გამოწვეულია ულტრაიისფერი ნათების გააქტიურების დროს. საბოლოოდ, ფოტოსინთეზის ეფექტურობა მცირდება, რასაც ფოტო ინჰიბიციის ეწოდება (Bertamini and Nedunchezian, 2003). ზოგჯერ, დაზიანებული ნაწილები პროტეოლიზის დროს აღდგენას ცდილობენ, რათა ახალი ფოტოსისტემა II-ის ცილები ააშენონ. ფოტო ინჰიბიციის ინტენსივობა დამოკიდებულია დაზიანებასა და აღდგენას შორის ბალანსზე. მცენარეთა უმრავლესობის ფოთლების ზედაპირზე

პატარა ხვრელები, ბაგეებია მოთავსებული. მათი მეშვეობით ნახშირორჟანგი მეზოფილურ შრეში დიფუზიით შედის, ჟანგბადი კი - გამოდის (Shcherbatyuk and Keller, 2019). ყველა მეზოფილური უჯრედი, შეიცავს ორგანოებს, სახელად ქლოროპლასტებს, რომელთა მოვალეობაც ფოტოსინთეზის რეაქციების შესრულებაა. ქლოროპლასტის სხვადასხვა ნაწილებში, განსხვავებული ქიმიური რეაქციები ხდება. ფოტოსინთეზე საუბრისას მნიშვნელოვანია აღვნიშნოთ, რომ CO₂-ის შეთვისება ფოთლებიდან ვაზისთვის, როგორც უმეტესობა მცენარისთვის, დილემას წარმოადგენს (Reineke and Selim, 2019).

ვინაიდან ნახშირორჟანგი ხელმისაწვდომია ატმოსფეროში ანუ მცენარის გარშემო, ფოტოსინთეზი კი მცენარეში მიმდინარეობს, ეს ნიშნავს იმას, რომ ნახშირორჟანგი ატმოსფეროდან ფოთლის შიდა ნაწილში უნდა შემოვიდეს. აღნიშნული პროცესიც დიფუზიის გზით ხდება ბაგეების გავლით, შემდგომ უჯრედშორისი სივრცეების დაკავებით და საბოლოოდ მემბრანის გავლით შესაბამის უჯრედებამდე. CO₂-ის დიფუზია ბაგეების გავლით, იგივე გზას მიყვება რასაც წყალი, ტრანსპირაციის დროს, მაგრამ შებრუნებულ, რევერსული მიმართულებით. ეს ნიშნავს, რომ თუ წყალი უჯრედის კედლიდან ორთქლდება, CO₂ პირიქით, უჯრედის კედლებში არსებულ წყალში იხსნება. საბოლოოდ, როდესაც ნახშირორჟანგი შევა ქლოროპლასტში, მისი გარდაქმნა ქიმიური ენერგიის მერე ხდება ნახშირწყლად, როგორიცაა ჰექსოზები, მაგალითად გლუკოზა (Düring, 2003). O₂ კი გამოიყოფა როგორც ნარჩენი პროდუქტი. ფოტოსინთეზის ორგანულ პროდუქტებს ფოტოსინთეტები ან ასიმილატები ეწოდება. მარტივი შაქრები, მონოსაქარიდები როგორიცაა გლუკოზა და ფრუქტოზა კომბინირების შედეგად დისაქარიდ საქაროზას ქმნიან. ის ყველაზე უხვად არსებული შაქარია ბუნებაში. საქაროზა უმნიშვნელოვანესი ნაერთია ვაზისთვის, ვინაიდან მასზე და შემდგომში მის ფორმაციაზე დამოკიდებული ის, თუ როგორ გაუძღვება მცენარე ზამთარს, როგორც სამარაგო ნივთიერებების, ასევე ყინვისგან თავდაცვის კუთხით (Pastore, Frioni, and Diago, 2022).

2.3.2 უჯრედული სუნთქვა

რაც შეეხება რესპირაციას, უჯრედულ სუნთქვას, რომელიც გარკვეულწილად ფოტოსინთეზის შებრუნებული პროცესია, უჯრედული სუნთქვა აერობულადაც შეიძლება წარიმართოს და ანაერობულადაც. აერობული უჯრედული სუნთქვის დროს გლუკოზა ჟანგბადთან რეაგირებს და წარმოქმნის ატფ-ს, რომელსაც შემდეგ უჯრედი იყენებს. ნახშირორჟანგი და წყალი თანაპროდუქტების სახით გამოთავისუფლდება (Venios et al., 2020).

აერობული უჯრედული სუნთქვის ჯამური რეაქციაა:



აერობული უჯრედული სუნთქვის სამი საფეხურია: გლიკოლიზი (ანაერობული პროცესი), კრებლის ციკლი და ჟანგვითი ფოსფორილირება საბოლოოდ, რესპირაციას ნახშირბადის დონის ბალანსზე, მცენარის ზრდასა და განვითარებაზე უმნიშვნელოვანესი გავლენა გააჩნია. (Keller, 2013).

2.3.3 ტრანსპირაცია

ტრანსპირაციის პროცესი, ვაზში მოიცავს წყლის აორთქლებას მცენარის ბაგეებიდან, რაც აუცილებელია მცენარის გასაგრძელებლად, ნივთიერების ათვისების ხელშეწყობისა და შინაგანი წყლის ბალანსის შესანარჩუნებლად. ტრანსპირაციის დროს იცვლება წყლის ფიზიკური ფორმა და ის თხევადიდან, გაზოვან ფორმაში გადადის. აქვე აღსანიშნავია ევაპოტრანსპირაცია, რომელიც ჯამურად მოიცავს როგორც მაგალითად ვენახში წარმოდგენილი ყველა მცენარიდან, ასევე ნიადაგიდან აორთქლებული წყლის რაოდენობას (Williams et al., 2003). ფოთლიდან ტრანსპირაციის სიჩქარეზე გავლენას ახდენს ორი ძირითადი ფაქტორი: წყლის ორთქლის აბსოლუტური კონცენტრაციის სხვაობა რომელიც ასევე ცნობილია როგორც წყლის პოტენციალი, ფოთლის შიგნით ჰაერის სივრცეებსა და მიმდებარე გარე ჰაერს ((Ψ_{air}) შორის) და წინააღმდეგობა (r), რომელიც გვხვდება დიფუზიის გზის გასწვრივ. როდესაც წყალი აორთქლდება მეზოფილის უჯრედების კედლებიდან და ორთქლის სახით გამოიყოფა ატმოსფეროში, ის ხვდება სხვადასხვა

წინააღმდეგობას, რომელიც ეწინააღმდეგება მის მოძრაობას. ეს წინააღმდეგობები ანელებს წყლის მოლეკულებს, რითაც ზღუდავს მათ დიფუზიის სიჩქარეს. ძირითადი წინააღმდეგობები მოიცავს სტომატურ ფორებს და წინააღმდეგობას, რომელიც წარმოიქმნება ფოთლის ზედაპირზე შედარებით ტენიანი ჰაერის თხელი ფენით, რომელსაც ეწოდება სასაზღვრო ფენა. როგორც წესი, ბაგური წინააღმდეგობა (r_s) გაცილებით მაღალია, ვიდრე სასაზღვრო ფენის წინააღმდეგობა (r_b). სასაზღვრო ფენა, იქცევა როგორც დამატებითი მემბრანა, რომელიც ზრდის საერთო წინააღმდეგობას. (Schultz and Stoll, 2010). გარდა აღნიშნულისა, ტრანსპირაციაზე გავლენას ახდენს გარემოს მდგომარეობა, როგორიცაა ტემპერატურისა და სინათლის ინტენსივობა. ნიადაგის ტიპი და მისი ტენიანობა, ვაზის მწვანე მასა და კანოპის არქიტექტურა, რაც თავის მხრივ განაპირობებს ვაზის მიკროკლიმატს, რომელიც შემდეგში აისახება ტრანსპირაციის სიჩქარესა და ინტენსივობაზე (Wilson et al., 2020).

წყლის სტრესის დროს, იხურება ბაგეები, რათა შემცირდეს წყლის დანაკარგი, რის შედეგადაც მცირდება ტრანსპირაციის სიჩქარე, რაც თავის მხრივ გავლენას ახდენს ფოტოსინთეზზე (Domingues Neto et al., 2023). აქვე, ტრანსპირაციის კლებასთან ერთად, მცირდება ვაზის ფოთოლში ნახშირორჟანგის შემცველობა კარგად მორწყული ვაზის შემთხვევაში, ტრანსპირაციის სიჩქარე 1.0-დან 4.5 მმოლ $m^{-2} s^{-1}$ ψ -f, მაშინ როცა გვალვის დროს, 0.1 to 1.0 მმოლ $m^{-2} s^{-1}$ ψ -f-ს უდრის. ზოგიერთი ჯიშში, გვალვის დროს შედარებით მაღალ ტრანსპირაციის სიჩქარეს ინარჩუნებს, რაც მათ გვალვაგამძლეობის უნარზე მოწმობს. ეს ხშირად გამოწვეულია ისეთი მექანიზმებით, როგორიცაა ღრმა ფესვთა სისტემის ფორმირება ან წყლის ეფექტური გამოყენების უნარი. (Gambetta et al., 2020).

2.4 ვენახში მიმდინარე აგროტექნიკური ღონისძიებები

მცენარის ზრდა და ის თუ როგორ შეძლებს გაუძლოს წყლის სტრესს, დიდწილად დამოკიდებულია ფესვსა და მის განვითარებაზე. ფესვთა სისტემა წარმოადგენს მცენარისთვის საყრდენს ნიადაგში, მაგრამ ასევე ამარაგებს მას საჭირო რაოდენობის წყლითა და საკვები ელემენტებით. გაზაფხულის ვეგეტაცია, სწორედ ფესვსა და სხვა მრავალწლოვან ორგანოებში დაგროვებული საკვები ელემენტების დახმარებით

ხდება. ფესვში ხდება სხვადასხვა ჰორმონების სინთეზი, მათ შორის ისეთების, როგორიცაა აბსციზის მჟავა ან აუქსინი. (Chen et al., 2024) აბსციზის მჟავა მნიშვნელოვანია, ვინაიდან მისი რაოდენობა წყლის სტრესის ან გვალვის დროს, ფესვის ზონაში, საგრძნობლად იმატებს. ის თამაშობს სასიგნალო მოლეკულის როლს, მაშინ, როდესაც აბიოტური სტრესი მაღალია. აბსციზის მჟავა არეგულირებს ფესვის არქიტექტურას ისე, რომ მცენარე ცდილობს გაუძლოს როგორც საშუალო, ასევე ინტენსიურ სტრესს. აბსციზის მჟავის რაოდენობა ფესვში, დამოკიდებულია სტრესის სიძლიერეზე. თუ მცენარე უბრუნდება უსტრესო მდგომარეობას, ABA-ს კონცენტრაციაც მცირდება. (Lovisolo et al., 2016)

რაც შეეხება წყლის სტრესს, ნიადაგი გარკვეულ ეტაპამდე ჰეტეროგენულ მდგომარეობაშია. როდესაც ფესვის ნაწილი სველ და ნაწილი კი მშრალ მდგომარეობაშია, ყლორტის ზრდა დამოკიდებულია იმაზე ტენიანობის სხვაობა აღიქმება თუ არა ერთიდაიგივე ფესვებით. როცა ნიადაგის ზედაპირი მშრალია, მაგრამ პროფილის ნაწილი ისევ სველია, ყლორტის ზრდის შემცირება არ ხდება, იქამდე, სანამ ფესვს უნარი აქვს ნიადაგის ქვედა შრეებიდან წყალი აიღოს. როგორც კი ვაზის სხვადასხვა ფესვი სიმშრალეს შეხვდება, ამ დროს ყლორტის ზრდაც მცირდება (Lovisolo et al., 2002). ფესვის ზრდა სტრესში მყოფ ვაზში იკლებს ორი ფაქტორის კომბინაციის შედეგად- მცენარის წყლის დეფიციტის და მშრალი ნიადაგის გაზრდილი პენეტრაციის რეზისტენტობის შედეგად. (Bangough et al., 2011). აღსაიშნავია, რომ ფესვის ზრდის შემცირება ნაკლებად აღინიშნება, ვიდრე ყლორტის ზრდისა (Wu and Cosgrove 2000). დამატებით, წყლის სტრესის ეფექტი უფრო მეტად ჩანს ფესვის დიამეტრზე, ვიდრე მათ სიგრძეზე. ფესვები უფრო მეტად თხელი ხდება, როცა მცენარე დასტრესილია. ეს ცვლილებები ზრდის ფესვისა და ყლორტის ფარდობას და ინარჩუნებს წყლისა და საკვები ელემენტების მიწოდებას ყლორტებში (Hsiao and Xu, 2000). ვინაიდან, ვაზის განვითარება და მისი ადაპტაცია გარკვეულ შემზღუდავ ნიადაგურ ფაქტორთან დამოკიდებულია ფესვზე, ვაზის შემთხვევაში მნიშვნელოვანია საძირეებზე და მათ როლზე ხაზგასმა.

2.4.1 საძირეები:

მევენახეობაში გამოყენებული საძირეების უმეტესობის მშობელი (Galeet, 1998) დაყრდნობით *V. berlandieri*, *V. riparia* და *V. Rupestris*-ია. თანამედროვე მევენახეობაში

მცნობამ ახალ საფეხურზე გადაინაცვლა და ჰიბრიდული საძირეების მიღებაც დაიწყო. შესაბამისად ახალი თაობის საძირეები განსხვავდებიან ერთმანეთისგან როგორც ფილოქსერას, ასევე გვალვაგამძლეობის, ქლოროზისადმი თუ სხვა მნიშვნელოვანი კომპონენტისადმი ტოლერანტულობა-რეზისტენტულობით. კლიმატის ცვლილების გამო გახშირებულია გარემო ფაქტორებიდან მიღებული სტრესი, რომელიც ერთ-ერთი ფაქტორის შეზღუდვას მაინც ახდენს. ხშირად ვაზი განიცდის როგორც ედაფურ, ნიადაგურ წყლის სტრესს ვეგეტაციის მანძილზე, რაც წყლის ნელი და ეტაპობრივი შემცირებით გამოიხატება, ასევე ატმოსფერული წყლის დეფიციტსაც (Lovisolo et al., 2010). მიუხედავად იმისა, რომ ისტორიულად ვაზი უმეტესწილად არ საჭიროებს ირიგაციას და არ ითვლება ტენის მომთხოვნ მცენარედ, ასევე ის კარგად ეგუება არიდულ ან ნახევრად არიდულ კლიმატს, დღეს მევენახეობა დიდი გამოწვევის წინაშე დგას, რადგან კლიმატის ცვლილების გამო გვალვა და წყლის სტრესი უფრო ხშირი და ინტენსიური გახდა. მიუხედავად იმისა, რომ ვაზს გენეტიკურად რამდენიმე სტრატეგია აქვს რომ წყლის ნაკლებობას გადაურჩეს, ზოგიერთი მოსავლის წყლის დროს ძალიან ეცემა მარცვლის ხარისხი და მისი ქიმიური შედგენილობა. აქვე მნიშვნელოვანია განიმარტოს რამდენიმე სტრატეგია, რომელიც ვაზს ახასიათებს წყლის სტრესთან საბრძოლველად:

1. ფიზიოლოგიური ადაპტაცია, რაც გულისხმობს შემცირებულ ტრანსპირაციას და წყლის შეწოვის გაზრდის მცდელობას. 2. ფენოლოგიური ციკლის შემცირება 3. გადარჩენის მექანიზმის გააქტიურება 4. ზრდის შენარჩუნება წყლის სტრესის დროს ადაპტაციური მექანიზმების გააქტიურებით. აქედან ყველაზე ხშირად, ვაზი ცდილობს დაეყრდნოს პირველ გზას; კვლევაზე (Chaves et al., 2010) დაყრდნობით. ჯერ კიდევ 80-იანი წლებიდან მილანის უნივერსიტეტის სასელექციო ჯგუფი მუშაობს პროექტზე, რომლის ფარგლებშიც შექმნეს საძირე M, რომელიც ოთხ ფორმას მოიცავს M1, M2, M3, M4; აღნიშნული კვლევა და მიღებული საძირეები საინტერესოა იმ კუთხით, რომ ერთ-ერთ მშობელ მასალად გამოყენებულია ევროპული ვაზი-*V. vinifera*. ეს ცვლის მცნობის ისტორიას და მრავალფეროვანს ხდის იმ გენოტიპებს, რომლებიც ჩართულნი იყვნენ ტრადიციულ მცნობაში. ახალ გენოტიპებს უმნიშვნელოვანესი როლი აქვთ კლიმატის ცვლილების პერიოდში, ვინაიდან ისინი საშუალებას აძლევენ ვაზს უკეთ შეეგუოს არასასურველ გარემო პირობებს, მათ

შორის წყლის სტრესსა და გვალვას (Schultz and Stoll, 2010). აღნიშნული საძირების ოთხი ფორმა გამოირჩევა შემცირებული მოსავლით, ასევე კალიუმის და მაგნიუმის უკეთესი აბსორბციით, ანტოციანების აკუმულაციის გაუმჯობესებული სიჩქარით და პოლიფენოლების დროული მომწიფებით. M2, M4 გამოირჩევიან წყლის სტრესისადმი მაღალი გამძლეობით, რაც გამოიხატება როგორც მეტაბოლური ასევე ფიზიოლოგიური ადაპტაციით. კვლევაზე (Meggio et al., 2014)დაყრდნობით, რომელიც საძირე M4-ს შეისწავლის, ვიგებთ, რომ ამ კონკრეტულ საძირეს ახასიათებს ანიზოჰიდრული ქცევა. კვლევიდან ჩანს, რომ აღნიშნულ საძირეს შეუძლია ბაგეების გამტარობის შენარჩუნება, როდესაც წყლის შემცველობა ძალიან დაბალია ნიადაგში (დაახლოებით 30%). გაძლიერებული სტრესის დროს და მისი მოხსნის შემდგომ, საძირემ შეძლო ფოტოსინთეზური აქტივობის აღდგენა და აკლიმატიზაცია, ასევე მოახერხა ბაგეების მექანიზმის ფუნქციონალურად შენარჩუნება. რაც შეეხება ტრანსპირაციას და ჰორმონალურ ცვლილებებს, ტრანსპირაციის შემცირების შემდგომ საძირეში გვალვის დროს, ფოთოლში გაიზარდა აბსციზის მჟავის, როგორც სასიგნალო ჰორმონის რაოდენობა და შენარჩუნდა სტრესის დროსაც. გარდა აბსციზის მჟავისა, საძირეში ექსპრესირდა JA, GA გენები, რომლის დახმარებითაც ჟასმონატები და გიბერელინის ფიტოჰორმონები ჩაერთო პროცესში, რაც თავის მხრივ არეგულირებს მცენარის ქმედებას და საპასუხო რეაქციას როგორც აბიოტური, მათ შორის გვალვის, ასევე ბიოტური გარემო სტრესის მიმართ. მნიშვნელოვანია, რომ აღნიშნულმა კვლევამ დააფიქსირა საძირეში რეზვერატროლის დიდი რაოდენობა. რაც შეეხება რეზვერატროლს და მის ტრანს ფორმას, ცნობილია, რომ მას უდიდესი როლი აქვს სტრესის დროს სხვადასხვა ოქსიდაციური ნაერთების განადგურებაში. . ამ კუთხით M4-ის საძირეს საინტერესო უნარი აქვს, რაც გულისხმობს იმას, რომ წყლის სტრესის დროს მას შეუძლია შეამციროს რეაქტიული ჟანგბადი, რაც კავშირშია სტილბენების ბიოსინთეზის პროცესთან. მცენარეული სტილბენები მიეკუთვნება ფიტოალექსინების ოჯახს, რომელიც მცენარეთა თავდაცვის რეაქციებში მონაწილეობენ. მათი ბიოსინთეზი ვაზში სტრესული ფაქტორების დროს განსაკუთრებით აქტიურად მიმდინარეობს (Chaves and Oliveira, 2004). გარდა რეზვერატროლისა ვაზში გვხვდება ვინიფერინები,პტეროსტილბენები და სხვა.ბუნებით სტილბენები მცირე ზომის, მცირე მასის, ლიპოფილური და რაც

მთავარია ანტიმიკრობული მოქმედების ნივთიერებები არიან. STS ანუ სტილბენსინთაზა მთავარი ენზიმი, რომელიც რეზვერატროლს ასინთეზირებს. (Romero-Pérez, Lamuela-Raventós, and Torre-Boronat, 1996) თავის მხრივ სტილბენსინთაზა ჰგავს ქალკონსინთაზას, მაგრამ ის მხოლოდ სტილბენის მწარმოებელ მცენარეებშია წარმოდგენილი. ვაზში ორივე მათგანი გვხვდება (Waterhouse and Lamuela-Raventós, 1994). პრაქტიკულ მევენახეობაში საძირის ზემოხსენებულ უნარს დიდი მნიშვნელობა აქვს, ვინაიდან ROS-ის განეიტრალების თუ დეტოქსიკაციის უნარი აღნიშნულ საძირეს საშუალებას აძლევს, რომ განივითაროს ლატერალური ფესვები. ლატერალური და დამატებითი ფესვები საბოლოოდ ვაზს ეხმარება წყლის სტრესის დროს, მეტი რაოდენობით, უფრო ფართო ტერიტორიიდან მოიძიოს და შეიწოვოს წყალი. აღნიშნული ხდება ფესვის ელონგაციის ხარჯზე, რაც თავის მხრივ უჯრედის ზრდასთანაა კავშირში. კვლევაზე (Prinsi et al., 2018) დაყრდნობით, M4-ის ფესვებში სახამებლის დამშლელი ენზიმების რაოდენობაა გაზრდილი, რაც თავის მხრივ კავშირშია საქაროზის სინთეზთან, რაც საბოლოოდ მცენარეს საშუალებას აძლევს გადალახოს წყლის სტრესის შედეგად შემცირებული ფოტოსინთეზური აქტივობა. წყლის სტრესის მიმართ ტოლერანტული საძირეები სწორედ ამ უნარით გამოირჩევიან. რეაქტიული ჟანგბადის დამშლელი ენზიმებია ძირითადად გლუტათიონ რედუქტაზა და კატალაზა, რომელიც საძირეში დიდი რაოდენობით დაგროვდა. ასევე მნიშვნელოვანია, რაც ახალ საძირეს ახასიათებს არის ენზიმების მაღალი რაოდენობა, რომელიც თავის მხრივ მონაწილეობენ სტილბენების და ფლავონოიდების სინთეზში, რაც თავის მხრივ ამყარებს კვლევის შედეგს, რომლის მიხედვითაც საძირის ტოლერანტობა წყლის სტრესის მიმართ განპირობებულია ანტიოქსიდანტური ნივთიერებების, კერძოდ კი რეზვერატროლის მაღალი რაოდენობით დასინთეზების უნარით. საინტერესოა ისიც, რომ ვაზის ყლორტის წვერები ოსმორეგულირების უნარით გამოირჩევიან, რაც გულისხმობს შაქრებისა და სხვადასხვა ამინომჟავების აკუმულაციას რათა შემცირდეს $\Psi_{\text{ფესვის}}$, რაც თავის მხრივ გაზრდის წყლის ათვისებას და ზრდას, ასეე შეამცირებს ქსილემის კავიტაციის რისკს (Schultz and Matthews, 1988). უფრო ძლიერი სტრესის დროს, გამტარი კონეები კავიტირებენ, რაც ხელს უშლის წყლის დინებას. ნიადაგის სიმშრალე ამცირებს მიკრობულ აქტივობასაც, რასაც თავის

მხრივ გავლენა აქვს მინერალური ნუტრიენტების და ორგანული საფარის ტრანსფორმაციაზე. საბოლოოდ თუ წყლის დეფიციტი იმდენად დიდია, რომ ფესვის ზრდა შეამციროს, ეს თავის მხრივ აისახება საკვები ელემენტების, ნუტრიენტების გადაადგილების და ტრანსპორტირების სიჩქარეზე. ირღვევა კანოპის ბალანსიც, ვინაიდან მწვანე ნაწილების მომარაგება აღარ ხდება საკვები ელემენტების მიერ. ამ დროს ვაზს უწევს გამოიყენოს სამარაგო, მრავალწლოვან ნაწილებში არსებული ნუტრიენტები. ნიადაგის ტენიანობის შემცირება ასოცირებულია ფესვის დაბალ რესპირაციასთანაც. შესაბამისად დაახლოებით 5%-ზე ქვემოთ არსებულ ნიადაგური ტენიანობის დროს, ფესვი იწყებს კვდომას. (Pereira et al., 2017)

2.4.2 ვაზის გენეტიკური მახასიათებლები

ვაზის გენეტიკური მახასიათებლები წყლის სტრესთან ბრძოლაში სამიწებთან ერთად, აღსანიშნავია ჯიშის, სანამყენე ნაწილის გამძლეობა და დამოკიდებულება წყლის სტრესის მიმართ, რასაც რამდენიმე ფაქტორი განაპირობებს. მაგალითად, ის თუ როგორ არეგულირებს ბაგეებს კონკრეტული ჯიში, განსაზღვრავს მცენარის მიერ წყლის ეფექტურ გამოყენებას. გვავლის დროს, ზოგიერთი ჯიში და გენოტიპი ხურავს ბაგეებს უფრო დროულად, რაც ამცირებს ტრანსპირაციის ანუ წყლის აორთქლების და დანაკარგის სიჩქარეს. აღნიშნული ენდოგენურად, ხშირად აბსციზის მჟავის დახმარებით ხორციელდება. აღსანიშნავია ფოთლის მორფოლოგია და ზომა. რაც უფრო პატარაა ფოთოლი, ან აქვს სქელი კუტიკულა, მით უფრო განსხვავებულია წყლის ტრანსპირაცია. გენეტიკურ თავისებურებას ასევე განაპირობებს ფენოლური ნაერთების დაგროვება, მცენარეული ზრდის რეგულატორების და სასიგნალო მოლეკულების წარმოქმნის სიჩქარე. ამასთანავე მნიშვნელოვანია სპეციფიური ცილების წარმოქმნა, რომელიც ეხმარება ვაზს ოსმოსური სტრესის დარეგულირებაში, როდესაც გვალვა დიდხნიანია. რაც შეეხება ფესვთა სისტემას, როგორც სამირის შემთხვევაში, ჯიშის გენოტიპშიც მნიშვნელოვანია ფესვთა სისტემის არქიტექტურა. თუ რა სიღრმეზე და ინტენსივობით შეუძლია ფესვთა სისტემას ზრდა. აღნიშნული განპირობებულია გარკვეული გენებით, რომელიც ფესვის მოქმედებას განსაზღვრავს. სანამყენე თუ სამირე კომპონენტის გენეტიკური მახასიათებლები, მნიშვნელოვანი ფაქტორია

იმისა, რომ გვალვის წინააღმდეგ საბრძოლველი სტრატეგია პრობლემურ რეგიონებში, სწორად შეირჩეს (Bordes et al., 2015).

3. მეთოდოლოგია

3.1 მთავარი ამოცანები:

კვლევის მთავარ მიზანს წარმოადგენდა კაბერნე სოვინიონისა და მაგალობლიშვილის ჯიშის ვაზების შემგუებლობის შესწავლა საქართველოს სხვადასხვა ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებთან და მათი ფარდობითი გვალვავადობის კვლევა; შესაბამისად, კვლევის ფარგლებში ჩამოყალიბდა რამდენიმე ამოცანა, რაც მოიცავდა ისეთი საკითხების კვლევა-ანალიზს, როგორიცაა:

1. ვაზის ჯიშების მაგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფიზიოლოგიური პროცესების ფუნქციონირება ქართლის რეგიონში. ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის ინტენსივობა, ფლუორესცენციის პარამეტრების შესწავლა. ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის დღიური დინამიკის კვლევა. მაგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ვაზის ფოთლებში პიგმენტების (ქლოროფილი ა და ბ; კაროტინოიდები) შემცველობის წლიური დინამიკის დადგენა.
2. ვაზის ჯიშების მაგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფიზიოლოგიური პროცესების ფუნქციონირება კახეთის რეგიონში.
3. სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ფარდობითი გვალვავადობის წინასწარი დიაგნოსტიკის ექსპრესს მეთოდი. ვაზის ფოთლებში წყლის შემცირების გზები; ვაზის ფოთლებში წყლის ფარდობით მნიშვნელობის დინამიკის კავშირი ჯიშურ თავისებურებებთან ფლუორესცენციის პარამეტრების მნიშვნელობების დამოკიდებულება ფოთლებში წყლის ფარდობით მნიშვნელობასთან.
4. ჯიშების მაგალობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონის ფარდობითი გვალვავადობა. ჯიშების მაგალობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონის ფარდობითი გვალვავადობა ქართლის რეგიონში. ჯიშების მაგალობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონის ფარდობითი გვალვავადობა კახეთის რეგიონში. ჯიშების მაგალობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონის ფარდობითი გვალვავადობის შესწავლა მოდელოვანი პირობებში.

5. მიკროვინიფიკაცია

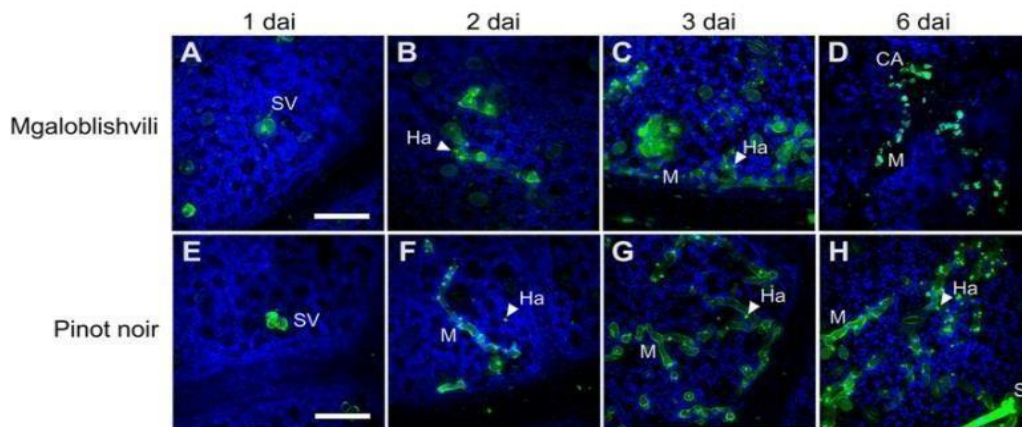
3.2 კვლევის ობიექტი-საკვლევი ჯიშების შერჩევა:

იმ შემთხვევაში, როდესაც საქმე კლიმატის ცვლილებას ეხება, მნიშვნელოვანია ისეთი ჯიშის მოძიება, რომელიც შეძლებს წყლის სტრესთან ადაპტაციას. გარდა ამისა, ჯიშს უნდა ჰქონდეს მაღალი ენოლოგიური მახასიათებლები და მნიშვნელოვანია მისი სელექციაც ფიტოსანიტარული კუთხით, რაც საბოლოოდ ჯიშის ეკომეგობრულობასაც განაპირობებს.

სწორედ ამიტომ, ერთ-ერთ საკვლევ ობიექტად ვაზის ქართული, იმერეთში გავრცელებული, წითელყურძნიანი ვაზის ჯიში, სახელად მგალობლიშვილი შეირჩა. მნიშვნელოვანია, მგალობლიშვილის მთავარი მახასიათებელი, რაც გულისხმობს ჭრაქის მიმართ მის მაღალ გამძლეობას (Sargolzaei et al., 2020). კვლევა, რომელიც ჩატარდა იტალიასა და საქართველოს ერთობლივი მუშაობის შედეგად, გვამცნობს, რომ ექსპერიმენტში ჩართული მგალობლიშვილის ჭრაქით დასენიანების პროცენტულობა 25% იყო, მაშინ, როცა პინო ნუარი 84%-ით დასენიანდა. კვლევამ აჩვენა, რომ მგალობლიშვილის წარმოდგენილია სამი ლოკუსი, რომლებიც მცენარის ამ უნარზე არიან პასუხისმგებელი. შემდეგია ლოკუსების დასახელება- Rpv29, Rpv30 და Rpv31 (Toffolatti et al., 2018) სამივე ლოკუსი ასოცირებულია მცენარის მიერ ბიოტურ სტრესთან გამკლავებასთან, რაც გულისხმობს პათოგენის ცნობასა და სიგნალის გადაცემას. გენეტიკური თავდაცვითი აქტივობა კი გამოიხატება მგალობლიშვილის ქცევაში შემდეგნაირად, რომ ის შეჭრის მომენტშივე სცნობს პათოგენს, აგზავნის ჰორმონალურ სიგნალებს, რომელიც მცენარეთა ზრდის რეგულატორებით გადაიცემა, რაც თავის მხრივ ააქტიურებს მცენარის იმუნიტეტს. შედეგად ვაზში ანტიმიკრობული ნაერთებისა თუ ენზიმების სინთეზი მიმდინარეობს. საბოლოოდ კი ირთვება სისტემურად შეძენილი რეზისტენტობა (SAR), რაც PR1 ცილის ხარჯზე ხდება (Ricciardi et al., 2022) . აღნიშნული რეზისტენტობა ევროპული ვაზის (*Vitis vinifera sativa* DC) ჯიშებისთვის გამოჩვენებულია და ძირითადად ამერიკულ ან აზიურ სახეობებს ახასიათებთ ხოლმე (Bacilieri et al., 2013). ჭრაქის მიმართ გამძლეობა, ნიშნავს იმას, რომ შეწამვლების რიცხვი, რაც საქართველოს ფარგლებში 10-15-ს შორის მერყეობს, შეიძლება

შემცირდეს, რაც გარემოსთვის სასარგებლოა. ჯიშს ხდის ეკომეგობრულს და ამასთანავე ამცირებს ეკონომიკურ დანახარჯს.

აღნიშნული გენეტიკური მექანიზმი, რომელიც ჭრაქის მიმართ მეტ მედეგობას ანიჭებს ვაზს, მაგალობლიშვილს ხდის ეკომეგობრულს, რაც საინტერესო შედეგებს აჩვენებს ასევე ენოლოგიური კუთხით. სურათზე (სურათი 2) წარმოდგენილია კონფოკალური მიკროსკოპის შედეგი, სადაც ნათლად ჩანს სპორების გავრცელების სიხშირე. (Toffolatti et al., 2018)



Time course colonization of Mgaloblishvili (A–D) and Pinot noir (E–H) leaves by *P. viticola* at 1 (A,E), 2 (B,F), 3 (C,G) and 6 (D,H) days after inoculation (dai) visualized through confocal microscopy. *SV = substomatal vesicle; M = mycelium; Ha = haustorium; S = sporangiophore; CA = callose deposition. Green: aniline blue staining; blue: chlorophyll. Scale bar: 50 μ m.

სურათი 2: მაგალობლიშვილისა და პინო ნუარის კოლონიზაცია დროის გარკვეულ მონაკვეთში.

აქვე უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ მსგავს თემატიკაზე მუშაობს მევენახეობის კუთხით წამყვანი რამდენიმე უნივერსიტეტი და სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი მსოფლიოს მასშტაბით. ერთ-ერთი ბოლო კვლევის თანახმად, რომელიც საფრანგეთის რამდენიმე რეგიონში ჩატარდა, გამოიკვეთა ის, რომ ვაზის მრავალი ჯიშში შესასწავლია და მათი ფენოტიპირება საშუალებას მოგვცემს ჰიბრიდიზაციისა თუ სელექციის შედეგად ახალი ჯიშები მივიღოთ, რომლებიც კლიმატის შედეგად გახშირებული დაავადებებისა, თუ წყლის სტრესის პრობლემას მეტად გაუძლებენ. (Torregrosa et al., 2010).

სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო კვლევითი ცენტრის ჯილაურას ბაზაზე, ვენახის ყველაზე დიდ ცოცხალ კოლექციაში წარმოდგენილია მაგალობლიშვილი, რომლის აღწერაც OIV-ს და UPOV-ის დესკრიპტორებით მოხდა.

ძირითადი ამპელოგრაფიული მახასიათებლები:

ახალგაზრდა ყლორტი

2	ზრდის კონუსის გახსნილობა	(5) გახსნილი
4	ზრდის კონუსზე განთხმული შებუსვის ანტოციანური შეფერილობა	(1) არ არის ან ძალიან სუსტი
3	ზრდის კონუსზე განთხმული შებუსვის სიხშირე	(9) ძალიან ხშირი

ყლორტი

9	დგომა (ახვევამდე)	(3) ნახევრად-სწორმდგომი
10	მუხლათაშორისების შეფერვა ზურგის მხარეს	(2) მწვანე და წითელი
11	მუხლათაშორისების შეფერვა მუცლის მხარეს	(1) მწვანე

ახალგაზრდა ფოთოლი

6	ფოთლის ზედა მხარის შეფერილობა	(4) სპილენძის/ბრინჯაოსფერი
7	ფოთლის ქვედა მხარეს მთავარ ძარღვებს შორის განთხმული შებუსვის სიხშირე	(7) ხშირი

სურათი 3- მაგალობლიშვილის ვაზის რამდენიმე ამპელოგრაფიული დესკრიპტორი (ეროვნული კატალოგი).

რაც შეეხება კაბერნე სოვინიონს, ის მსოფლიოში ერთ-ერთი ყველაზე მეტად გავრცელებული წითელი ჯიშია, რომლის ფესვებიც საფრანგეთში, კერძოდ კი ბორდოს რეგიონშია. პროფილირება, რომელმაც მშობლური კავშირი დაადგინა, 1996 წელს ჩატარდა UC DAVIS-ში((Documentary Collections of the Centre de Ressources Biologiques de la Vigne de Vassal-Montpellier). დნმ-პროფილირება გულისხმობს, მცენარის დნმ-ის კვლევასა და ანალიზს, რომელსაც შეუძლია მცენარის გენეტიკის შესახებ დაზუსტებული ინფორმაციის მოწოდება. დნმ მარკერების დახმარებით ხდება ჯიშის ამოცნობა და დადგენა (Galet, 2015). აღნიშნულმა კვლევამ აჩვენა, რომ კაბერნე სოვინიონი კაბერნე ფრანისა (წითელყურძნიანი) და სოვინიონ ბლანის (თეთრყურძნიანი) შვილია, რომელთა შორისაც დამტკვერვა სპონტანურად, ბუნებრივად მე-17 საუკუნეში მოხდა, რისი შენარჩუნებაც მევენახეების მიერ, ვეგეტატიური გამრავლებით მოხერხდა (Viala and Vermorel, 1901).

კაბერნე სოვინიონის ამპელოგრაფიული მახასიათებლები მოიცავს მარცვლის სქელ კანს, კანის მუქ ანტოციანურ შეფერვას, საშუალო ზომისა და სიკუმსის მტევანს. რაც შეეხება ფოთლის ფორმას, მას აქვს მომრგვალო ფორმა, ფოთლის ფირფიტის შებუსვა

კი გართხმულია. დესკრიპტორებზე დაყრდნობით, ფოთლისთვის 7კბილიანი დანაკვეთა არის მისთვის დამახასიათებელი, რაც შეეხება სინუსის ამონაჭერს U-ს ფორმა აქვს, ხოლო ამონაკვეთი მცირედით კვეთავს ერთმანეთს. რაც შეეხება კბილების ფორმას საშუალო ზომისაა. მარცვალი მრგვალია, საშუალო ზომის (Fruit Varieties: Description" 2024). ფენოლოგიის მიხედვით, კვირტის გაშლა შასლას მიმართებაში 13 დღის შემდგომ ახასიათებს, რაც შეეხება მომწიფებას, 3-3.5 კვირით მეტი სჭირდება შასლასთან მიმართებაში (Clarke, 2001). აღსანიშნავია საშუალო ზომის რქა, გრძელი მუხლთაშორისი და გრძელი მტევნები. პწკალის სწრაფი ლიგნიფიცირება. ბაზალური და დისტალური კვირტები ფერტილურია. აღსანიშნავია ისიც, რომ ზოგიერთი საძირე კაბერნეში ზრდის კლერტის ხმობის შანსს, ამის მაგალითია SO4. ნიადაგის კუთხით, კაბერნეს კარგი შედეგის მოცემა შეუძლია დრენაჟირებულ, ქვიან ნიადაგზე. რაც შეეხება სელექციას, ამ ეტაპზე კაბერნეს 18 სერთიფიცირებული კლონი არსებობს: 15, 169, 170, 191, 216, 217, 218, 219, 267, 269, 337, 338, 410, 411, 412, 685, 1124 და 1125 (Vitis International Variety Catalogue 2014), რაც შეეხება ცოცხალ კოლექციას ბორდოში, ჯამურად 250 კლონია მოგროვებული, 1966-1988 წლებში (Stevenson, 2005).

კაბერნე დაავადებების მიმდევრობის კუთხით დაბალი გამძლეობით გამოირჩევა, განსაკუთრებით ჭრაქის მიმართ, ასევე მოწყვლადია ესკასა და ეუტიპას მიმართ. სტანდარტულად, კაბერნესგან მიღებული ღვინო ხასიათდება საშუალოზე მეტი ტანინით და კარგი ანტოციანური შეფერვით. რაც შეეხება არომატებს, მეთოქსიპირაზინების არსებობს გამო, მისთვის დამახასიათებელია მწვანე ბულგარული წიწაკის და სხვა ვეგეტატიური ტონები (Carpenter, 2016).

კაბერნე სოვინიონის შერჩევის მიზეზი კვლევაში ისაა, რომ ის ერთადერთი უცხოური ჯიშია, რომელიც ქართული მიკროზონის, კერძოდ „თელიანის“ შედგენილობაში შედის. კაბერნე, საქართველოს ტერიტორიაზე ამჟღავნებს იმ ენოლოგიურ ნიშან-თვისებებს, რომლითაც ასე გამოირჩევა სხვა ჯიშებისგან. დღეს, ღვინის ბაზარზე, მისი როგორც ცალკე, ასევე საფერავთან ბლენდის სახით მოძიება შეიძლება. საკვლევად შერჩეული ვაზის ჯიშების ჯიშური სიწმინდე შემოწმებულია OIV-ისა და UPOV-ის დესკრიპტორების მიხედვით. რაც შეეხება მგალობლიშვილს, რომელიც ჯილაურას კვლევით ბაზაზეა გაშენებული, მისმა დნმ კვლევამ SNPs, SSSR

მარკერებით, დაადასტურა ჯიშის გენეტიკური სიწმინდე. კვლევის პერიოდში ასევე გამოვიყენეთ ქართული ჯიშები: რქაწითელი, საფერავი, ჩინური, ცოლიკოური, მწვანე კახური.

3.3 ექსპერიმენტის სქემა:

კვლევის ლოკაცია სამ ნაწილს მოიცავდა. მინდვრის ცდა შედგებოდა ორი რეგიონისგან, კერძოდ ქართლი, სოფელი ჯილაურა, კახეთი სოფელი ნაფარეული და ყვარელი. რაც შეეხება ქოთნის ექსპერიმენტს, ის სოფელ სელექციაში, მცხეთის რაიონში ჩატარდა.

სოფელი ჯილაურა მცხეთის მუნიციპალიტეტში მდებარეობს, კერძოდ მდინარე თემის მარჯვენა მხარზე. მონაცემებზე დაყრდნობით, ის ზღვის დონიდან 580 მეტრზეა გაშენებული. სწორედ ჯილაურაში მდებარეობს ვაზის გენეტიკური რესურსის ცოცხალი კოლექცია, სადაც 500 მდე ადგილობრივი, ავტოქტონური ვაზის ჯიშია გაშენებული. ჯილაურა, ქართლის შუალედური კლიმატის გამო, საშუალებას იძლევა მგალობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონი გვერდიგვერდ იზრდებოდნენ, რის გამოც ის საკვლევ ტერიტორიად შეირჩა. რაც შეეხება კახეთში, სადაც მდებარეობს შპს „ლოპოტას სპა და რესორტი“, შეირჩა კაბერნე სოვინიონის ნარგაობა. ნაფარეული მდებარეობს ზღვის დონიდან 420 მ-ზე, მდინარე ლოპოტას (ალაზნის მარცხენა შენაკადი) მარცხენა ნაპირზე. მგალობლიშვილი კი მოძიებულ იქნა, ქინძმარაულის მარნის კოლექციაში, რომელიც ყვარელშია (ცალგვერდას აღმოსავლეთი, მეორე კარი) განთავსებული, მდებარეობს ზღვის დონიდან დაახლოებით 450მ-ზე. რაც შეეხება საძირეებს, ყველა შემთხვევაში ვაზი დამყნობილი გახლდათ საძირე 5BB-ზე. ასაკი კი 16-20 წლის ფარგლებში მერყეობს. რაც შეეხება ნიადაგს, ჯილაურას საცდელ ნაკვეთში ძირითადად გავრცელებულია მდელოს ყავისფერი ნიადაგი, ზოგ ადგილზე გვხვდება ალუვიური ნიადაგების ფრაგმენტული მინარევებით. წარმოდგენილი ნიადაგი ძირითადად ხასიათდება მარცვლოვან- კომტოვანი სტრუქტურით, ზოგჯერ კი გვხვდება ქვიან-კენჭოვან ხირხატიანი ადგილები. რაც შეეხება ლოპოტას ტერიტორიას, სავენახე ნიადაგი არის საშუალო თიხნარი, pH მერყეობს ნეიტრალურის გარშემო, კარბონატების წილი ძალიან მცირეა, ასევე დაბალია ორგანული მასაც.

რაც შეეხება სოფელ სელექციაში ჩატარებულ ცდას, ის მოიცავდა ქოთნის ექსპერიმენტს. თითოეული ჯიშისთვის შეირჩა 10-10 მცენარე. საკვირტე მასალა მცნობისთვის, აღებულიქნა ჯილაურას კვლევით ბაზაზე, რომელიც წესების დაცვით დაემყნო სანერგე „გეო-ნერგში“. მცნობა მაგიდაზე, ომეგასებრი აპარატით შესრულდა, ხოლო პროცედურა სტანდარტულ ეტაპებს მოიცავდა, რაც გულისხმობს მცენარის სტრატეგიკაციას, პარაფინირებას და ერთწლიან პერიოდს სანერგეში. მიღებული ნერგი, ხასიათდებოდა კარგად ჩამოყალიბებული ფესვთა სისტემით, ანუ 1 ძირითადი და დაახლოებით 5 დამატებითი ფესვით, მცნობის წერტილის კარგი შეხორცებით. ნერგები დაირგო თებერვლის ბოლოს, ტორფნემომპალიან, პერლიტდამატებულ 10-ლიტრიან ქოთნებში (70%:30%), საიდანაც, ადაპტაციის შემდგომ, ივნისიდან ნაწილს შეეწყვიტა ირიგაცია შემდგომი დაკრირვებისთვის, ნაწილი კი საკონტროლოდ იქნა გამოყენებული. გამოყენებული სუბსტრატი იყო სტერილური, ხოლო pH უდრიდა 7-ს.

ცხრილში წარმოდგენილია შპს „ლოპოტას“ ტერიტორიაზე ჩატარებული ნიადაგის ანალიზის კვლევა.

ლაბორატორიული კვლევა ჩატარებულია შპს „ლოპოტა“-ს მიერ წარმოდგენილ ნიადაგ ათ ნიმუშზე.

ნიადაგის ნიმუშებს ჩაუტარდა ლაბორატორიული კვლევა მოთხოვნილ მახასიათებლებზე ლაბორატორიული ანალიზის შედეგები მოცემულია ცხრილებში #1-10.

ცხრილი #1. ნიადაგის ანალიზის შედეგები ("საფერავი" ნიმუში #1)

მახასიათებელი	ანალიზის შედეგი	კატეგორია	ზღვარი
pH (წყლის გამონაწერში)	7.20	ნეიტრალური	6.5-7.3
კარბონატები (%)	0.00	უკარბონატო	-
ორგანული ნივთიერებები (%)	4.46	საშუალო	4-6
აზოტი (N) მგ/კგ (მცენარისთვის ხელმისაწვდომი)	25.76	ძალიან დაბალი	0-40
ფოსფორი (P ₂ O ₅) მგ/კგ (მცენარისთვის ხელმისაწვდომი)	102.86	ძალიან მაღალი	>90
კალიუმი (K ₂ O) მგ/კგ (მცენარისთვის ხელმისაწვდომი)	344.43	მაღალი	241-400
ჰიგროსკოპული წყალი (%)	1.63	-	-

ცხრილი #2. ნიადაგის ანალიზის შედეგები ("საფერავი" ნიმუში #2)

მახასიათებელი	ანალიზის შედეგი	კატეგორია	ზღვარი
pH (წყლის გამონაწერში)	7.22	ნეიტრალური	6.5-7.3
კარბონატები (%)	0.00	უკარბონატო	-
ორგანული ნივთიერებები (%)	4.29	საშუალო	4-6
აზოტი (N) მგ/კგ (მცენარისთვის ხელმისაწვდომი)	21.94	ძალიან დაბალი	0-40
ფოსფორი (P ₂ O ₅) მგ/კგ (მცენარისთვის ხელმისაწვდომი)	104.15	ძალიან მაღალი	>90
კალიუმი (K ₂ O) მგ/კგ (მცენარისთვის ხელმისაწვდომი)	206.36	საშუალოზე მაღალი	181-240
ჰიგროსკოპული წყალი (%)	1.42	-	-

მაზასიათებელი	ანალიზის შედეგი	კატეგორია
pH (წყლით გამონაწურში)	9.03	ძალიან ძლიერ ტუტე
კარბონატები (%)	25.47	ძალიან ძლიერ კარბონატული
ორგანული ნივთიერებები (%)	2.40	დაბალი
ფოსფორი (P ₂ O ₅) მგ/კგ (მცენარისთვის ხელმისაწვდომი)	8.4	ძალიან დაბალი
კალიუმი (K ₂ O) მგ/კგ (მცენარისთვის ხელმისაწვდომი)	119.08	დაბალი
შთანთქმული კალციუმი (Ca) მგ.ექვ./100 გ	22.05	-
შთანთქმული მაგნიუმი (Mg) მგ.ექვ./100 გ	0.68	-
შთანთქმული ნატრიუმი (Na) მგ.ექვ./100 გ	0.09	-
შთანთქმის ტევადობა მგ.ექვ./100 გ	22.82	საშუალო
შთანთქმული ნატრიუმის (Na) წილი შთანთქმულ კათიონებში	0.39	არ არის ბიციკლიანი

ცხრილში მოცემულია სოფლის მეურნეობის სამეცნიერკო-კვლევითი ცენტრის, ჯილაურას ბაზის ნიადაგის კვლევის შედეგები.

ლიტერატურულ მონაცემებზე დაყრდნობით, ცნობილია, რომ ვენახი კარგად იზრდება 5.5-9.0 pH მაჩვენებლის ინტერვალში, სწორედ ამ საზღვრებშია წარმოდგენილი საკვლევი ვენახების შედეგებიც (Urushadze et al, 2021).

3.4 კვლევაში გამოყენებული დანადგარები და პროცედურა

3.4.1 GFS 3000 და გამოყენების მეთოდოლოგია:

გაზთამომოცვლის პროცესის შესწავლის საფუძველზე აგებული სამეცნიერო კვლევის აპარატი GFS3000 შექმნილია გერმანიაში, კომპანია WALZ-ის მიერ შეიქმნა, რათა გაიზომოს ისეთი ფიზიოლოგიური პროცესები, როგორიცაა ფოტოსინთეზი(A), ტრანსპირაცია და რესპირაცია, რაც თავის მხრივ ასევე მოიცავს ბაგეების გამტარუნარიანობას(g_s), ტრანსპირაციის სიჩქარესა(E) და შიდაუჯრედული ნახშირორჟანგის კონცენტრაციას(C_i).



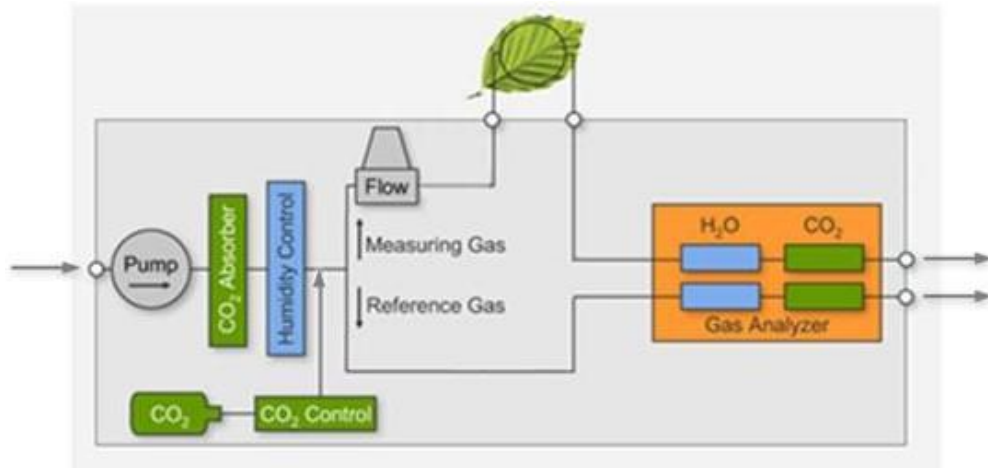
სურათი 4- GFS 3000

GFS 3000 წარმოადგენს პორტატულ აპარატს, ამიტომ პროცესების კვლევა შეგვიძლია ჩავატაროთ როგორც ლაბორატორიულ პირობებში, ისე საველე პირობებში. ლიტერატურაზე დაყრდნობით, ის გამოიყენება მცენარეთა ფიზიოლოგიურ ან ეკოფიზიოლოგიურ კვლევებში. კვლევები ძირითადად სწავლობს მცენარის პასუხს გარემო ცვლილების მიმართ. ხშირად გამოიყენება გვალვის მიმართ რეზისტენტობის შესწავლაში, მაგალითად თუ როგორ მართავენ მცენარეები წყლის სტრესს, გაზთაცვლის გამოყენებით და რაღა თქმა უნდა, ის ხშირად გზვდება კლიმატის ცვლილების სწავლაშიც, რადგან GFS 3000-ს უნარი აქვს შექმნას ხელოვნური გარემო და კვლევაზე მორგებული კონდიციები.

რაც შეეხება ფუნქციონალურობას, ის იყენებს კიუვეტის სისტემას, რათა მცენარის ფოთოლში მიმდინარე პროცესები ზუსტად გაზომოს, რაც აძლევს საშუალებას გააკონტროლოს ნახშირორჟანგი, მისი კონცენტრაცია, ტენიანობა, ტემპერატურა და სინათლე. კვლევა მოიცავს მცენარესა და გარემოს შორის გაზთაცვლის პროცესის აღრიცხვას - შთანთქმული ნახშირორჟანგისა და გამოყოფილი ჟანგბადის გაზომვას. გაზომვისას, ფოთოლი თავსდება სპეციალურ კამერაში, რის შედეგადაც მისი კვლევა და მასზე მანიპულაციაა შესაძლებელი. რაც შეეხება აირის ცვლის სისტემას, სწორედ მისი დახმარებით იზომება და კონტროლდება აირთა მიმოცვლა. ხელსაწყო მოიცავს

კიუვეტს, ინფრაწითელ გაზ ანალიზატორს, რომელიც ზომავს ნახშირორჟანგის კონცენტრაციას და წყლის ორთქლს ჰაერში, რომელიც შედის და გადის კიუვეტში. აღსანიშნავია სინათლის წყაროც, რომელიც პროგრამულ ლედ-ნათებას წარმოადგენს და სხვადასხვა ფერთა სპექტრითაა გამოხატული; სენსორებს ტემპერატურის და ტენიანობის საზომად და ჰაერის ნაკადის დინების რეგულატორს.

გაზთა ცვლა გულისხმობს პროცესს, რომლის დროსაც მცენარეები ცვლიან აღნიშნულს, გარემოსთან. ეს მოიცავს ისეთ აირებს, როგორიცაა ჟანგბადი, წყლის ორთქლი და ნახშირორჟანგი. ნახშირორჟანგისა და ჟანგბადის ცვლა კი თავის მხრივ პირდაპირ კავშირშია ფოტოსინთეზთან, ხოლო წყლის აორთქლება კი მცენარის მიერ წყლის დაბალანსების პროცესთან. GFS 3000-ს გარდა აღნიშნულთა გაზომვისა, შეუძლია ქლოროფილის ფლუორესცენციის გაზომვაც, რომელსაც PAM- (pulse amplitude modulated) მეთოდით ახერხებს. ეს ეხმარება მკვლევარს, გაიგოს, როგორ იცვლება ენერგიის მოძრაობა ფოტოსინთეზურ პროცესებში. ფლუორესცენციისა და PAR-ის ერთობლივი სწავლა, ასევე საშუალებას იძლევა, რომ შევისწავლოთ ლოკალიზებული დაზიანება. GFS 3000 მუშაობს ღია აირის ცვლის სისტემით. ჰაერის შედგენილობა, კერძოდ CO₂-ის და H₂O-ს დონეები მარტივად და ზუსტად კონტროლდება. როცა აირები შეერევა, ისინი ორ ნაწილად იყოფიან, ერთი, რომელიც უნდა გაიზომოს, ხოლო მეორე, სარეფერენსო, შესადარებელ ნიმუშად. „გამზომი“ აირი მიემართება აპარატის საზომ თავში, სადაც საკვლევი ნიმუშია მოთავსებული. რაც შეეხება „სარეფერენსო-შესადარებელ“ გაზს, ის ანალიზატორის მეორე მხარეს გადაინაცვლებს. მაგალითად, ფოტოსინთეზის შესწავლის დროს, გამზომ თავში მოთავსებული ფოთოლი, შთანთქმავს ნახშირორჟანგს და აღებს ბაგეებს, რათა გამოათავისფლოს წყალი. ეს შედეგად იძლევა სხვაობას CO₂-სა და H₂O-ის კონცენტრაციებს შორის, საზომ და სარეფერენსო გაზებში. ეს კონცენტრაციის ცვლილება და პროცესის ინტენსივობა, გამოიყენება ფოტოსინთეზური ნახშირორჟანგის აბსორბციის და წყლის დანაკარგის გასაზომად.



სურათი 5-GFS 3000-ის მექანიზმი

რაც შეეხება ნახსენებ საზომ თავს, 3010-s-ს, მას ოთხი ტემპერატურული და სინათლის კონტროლის კუთხით, სამი PAM სენსორი აქვს. ტემპერატურული სენსორებია: სამი Pt100-სენსორი, Tcuv, Ttop and Tamb, და ერთი წყვილი Tleaf. Pt100-სენსორები ზომავს აბსოლუტურ ტემპერატურას, ხოლო თერმოწყვილები კი დეფერენცირებულ ტემპერატურულ სიგნალს. რაც შეეხება ლედ სინათლის წყაროს 3041-L, შმდეგი სპექტრული ინტენსივობა აქვს: 16% ლურჯი (400-500 nm), 40% მწვანე (500-600 nm) და 44 % წითელი (600-700 nm).

რაც შეეხება მოწყობილობის ფლუორომეტრს, ქლოროფილის ფლუორომეტრები ზომავენ ქლოროფილის ფლუორესცენციას, რომელიც ძირითადად გამოიყოფა რეაქციული ცენტრის ფს II-ის ანტენებიდან და ემსახურებიან ფსII-ში მიმდინარე ფოტოქიმიური პროცესების წვდომას. ფლუორესცენციის შემთხვევაში, როგორც ყველა PAM ფლუორომეტრი, 3056-FL პულსირებად სინათლებს იყენებს, რათა ამოიცნოს ქლოროფილის ფლუორესცენცია (F). რაც შეეხება Y(II) პარამეტრს, ის ითვლება ორ გაზომვაზე დაყრდნობით, სადაც ფორმულა შემდეგია: $Y(II) = 1 - F/Fm'$. მრავალმა კვლევამ აჩვენა ძლიერი კორელაცია ამ Y(II) მნიშვნელობასა და ფსII-ის ეფექტურ ფოტოქიმიურ კვანტურ გამოსავალს შორის სხვადასხვა ნაწილებში, მაგალითად მცენარის ფოთლებში. Y(II) მნიშვნელობებიდან და ფსII-ის მიერ შთანთქმული სინათლის რაოდენობადას, შესაძლებელია გამოვთვალოთ ელექტრონების ტრანსპორტირების სიჩქარე (ETR). თუ სატურაციის პულსი გამოიყენება სიბნელეში, ფლუორესცენციის პარამეტრებს F და Fm'-ის ნაცვლად

მოიხსენიებენ, როგორც F_o და F_m . ბნელ ადაპტირებულ მდგომარეობაში, ფსII აღწევს თავის მაქსიმალურ ფოტოქიმიურ კვანტურ გამოსავალს, რომელიც მოცემულია $1 - F_o/F_m$ -ით. ეს ურთიერთობა, რომელიც შეიქმნა $Y(II)$ პარამეტრამდე საკმაოდ ადრე, ფართოდ იქნა შესწავლილი და ცნობილია რამდენიმე სახელით, სადაც F_v/F_m არის საერთო, სადაც F_v არის ცვლადი ფლუორესცენცია, რომელიც განისაზღვრება როგორც $F_v = F_m - F_o$. აღსანიშნავია, რომ ამ განმარტების ჩამოყალიბებისას F_o ჩაითვალა როგორც მუდმივად, და არა ცვლადად. მაგრამ მალევე გაირკვა, რომ სინათლის ადაპტირებულ მდგომარეობაში, უშუალოდ მას შემდეგ, რაც შუქი გამორთული იყო და ფარ-წითელი შუქი გამოიყენებოდა მხოლოდ PSI-ს ალგუნებისთვის და ამით ფსII-ის გასახსნელად, ჩამქრალი F_o დონის დაკვირვება შეიძლებოდა. მას ეწოდა F_o' ანალოგი F_m' -ის, ჩამქრალი F_m დონე. (Walz, 2019).რაც შეეხება შემდეგ ცხრილს, აქ წარმოდგენილია პარამეტრები, რომელიც იზომება ხელსაწყოს მიერ ან გამოიყენება კალკულაციაში:

ცხრილი 3-GFS-3000-ის მიერ გაზომილი პარამეტრები

გაზომილი მონაცემი	აღწერა	ერთეული
ფართობი ან წონა	შესადარებელი ნიმუშის ზომა ან წონა	სმ² ან მგ
CO2abs	CO2-ის მოლური ფრაქცია ანალიზატორის რეფერენს უჯრედში უდრის CO2-ის კონცენტრაციას საზომი თავის შესასვლელში;	ppm
CO2sam	CO2-ის მოლური ფრაქცია ანალიზატორის ნიმუშის უჯრედში;	პპმ

CO2delay	დროითი სხვაობა ნიმუშში ან გაზის ანალიზატორის სარეფერენსო მხარეს	წმ
dCO2ZP	CO2sam(t)- CO2abs(t)	ppm
dCOMP	CO2sam(t)-CO2abs(t- CO2delay)	ppm
H2Oabs	H2O-ს მოლური ფრაქცია ანალიზატორის სარეფერენსო უჯრედში, უდრის H2O-ს კონცენტრაციას საზომი თავის შესასვლელში	ppm
H2Osam	H2O-ის მოლური ფრაქცია ანალიზატორის ნიმუშის უჯრედში;	ppm
Pamb	ამბიენტური ბარომეტრული წნევა	kPa
Flow	გაზის ნაკადი კიუვეტში	მმოლ/წ
Tcuv	ჰაერის ტემპერატურა საზომ თავთან;	°C
Tleaf	ფოთლის ტემპერატურა	°C

კვლევაში გამოყენებული ტრანსპირაციის სიჩქარე (E) გაიზომა Caemmerer და Farquhar-ზე დაყრდნობით (1981). ფორმულა შემდეგია:

$$E = \frac{u_e * (w_o - w_e)}{LA * (1 - w_o)}$$

სადაც,

E= ტრანსპირაციის სიჩქარე [მმოლ მ⁻² წ⁻¹]

U_e-მოლური ნაკადის სიჩქარე, კიუვეტის შესასვლელში [μმოლ წ⁻¹]

W_o- H₂O მოლური ფრაქცია კიუვეტის გასასვლელში [ppm]

W_e- H₂O მოლური ფრაქცია კიუვეტის შესასვლელში [ppm]

LA-ფოთლის ფართობი [მ²]

რაც შეეხება აპარატს, ის იყენებს შემდეგ ფორმულას:

$$E = \frac{\text{Flow} * (dH2OMP - dH2OZP)}{\text{Area} * (1 - wa)}$$

აღნიშნულ ავტორებზე დაყრდნობით, ასიმილაციის სიჩქარე შემდეგი ფორმულით (1) გამოითვლება, რაც GFS სისტემაში შემდეგნაირადაა მოდიფიცირებული (2).

$$A = \frac{u_e * (c_e - c_o)}{LA} - E * c_o$$

1.

სადაც:

A= ასიმილაციის სიჩქარე [μმოლ მ⁻²წ⁻¹]

E= ტრანსპირაციის სიჩქარე [მმოლ მ⁻² წ⁻¹]

U_e-მოლური ნაკადის სიჩქარე, კიუვეტის შესასვლელში [მოლ წ⁻¹]

W_o- H₂O მოლური ფრაქცია კიუვეტის გასასვლელში [ppm]

W_c- H₂O მოლური ფრაქცია კიუვეტის შესასვლელში [ppm]

LA-ფოტლის ფართობი [მ²]

აღნიშნული აპარატში ითვლება შემდეგნაირად:

$$A = \frac{\text{Flow} \cdot (d\text{CO}_2\text{ZP} - d\text{CO}_2\text{MP})}{\text{Area}} - E \cdot ca$$

რაც შეეხება შიდაუჯრედულ ნახშირორჟანგს, ის გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$ci = \frac{\left(\frac{G_{\text{H}_2\text{O}}}{1.56} - \frac{E}{2}\right) \cdot ca - A}{\frac{G_{\text{H}_2\text{O}}}{1.56} + \frac{E}{2}}$$

სადაც განმარტებები შემდეგია:

ci-შიდაუჯრედული CO₂ მოლური ფრაქცია [ppm]

g_{co2}- CO₂-ის გამტარობა [მმოლ მ⁻²წ⁻¹]

E-ტრანსპირაციის სიჩქარე [მმოლ მ⁻² წ⁻¹]

Ca-ნახშირორჟანგის მოლური ფრაქცია კიუვეტში [μმოლ მ⁻²წ⁻¹]

A-ასიმილაციის სიჩქარე

ფოტოსინთეზური გამოსავალი- (Y(II)) მიუთითებს II ფოტოსისტემის კვანტურ ეფექტურობაზე. ეს არის PAR-ის ის ნაწილი, რომელსაც ფს-II იყენებს წყლის გასაყოფად (Genty et al. 1989).

$$Y(II) = \frac{Fm' - F}{Fm'} = 1 - \frac{F}{Fm'}$$

ელექტრონული ტრანსპორტის სიჩქარე PSII-ის გავლით, გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$ETR = Y(II) \cdot \frac{PAR}{2} \cdot ETRFac$$

სადაც, PAR: ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაცია იყოფა ორზე, რაც ეყრდნობა იმ განსჯას, რომ აბსორბირებული სინათლე თანაბარ, ტოლ ნაწილად იყოფა ორ ფოტოსისტემას შორის. ETRFac არის PAR, რომელიც ნიმუშის მიერ აბსორბირდა.

Fo' კი გამოითვლება Oxborough და Baker (1997)-ზე დაყრდნობით:

$$Fo' = \frac{Fo}{1 - \frac{Fo}{Fm} + \frac{Fo}{Fm'}}$$

ფოტოქიმიური ქროზა (qP) ღია ფოტოსინთეზის ფრაქციის გაზომვაა. მისი გამოთვლა ემყარება მოსაზრებას, რომ PSII-ის ცენტრები არაა დაკავშირებული შინაგანად და ვერ გადასცემენ ენერგიას ერთმანეთს. ფორმულირება van Kooten და Snel (1990)-ზე

$$qP = \frac{Fm' - F}{Fm' - Fo'}$$

დაყრდნობით, შემდეგია:

რაც შეეკება ფოტოქიმიური ფლუორესცენციის ქროზის კოეფიციენტი გამოითვლება იმ მოსაზრების მიხედვით, რომ ფოტოსისტემა II-ის ანტენებს შორის უწყვეტი კავშირია (Kramer et al, 2004).

$$qL = qP \cdot \frac{Fo'}{F}$$

არაფოტოქიმიური ჩაქროზა განისაზღვრება, როგორც ფლუორესცენცია, რომელიც ჩაქრება სხვა პროცესებით, გარდა ფოტოქიმიისა. ლიტერატურაში სამი განსხვავებული მიდგომაა. qN, სადაც არაფოტოქიმიური ფლუორესცენციის ჩაქროზა განისაზღვრება მაქსიმალური ცვლადი ფლუორესცენციის მიმართ (Schreiber 1986; van Kooten and Snel 1990), NPQ, სადაც განტოლება ჩამოყალიბებულია ისე, რომ NPQ შესაძლოა ჩაქროზის აგენტის პროპორციული იყოს (Bilger and Björkman 1990), და

Y(NPQ), რომელიც არის PAR-ის ფრაქცია, რომელიც იშლება PSII-ში არაფოტოქიმიური ჩაქრობის მექანიზმების მეშვეობით (Genty et al. 1996). NPQ-ს აქვს უპირატესობა, რომ არ საჭიროებს F, Fo ან Fo'-ის განსაზღვრას, არამედ მხოლოდ ფლუორესცენციის მნიშვნელობებს, რომლებიც იზომება გაჯერებული სინათლის პულსის დროს. ეს არის ერთადერთი ჩაქრობის კოეფიციენტი, რომელიც შეიძლება იყოს 1-ზე მეტი, ის მერყეობს დაახლოებით 4-მდე.

$$qN = 1 - \frac{Fm' - Fo'}{Fm - Fo}$$

$$NPQ = \frac{Fm}{Fm'} - 1$$

$$Y(NPQ) = \frac{F}{Fm'} - \frac{F}{Fm}$$

$$Y(NO) = \frac{F}{Fm}$$

3.4.2 PAM ფლუორომეტრი 2100 და გამოყენების მეთოდოლოგია:

Pam 2100 არის ფლუორომეტრი, რომელიც გამოიყენება ქლოროფილის ფლუორესცენციის გასაზომად და გვაძლევს დეტალურ ინფორმაციას ფოტოსინთეზის II-ის და მცენარის ფოტოსინთეზური აქტივობის შესახებ. (PAM) მეთოდი ზომავს ქლოროფილის ფლუორესცენციას პულსით მოდულირებული შუქის გამოყენებით, სადაც დაბალი ინტენსივობის სინათლის მოკლე ციმციმები გამოიყენება PSII-ში ქლოროფილის მოლეკულების აღგზნებისთვის.



სურათი 6-PAM 2100

ამ მოდულირებული შუქის გამოყენებით, ფლუორომეტრს შეუძლია განასხვავოს ქლოროფილის ფლუორესცენცია გარემოს სინათლისგან, რაც მას უადრესად მგრძნობიარეს ხდის და შეუძლია იმუშაოს ბუნებრივ პირობებში, მზის სრული შუქის ჩათვლით. ქლოროფილის ფლუორესცენცია არის ფსII-ში. ფოტოქიმიური აქტივობის არაპირდაპირი საზომი. როდესაც მცენარეები შთანთქავენ სინათლეს, აბსორბირებული სინათლის ენერგიის ნაწილი გამოიყენება ფოტოსინთეზისთვის, ხოლო დანარჩენი ან გამოიყოფა სითბოს სახით ან ხელახლა გამოიყოფა ფლუორესცენციის სახით. PAM 2100 ზომავს ქლოროფილის მიერ გამოსხივებულ ფლუორესცენციას. რაც შეეხება პარამეტრებს, შემდეგია:

1. F_0 (საწყისი ფლუორესცენცია): ფლუორესცენციის დონე, როდესაც ფსII-ის ყველა რეაქციის ცენტრი ღიაა (სინათლის პულსის გამოყენებამდე).
2. F_m (მაქსიმალური ფლუორესცენცია): ფლუორესცენციის დონე, როდესაც ფსII-ის ყველა რეაქციის ცენტრი დახურულია, მიიღწევა სინათლის გაჯერების პულსის შემდეგ.
3. F_v (ცვლადი ფლუორესცენცია): ეს არის განსხვავება F_m -სა და F_0 -ს შორის, გამოითვლება როგორც $F_v = F_m - F_0$.
4. F_v/F_m : ეს თანაფარდობა წარმოადგენს ფსII ფოტოქიმიის მაქსიმალურ კვანტურ ეფექტურობას და გამოიყენება მცენარეთა სტრესის ინდიკატორად. ჯანსაღი მცენარე ჩვეულებრივ აჩვენებს დაახლოებით 0,83 მნიშვნელობას.

5. Y(II): ფსII-ის რეალური ფოტოქიმიური ეფექტურობა სინათლისადმი ადაპტირებულ პირობებში.
6. qP (ფოტოქიმიური ჩაქრობა) და NPQ (არაფოტოქიმიური ჩაქრობა): ენერგიის გაფანტვის ინდიკატორები, შესაბამისად, ფოტოსინთეზის და სითბოს მეშვეობით.

აღნიშნული მოწყობილობაში გამოყენებული ან მიღებული ფორმულები შემდეგია:

ფს-II-ის მაქსიმუმი (Fv/Fm)-Fv/Fm არის ფოტოსისტემა II-ის მაქსიმალური ეფექტურობა, სიბნელესთან ადაპტირებულ მდგომარეობაში, რომელიც მიუთითებს მცენარის პოტენციურ ფოტოსინთეზურ ეფექტურობაზე.

$$Fv/Fm = \frac{Fm - F_0}{Fm}$$

ფორმულა:

სადაც:

- Fv: ვარიაბელური ფლუორესცენცია
- Fm: მაქსიმალური ფლუორესცენცია
- F₀: საწყისი ფლუორესცენცია (Kitajima and Butler, 1975)

Y(II)-აღნიშნული წარმოადგენს ფოტოსისტემა II-ის აქტუალურ ეფექტურობას სინათლესთან ადაპტირებულ მდგომარეობაში- ასევე ცნობილია როგორც- ΔF/Fm'

$$Y(II) = \frac{Fm' - F}{Fm'}$$

ფორმულა:

სადაც:

- Fm': მაქსიმალური ფლუორესცენცია, სინათლესთან ადაპტირებულ მდგომარეობაში
- F: სტაბილური მდგომარეობის ფლუორესცენცია (Genty, Briantais, and Baker 1989)

ელექტრონული ტრანსპორტის სიჩქარე (ETR)

ETR უზრუნველყოფს ელექტრონების ტრანსპორტირების სიჩქარის შეფასებას PSII-ში, რაც მჭიდროდ არის დაკავშირებული მთლიან ფოტოსინთეზურ აქტივობასთან.

$$ETR = Y(II) \times PAR \times \alpha \times \beta$$

ფორმულა:

- $Y(II)$: PSII-ის ეფექტური კვანტური გამოსავალი
- PAR: ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაცია ($\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
- α : ფოთლის შთანთქმის უნარი (ჩვეულებრივ, დაახლოებით 0,84, წარმოადგენს ფოთლის მიერ შთანთქმის შემთხვევის სინათლის ნაწილს)
- β : სინათლის ფრაქცია, რომელიც შეიწოვება PSII-ით (ჩვეულებრივ 0,5) (Schreiber et al., 1986)

ფოტოქიმიური ქრომა (qP)- ფოტოქიმიური ჩაქრომა ასახავს ღია ფს-II რეაქციის ცენტრების პროპორციას (ანუ ცენტრებს, რომლებსაც შეუძლიათ ფოტოქიმია)

$$qP = \frac{F'_m - F}{F'_m - F_0'}$$

ფორმულა:

სადაც:

- F'_m : მაქსიმალური ფლუორესცენცია სინათლესთან ადაპტირებულ მდგომარეობაში
- F_0' : მინიმალური ფლუორესცენცია სინათლესთან ადაპტირებულ მდგომარეობაში (Schreiber et al., 1988)

არაფოტოქიმიური ქრომა (NPQ)-არაფოტოქიმიური ჩაქრომა არის სითბოს სახით გაფანტული ენერგიის საზომი და არა ფოტოქიმიისთვის გამოყენებული.

$$NPQ = \frac{F_m - F'_m}{F'_m}$$

ფორმულა

სადაც:

- F_m : მაქსიმალური ფლუორესცენცია სიბნელესთან ადაპტირებულ მდგომარეობაში
- F'_m : მაქსიმალური ფლუორესცენცია სინათლესთან ადაპტირებულ მდგომარეობაში (Bilger and Björkman, 1990)

არაქიმიური ქრობის კოეფიციენტი (qN)-ეს მიუთითებს არაფოტოქიმიური ჩაქრობის მასშტაბებზე, როგორც მთლიანი ჩაქრობის ფრაქცია. ფორმულა

$$qN = \frac{F_m - F'_m}{F_m - F_0}$$

სადაც:

- F_m : მაქსიმალური ფლუორესცენცია სიბნელესთან ადაპტირებულ მდგომარეობაში
- F'_m : მაქსიმალური ფლუორესცენცია სინათლესთან ადაპტირებულ მდგომარეობაში
- F_0 : საწყისი ფლუორესცენცია სიბნელესთან ადაპტირებულ მდგომარეობაში (Van Kooten and Snel, 1990)

3.4.3 პიგმენტების განსაზღვრის მეთოდი

ფოთლის პიგმენტების, ქლოროფილი ა ბ და კაროტინოიდების განსაზღვრა ხორციელდება ერმაკოვის (Ermakov et al, 1987) მეთოდით. ნიმუშების ექსტრაქციას ვახდენდით ეთანოლში. პიგმენტების ოპტიმური სიმკვრივე განისაზღვრებოდა სპექტრომეტრის SPECORD 210/Plus (Germany) გამოყენებით.

გამოყენებული მასალა:

1. ფოთოლი, ეთანოლი, გამოხდილი წყალი, სპექტროფოტომეტრი, კიუვეტი, ფოთლების დამქუცმაცებელი, ფილტრის ქაღალდი, სასწორი

პროცედურა:

1. ნიმუშის მომზადება:
 - ვენახიდან შეგროვებული საანალიზო ფოთლები აიწონა
2. ქლოროფილის ექსტრაქცია:
 - ფოთლები მოთავსდა როდინში, სადაც მიმდინარეობს მისი დაქუცმაცება, იქამდე, სანამ ერთგვაროვანი, წმინდა მასა არ მიიღება.
 - მიღებული მასა გადაიტანება კოლბაში, ფილტრის ქაღალდის დახმარებით.
 - გამხსნელი, დაახლოებით 20 მლ ემატება თანდათან;

- კოლბები ინახება ზნელ კარადაში სრულ ფილტრაციამდე;
- 3. ფილტრაცია:
 - ფილტრაცია ხდება ფილტრის ქაღალდზე, იქამდე, სანამ კოლბაში არ მიიღება წმინდა სითხე;
- 4. სპექტროფოტომეტრული ანალიზი:
 - სპექტროფოტომეტრი ყენდება და კალიბრდება სუფთა გამხსნელის გამოყენებით.
 - ქლოროფილის ექსტრაქტის შთანთქმა იზომება სპეციფიკურ ტალღის სიგრძეებზე:
 - სრული ქლოროფილისთვის (a + b): გაზომვა ტარდება 664 ნმ და 647 ნმ.
 - ფორმულა შემდეგია:

- Chlorophyll a (Ca):

$$Ca = 12.7 \cdot A_{664} - 2.69 \cdot A_{647}$$

- Chlorophyll b (Cb):

$$Cb = 22.9 \cdot A_{647} - 4.68 \cdot A_{664}$$

- Total Chlorophyll (Ctotal):

$$Ctotal = Ca + Cb$$

რაც შეეხება SPECORD 210/Plus-ს, ის არის მაღალი ხარისხის UV/VIS

სპექტროფოტომეტრი, რომელიც დამზადებულია Analytik Jena-ს მიერ, რომელიც ფართოდ გამოიყენება ლაბორატორიებში, მათ შორის მცენარეებში ქლოროფილის შემცველობის ანალიზისთვის. SPECORD 210/Plus მუშაობს სინათლის შთანთქმის პრინციპით. სინათლის სხივი გადის ნიმუშში და იზომება შუქის რაოდენობა, რომელიც შეიწოვება ნიმუშის მიერ სხვადასხვა ტალღის სიგრძეზე. იგი იყენებს სინათლის წყაროს, ჩვეულებრივ ჰალოგენის ან დეიტერიუმის ნათურას, რომელიც ასხივებს შუქს ულტრაიისფერი და ხილული სპექტრით. სპექტროფოტომეტრი იყენებს მონოქრომატორს სინათლის კონკრეტული ტალღის სიგრძის შესარჩევად. ნიმუში მოთავსებულია კუვეტში, რომელიც შემდეგ განლაგებულია „სინათლის გზაზე“. ნიმუშის გავლის შემდეგ, სინათლის ინტენსივობა იზომება ფოტოდეტექტორით. დეტექტორი სინათლის ინტენსივობას ელექტრო სიგნალად გარდაქმნის. ინსტრუმენტი ითვლის შთანთქმის ინტენსივობის შეფარდებას (I0) გადაცემული სინათლის ინტენსივობასთან (I) საფუძველზე. გაზომვისთვის

გამოყენებული ფორმულა Beer and Lambert-ის კანონს ეფუძნება (Lambert 1760; Beer 1852)

$$A = \log \left(\frac{I_0}{I} \right) = \varepsilon \cdot c \cdot l$$

სადაც,

- A = შთანქმა (ერთეული)
- I_0 = Intensity of incident light
- I = გადაცემული/გამტარი სინათლის ინტენსივობა
- ε მოლური შთანქმა ($\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)
- c = შთანქმელი სახეობების კონცენტრაცია (mol/L)
- l = ნიმუშის სიგრძე (cm)

3.4.4 წყლის ფარდობითი შემცველობა და მშრალი ნივთიერებების მეთოდი

წყლის ფარდობითი შემცველობა (RWC) ერთ-ერთი ყველაზე შესაფერისი მაჩვენებელია მცენარის წყლის მდგომარეობის შესახებ, განსაკუთრებით უჯრედული წყლის დეფიციტის ფიზიოლოგიურ ზემოქმედებასთან დაკავშირებით. აღსანიშნავია, რომ ორ განსხვავებულ ჯიშს შეუძლია აჩვენოს სხვადასხვა ფოთლის RWC იმავე ფოთლის წყლის პოტენციალში, რაც ხაზს უსვამს განსხვავებებს ფოთლის ჰიდრატაციაში, წყლის დეფიციტსა და წყლის საერთო ფიზიოლოგიურ სტატუსში. ამიტომ, RWC ემსახურება მცენარის წყლის სტატუსის საიმედო საზომს უჯრედული ჰიდრატაციის თვალსაზრისით, როგორც ფოთლის წყლის პოტენციალის, ასევე ოსმოსური კორექტირების გათვალისწინებით. RWC მეთოდი გამოიყენებოდა დიდი ხნის განმავლობაში, 1962 წელს (Barr, H.D. and Weatherley, P.E. 1962) მიერ მის ხელახალი შეფასებამდე კი, როდესაც იგი ცნობილი იყო როგორც "ფარდობითი სიმრუდე". დროთა განმავლობაში, მისი მნიშვნელობა უფრო და უფრო აღიარებულია. ეს მეთოდი მარტივია, რაც დამატებით პლუსს წარმოადგენს. იგი აფასებს ამჟამინდელ წყლის შემცველობას ცდისთვის აღებული ფოთლის ქსოვილში წყლის მაქსიმალურ შემცველობასთან მიმართებაში, რომლის მიღწევაც შესაძლებელია, როდესაც მთლიანად შენარჩუნებულია ტურგიდულობა. ტიპურად

RWC მნიშვნელობები მერყეობს დაახლოებით 98%-დან სრულად ტურგიდულ ფოთლებში, დაახლოებით 30-40%-მდე ძლიერ გამომშრალ და დამჭკნარ ფოთლებში, მცენარის სახეობიდან გამომდინარე.

ფოთოლში-ნიმუშში წყლის ფარდობითი შემცველობის დასადგენად თავდაპირველად წარმოებს ნიმუშის აწონვა, ხოლო შემდგომ 24საათით იგი თავსდება თერმოსტატში 105 °C ტემპერატურაზე. ნიმუშის გამოშრობის შემდეგ იგი განმეორებით იწონება.

ფარდობითი წყლის შემცველობა გამოითვლება ფორმულით

$$RWC = \frac{M - M_{შრ.}}{M}$$

სადაც M არის ფოთლის მასა, $M_{შრ.}$ - 105°C გამომშრალი მასა.

ფარდობითი ტენიანობის გაზომვის მნიშვნელობა ვაზის ფიზიოლოგიის შესწავლის დროს, რამდენიმე კუთხითაა მნიშვნელოვანი.

- ფიზიოლოგიური მდგომარეობა: RWC არის მცენარის ფიზიოლოგიური მდგომარეობის მთავარი მაჩვენებელი, განსაკუთრებით კარგად გამოხატავს წყლის სტრესის გაძლების უნარი.
- წყლის მენეჯმენტი: RWC-ის გააზრება შეუძლია მევენახეებს ირიგაციის უფრო ეფექტურად მართვაში, ვაზებისთვის წყლის ოპტიმალური ხელმისაწვდომობის უზრუნველსაყოფად.
- ხარისხის შეფასება: RWC-ის მაღალი დონე ხშირად ასოცირდება ყურძნის ნაყოფის უკეთეს ხარისხთან და მოსავლიანობასთან, რადგან ადეკვატური წყალი აუცილებელია ფიზიოლოგიური პროცესებისთვის. (Barr and Weathreley, 1962).

3.4.5 მიკროვინიფიკაცია

რაც შეეხება მაგალობლიშვილის მიკროვინიფიკაციას, ის წარიმართა ჯილაურაში მოკრეფილ მაგალობლიშვილზე, რომლის ფერმენტაციაც კვლევიტ ცენტრის ბაზაზე მოხდა. დუღილის ტემპერატურა იყო 16-18°C, ერთკვირიანი მაცერაციით; გამოყენებული საფუარი B2000; მიღებულ ღვინოს ჩაუტარდა ანალიზები შემდეგი კუთხით pH, ტიტრული და მქროლავი მჟავიანობა, ალკოჰოლი, ნარჩენი შაქარი,

ანტოციანების განსაზღვრა და ბრმა დეგუსტაცია; ყველა პროტოკოლი ეკუთვნის ვაზისა და ღვინის საერთაშორისო (OIV) ორგანიზაციას.

3.4.6- ანტოციანების განსაზღვრა

აღნიშნული მეთოდი ემყარება OIV-ის რეზოლუციას, Oeno 22/2003, მოდიფიკაცია Oeno 12/2007; ანალიტიკური მეთოდი განსაზღვრავს ანტოციანების ფარდობით შემცველობას როგორც ვარდისფერ, ასევე წითელ ღვინოში. სეპარაცია HPLC-ის გამოყენებით და UV-VIS ამოცნობით ხდება. აღნიშნული პროტოკოლი ეფუძნება სხვადასხვა ავტორების კვლევას, საიდანაც აღსანიშნავია ჰეიერის კვლევა, (Heier et al, 2002) რომელმაც დაახლოებით 40 ანტოციანინის ამოცნობა და იდენტიფიცირება მოახდინა, თხევადი ქრომატოგრაფიის და სპექტრომეტრის გამოყენებით.

ანალიზის პრინციპი შემდეგია: წითელი და ვარდისფერი ღვინის ანალიზი პირდაპირი განცალკევებით HPLC-ის დახმარებით, რაც ხდება გრადიენტური გამორეცხვით წყლით/ჭიანჭველა მჟავით/აცეტონიტრილით, 518 ნმ-ზე გამოვლენით.

გამოყენებული რეაქტივები:

- ჭიანჭველა მჟავა (98%) (CAS 64-18-6);
- წყალი, HPLC კლასის;
- აცეტონიტრილი, HPLC ხარისხის (CAS 75-08-8);
- HPLC გამხსნელები:
- გამხსნელი A: წყალი/ჭიანჭველა/აცეტონიტრილი 87: 10: 3 გამხსნელი B: წყალი/ჭიანჭველა/აცეტონიტრილი 40: 10: 50 (v/v/v);

მაღალი ხარისხის თხევადი ქრომატოგრაფია (HPLC) არის ფართოდ გამოყენებული ტექნიკა ღვინისა და სხვა მცენარეულ ნიმუშებში ანტოციანინების იდენტიფიკაციისა და რაოდენობრივი განსაზღვრისთვის. ნიმუშის მომზადების შემდგომ, ხდება მისი კვლევა HPLC-ის დახმარებით. ანტოციანები გამოყოფილია მათი პოლარობის, მოლეკულური სტრუქტურისა და სტაციონარულ და მობილურ ფაზებთან ურთიერთქმედების მიხედვით. ჰიდროფილური ნაერთები უფრო სწრაფად გამოიყოფა. გამოყოფის შემდეგ, ინდივიდუალური ანტოციანინები გადის UV-Vis

დეტექტორში. ანტოციანებს აქვთ ძლიერი შთანთქმა ხილულ დიაპაზონში, განსაკუთრებით დაახლოებით 520-530 ნმ, რაც შეესაბამება ანტოციანინების ტიპური შთანთქმის მაქსიმუმს. თითოეულ ანტოციანინს აქვს დამახასიათებელი შეკავების დრო კონკრეტულ პირობებში, ან ასევე, მათი იდენტიფიცირება შესაძლებელია მათი შთანთქმის სპექტრით. მაგალითად, სხვადასხვა ანტოციანინები როგორიცაა მალვიდინ-3-გლუკოზიდი და დელფინიდინ-3-გლუკოზიდი, აჩვენებენ ოდნავ განსხვავებულ შთანთქმის პროფილებს. აღსანიშნავია პიკის ფართობი/სიმაღლე: HPLC სისტემა წარმოქმნის ქრომატოგრამებს, სადაც თითოეული პიკი შეესაბამება კონკრეტულ ანტოციანინს. თითოეული მწვერვალის ფართობი ან სიმაღლე ანტოციანინის კონცენტრაციის პროპორციულია. შესაძლებელია კალიბრაციის მრუდის აგებაც.

3.4.7 ტიტრული მჟავიანობა (TA) ღვინოში

ტიტრული მჟავიანობა წარმოადგენს ღვინოში არსებული მჟავების საერთო კონცენტრაციას. OIV-ზე დაყრდნობით, საფეხურები მოიცავს ნიმუშის მომზადებას, ტიტრაციასა და კალკულაციას. (OIV-MA-AS313-01).

მასალა:

- ღვინის ნიმუში
- 0.1 N (NaOH)
- pH მეტრი
- გამოხდილი წყალი
- ბიურეტი და ტიტრაციის ხელსაწყოები;

გაიზომა 50 მლ ღვინო და ხდება მისი განზავება დისტილირებული წყლით, შემდგომ იწყება ტიტრაცია, სადაც ნიმუშს ემატება NaOH. შესაძლებელია pH მეტრის ან ფენოლფტალეინის გამოყენება, საინდიკატოროდ. ტიტრული მჟავიანობის დასაანგარიშებლად გამოიყენება შემდეგი ფორმულა: ტიტრული მჟავიანობა (გ/ლ)= (NaOH (მლ, გამოყენებული) × 0.075)/ ღვინის ნიმუში (მლ) (Iland et al, 2000) (OIV-MA-AS313-01)

3.4.8 ალკოჰოლის შემცველობა

ალკოჰოლი ძირითადად იზომება დისტილაციის მეთოდით, გამოიყენება შემდგომში დენსიმეტრი და ქრომატოგრაფიული მეთოდი, საანალიზო ნიმუშში ალკოჰოლის დონის განსასაზღვრად.

მასალა:

- ღვინის ნიმუში
- დისტილატორი
- დენსიომეტრი
- სიმკვრივის საზომი

რაც შეეხება ნიმუშის მომზადებას, 100მლ ღვინოს, ემატება 100 მლ დისტილირებული წყალი, რის შემდგომაც იწყება დისტილაცია, იქამდე, სანამ არ შეგროვდა 95 მლ დისტილატი. დისტილატის სიმკვრივის გაზომვის შემდგომ კი გამოიყენება OIV-ის ცხრილი (%ABV). საბოლოოდ მიღებული მონაცემი იზომება პროცენტებში. (OIV-MA-AS312-01A).

3.4.9 ნარჩენი შაქარი

ნარჩენი შაქარი გულისხმობს დაუდუღებელი შაქრის რაოდენობას (ძირითადად გლუკოზა და ფრუქტოზა), რომელიც რჩება ღვინოში დუღილის შემდეგ. ის ხშირად იზომება ფერმენტული მეთოდებით ან მაღალი ხარისხის თხევადი ქრომატოგრაფიით (HPLC)

მასალა:

- ღვინის ნიმუში

HPLC სისტემა- რაც შეეხება პროცედურის საფეხურებს, ღვინის ნიმუშის გაფილტვრის და მისი მომზადების შემდგომ, ის გადადის HPLC აპარატში, სადაც სვეტების დახმარებით ხდება პიკების განსაზღვრა.

3.4.10- Folin-Ciocalteu-ს მეთოდი გამოყენებულ იქნა სრული ფენოლების გასაზომად;

საჭირო მასალა:

1. რეაგენტები:

- Folin-Ciocalteu-ის რეაგენტი
- ნატრიუმის კარბონატი, 7.5% ხსნარი (w/v).
- გალუსის მჟავა (სტანდარტისთვის), განზავებული დისტილირებულ წყალში.
- დისტილირებული წყალი.

2. აღჭურვილობა:

- UV-Vis სპექტროფოტომეტრი.
- კუვეტები.
- ვორტექსის მიქსერი.

მომზადება:

1. ნატრიუმის კარბონატის ხსნარი:

- 7.5 გ Na_2CO_3 -ის გახსნა 100 მლ დისტილირებულ წყალში.

2. გალუსის მჟავის სტანდარტული ხსნარები:

- გალუსის მჟავის საწყისი ხსნარის მომზადება;
- განზავებების გაკეთება კალიბრაციის მრუდისთვის;

3. ღვინის ნიმუში:

- ღვინის ნიმუშის განზავება დისტილირებულ წყალში (ჩვეულებრივ 1:10 ან 1:20, დამოკიდებულია მოსალოდნელ ფენოლურ კონცენტრაციაზე).

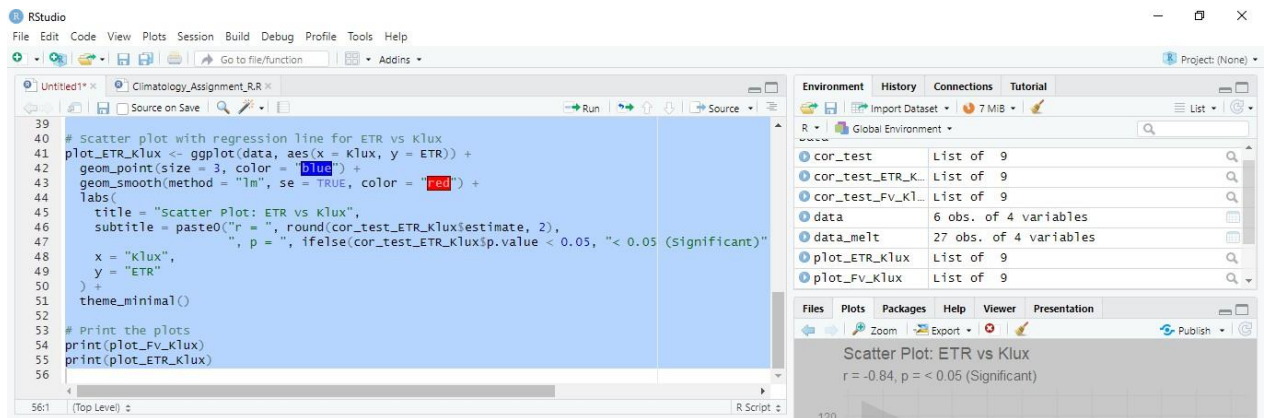
პროცედურა:

100 მლ ღვინის ნიმუშს დაემატა 750 მლ დისტილირებული წყალი, 50 მლ Folin-Ciocalteu რეაგენტი და დაყოვნების შემდგომ 300 მლ 7.5% ნატრიუმის კარბონატის ხსნარი. გაიზომა ხსნარი 765 ნმ-ზე სპექტოფოტომეტრის გამოყენებით.

3.4.11 სტატისტიკური ანალიზი და მონაცემთა ვიზუალიზაცია:

კვლევის ფარგლებში, სტატისტიკური ანალიზი და მონაცემთა ვიზუალიზაცია სხვადასხვა ხერხით წარიმართა R software-ს გამოყენებით (Rgui 4.3.1). R

წარმოადგენს ღია წვდომის პროგრამირების ენას, რომელიც არის უფასო და შეუძლია როგორც ფიზიოლოგიური, ასევე ბიოქიმიური და აგრონომიული მონაცემების გაანალიზება.



სურათი 7-პროგრამა R-ში მუშაობის პროცესი

კვლევის ფარგლებში გამოყენებულ იქნა ცვლადებისთვის აღწერითი სტატისტიკის მეთოდები, როგორიცაა საშუალოსა და სტანდარტული გადახრის გამოთვლა; CI-95%, რათა გაზომილიყო მონაცემთა სტატისტიკური სიზუსტე; გარდა ამისა, შემოწმდა ჰიპოტეზა, P-value-ს ($p < 0.05$) გამოყენებით (ANOVA, t-test); შემოწმდა კორელაციის კოეფიციენტი, რათა ცვლადებს შორის კავშირის დანახვა გამარტივებულიყო. რაც შეეხება მონაცემთა ვიზუალიზაციას, ძირითად შემთხვევაში გამოყენებული იყო Bar charts, box plots, scatter plots და line graphs, ვიზუალიზაციის მიზნიდან გამომდინარე; რაც შეეხება ძირითადად package-ს, გარდა საბაზისო ფუნქციებისა (`mean()`, `sd()`) რაც R-ში იქნა გამოყენებული, შემდეგია ggplot2, Hmisc, corrplot, dplyr და სხვა.

4. შედეგები და მათი განხილვა

კაბერნე სოვინიონისა და მგალობლიშვილის ჯიშის ვაზების შემგუებლობა საქართველოს სხვადასხვა ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებთან და მათი ფარდობითი გვალვგამძლეობა.

ცხადია როგორც მსოფლიოში, ისე საქართველოში შეიმჩნევა მკვეთრი კლიმატური ცვლილებები, ე.წ. გლობალური დათბობა. როგორც ლიტერატურულ მიმოხილვაში ვაჩვენეთ საშუალო წლიური ტემპერატურის მატებამ, ტენიანობის შემცირების ფონმა, მზის გამოსხივებული რადიაციის ფონმა, ახალი პრობლემები შექმნა საქართველოს მევენახეობის წინაშე, შეიცვალა მიკროზონების საზღვრები, სხვადასხვა ჯიშის გავრცელების არეალები.

სწორედ ამ პრობლემებს ეხება აღნიშნული დისერტაცია, რომელშიც შესწავლილია ფრანგული ჯიშის კაბერნე სოვინიონისა და ქართული ჯიშის მგალობლიშვილის გავრცელების პერსპექტივები საქართველოში.

4.1 ვაზის ჯიშების მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფიზიოლოგიური პროცესების ფუნქციონირება ქართლის რეგიონში.

4.1.1 ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის ინტენსივობა

ჩვენი კვლევის მიზანს შეადგენდა მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფიზიოლოგიური პროცესების თავისებურებების შესწავლა ს.ჯილაურას კვლევით ბაზაზე. როგორც ცნობილია მგალობლიშვილი არის იმერეთის რეგიონის ჯიშ და საკმაოდ მაღალი ხარისხით ხასიათდება მისგან წარმოებული ღვინო და უმაღლესი ხარისხის საკონიაკე სპირტის მასალა. იგი ხასიათდება მაღალი რეზისტენტობით სოკოვანი დაავადებების მიმართ. კაბერნე სოვინიონი არის ფრანგული ჯიშ, რომელიც გავრცელებულია მთელ მსოფლიოში, მათ შორის საქართველოში, უმაღლესი ხარისხის მოსავალს იძლევა თელიანის მიკროზონაში. ზემოთქმულიდან გამომდინარე, აღნიშნულ ჯიშებზე პირველ რიგში შევისწავლეთ ისეთი მნიშვნელოვანი ფიზიოლოგიური პროცესები, როგორიცაა ფოტოსინთეზი და ტრანსპირაცია. სწორედ ფოტოსინთეზის უმნიშვნელოვანესი ფიზიოლოგიური

პროცესი, რომელიც განსაზღვრავს მოსავლის რაოდენობასა და ხარისხს. ხოლო

ტრანსპირაცია, განაპირობებს მცენარის შემგუებლობას გარემო პირობების მიმართ გვალვიან ამინდში, მაღალი ტემპერატურების ფონზე.

შედეგები მოცემულია ცხრილ 4-ში.

ცხრილი 4- ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის ინტენსივობა ვაზის ფოთლებში
(ცდები ჩატარებულია 14.06.2022, 9:00 სთზე)

ჯიში	CO ₂ -ის ასიმილაცია, ფოტოსინთეზის ინტენსივობა მკმოლი/მ2xწმ	შიდაუჯრედული ნახშირორჟანგი ppm	ტრანსპირაცია მკმოლი/მ2xწმ
ჩინური	10.75 ± 0.03	223.00 ± 0.04	1.37 ± 0.03
რქაწითელი	10.35 ± 0.01	235.00 ± 0.05	0.93 ± 0.02
მგალობლიშვილი კაბერნე	10.25 ± 0.02	221.00 ± 0.01	1.06 ± 0.04
სოვინიონი	9.90 ± 0.02	225.00 ± 0.05	1.30 ± 0.05

ცხრილ 4-ში მოყვანილია დაკვირვების მონაცემები 14.06-ში დილის 9:00 სთ-ზე. უნდა აღინიშნოს, რომ მონაცემების აღება უნდა მოხდეს რაც შეიძლება შემჭიდროვებულ დროში, რადგან დროის 30 წუთით სხვაობაც კი მნიშვნელოვანია მონაცემებისათვის, რადგან ფოტოსინთეზის ინტენსივობა და ტრანსპირაცია მზის ამოსვლისას გამოსხივების გაძლიერებასთან ერთად ყველა ჯიშისათვის შესამჩნევად მატულობს. როგორც ცხრილიდან ჩანს, კაბერნე სოვინიონისათვის და მგალობლიშვილისთვის ტრანსპირაციისა და ფოტოსინთეზის ინტენსივობა შეესაბამება ანალოგიურს სხვა ჯიშებისათვის. ანალოგიური ცდები გავიმეორეთ 26.07-ში, 22.08-ში და 4.10-ში.

ცხრილი 5. ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის ინტენსივობა ვაზის ფოთლებში
(ცდები ჩატარებულია 26.07-ში, 22.08-ში და 4.10-ში)

ვაზის ჯიშები 26.07	ფოტოსინთეზის ინტენსივობა (CO ₂ ასიმილაცია)	შიდაუჯრედული ნახშირორჟანგი (ppm)	ტრანსპირაცია (მლმოლი/მ2xწმ)
ჩინური	10.75 ± 2.59	223.00 ± 1.96	137.00 ± 3.41
რქაწითელი	10.35 ± 2.10	235.00 ± 3.40	93.00 ± 2.83
მგალობლიშვილი	10.25 ± 2.12	221.00 ± 2.43	106.00 ± 2.72
კაბერნე სოვინიონი	9.90 ± 3.47	225.00 ± 2.89	130.00 ± 1.79

22.08

ვაზის ჯიშები	ფოტოსინთეზის ინტენსივობა (CO ₂ ასიმილაცია)	შიდაუჯრედული ნახშირორჟანგი (ppm)	ტრანსპირაცია (მლმოლი/მ2xწმ)
ჩინური	6.82 ± 2.29	175.00 ± 3.17	182.00 ± 2.86
რქაწითელი	8.90 ± 1.98	205.00 ± 3.35	165.00 ± 1.54
მგალობლიშვილი	8.61 ± 3.00	159.00 ± 2.19	185.00 ± 1.84
კაბერნე სოვინიონი	6.71 ± 3.47	150.00 ± 2.89	148.00 ± 1.79

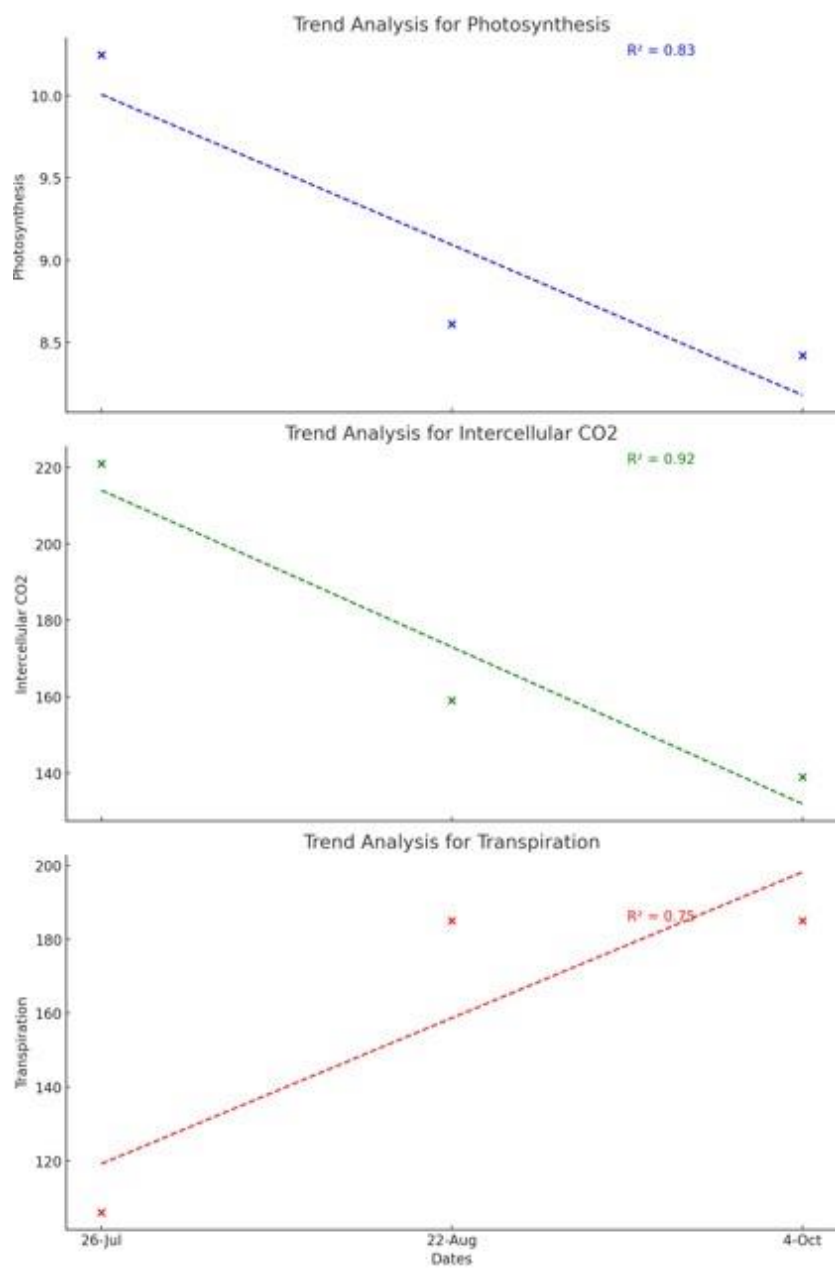
4.10

ვაზის ჯიშები	ფოტოსინთეზის ინტენსივობა (CO ₂ ასიმილაცია)	შიდაუჯრედული ნახშირორჟანგი (ppm)	ტრანსპირაცია (მლმოლი/მ2xწმ)
ჩინური	8.92 ± 3.56	123.00 ± 1.71	192.00 ± 1.46
რქაწითელი	7.68 ± 3.17	135.00 ± 2.12	152.00 ± 1.69
მგალობლიშვილი	8.42 ± 2.69	139.00 ± 3.35	185.00 ± 2.88

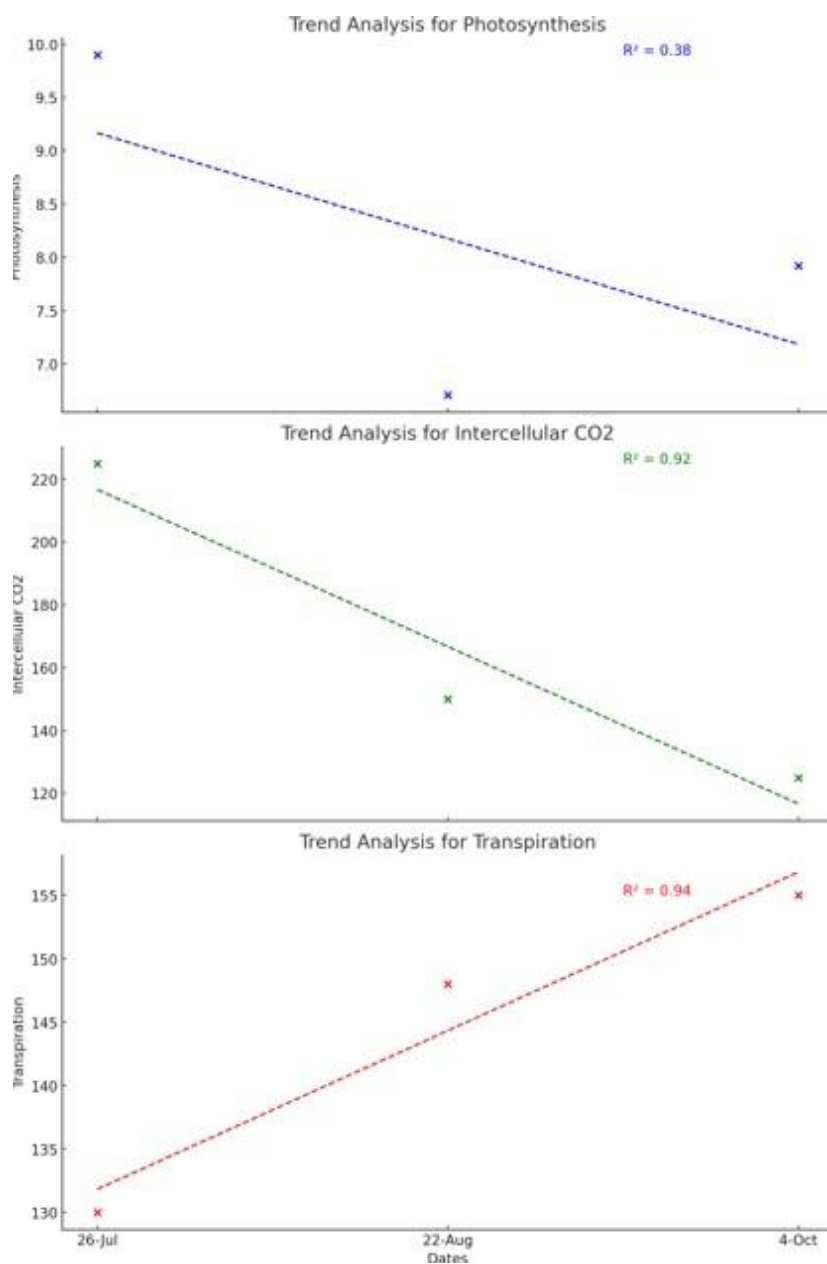
კაბერნე სოვინიონი	7.92 ± 2.26	125.00 ± 2.62	155.00 ± 2.83
----------------------	-----------------	-------------------	-------------------

მიღებული შედეგებიდან ცალსახად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ორივე ჯიშის (კაბერნე სოვინიონი და მგალობლიშვილი) ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის ინტენსივობების ცვლილებები, ახლოსაა სხვა ქართული ჯიშების ანალოგიურ მონაცემებთან. მიღებული შედეგები ცალსახად მიუთითებს, რომ ქართლის მიკროზონაში ეს ორი ჯიში კარგადაა ადაპტირებული ნიადაგურ-კლიმატურ ფაქტორებთან.

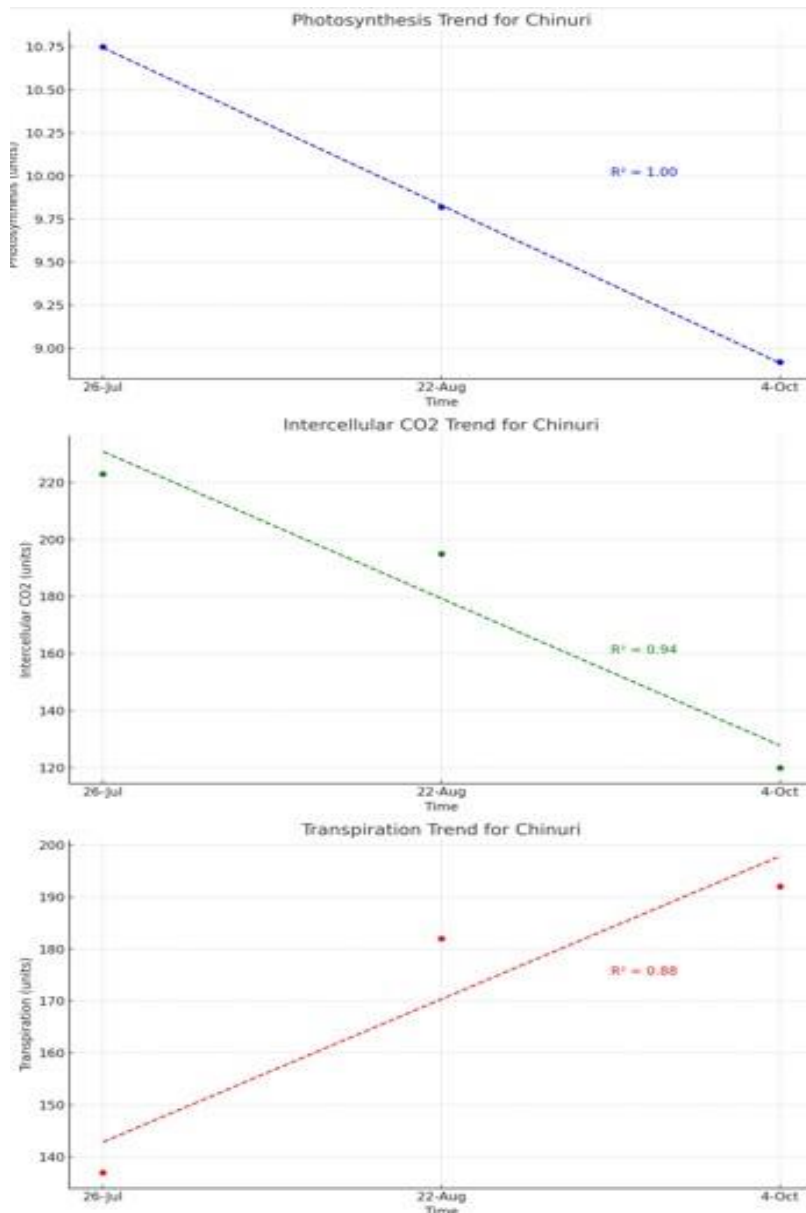
გრაფიკი 1-მეგალობლიშვილის ფიზიოლოგიური პროცესების ცვლილება დროსთან ერთად:



გრაფიკი 2-კაბერნე სოვინიონის ფიზიოლოგიური პროცესების ცვლილება დროსთან ერთად:



გრაფიკი 3- ჩინურის ფიზიოლოგიური პროცესების ცვლილება დროსთან ერთად:



4.1.2 ფლუორესცენციის პარამეტრები

ჩვენ მოლეკულურ დონეზე ჩავეძიეთ ფოტოსინთეზური აპარატის აქტივობის კვლევას კაბერნე სოვინიონისა და მგალობლიშვილის ჯიშის ვაზისათვის; ამის საშუალებას იძლევა ვაზის ფოთლების ფლუორესცენციის პარამეტრების შესწავლა, რომლებიც წარმოდგენას გვიქმნიან ანტენური ქლოროფილის, რეაქციული ცენტრების- ფს1 და ფს2, ელექტრონების ტრანსპორტის, CO₂-ის ფიქსაციის პროცესების ეფექტურობაზე. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილ 6-ში.

ცხრილი 6-სხვადასხვა ჯიშის ვაზების ფოთლის ფლუორესცენციის მაჩასიათებლები. ანათვლები აღებულია 29.08.2022-ში ს.ჯილაურას საცდელ ნაკვეთზე.

ჯიში	Fo	Fm	Fv	ETR	qp	qN
ჩინური	624.00					
	±	2927.00	0.83 ±	127.00±	10019.00	0.0114 ±
	0.0220	± 0.0196	0.0155	0.0194	± 0.0233	0.0260
რქაწითელი	629.00			135.00		
	±	2936.00	0.83 ±	±	10018.00	0.0370 ±
	0.0215	± 0.0213	0.0202	0.0143	± 0.0231	0.0211
საფერავი	606.00			133.00		
	±	2724.00	0.82 ±	±	10068.00	0.0452 ±
	0.0197	± 0.0209	0.0211	0.0187	± 0.0188	0.0210
კაბერნე სოვინიონი	645.00			125.00		
	±	2614.00	0.80 ±	±	10021.00	0.0842 ±
	0.0220	± 0.0196	0.0218	0.0208	± 0.0221	0.0241
ოცხანური საფერე	602.00			131.00		
	±	2784.00	0.83 ±	±	10044.00	0.0427 ±
	0.0245	± 0.0234	0.0248	0.0240	± 0.0186	0.0158
მგალობლიშვილი	660.00			126.00		
	±	3179.00	0.84 ±	±	10115.00	0.1248 ±
	0.0219	± 0.0261	0.0199	0.0212	± 0.0229	0.0180

როგორც ცხრილიდან ჩანს, სიბნელეში ადაპტირებული ფოთლების მახასიათებლები Fo- მინიმალური ფლუორესცენცია და Fm - მაქსიმალური ფლუორესცენცია დაკავშირებულია რეაქციული ცენტრი ფს2-ისა და მასთან დაკავშირებული ანტენური ქლოროფილის რაოდენობრივ მაჩვენებლებთან; ხოლო ვარიაბელური ფლუორესცენცია Fv - რეაქციული ცენტრი ფს 2-ის მუშაობის ეფექტურობასთან. როგორც მონაცემებიდან ჩანს კაბერნე სოვინიონისა და მგალობლიშვილის ფოტოსინთეტური აპარატის რეაქციული ცენტრი ფს 2, თავის ანტენურ ქლოროფილთან კომპლექსში საკმაოდ მაღალი ეფექტურობით გამოირჩევა.

რაც შეეხება ელექტრონული ტრანსპორტის ინტენსივობას ფოტოსისტემებს შორის -

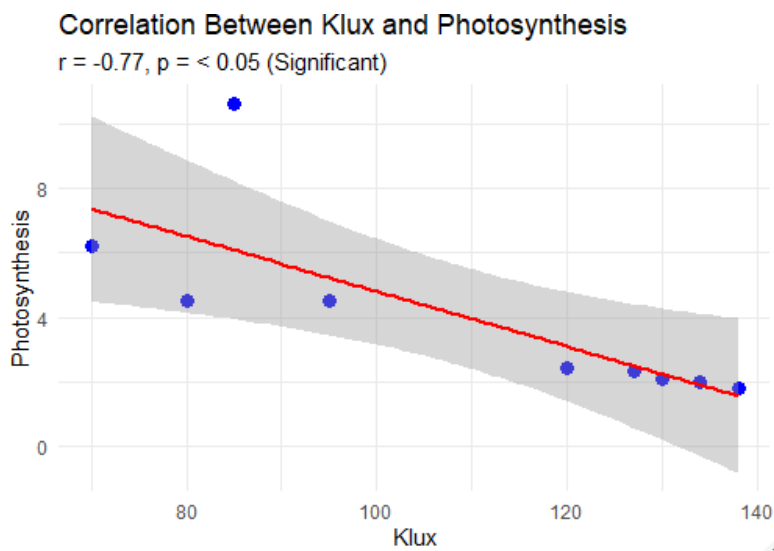
ETR, როგორც ცნობილია დაკავშირებულია რეაქციული ცენტრი ფს1-ის

ეფექტურობასთან და CO₂-ის ფიქსაციის მნიშვნელობასთან. კაბერნე სოვინიონისათვის მისი მნიშვნელობაა 125 ფარდ. ერთ., ხოლო მგალობლიშვილისათვის 126 ფარდ. ერთ.; ეს მნიშვნელობები მიუთითებენ CO₂-ის ფიქსაციის აპარატის გამართულ მუშაობაზე, რასაც ადასტურებს ფოტოქიმიური ჩაქრობის- q^P მაქსიმალური მნიშვნელობა და არაფოტოქიმიური ჩაქრობის - q^N მინიმალური მნიშვნელობა. მიღებულ მონაცემებზე დაყრდნობით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ კაბერნე სოვინიონში და მგალობლიშვილში, რომლებიც გაშენებულია ქართლის რეგიონში (ს. ჯილაურა), ფოტოსინთეზის პირველადი პროცესები (CO₂-ის ფიქსაცია, ფოტოფოსფორირება და ჟანგბადგამომყოფი სისტემა) მაღალი ეფექტურობით მუშაობენ.

4.1.3 ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის დღიური დინამიკა

ფოტოსინთეზის აპარატის სრულყოფილად მუშაობის დასადგენად, მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ვაზის ჯიშებისათვის შევისწავლეთ ფოტოსინთეზის ინტენსივობის დღიური რიტმი, მზის ინტენსივობასთან კავშირში.

გრაფიკი 4-კორელაცია მზის სინათლით განათებულობასა და ფოტოსინთეზს შორის ჯიშ მგალობლიშვილზე:



ვაზის ჯიშ მგალობლიშვილზე (გაზომვების დღე 6.07.2023) მივიღეთ, რომ 9:45 საათზე, როცა მზის დაცემული სინათლის განათებულობა არის 60-70 კლუქსის

ფარგლებში, ფოტოსინთეზის ინტენსივობა შეადგენს 6,20 მკმოლი/მ².წმ, ტრანსპირაცია 1,09 მმოლი/მ².წმ. 11:45 საათზე სინათლის განათებულობა არის 85 კლუქსის ფარგლებში, ფოტოსინთეზის ინტენსივობა გაიზარდა და შეადგინა 10,60 მკმოლი/მ².წმ, ტრანსპირაცია არის 2,94 მმოლი/მ².წმ. 13:00 საათზე სინათლის განათებულობა გაიზარდა 120 კლუქსი, ხოლო ფოტოსინთეზის ინტენსივობა მკვეთრად შემცირდა 2,43 მკმოლი/მ².წმ, ტრანსპირაცია გახდა 2,42 მმოლი/მ².წმ. 16:10 საათზე ფოტოსინთეზის ინტენსივობა ისევ გაიზარდა და გახდა 4,52 მკმოლი/მ².წმ, 17:00 საათზე 4,52 მკმოლი/მ².წმ. ხოლო ტრანსპირაცია ამ პერიოდში დიდად არ შეცვლილა და იცვლებოდა 2,42 – 2,50 მმოლი/მ².წმ -ის ფარგლებში.

ვაზის ჯიშ კაბერნე სოვინიონის შემთხვევაში (გაზომვების დღე 26.06.2023) – 11:00 საათზე სინათლის განათებულობა იყო 80 კლუქსის ფარგლებში, ფოტოსინთეზის ინტენსივობა შეადგენს 4,74 მკმოლი/მ².წმ, ტრანსპირაცია 0,35 მმოლი/მ².წმ. 12:10 სთ-ისთვის განათებულობა იყო 89 კლუქსი. ფოტოსინთეზის ინტენსივობა შეადგენს 5,74 მკმოლი/მ².წმ, ტრანსპირაცია 1,35 მმოლი/მ².წმ. 13:30 საათზე სინათლის განათებულობა 103 კლუქსის, ფოტოსინთეზის ინტენსივობა შეადგენს 2,32 მკმოლი/მ².წმ, ტრანსპირაცია 1,46 მმოლი/მ².წმ. 16:00 საათზე სინათლის განათებულობა იყო 75 კლუქსი, ფოტოსინთეზის ინტენსივობა კვლავ გაიზარდა 7,08 მკმოლი/მ².წმ, ტრანსპირაცია 1,42 მმოლი/მ².წმ. ანალოგიური შედეგები მივიღეთ სხვადასხვა დღეებში. მიღებული მონაცემებიდან ჩანს, რომ დილის 8 საათიდან დღის 12-13 საათამდე, როცა მზის ინტენსივობა იცვლება 16-90 კლუქსის ფარგლებში, ფოტოსინთეზის ინტენსივობა განუწყვეტლად მატულობს, ხოლო 13:00 საათის შემდეგ, როცა მზის გამოსხივების ინტენსივობა 100- 120 კლუქსის ფარგლებში იცვლება, ფოტოსინთეზის ინტენსივობა მცირდებოდა ნულამდის. მიახლოებით 16:00 საათის შემდეგ, როცა მზის ინტენსივობა ისევ ჩამოდის 80 კლუქსის ფარგლებში, ფოტოსინთეზის ისევ მატულობს. ეს შედეგი მივიღეთ ორივე ჯიშისათვის- მგალობლიშვილი, კაბერნე სოვინიონი. ცხადია ფოტოსინთეზის ცვლილების ასეთი დღიური დინამიკა ლიტერატურიდან კარგად ცნობილია ვაზის სხვადასხვა ჯიშებისათვის. ჩვენ ანალოგიური შედეგები მივიღეთ ქართლის რეგიონისათვის დამახასიათებელი ჯიშებისათვის - ჩინურისა და თავკვერისათვის. ჩვენ ფოტოსინთეზის პარალელურად ვზომავდით ფლუორესცენციის პარამეტრების

ინტენსივობის ცვლილებებს მზის გამოსხივების ინტენსივობასთან კავშირში.

მაგალითად, კაბერნე სოვინიონისათვის (გაზომვის თარიღი 26.06.2023) 11:00 სთ-ზე როცა მზის განათებულობა შეადგენს 81 კლუქს, ვარიაბელური ფლუორესცენცია - $F_v=0,72$, ხოლო ელექტრონების ტრანსპორტის ინტენსივობა- $ETR=120,71$. 13:17 სთ-ზე განათებულობა 102 კლუქსია, ვარიაბელური ფლუორესცენცია კლებულობს $F_v=0,63$, ელექტრონების ტრანსპორტიც კლებულობს $ETR=106,1$. 14:31 სთ-ზე განათებულობა 106 კლუქსია, ფლუორესცენციის მაჩვენებლები ისევ კლებულებენ $F_v=0,55$, $ETR=102,9$. 16:05 სთ-ზე განათებულობა კლებულობს 78 კლუქსი, ხოლო ფლუორესცენციის მაჩვენებლები მატულობენ $F_v=0,79$, $ETR=124,8$.

ანალოგიური მდგომარეობაა მაგალობლიშვილის შემთხვევაში: მაგალითად მაგალობლიშვილისათვის (09.06.2023) – 8:28 სთ-ზე განათებულობაა 52 კლუქსი, ფლუორესცენციის მაჩვენებლები $F_v=0,64$ $ETR=115,2$. 9:41 სთ-ზე განათებულობაა 78 კლუქსი, ფლუორესცენციის მაჩვენებლები $F_v=0,61$ $ETR=114,8$. 11:34 სთ-ზე განათებულობაა 98 კლუქსი, ფლუორესცენციის მაჩვენებლები $F_v=0,56$ $ETR=104,23$. 13:09 სთ-ზე განათებულობაა 105 კლუქსი, ფლუორესცენციის მაჩვენებლები $F_v=0,52$ $ETR=100,49$.

როგორც ვხედავთ, დღის ციკლში მზის სხვადასხვა განათებულობის შემთხვევაში როგორც ვარიაბელური ფლუორესცენციის- F_v მნიშვნელობა, ისე ელექტრონული ნაკადის ინტენსივობა- ETR იცვლებოდა იგივე დინამიკით, როგორც ფოტოსინთეზის ინტენსივობა: 25 – 90 კლუქსის ფარგლებში ფლუორესცენციის მახასიათებლები მატულობს, 100-120 კლუქსის დროს მცირდება და 16:00 სთ-ის შემდეგ როცა მზის გამოსხივება მცირდება 80 კლუქსამდე, ფლუორესცენციის მახასიათებლები ისევ მატულობენ. მაშასადამე ფლუორესცენციის პარამეტრებსაც ფოტოსინთეზის ინტენსივობის ანალოგიურად გააჩნიათ ორი მაქსიმუმი დღის განმავლობაში, 13:00 საათამდე და 16:00 საათის შემდეგ.

როგორც ზემოთმოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, მზის მაღალი ინტენსივობის 100-120 კლუქსის დროს (შუადღე) ფოტოსინთეზი ეცემა თითქმის ნოლამდე, მაგრამ დღის ბოლოს, როცა მზის სხივების ინტენსივობა მცირდება 60-80 კლუქსამდე, აქტიური ფოთლების ფოტოსინთეზის ინტენსივობა ისევ იზრდება. საინტერესო

შემთხვევებს ვიღებდით ღრუბლიანი დღის დროს - როცა მზის მაღალი ინტენსივობის გამო, ფოტოსინთეზი ნულამდე იყო დაცემული, საკმარისი იყო მოღრუბლულიყო, რომ ფოტოსინთეზის მნიშვნელობა რამოდენიმე წუთში ისევ აიწევდა. ანალოგიურად იქცეოდა ფლუორესცენციის მახასიათებლები - მზის მაღალი გამოსხივების დროს, ვარიაბელური ფლუორესცენციის მნიშვნელობა-Fv კლებულობდა, მაგრამ მისი მნიშვნელობა 0,5-ზე ნაკლები არ ხდებოდა.

ლიტერატურიდან ვიცით, რომ როცა Fm 0,5-ზე გაცილებით ნაკლებია, მაშინ რეაქციული ცენტრი შეუქცევადად ზიანდება. ჩვენი მონაცემების მიხედვით კი მართალია რეაქციულ ცენტრ ფს2-ს მზის მაღალ განათებულობაზე უჭირდა მუშაობა, მაგრამ შეუქცევადად დაზიანებული არ იყო და სტრესის მოხსნისთანავე (მზის გამოსხივების შემცირებისას), მაშინვე ფს 2 ჩვეულ რეჟიმში იწყებდა მუშაობას.

4.1.4 მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ვაზის ფოთლებში პიგმენტების (ქლოროფილი ა და ბ; კაროტინოიდები) შემცველობის წლიური დინამიკა

როგორც ცნობილია ფოტოსინთეზური აპარატის ჩამოყალიბებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ მწვანე პიგმენტები, ხოლო კაროტინოიდები მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ფოტოსინთეზური აპარატის დაცვაში მზის მაღალი რადიაციის დროს. აქედან გამომდინარე, ვაზის ერთწლიანი ონტოგენეზის პერიოდში, ივნისიდან ოქტომბრის ჩათვლით, ფოთლებში ვსწავლობდით მწვანე პიგმენტების - ქლოროფილი A და B, და კაროტინოიდების დინამიკას. შედეგები მოცემულია ცხრილ 7-ში.

ცხრილი 7- ჩინურის, მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ვაზის ფოთლებში ქლოროფილი ა, ქლოროფილი ბ და კაროტინოიდების დინამიკა.

ქლოროფილი A

ჯიში	17.06	7.07	19.07	9.08	15.08	11.09	4.10
ჩინური	1.333	1.862	2.306	2.224	2.735	2.779	1.571
	±	±	±	±	±	±	±
	0.023	0.026	0.025	0.027	0.023	0.024	0.022

მგალობლიშვილი	1.340 ± 0.021	1.557 ± 0.027	1.927 ± 0.029	2.375 ± 0.028	3.034 ± 0.029	2.379 ± 0.029	1.854 ± 0.029
კაბერნე სოვინიონი	1.027 ± 0.022	1.227 ± 0.024	1.851 ± 0.021	2.225 ± 0.029	2.695 ± 0.021	2.034 ± 0.021	0.001 ± 0.028

ქლოროფილი B

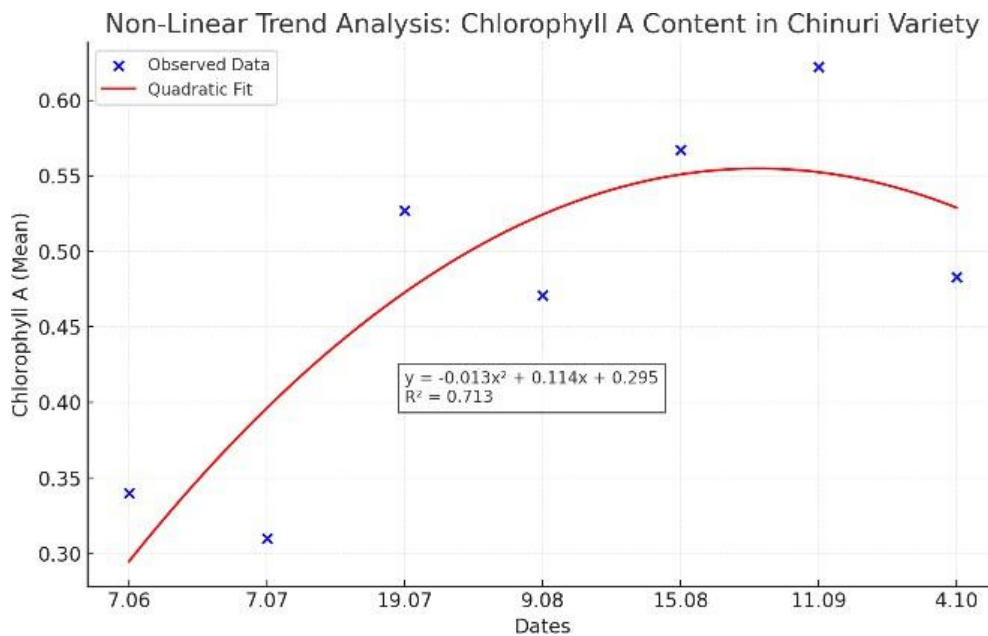
ჯიში	17.06	7.07	19.07	9.08	15.08	11.09	4.10
ჩინური	0.340 ± 0.028	0.310 ± 0.023	0.527 ± 0.022	0.471 ± 0.024	0.567 ± 0.021	0.622 ± 0.023	0.483 ± 0.021
მგალობლიშვილი	0.423 ± 0.022	0.404 ± 0.027	0.467 ± 0.026	0.517 ± 0.029	0.478 ± 0.025	0.522 ± 0.029	0.362 ± 0.029
კაბერნე სოვინიონი	0.345 ± 0.027	0.397 ± 0.029	0.419 ± 0.028	0.413 ± 0.025	0.359 ± 0.024	0.428 ± 0.022	0.381 ± 0.026

კაროტინოიდები

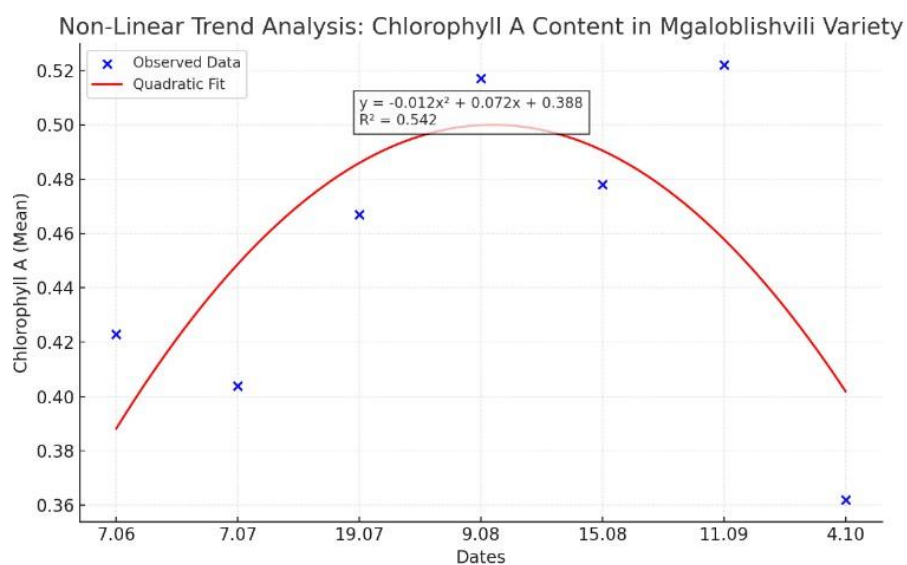
ჯიში	17.06	7.07	19.07	9.08	15.08	11.09	4.10
ჩინური	0.572 ± 0.025	0.826 ± 0.029	1.121 ± 0.023	1.134 ± 0.028	1.478 ± 0.021	1.369 ± 0.027	1.164 ± 0.024
მგალობლიშვილი	0.304 ± 0.022	0.424 ± 0.027	0.625 ± 0.020	0.727 ± 0.026	0.683 ± 0.029	1.281 ± 0.025	0.921 ± 0.028

კაბერნე	0.415	0.623	1.023	0.993	1.590	1.570	
სოვინიონი	±	±	±	±	±	±	0.644 ±
	0.024	0.028	0.021	0.030	0.022	0.026	0.027

გრაფიკი 5- ქლოროფილი A-ს ცვლილება დროში, ჯიში-ჩინური;

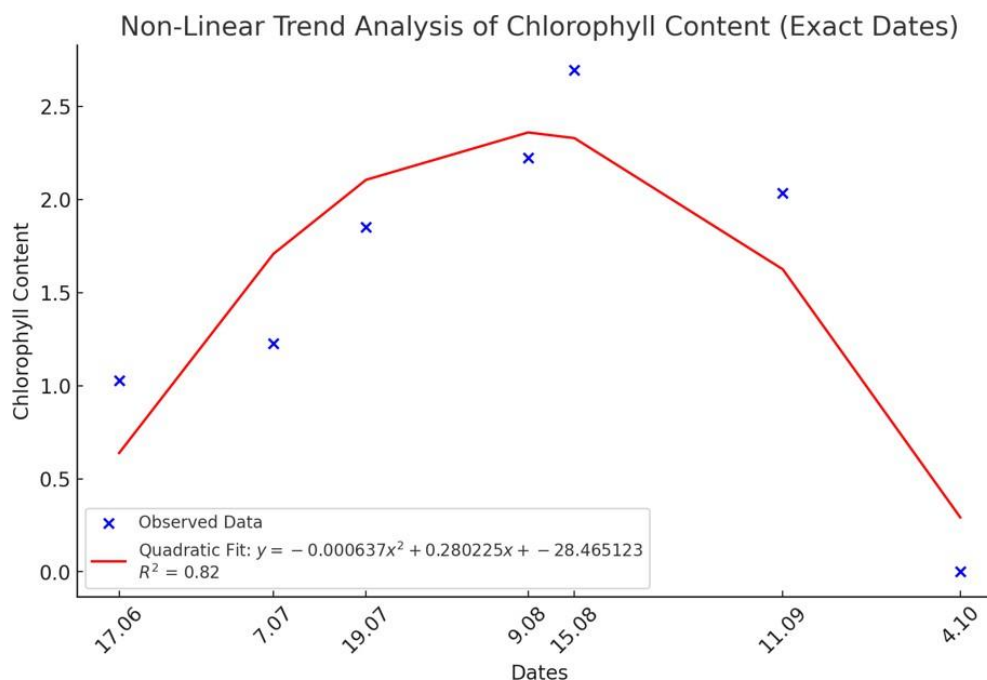


გრაფიკი 6- ქლოროფილი ა-ს ცვლილება დროში-მგალობლიშვილი:

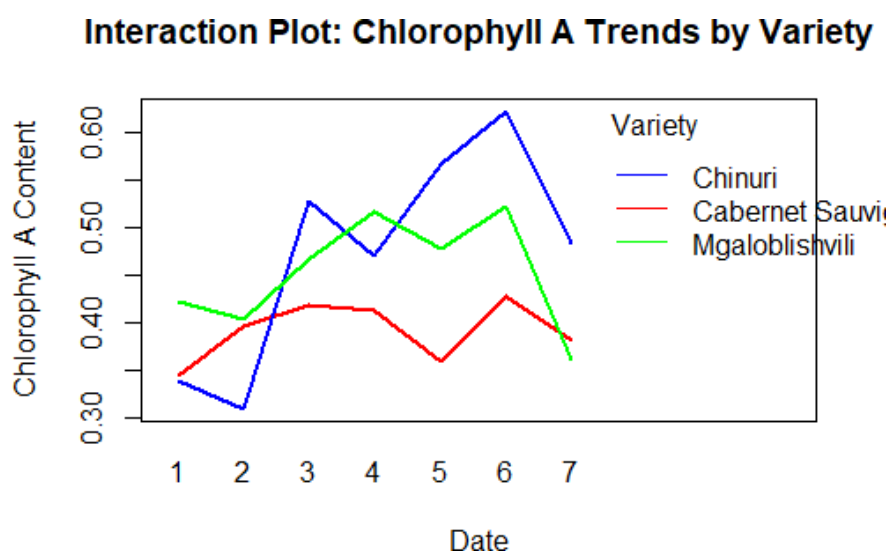


(P-value = 0.04861)- ქლოროფილი A-ს შედგენილობა იცვლება დროსთან ერთად, ჯიშის მიუხედავად.

გრაფიკი 7- ქლოროფილი A-ს ცვლილება დროში, კაბერნე:



გრაფიკი 8- ქლოროფილი A-ს ცვლილება ჯიშურად:



ცხრილ 7-ში ქართლისათვის დამახასიათებელი ჯიში - ჩინური ავიღეთ კაბერნე სოვინიონისა და მგალობლიშვილის მონაცემების შესადარებლად. როგორც ჩანს, სამივე ჯიშისათვის ქლოროფილი A-ს რაოდენობის დინამიკამ ივნისიდან ოქტომბრის შუაღამეებში გვიჩვენა, რომ იგი თანდათანობით მატულობს და თავის მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს აგვისტოს ბოლოს - სექტემბრის დასაწყისში, ხოლო ოქტომბერში ისევ მცირდება. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ საკვლევად ვიღებდით 10-12 დღის ფოთლებს, რომლებშიც მაღალი ინტენსივობით მიდის ფოტოსინთეზის პროცესი. ჩვენ წინა ნაშრომში ვაჩვენეთ, რომ ფოთლის წარმოქმნიდან 1-5 დღეში ფოტოსინთეზური აპარატი სრულყოფილად ჩამოყალიბებული . მიღებული შედეგების მიხედვით, მიუხედავად იმისა, რომ ზრდასრულ ფოთოლში ფოტოსინთეზური აპარატი სრულად ჩამოყალიბებული, ქლოროფილი A-ს შემცველობა მაინც იზრდება ივლისშიც, აგვისტოშიც და სექტემბრის დასაწყისშიც კი, ხოლო ოქტომბერში კლებულობს. ჩვენი აზრით, ქლოროფილი A-ს ასეთი დინამიკა დაკავშირებულია მოსავლის ჩამოყალიბებასა და ნაყოფის დამწიფების პროცესთან. როგორც ცნობილია ივნისში იწყება ვაზის წლიური ონტოგენეზის მტევნის გამონასკვის ფაზა, რომელსაც მოყვება ისვრილობის ფაზა, შემდეგ მოდის ვაზის სიმწიფისა და სრული ტექნიკური სიმწიფის ფაზები (აგვისტო - ოქტომბერი). ყურძნის ისვრილობიდან სრულ ტექნიკურ სიმწიფეში სჭირდება მეტი ორგანული ნაერთების სინთეზი და ჩვენი აზრით, სწორედ ამით აიხსნება ქლოროფილი A-ს რაოდენობის მატების ასეთი დინამიკა. რაც შეეხება ქლოროფილი B-ს, ის სამივე ჯიშისთვის თვეების მიხედვით თითქმის ერთნაირია, ან მცირედით მატულობს. როგორც ცნობილია, ქლოროფილი B მონაწილეობს ღებულობს ფოტოსინთეზის ჩამოყალიბებაში; როგორც ჩანს, წლის ონტოგენეზის პროცესში ფოტოსინთეზის რაოდენობა ნაკლებად მატულობს, ხოლო ფოტოსინთეზის ინტენსივობის მატება უკავშირდება ფოტოსინთეზის ეფექტურ მუშაობას. თუ დავაკვირდებით კაროტინოიდების დინამიკას თვეების მიხედვით, დავინახავთ, რომ მათი რაოდენობა სამივე ჯიშის შემთხვევაში ივლის-აგვისტოში საკმაოდ მაღალია. ეს ლოგიკურიცაა, რადგან ამ თვეებში საქართველოში მზის რადიაცია ყველაზე მაღალია, ხოლო კაროტინოიდების მთავარი ფუნქციაა დაიცვას ფოთლები მზის დამწვრობისაგან.

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ჩვენთვის საინტერესო ორ ჯიშში - კაბერნე სოვინიონი და მგალობლიშვილი, პიგმენტების (ქლოროფილი A და B, კაროტინოიდები) დინამიკა წლიური ონტოგენეზის პერიოდში ანალოგიურია, როგორც ქართლის რეგიონის - ჩინურის ჯიშისათვის, რაც დამატებით მიუთითებს ჩვენთვის საინტერესო ორი ჯიშის კარგ შემგუებლობას ს. ჯილაურას კლიმატურ პირობებთან.

4.2. ვაზის ჯიშების მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფიზიოლოგიური პროცესების ფუნქციონირება კახეთის რეგიონში.

კახეთის რეგიონში ანალოგიურად ქართლის რეგიონისა შევისწავლეთ მგალობლიშვილისა (სოფ. ნაფარეული) და კაბერნე სოვინიონის (სოფ. ყვარელი) ფიზიოლოგიური პროცესების მიმდინარეობის დინამიკა და შევადარეთ ისინი ამ სოფელში გაშენებული ჯიშების რქაწითელისა და საფერავის ფიზიოლოგიურ მაჩვენებლებს. მიღებული შედეგები მოცემულია ქვემოთ მოყვანილ ცხრილებში.

ცხრილი 8- ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის ინტენსივობები სხვადასხვა ჯიშის ვაზებისათვის (ცდები ჩატარებულია 04.08.2024, სოფ. ნაფარეულში).

ჯიში	ფოტოსინთეზის ინტენსივობა (CO ₂ ასიმილაცია0 მკმოლი/მ2xწმ	შიდაუჯრედული ნახშირორჟანგი ppm	ტრანსპირაცია მლმოლი/მ2xწმ
Saperavi	7.47 ± 0.02	240.46 ± 0.02	32.98 ± 0.03
Rkatsiteli	7.99 ± 0.03	213.80 ± 0.02	32.59 ± 0.03
Mgaloblishvili	7.42 ± 0.04	221.10 ± 0.04	33.90 ± 0.04

ცხრილი 9- ფლუორესცენციის პარამეტრების მნიშვნელობები სხვადასხვა ჯიშის ვაზებისათვის (ცდები ჩატარებულია 04.08.2024, სოფ. ნაფარეულში).

ჯიში	Fo	Fm	Fv	ETR	qp	qN
მგალობლიშვილი	500.000 ± 0.1	1224.000 ± 0.3	0.649 ± 0.02	113.000 ± 0.01	1.019 ± 0.003	0.002 ± 0.0003

რქაწითელი	629.000 ± 0.1	1936.000 ± 0.3	0.675 ± 0.04	124.000 ± 0.03	0.998 ± 0.004	0.037 ± 0.0002
საფერავი	598.000 ± 0.2	1712.000 ± 0.3	0.651 ± 0.02	117.000 ± 0.04	1.007 ± 0.001	0.015 ± 0.0003

ცხადია მაგალობლიშვილის ფიზიოლოგიური მაჩვენებლები შევადარეთ სოფ.

ნაფარეულში გაშენებული რქაწითელისა და საფერავის ანალოგიურ ფიზიოლოგიურ მაჩვენებლებს. წარმოდგენილი შედეგებიდან ჩანს, რომ ფოტოსინთეზის აპარატი მაგალობლიშვილისათვის ფუნქციონირებს ნორმალურად. საკმაოდ აქტიურია რეაქციული ცენტრის ფს2-ის აქტივობა და ელექტრონული ტრანსპორტის ინტენსივობა ფოტოსისტემებს შორის. ფლუორესცენციის ჩაქრობა მიმდინარეობს მთლიანად ფოტოქიმიური გზით. ანალოგიურად კაბერნე სოვინიონის ფიზიოლოგიური პროცესების მიმდინარეობა შევადარეთ სოფ. ყვარელში გაშენებული რქაწითელისა და საფერავის ფიზიოლოგიურ პროცესებს.

ცხრილი 10- ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის ინტენსივობები სხვადასხვა ჯიშის ვაზებისათვის (ცდები ჩატარებულია 04.08.2024, სოფ. ყვარელში).

ვაზის ჯიშები	ფოტოსინთეზის ინტენსივობა (CO2 ასიმილაცია)	შიდაუჯრედული ნახშირორჟანგი (ppm)	ტრანსპირაცია (მლმოლი/მ2xწმ)
საფერავი	7.09 ± 0.02	102.67 ± 0.03	38.15 ± 0.02
რქაწითელი	6.87 ± 0.02	95.29 ± 0.03	36.81 ± 0.02
კაბერნე სოვინიონი	7.25 ± 0.02	101.73 ± 0.03	36.02 ± 0.02

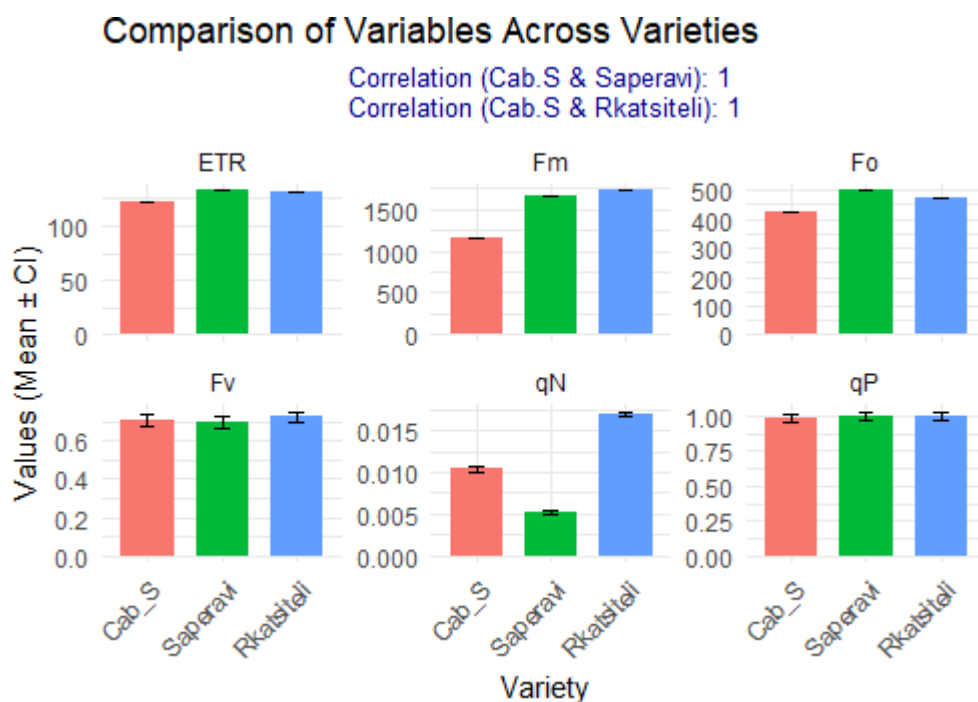
ცხრილი 11- ფლუორესცენციის პარამეტრების მნიშვნელობები სხვადასხვა ჯიშის ვაზებისათვის (ცდები ჩატარებულია 04.08.2024, სოფ. ყვარელში).

ცვლადი	კაბერნე ს.	საფერავი	რქაწითელი
--------	------------	----------	-----------

Fo	428 ± 0.03	501 ± 0.03	476 ± 0.03
----	----------------	----------------	----------------

Fm	1150 ± 0.03	1659 ± 0.03	1727 ± 0.03
Fv	0.707 ± 0.03	0.698 ± 0.03	0.724 ± 0.03
ETR	122 ± 0.03	133 ± 0.03	131 ± 0.03
qP	0.9904 ± 0.03	1.000 ± 0.03	1.0042 ± 0.03
qN	0.0104 ± 0.0002	0.0052 ± 0.0003	0.017 ± 0.0002

გრაფიკი 9-ცვლადების შედარება ჯიშებს შორის:



მონაცემებიდან ჩანს, რომ კაბერნე სოვინიონი კარგად არის შეგუებული ყვარელის ეკოლოგიურ გარემოს და ბევრი პარამეტრით, მეტი ეფექტურობითაც გამოირჩევა რეგიონისათვის დამახასიათებელ ჯიშებთან (რქაწითელი, საფერავი) შედარებით.

2023 – 2024 წლების განმავლობაში ჩვენ მუდმივ მონიტორს ვუწევდით მაგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფიზიოლოგიურ მონაცემებს: ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის ინტენსივობას, ფლუორესცენციის პარამეტრებს. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში N12 და N13.

ცხრილი 12. მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფოტოსინთეზის ინტენსივობა და ტრანსპირაცია კახეთის რეგიონში (2023 – 2024 წწ.)

მგალობლიშვილი:

თარიღი	ფოტოსინთ.ინტენს. (CO ₂ ასიმილ.) მკმოლი/მ2xწმ	შიდაუჯრედული CO ₂ ppm	ტრანსპირაცია მლმოლი/მ2xწმ
13.07.23	7.76 ± 0.01	133 ± 0.01	187 ± 0.01
1.09.23	6.50 ± 0.02	149 ± 0.02	205 ± 0.02
29.09.23	6.95 ± 0.03	130 ± 0.03	221 ± 0.03
24.07.24	8.50 ± 0.02	125 ± 0.02	233 ± 0.02
22.08.24	8.43 ± 0.01	150 ± 0.01	244 ± 0.01

კაბერნე სოვინიონი

თარიღი	ფოტოსინთ.ინტენს. (CO ₂ ასიმილ.) მკმოლი/მ2xწმ	შიდაუჯრედული CO ₂ ppm	ტრანსპირაცია მლმოლი/მ2xწმ
13.07.2023	8.01 ± 0.01	145 ± 0.01	180 ± 0.01
1.09.2023	7.59 ± 0.02	156 ± 0.02	209 ± 0.02
29.09.2023	6.55 ± 0.03	158 ± 0.03	178 ± 0.03
24.07.2024	6.45 ± 0.02	120 ± 0.02	140 ± 0.02
22.08.2024	4.18 ± 0.01	147 ± 0.01	79 ± 0.01

ცხრილი 13- მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფლუორესცენციის პრამეტრები კახეთის რეგიონში 2023 – 2024 წწ.

მგალობლიშვილი:

თარიღი	Fo	Fm	Fv	ETR

13.07.2023	445 ± 0.01	1338 ± 0.01	0.741 ± 0.01	120 ± 0.01
1.09.2023	500 ± 0.02	1224 ± 0.02	0.649 ± 0.02	112 ± 0.02
29.09.2023	447 ± 0.03	1209 ± 0.03	0.635 ± 0.03	110 ± 0.03
24.07.2024	408 ± 0.02	928 ± 0.02	0.653 ± 0.02	114 ± 0.02
22.08.2024	367 ± 0.01	871 ± 0.01	0.672 ± 0.01	115 ± 0.01

კაბერნე სოვინიონი:

თარიღი	Fo (Mean ± CI)	Fm (Mean ± CI)	Fv (Mean ± CI)	ETR (Mean ± CI)
13.07.2023	428 ± 0.01	1150 ± 0.01	0.71 ± 0.01	122 ± 0.01
1.09.2023	407 ± 0.02	1102 ± 0.02	0.63 ± 0.02	112 ± 0.02
29.09.2023	412 ± 0.03	1215 ± 0.03	0.65 ± 0.03	110 ± 0.03
24.07.2024	385 ± 0.02	817 ± 0.02	0.62 ± 0.02	109 ± 0.02
22.08.2024	288 ± 0.01	678 ± 0.01	0.66 ± 0.01	98 ± 0.01

ორი წლის მონიტორინგის მონაცემებზე დაყრდნობით, ასევე კაბერნე სოვინიონისა და მაგალობლიშვილის ვაზის ჯიშებში მიმდინარე ფოტოსინთეზური პროცესების შედარებამ რეგიონისათვის დამახასიათებელი ჯიშების - რქაწითელი და საფერავი, ანალოგიურ ფიზიოლოგიურ მონაცემებთან მიგვიყვანა დასკვნამდე, რომ საცდელი ჯიშები სრულადაა ადაპტირებული კახეთის რეგიონთან.

4.3 სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ფარდობითი გვალვაგამძლეობის წინასწარი დიაგნოსტიკების ექსპრესს მეთოდი.

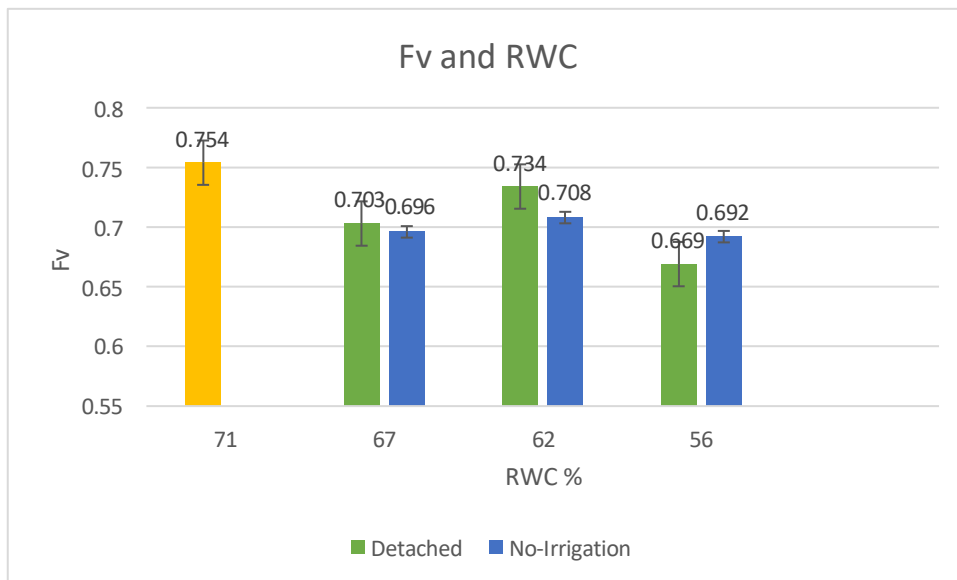
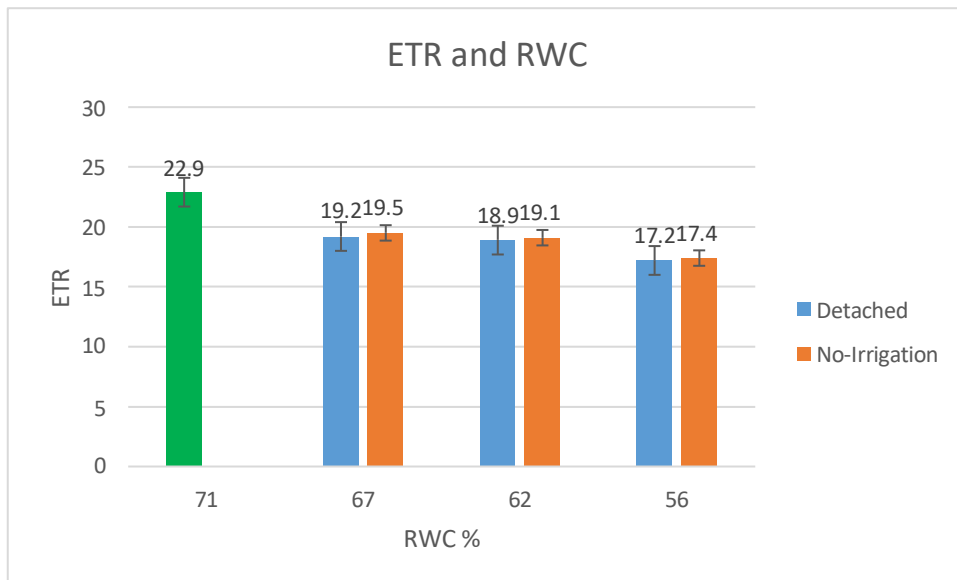
როგორც ლიტერატორულ მიმოხილვაში იქნა აღნიშნული გლობალური დათბობის ფონზე საინტერესოა დაგვედგინა რამდენად უძლებენ ჩვენი საკვლევი ჯიშები

მგალობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონი გლობალური დათბობისათვის დამახასიათებელ აბიოტურ ფაქტორებს - კერძოდ წყლის დეფიციტს.

ამ მიზნის მისაღწევად ვაზის ფოთლებში გამოვიკვლიეთ ფლუორესცენციის მახასიათებლების ცვლილების დინამიკა წყლის ფარდობითი შემცველობის-RWC შემცირებისას და მივიღეთ ზოგადად სხვადასხვა ჯიშის ვაზების ფარდობითი გვალვაგამძლეობის შეფასების მეთოდი. ამ თავში შევეცდებით აღვწეროთ მიღებული მეთოდი. იმისათვის, რომ უფრო თვალსაჩინოდ წარმოდგენილიყო განსხვავება ვაზის ჯიშების გვალვაგამძლეობაში, პირველ ეტაპზე ავიღეთ ერთმანეთისაგან გვალვაგამძლეობით რადიკალურად განსხვავებული ჯიშები: გვალვაგამძლე რქაწითელი და ჩინური; და ნაკლებადგვალვაგამძლე ცოლიკოური და საფერავი.

4.3.1 ვაზის ფოთლებში წყლის შემცირების გზები

არსებობს ვაზის ფოთლებში წყლის შემცირების ორი გზა: ერთი - ტორფნეშომპალიან ქოთნებში აღმოცენებულ მცენარეებს ვუწყვეტთ წყლის მიწოდებას და ამით ვამცირებთ ფოთოლში წყლის შემცველობას. მეორე გზა ასეთია- მცენარიდან ვწყვეტთ ფოთოლს და ვათავსებთ ლაბორატორიულ მაგიდაზე; ცხადია დროის მიხედვით წყლის ფარდობითი შემცველობა ფოთოლში - RWC მცირდება. გაცილებით მარტივია მეორე გზა, რომელიც გრძელდება რამოდენიმე საათს. მაგრამ მოწყვეტილ ფოთოლში გარდა წყლის შემცირებისა, მკვეთრად იცვლება სხვა ფიზიოლოგიური პროცესებიც (ფოტოსინთეზი მყისვე ინჰიბირდება, ბაგეები იხურება, ტრანსპირაცია წყდება და სხვ.), რომლებსაც შეუძლიათ გავლენა მოახდინონ ფოთლის ფლუორესცენციის პარამეტრებზე. ამ პრობლემის გადაწყვეტის მიზნით ჩვენ გამოვიყენეთ ფოთლებში წყლის შემცირების ორივე გზა და დავაკვირდით ფლუორესცენციის პარამეტრების ცვლილებებს. შედეგები მოცემულია გრაფიკ 10-ზე.



გრაფიკი 10. ETR და Fv მნიშვნელობების დამოკიდებულება წყლის ფარდობით შემცველობასთან- RWC

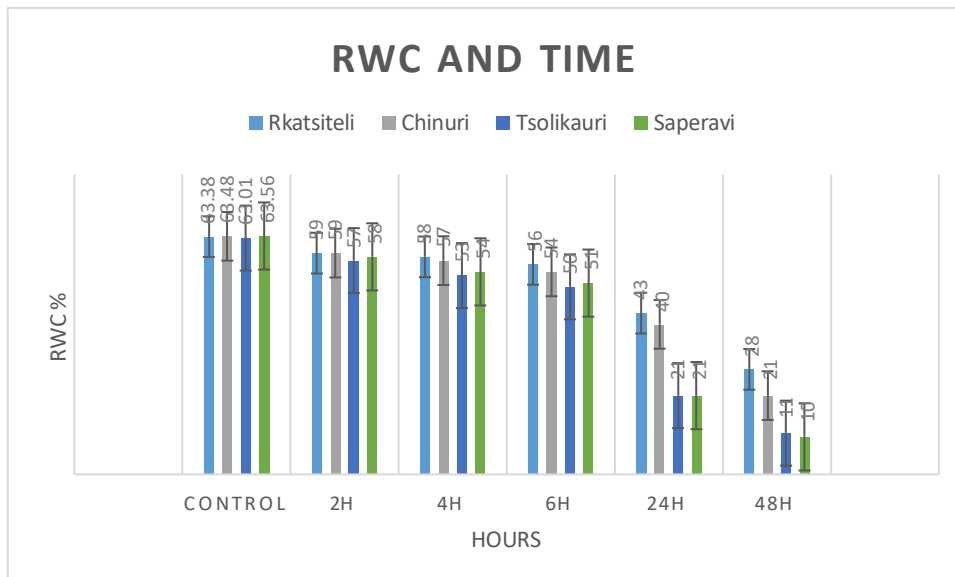
გრაფიკ 10-ზე მოყვანილია ვაზის ჯიშ რქაწითელის ფოთლების ვარიაბელური ფლუორესცენციისა-Fv და ელექტრონების ტრანსპორტის ინტენსივობის-ETR მნიშვნელობების დამოკიდებულება წყლის ფარდობით შემცველობასთან- RWC . გრაფიკზე მოყვანილია სიბნელეში ადაპტირებული ფოთლების ფლუორესცენციის მახასიათებლები. „მოწყვეტილი“ ნიშნავს, წყლის ფარდობითი მნიშვნელობის- RWC შემცირებას მოწყვეტილ ფოთლებში, „მოურწყავი“ ნიშნავს წყლის ფარდობითი მნიშვნელობის- RWC შემცირების მიღწევას ტორფნემომპალიანი ქოთნების მოურწყველობის გზით.

როგორც ლიტერატურიდანაა ცნობილი ქლოროპლასტებში ვარიაბელური ფლუორესცენციის-Fv ინტენსივობა დაკავშირებულია რეაქციული ცენტრის ფს2-ის მუშაობის ეფექტურობასთან, ხოლო ელექტრონების ტრანსპორტის ინტენსივობა-ETR დაკავშირებულია რეაქციული ცენტრებისა (ფს1, ფს2) და ელექტრონების გადამტანების ფუნქციონირებასთან ფოტომემბრანაში.

როგორც მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, ფლუორესცენციის პარამეტრების მნიშვნელობა დამოკიდებულია წყლის ფარდობით შემცველობაზე- RWC ფოთოლში და არაა დამოკიდებული წყლის შემცირების მეთოდზე. ცხადია ფოთლის მოწყვეტისთანავე ფოტოსინთეზი ინგიბირდება, მაგრამ ფოტოსინთეზის პირველადი პროცესების ფიზიკური ნაწილი (სინათლის ფოტონის შთანთქმა ანტენური ქლოროფილის მიერ, რეაქციულ ცენტრებში მიმდინარე პირველადი ფოტოქიმიური პროცესი, ელექტრონების ციკლური და არაციკლური ტრანსპორტი) საკმაოდ მდგრადია და ფუნქციონირებს ფოტომემბრანის შეუქცევად დაზიანებამდე. ამიტომ ნაშრომში ჩვენ გამოვიყენეთ წყლის შემცირების ორივე მეთოდი.

4.3.2 ვაზის ფოთლებში წყლის ფარდობით მნიშვნელობის დინამიკის კავშირი ჯიშურ თავისებურებებთან.

წარმოდგენილ კვლევებში ჩვენს მიერ შეირჩა საკვლევი ვაზის ჯიშები, რომლებიც მკვეთრად განსხვავდებიან ფარდობითი გვალვაგამძლეობის მიხედვით: გვალვაგამძლე ჯიშებია რქაწითელი და ჩინური, ნაკლებად გვალვაგამძლე ცოლიკოური და საფერავი. აღნიშნულ ჯიშების ფოთლებში შესწავლილ იქნა წყლის ფარდობითი შემცველობა ფოთლის მოწყვეტის დროსთან თანაფარდობაში. შედეგები მოცემულია გრაფიკზე N11.

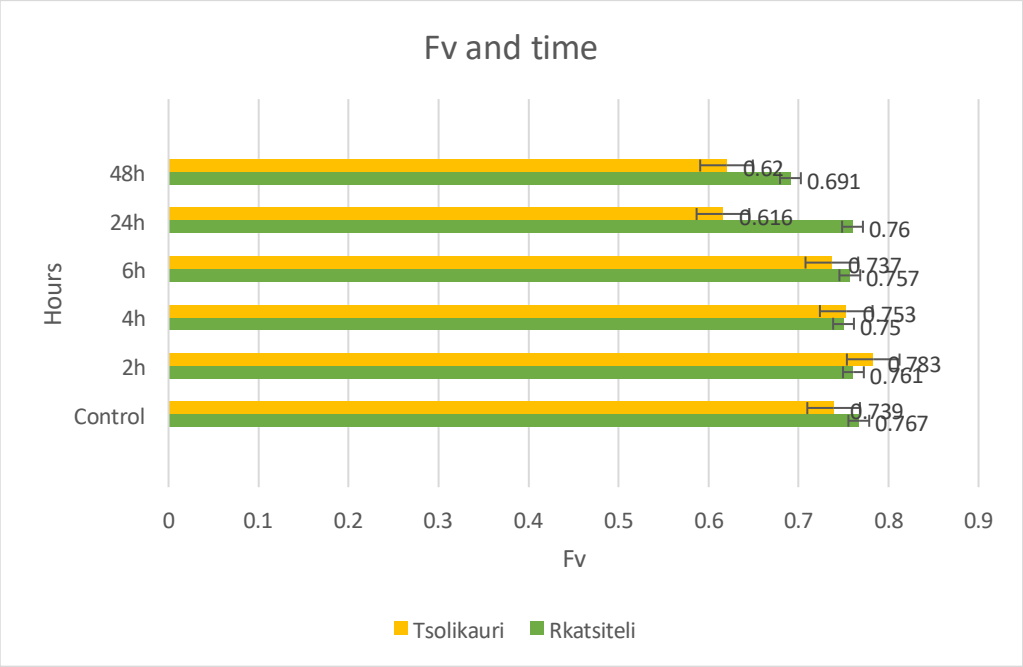
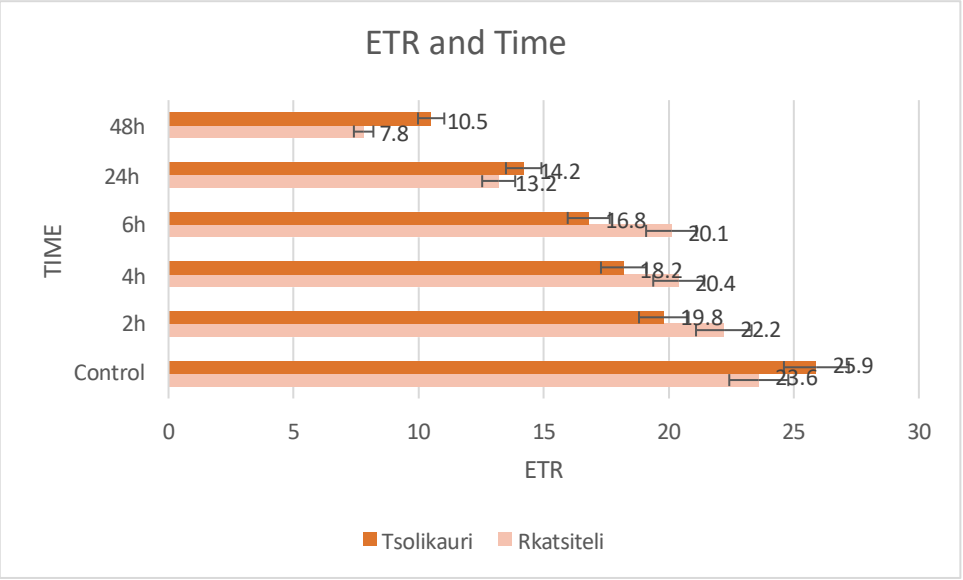


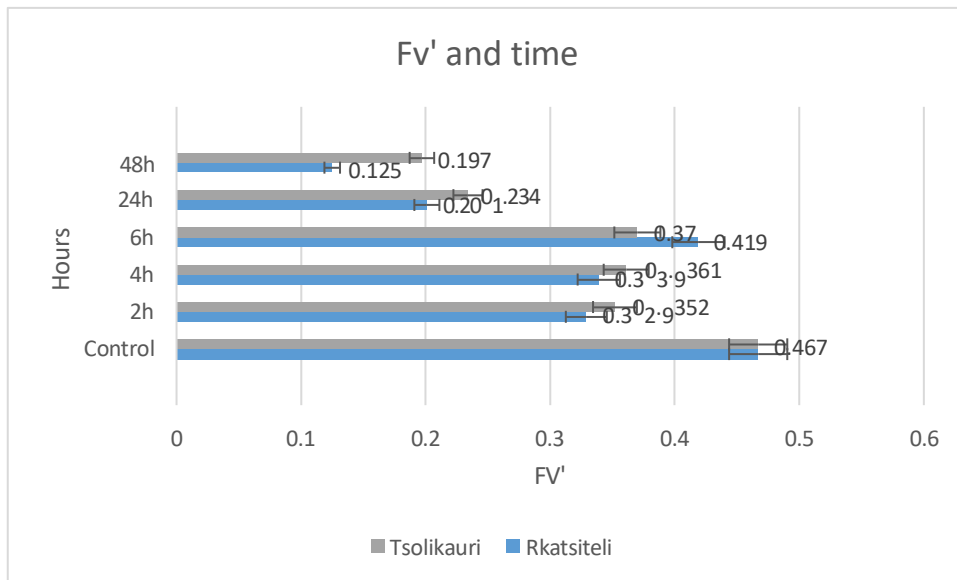
გრაფიკ 11-ში მოცემულია ვაზის სხვადასხვა ჯიშის ფოთლებში წყლის ფარდობითი შემცველობის-RWC დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის დროსთან. საკვლევი ჯიშებიდან რქაწითელი და ჩინური ითვლება შედარებით გვალვაგამძლე, ვიდრე ცოლიკოური და საფერავი

როგორც გრაფიკი 11-დან ჩანს, დროის განმავლობაში, პირველ ეტაპზე ყველა ჯიშის ვაზის ფოთლებში წყლის შემცველობა სწრაფად მცირდებოდა, მაგრამ გარკვეული დროის შემდეგ წყლის შემცირების სიჩქარე გადის სტაბილურ დონეზე და შემცირების სიჩქარეც გაცილებით ნაკლებია. გამოიკვეთა წყლის დაკარგვის ჯიშური თავისებურებები: შედარებით გვალვაგამძლე ჯიშების – რქაწითელისა და ჩინურის ფოთლები წყალს ნაკლები სისწრაფით კარგავდნენ, ვიდრე შედარებით ნაკლებად გამძლე - ცოლიკოური და საფერავი. უფრო მეტიც, 24 და 48 საათის შემდეგ გვალვაგამძლე ჯიშები ორჯერ მეტ წყლის რაოდენობას შეიცავდნენ. მაშასადამე შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ გვალვაგამძლე ჯიშების ფოთლებს აქვთ წყლის მაღალი დამჭერუნარიანობის უნარი, რაც დაკავშირებული უნდა იყოს მათი ანატომიური აგებულობის თავისებურებებთან.

4.3.3 ფლუორესცენციის პარამეტრების მნიშვნელობების დამოკიდებულება ფოთლებში წყლის ფარდობით მნიშვნელობასთან.

ფოთლებში წყლის ფარდობითი შემცველობის - RWC ცვლილებასთან პარალელურად ჩვენ შევისწავლეთ ფლუორესცენციის მაჩასიათებლების დინამიკა .





გრაფიკი 12- ვაზის ფოთლის ფლუორესცენციის მახასიათებლების დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის დროსთან (გრაფიკში მოყვანილია ვარიაციული ფლუორესცენციის პარამეტრები, როგორც სიბნელესთან ადაპტირებული ფოთლებში -Fv, ისე წითელი სინათლის ფონზე- Fv')

ჩვენ კვლევაში წარმოვადგინეთ შედეგები ვაზის ორ ჯიშზე – რქაწითელზე, რომელიც ყველაზე გვალვაგამძლე ჯიშად ითვლება და ცოლიკოურზე, რომელიც ყველაზე ნაკლებგვალვაგამძლედ ითვლება.

გრაფიკი 12-დან გამომდინარე, ვაზის ფოთლებში წყლის ფარდობითი შემცველობის-RWC შემცირების მიმართ ფლუორესცენციის მახასიათებლებიდან ყველაზე მგძნობიარეა ელექტრონების ტრანსპორტის ინტენსივობა ფოტოსისტემებს შორის – ETR. როგორც მონაცემებიდან ჩანს, RWC-ს შემცირებისას 63% დან 50%-მდე ETR-ის მნიშვნელობა მცირდება (თითქმის ნახევრდება). მაგრამ შემცირება გვალვაგამძლე და ნაკლებადგვალვაგამძლე ჯიშებისათვის სხვადასხვანაირია: ცოლიკოურის შემთხვევაში RWC შემცირებისას 63% -დან 53%-მდე ETR მნიშვნელობა მცირდება 25,9-დან 18,2 - მდე (42%-ით). ხოლო უფრო გვალვაგამძლე ჯიშისათვის - რქაწითელი ETR მნიშვნელობა მცირდება 23,6- დან 20,1-მდე (17%-ით). ანუ მივიღეთ, რომ რაც უფრო გვალვაგამძლეა ჯიში, მით ნელა მცირდება ETR-ის მნიშვნელობა. ზუსტად ანალოგიური შედეგი მივიღეთ ვაზის ჯიშების - ჩინურისა (გვალვაგამძლე) და საფერავის (ნაკლებად გვალვაგამძლე) შემთხვევაში.

მიღებული შედეგების ასახსნელად უნდა დავეყრდნოთ ლიტერატორულ მონაცემებს, რომლის მიხედვითაც ელექტრონების ტრანსპორტის ინტენსივობა- ETR დაკავშირებულია ფოტოსისტემებისა (ფს1 და ფს2) და ელექტრონების გადამტანების (პირველადი აქცეპტორი-Q1, პლასტოქინონი, პასტოციანიდი და სხვ.) ფუნქციონირებასთან ფოტომემბრანაში. S. Van Caemmerer, 2000 და U.Schreiber, 2005-ის მიხედვით ელექტრონების ინტენსივობა ფოტოსისტემებს შორის პირდაპირ კავშირშია ოქსიგენიზაციისა და კარბოქსილიზაციის პროცესებთან და გამოითვლება ფორმულით: $ETR = ETR_p + ETR_n$, სადაც ETR_p ოქსიგენიზაციაზე, ხოლო ETR_n კარბოქსილიზაციაზე მიმართული ელექტრონების რაოდენობა. საერთოდ ოქსიგენიზაციის ელექტრონები შედარებით ადვილად შეიძლება გამოითვალოს, მაგრამ კარბოქსილირების ელექტრონების დადგენა უფრო რთულია, რადგან ზუსტად არაა ცნობილი თუ რამდენი ელექტრონი არის საჭირო ATP-ის წარმოებისთვის და როგორ ხდება ენერგიის გამოყენება და აღდგენა ფოტორესპირაციის დროს. მოყვანილი ლიტერატურული მონაცემებიდან გამომდინარე, ჩვენი აზრით, ფოთლებში წყლის შემცირებისას პირველ რიგში მცირდება ოქსიგენიზაციაზე- ETR_p მიმართული ელექტრონების რაოდენობა, რაც იწვევს მთლიანი ETR-ის შემცირებას. მართალია ლიტერატურაში შემუშავებულია ოქსიგენიზაციაზე და კარბოქსილიზაციაზე მიმდინარე ელექტრონების მრავალნაირი მოდელური სისტემები და ინტენსივობების გამოთვლის ფორმულები (S. Van Caemmerer, 2000; U.Schreiber, 2005), მაგრამ ჩვენი კვლევებისათვის, მისი მიზნიდან გამომდინარე, არაა აუცილებელი ETR-ის ცალკეული კომპონენტების გამოკვლევა, ჩვენთვის მთავარია ის ფაქტი, რომ ETR-ის მნიშვნელობის დამოკიდებულება წყლის ფარდობით შემცველობასთან RWC დაკავშირებულია ჯიშურ თავისებურებებთან და შეგვიძლია გამოვიყენოთ სხვადასხვა ჯიშის ვაზების ფარდობითი გვალვაგამძლეობის შესაფასებლად.

გრაფიკ 12-ში მოყვანილია ვარიაბელური ფლუორესცენციის- F_v მნიშვნელობის დამოკიდებულება ვაზის ფოთლებში წყლის ფარდობით შემცველობასთან-RWC.

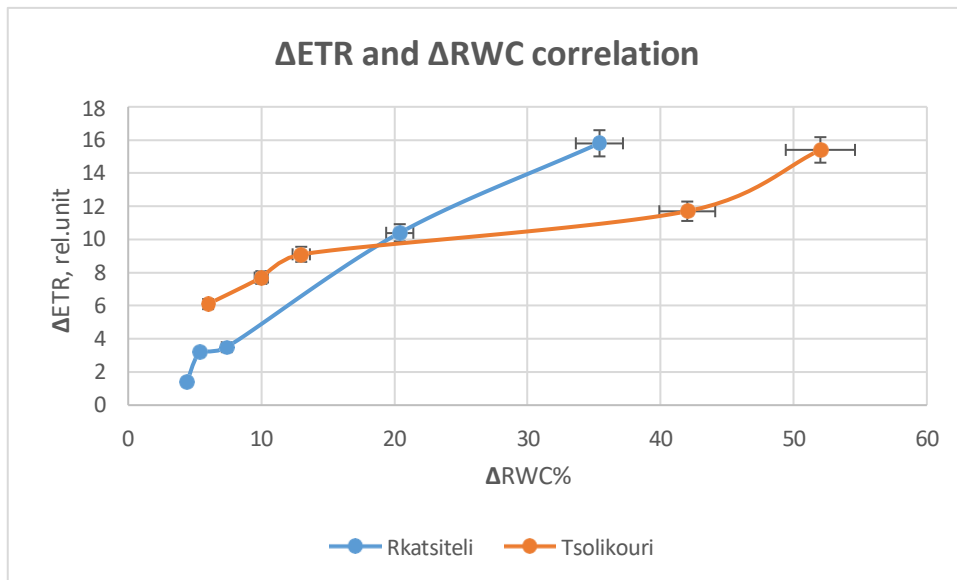
სხვანაირი კანონზომიერება გვაქვს ვარიაბელური ფლუორესცენციისათვის- F_v . როგორც გრაფიკი 12-დან ჩანს, რქაწითელისათვის RWC შემცირებისას 63% -დან

56%-მდე ფლუორესცენციის ვარიაბელური კომპონენტა უმნიშვნელოდ იცვლება, უფრო მეტიც როცა RWC არის 43%, ან თუნდაც 28%, მაშინ სიბნელეში ადაპტირებული ფოთლების ვარიაბელური ფლუორესცენცია თითქმის იგივეა $F_v=0.760$, ასევე $RWC=28\%$ დროსაც ვარიაბელური ფლუორესცენცია თითქმის 0,7 -ის ტოლია. ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით როცა F_v 0,6 – 0,8 ფარგლებშია, მაშინ ფს2 ფუნქციონირებს დაზიანებული არაა. ასეთივე მდგომარეობაა ნაკლებად გვალვაგამძლე ჯიშში (ცოლიკოური) - წყლის ფარდობითი შემცველობის-RWC შემცირებისას 63,56%-დან 51%-მდე, ვარიაბელური ფლუორესცენციის- F_v მნიშვნელობა არ იცვლება, ხოლო როცა RWC-ს მნიშვნელობას 10-20%-მდე შევამცირებთ, მაშინ F_v უმნიშვნელოდ მცირდება და აღწევს 0,62-ს. ეს შედეგები მიუთითებენ რეაქციული ცენტრი PS2-ის, როგორც წარმონაქმნის მდგრადობაზე წყლის დეფიციტის მიმართ. იგივეა დამტკიცებული Lauriano et al. 2006-ის ნაშრომი, რომელშიც ნაჩვენებია, რომ წყლის დეფიციტის მიმართ ვარიაბელური ფლუორესცენციის მნიშვნელობა- F_v სტაბილურია, რაც მიუთითებს ფს2-ის გამძლეობაზე წყლის დეფიციტის მიმართ. მათ მიერ ნაჩვენებია, რომ ფს2 გაცილებით გამძლეა წყლის დეფიციტის მიმართ, ვიდრე ფს1. ამასვე ამტკიცებს Havaux et al. 1986. უფრო მეტიც, ფოთლიდან გამოყოფილ მოდელურ სისტემაში - ქლოროპლასტებში, რეაქციული ცენტრი ფს2 წყლის ძალიან მცირე შემცველობისას (4-10%) მუშაობს.

გრაფიკი 12-დან ჩანს, რომ წყლის ფარდობითი მნიშვნელობის-RWC 43 – 10 %-მდე შემცირებისას ვარიაბელური ფლუორესცენციის- F_v მნიშვნელობები წითელი სინათლის ფონზე მცირდება 0.234 - 0,125 -მდე. ნაშრომში Lauriano et al. 2006 ანალოგიურად ნაჩვენებია, რომ წყლის ძლიერი დეფიციტის დროს რეაქციული ცენტრი ფს2 იწყებს დაზიანებას. ამ დროს F_o -ის მნიშვნელობა მატულობს, ხოლო ვარიაბელური ფლუორესცენციის- F_v მნიშვნელობა მცირდება. PAM ფლუორომეტრით გაჯერებული პულსის მეთოდით ფოტოქიმიური და არაფოტოქიმიური ჩაქრობის პარამეტრების კვლევისას Klughammer C, Schreiber, 2008 და Genty et al., 1996-ის ნაშრომებში ნაჩვენებია, რომ სიბნელეში ადაპტირებული ფოთლების ვარიაბელური ფლუორესცენციის - F_v ინტენსივობა წითელი სინათლის ფონზე, როცა რეაქციულ ცენტრ ფს2-ს შეექმნება მეტი დატვირთვა, მცირდება.

რეაქციული ცენტრი ფს2-ის დაზიანების შემთხვევაში, ეს შემცირება კიდევ უფრო თვალნათელია.

ჩვენ შემთხვევაში სიბნელეში ადაპტირებული ფოთლების ვარიაბელური ფლუორესცენცია 0,62 – 0,78 ტოლია, ხოლო წითელი სინათლის ფონზე ვარიაბელური ფლუორესცენცია - $F'v$ მცირდება 0,37 – 0,47-მდე. მაგრამ თუ რეაქციული ცენტრი განიცდის წყლის დეფიციტის სტრესს, მაშინ $F'v$ მცირდება 0,125 – 0,234-მდე (გრაფიკი 12). მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ წითელი განათების ფონზე ვარიაბელური ფლუორესცენციის- $F'v$ მნიშვნელობით შეგვიძლია შევაფასოთ რეაქციული ცენტრის ფს2-ის დაზიანების ხარისხი. აღმოჩნდა, რომ თუ ჩვენ (ტორფნეშომპალიან ქოთნებში წყლის ფარდობით შემცველობას- RWC შევამცირებთ 53-55% -მდე; ხოლო მოკლე დროის შემდეგ სტრესს მოვხსნით (ტორფნეშომპალიან ქოთნებს მოვრწყავთ), ფოთლებში ფოტოპროცესები აღდგება, მაგრამ როცა RWC 50%-ზე ქვევით დაიწევს, ფოთლებში ფოტოპროცესები აღარ აღდგება, ანუ მივიღებთ ფოტოსისტემის შეუქცევად დაზიანებას. როგორც ვნახეთ წყლის ფარდობითი შემცველობის- RWC დინამიკა მოწყვეტილ ფოთოლში, დროში დამოკიდებულია ჯიშის გვალვაგამძლეობაზე. ამიტომ მონაცემების გაერთიანებით ავაგეთ გრაფიკი, რომელიც გვიჩვენებს, თუ როგორ იცვლება ETR-ის მნიშვნელობა გვალვაგამძლე და ნაკლებად გამძლე ვაზის ჯიშებისათვის ფოთლებში წყლის ფარდობითი შემცველობის - RWC შემცირებისას (ფიგურა 1).



ფიგურა 1. რქაწითელისა და ცოლიკოურის ვაზის ჯიშებში ΔETR მნიშვნელობის ცვლილების დამოკიდებულება ΔRWC შემცირებასთან (1- რქაწითელი, 2- ცოლიკოური).

როგორც ფიგურა 1-დან ვხედავთ RWC შემცირება გვალვავამძლე რქაწითელისათვის იწვევს ETR -ის უფრო ნელა შემცირებას, ვიდრე წყლის დეფიციტისადმი უფრო მგრძნობიარე ჯიშში - ცოლიკოური. ასეთი კანონზომიერება კარგად ჩანს RWC -ს 15%-20%-ით შემცირებისას (რაც დროის მიხედვით მიიღწევა მოწყვეტილი ფოთლებში მიახლოებით 6 სთ-ის შემდეგ). როცა ფოთლებში RWC მიახლოებით 50%-ზე ნაკლები გახდება (ანუ 20 სთ-ის შემდეგ), ეტყობა ამ დროს უკვე ხდება ფოტომემბრანის მექანიკური დაზიანება, რაც თავის მხრივ აზიანებს ელექტრონების გადამტანებსა და რეაქციულ ცენტრ ფს2.

მაშასადამე მიღებულ მონაცემებზე დაყრდნობით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ნაშრომში ნაჩვენებია კავშირი ვაზის სხვადასხვა ჯიშების ფარდობით გვალვავამძლეობასა და ფლუორესცენციის პარამეტრებს შორის. ნაჩვენებია, რომ რაც უფრო გვალვავამძლეა ვაზის ჯიშში, მით უფრო ნაკლები სიჩქარით მცირდება ETR -ის მნიშვნელობა ფოთლებში წყლის შემცირებისას. ხოლო ვარიაციული ფლუორესცენციის- F_v მნიშვნელობით წითელი სინათლის ფონზე, შეგვიძლია ვიმსჯელოდ რამდენად შექცევადია დაზიანება.

ცხადია ზემოთმოყვანილი შედეგებში ჩვენ მივიღეთ ამა თუ იმ ჯიშის ვაზის ფოთოლში მოთავსებული ფოტომემბრანის გამძლეობა წყლის დეფიციტის მიმართ. მაგრამ ლოგიკურია გავაკეთოთ ასეთი დაშვება, რომ თუ ფოტომემბრანა გამძლეა წყლის დეფიციტის მიმართ, მაშინ უჯრედის შემადგენელი სხვა სახის მემბრანებიც გამძლეა წყლის დეფიციტის მიმართ და მთლიანად ჯიშში გამოდის გამძლე. ამ პრინციპიდან გამომდინარე ფლუორესცენციის პარამეტრები შეგვიძლია გამოვიყენოთ ვაზის ფარდობითი გვალვაგამძლეობის დასადგენად.

4.4 ჯიშების მაღლობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონის ფარდობითი გვალვაგამძლეობა.

4.4.1 ჯიშების მაღლობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონის ფარდობითი გვალვაგამძლეობა ქართლის რეგიონში.

ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდის გამოყენებით შევისწავლეთ მაღლობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფარდობითი გვალვაგამძლეობა სხვა ქართულ ჯიშებთან შედარებით ქართლის რეგიონში, კერძოდ სოფ. ჯიდაურაში გაშენებულ საკოლექციო ნაკვეთში.

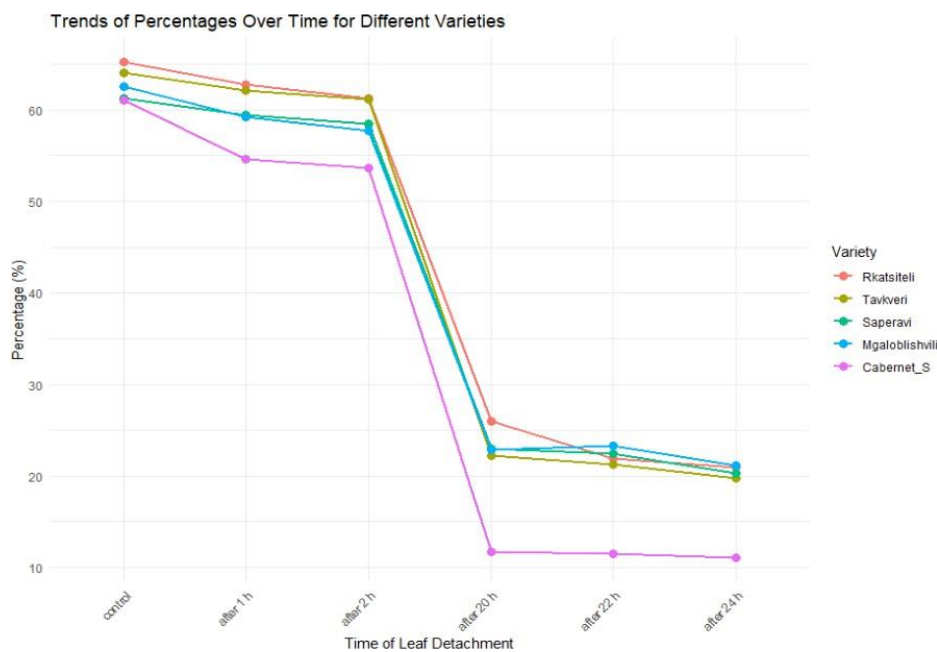
ამისათვის ვწყვეტდით სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ფოთლებს, ვათავსებდით მაგიდაზე და წყლის ფარდობითი მნიშვნელობის შემცირების ფონზე (დროის სხვადასხვა მონაკვეთში) ვსაზღვრავდით ფლუორესცენციის პარამეტრების ელექტრონული ტრანსპორტისა-ETR და ვარიაბელური ფლუორესცენციის-Fv მნიშვნელობებს. მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილებში.

ცხრილი 14- ვაზის სხვადასხვა ჯიშის ფოთლებში წყლის ფარდობითი შემცველობის- RWC მნიშვნელობის დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან სხვადასხვა ჯიშისათვის ქართლის რეგიონში (მოყვანილია 01.06.2023 წლის მონაცემები)

ფოთლის მოწყვეტის დრო	რქაწითელი	თავკვერი	საფერავი	მაღლობ.	კაბერნე

საკონტროლო	65.20%	64.05%	61.26%	62.54%	61.03%
1სთ-ს შემდეგ	62.75%	62.12%	59.45%	59.23%	54.64%
2სთ-ს შემდეგ	61.23%	61.13%	58.53%	57.73%	53.60%
20სთ-ს შემდეგ	26.03%	22.22%	22.97%	22.88%	11.75%
22სთ-ს შემდეგ	21.92%	21.24%	22.43%	23.25%	11.47%
24სთ-ს შემდეგ	20.98%	19.75%	20.27%	21.19%	11.05%

გრაფიკი 13- ჯიშების მიერ განცდილი ცვლილება დროში:



- პროცენტულობა მკვეთრად ეცემა 20-24 სთ-ის შემდგომ:
 - რქაწითელი- 65.2%-დან 20.98%-მდე;
 - კაბერნე სოვინიონი 61.03%-დან 11.05%-მდე.
 - მგალობლიშვილი ინარჩუნებს შედარებით მაღალ, 21.19%-ს.

ცხრილი 15-მონაცემთა ანალიზი

ჯიში	β_0	β_1	R^2	P-value (დახრა)
რქაწითელი	80.9	-10.82	0.8033	0.0098
თავკვერი	80.06	-10.94	0.768	0.0138
საფერავი	75.98	-10.05	0.773	0.0132
მგალობლიშვილი	76.09	-9.99	0.7831	0.012
კაბერნე ს.	76.05	-12.04	0.7822	0.0121

Intercept (β_0):

- აჩვენებს ჯიშების საწყის მდგომარეობას;
- რქაწითელს და თავკვერს აქვთ შედარებით მაღალი პროცენტულობა, მაშინ როცა საფერავი და მგალობლიშვილი მცირედით ჩამოუვარდებიან მათ (80%, 76%)

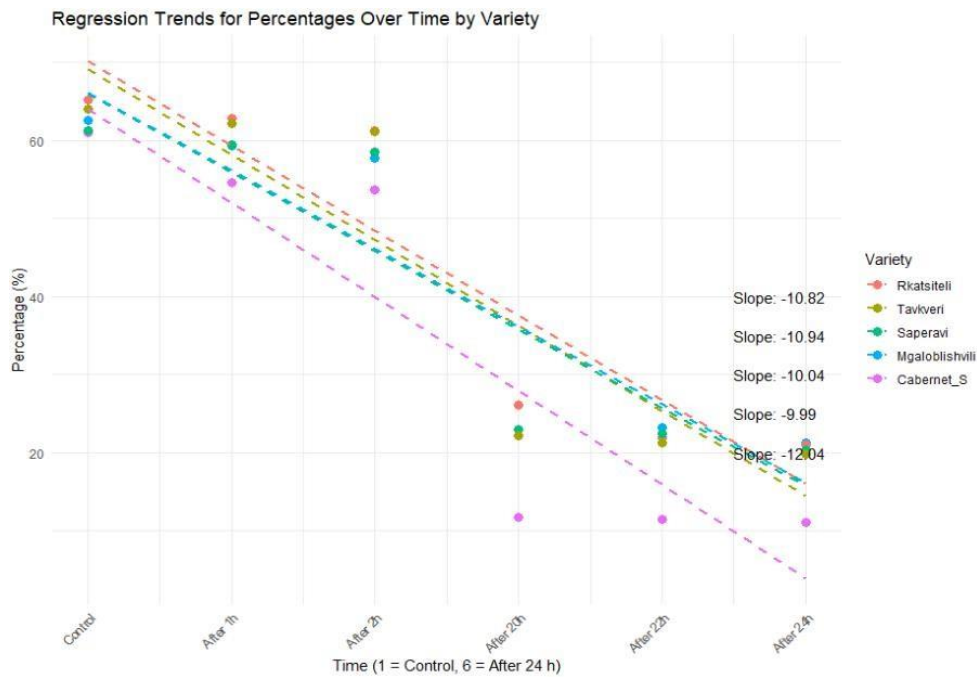
R^2

- აღნიშნული აჩვენებს, თუ რამდენად კარგად ხსნის რეგრესიის მოდელი მონაცემთა ცვალებადობას; $R^2 > 0.8$

P-value მრუდისთვის;

- აჩვენებს სტატისტიკურ მნიშვნელობას შემცირებისთვის, დროსთან ერთად;
- ყველა მრუდის შემთხვევაში $p < 0.05$;

გრაფიკი 14- ჯიშების მიხედვით, რეგრესიის ტრენდი



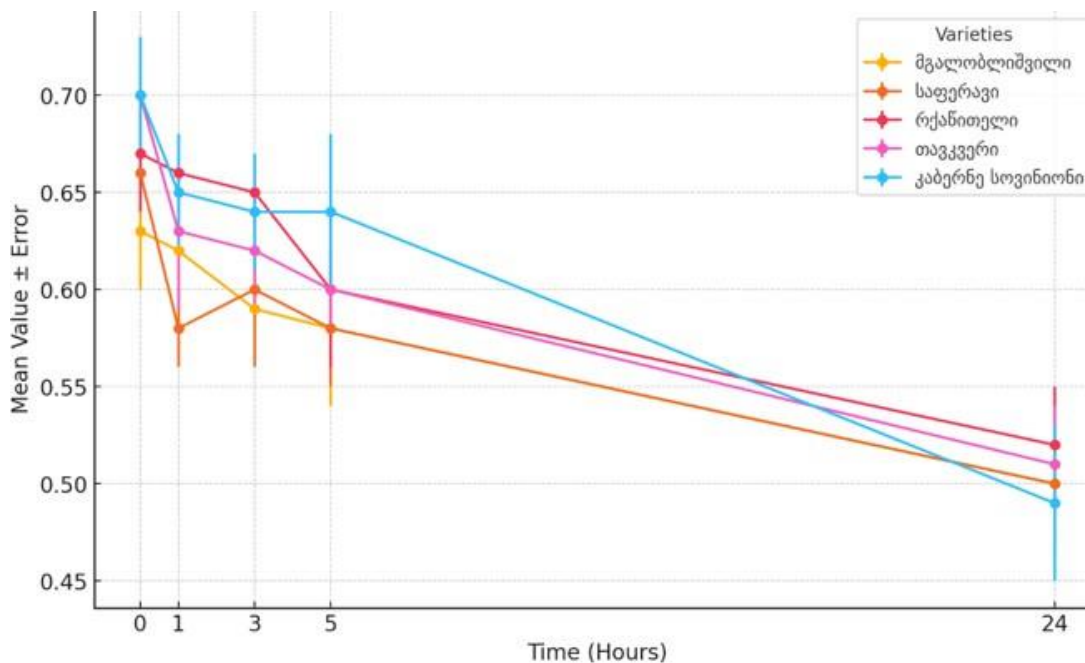
ცხრილი 16- ელექტრონული ტრანსპორტის-ETR მნიშვნელობები სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ფოთლებში ქართლის რეგიონში (მოყვანილია 25-27.09.2023 წლის მონაცემები)

N	ვაზის ჯიშები	საკონტ.	1 სთ.	3 სთ.	5 სთ.	24 სთ.	27 სთ.	48 სთ.
1.	მგალობლიშვილი	131	125	119	115	113	110	105
2.	საფერავი	130	124	120	115	110	97	85
3.	რქაწითელი	137	131	123	118	97	67	51
4.	თავკვერი	130	125	120	119	104	100	57
5.	კაბერნე სოვინიონი	131	126	117	105	104	81	47

ცხრილი 17- ვარიაბელური ფლუორესცენციის-Fv მნიშვნელობები სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ფოთლებში ქართლის რეგიონში (მოყვანილია 25-27.09.2023 წლის მონაცემები)

ვაზის ჯიშები	საკონტ.	1 სთ.	3 სთ.	5 სთ.	24 სთ.	27 სთ.	48 სთ.
მგალობლიშვილი	0.63 ± 0.03	0.64 ± 0.04	0.59 ± 0.03	0.59 ± 0.04	0.49 ± 0.03	0.51 ± 0.04	0.51 ± 0.02
საფერავი	0.66 ± 0.02	0.58 ± 0.02	0.60 ± 0.04	0.57 ± 0.03	0.50 ± 0.04	0.51 ± 0.03	0.40 ± 0.03
რქაწითელი	0.67 ± 0.03	0.56 ± 0.02	0.66 ± 0.02	0.60 ± 0.04	0.52 ± 0.03	0.31 ± 0.04	0.18 ± 0.04
თავკვერი	0.70 ± 0.03	0.63 ± 0.04	0.63 ± 0.03	0.60 ± 0.02	0.47 ± 0.03	0.52 ± 0.03	0.31 ± 0.04
კაბერნე სოვინიონი	0.70 ± 0.03	0.55 ± 0.03	0.64 ± 0.03	0.64 ± 0.04	0.51 ± 0.04	0.47 ± 0.04	0.19 ± 0.03

გრაფიკი 15-ვარიანტული ფლუორესცენციის-Fv მნიშვნელობების დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან სხვადასხვა ჯიშის ვაზისათვის ქართლის რეგიონში



მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ საკვლევი ჯიშები მგალობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონი კარგად არიან ადაპტირებული ადგილობრივ ეკოსისტემას და საკმაოდ დადებით შედეგებს ავლენენ წყლის დეფიციტის მიმართ გამძლეობაში.

მაგალითად წყლის შემცველობა მაგალობლიშვილის ფოთლებში 24 საათის შემდეგ არაფრით არ ჩამოუვარდება წყლის ფარდობით შემცველობას თავკვერში და ანალოგიურია საფერავთან შედარებით. ხოლო ელექტრონების ტრანსპორტის ინტენსივობის-ETR შემცირების სიჩქარე კი გვიჩვენებს, რომ მაგალობლიშვილი ფარდობითი გვალვამდგომლობით ოდნავ ჩამოუვარდება ქართლისათვის დამახასიათებელ ჯიშს თავკვერს, მაგრამ თითქმის ანალოგიურია საფერავთან მიმართებაში. ვარიანტური ფლუორესცენციის-Fv მონაცემებიდან შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მაგალობლიშვილის ფოტოსინთეზური აპარატის რეაქციული ცენტრი ფს2 ზიანდება 24 საათის შემდეგ, მაგრამ დაზიანება შექცევადია, სტრესის მოხსნის შემთხვევაში აღდგება. კაბერნე სოვინიონის ფოთლები უფრო მარტივად კარგავენ წყალს ვიდრე როგორც ქართლის ჯიშში თავკვერი, ისე კახური ჯიშში საფერავი. ელექტრონების ტრანსპორტის შემცირების დინამიკიდანაც ჩანს, რომ იგი ფარდობითი გვალვამდგომლობის მიხედვით ჩამორჩება თავკვერს, საფერავს და მაგალობლიშვილსაც.

მაშასადამე ქართლის რეგიონის ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებში მაგალობლიშვილი ავლენს საკმაოდ მაღალ ფარდობით გვალვამდგომლობას, მაშინ როცა კაბერნე სევენიონი ამ თვისებებით ჩამოუვარდება თავკვერს და საფერავს.

4.4.2 ჯიშების მაგალობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონის ფარდობითი გვალვამდგომლობა კახეთის რეგიონში.

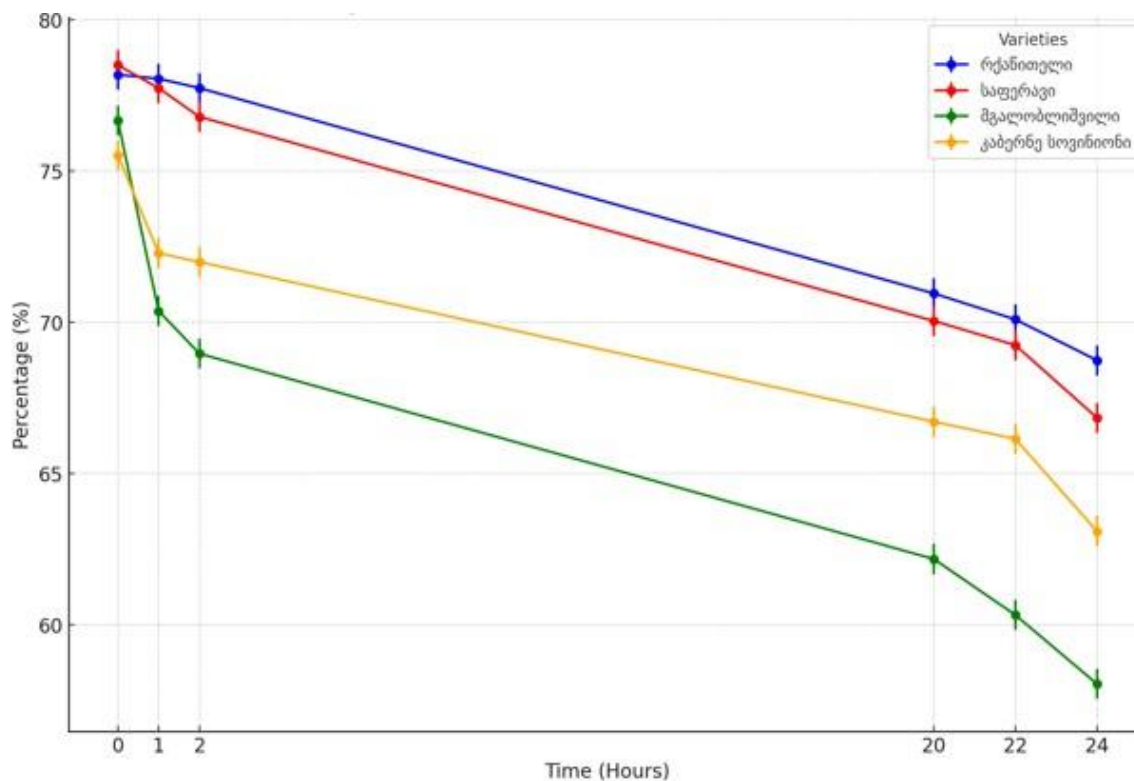
რაც შეეხება მაგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფარდობით გვალვამდგომლობას კახეთის რეგიონში, ცდები ტარდებოდა 2023 – 2023 წწ., შედეგები მოცემულია ცხრილში 18,19,20.

ცხრილი 18- კახეთის რეგიონში გაშენებული სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ფოთლებში წყლის ფარდობითი შემცველობის-RWC დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან (27.09.2024)

№	ფოთლის მოწყვეტის	რქაწითელი	საფერავი	მაგალობ.	კაბერნე

	ხანგრძლივობა, სთ.				
1	საკონტროლო	78,19%	78.51%	76.68%	75.53%
2	1 სთ-ის შემდეგ	78.06%	77.75%	70.38%	72.29%
3	2 სთ-ის შემდეგ	77.75%	76.80%	68.97%	72.00%
4	20 სთ-ის შემდეგ	70.96%	70.05%	62.18%	66.72%
5	22 სთ-ის შემდეგ	70.10%	69.25%	60.33%	66.15%
6	24 სთ-ის შემდეგ	68.75%	66.85%	58.05%	63.10%

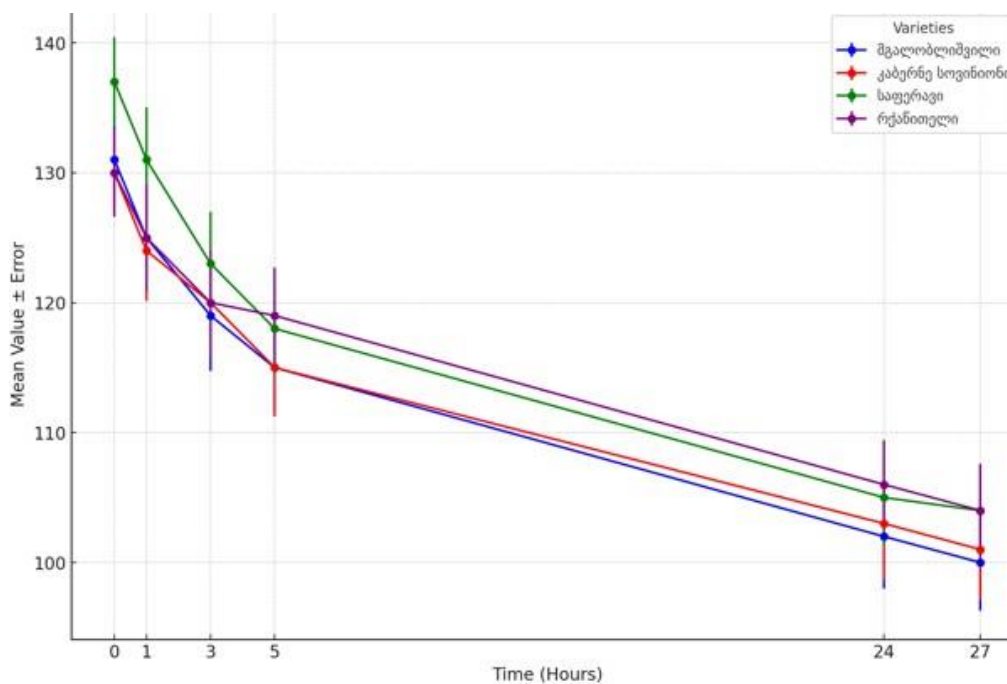
გრაფიკი 16- კახეთის რეგიონში გაშენებული სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ფოთლებში წყლის ფარდობითი შემცველობის-RWC დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან



ცხრილი 19- ელექტრონული ტრანსპორტის ინტენსივობის-ETR დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ფოთლებში, კახეთის რეგიონში (მოყვანილია 28-2.09.2023 წლის მონაცემები)

ვაზის ჯიშები	საკონტ.	1 სთ.	3 სთ.	5 სთ.	24 სთ.	27 სთ.
მგალობლიშვილი	131.00 ± 3.70	125.00 ± 4.25	119.00 ± 4.25	115.00 ± 3.39	113.00 ± 4.02	110.00 ± 3.71
კაბერნე სოვინიონი	130.00 ± 3.37	124.00 ± 3.87	120.00 ± 3.39	115.00 ± 3.77	110.00 ± 4.28	97.00 ± 3.88
საფერავი	137.00 ± 3.43	131.00 ± 4.02	123.00 ± 4.01	118.00 ± 3.49	97.00 ± 3.65	67.00 ± 3.59
რქაწითელი	130.00 ± 3.40	125.00 ± 4.07	120.00 ± 4.06	119.00 ± 3.71	104.00 ± 3.42	100.00 ± 3.51

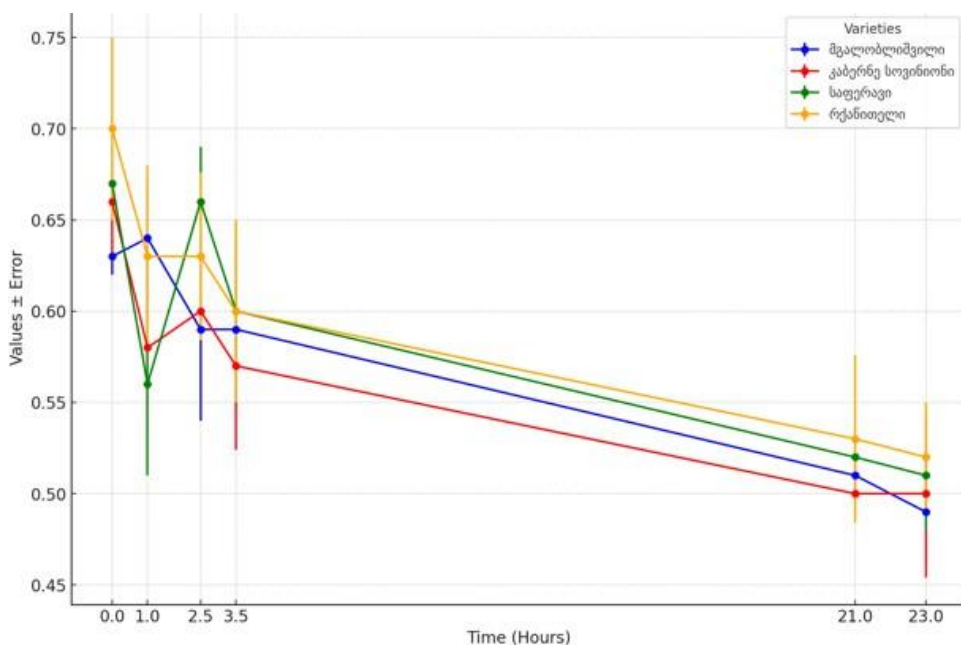
გრაფიკი 17-ელექტრონული ტრანსპორტის ინტენსივობის-ETR დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ფოთლებში, კახეთის რეგიონში



ცხრილი 20- ვარიაბელური ფლუორესცენციის-Fv მნიშვნელობების დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან სხვადასხვა ჯიშის ვაზისათვის კახეთის რეგიონში (მოყვანილია 28-29.09.2023 წლის მონაცემები)

ვაზის ჯიშები	საკონტ.	1 სთ.	2,5 სთ.	3,5 სთ.	21 სთ.	23 სთ.
მგალობლიშვილი	0.63 ± 0.010	0.64 ± 0.030	0.59 ± 0.050	0.59 ± 0.046	0.49 ± 0.010	0.51 ± 0.030
კაბერნე სოვინიონი	0.66 ± 0.030	0.58 ± 0.046	0.60 ± 0.010	0.57 ± 0.046	0.50 ± 0.010	0.51 ± 0.046
საფერავი	0.67 ± 0.010	0.56 ± 0.050	0.66 ± 0.030	0.60 ± 0.050	0.52 ± 0.010	0.31 ± 0.030
რქაწითელი	0.70 ± 0.050	0.63 ± 0.050	0.63 ± 0.046	0.60 ± 0.050	0.47 ± 0.046	0.52 ± 0.030

გრაფიკი 18-ვარიაბელური ფლუორესცენციის-Fv მნიშვნელობების დამოკიდებულება ფოთლის მოწყვეტის ხანგრძლივობასთან სხვადასხვა ჯიშის ვაზისათვის კახეთის რეგიონში



ვაზის ფოთლებში წყლის ფარდობითი მნიშვნელობის-RWC შემცირების დინამიკიდან (ცხრილი 18) ჩანს, რომ მაგლობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის წყლის დამჭერუნარიანობა დიდად არ ჩამოუვარდება კახეთის რეგიონისათვის დამახასიათებელ ჯიშებს - საფერავსა და რქაწითელს. აგრეთვე ელექტრონების ტრანსპორტის ინტენსივობის-ETR დინამიკიდანაც ჩანს, რომ მაგლობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონი მცირედით ფარდობითი გვალვಾಗამძლეობით ჩამოუვარდება კახეთის რეგიონის ჯიშებს. თუმცა კაბერნე სოვინიონმა ამ რეგიონში უფრო მაღალი ფარდობითი გვალვಾಗამძლეობა აჩვენა ვიდრე მაგლობლიშვილმა. რაც შეეხება ვარიანტური ფლუორესცენციის-Fv შედეგებს (ცხრილი 20), როგორც ვხედავთ მართალია მაგლობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონი მცირედით ჩამოუვარდება ფარდობით გვალვಾಗამძლეობაში კახურ ჯიშებს, მაგრამ წლის დეფიციტის დრო ამ ჯიშების ფოთლებში მოთავსებული ფოტოსინთეზური აპარატის რეაქციული ცენტრი ფს2 იგივე გამძლეობის უნარიანობას ამჟღავნებენ ამ აბიოტური ფაქტორის მიმართ.

როგორც მონაცემებიდან ჩანს, მაგლობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფარდობითი გვალვಾಗამძლეობა კახეთის რეგიონში ჩამოუვარდება საფერავს, მით უმეტესად რქაწითელს, მაგრამ რეაქციული ცენტრი ფს2-ის დაზიანება შეუქცევადი არ არის. წყლის ფარდობითი მნიშვნელობის-RWC მონაცემებიც ამტკიცებს, რომ მაგლობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონი გვალვಾಗამძლეობით არ ჩამოუვარდებიან კახეთის რეგიონისათვის დამახასიათებელ ჯიშებს - საფერავსა და რქაწითელს

4.4.3. ჯიშების მაგლობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონის ფარდობითი გვალვಾಗამძლეობის შესწავლა მოდელურ პირობებში.

იმისათვის, რომ უფრო თვალნათლივი წარმოდგენა მიგვეღო მაგლობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფარდობით გვალვಾಗამძლეობაზე, ჩვენ საკვლევი ჯიშის ვაზის ნერგები გავაშენეთ ტორფ-ნეშომპალიან ქოთნებში და ასეთ მოდელურ სისტემაზე შევისწავლეთ წყლის დეფიციტის მოქმედება ფოტოსინთეზზე, ტრანსპირაციასა და ფლუორესცენციის პარამეტრებზე. ქოთნების ერთ ნაწილს ვრწყავდით, ხოლო მეორე ნაწილს შევუწყვიტეთ წყლის მიწოდება. აღნიშნულ ქოთნის ვაზის ნერგებში გარკვეული პერიოდულობით ვსაზღვრავდით წყლის შემცველობას ფოთლებში-

RWC, ელექტრონების ტრანსპორტის ინტენსივობას-ETR და ვარიანტულ ფლუორესცენციას-Fv.

ცხრილი 21- ქოთანში გაშენებული მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონისათვის წყლის ფარდობითი შეცველობა-RWC (გაზომვები ჩატარდა 1.07.2024-ში).

ნიმუში	საკონტროლო წონა	ნიმუშის წონა	RWC
მგალობლიშვილი კონტრ.	1.644	0.481	70.74
მგალობლიშვილი 1	2.006	0.592	70.48
მგალობლიშვილი 2	1.609	0.474	70.54
მგალობლიშვილი 3	1.528	0.476	68.84
მგალობლიშვილი 4	1.535	0.482	68.63
მგალობლიშვილი 5	1.529	0.485	68.82
მგალობლიშვილი 6	1.52	0.48	68.42
მგალობლიშვილი 7	1.61	0.489	69.62
მგალობლიშვილი 8	1.607	0.482	70.06
მგალობლიშვილი 9	1.598	0.487	69.52
კაბერნე კონტრ.	2.007	0.645	67.86
კაბერნე 1	2.017	0.631	68.71
კაბერნე 2	2.025	0.603	70.22
კაბერნე 3	2.037	0.633	68.92
კაბერნე 4	2.025	0.625	69.13

კაბერნე 5	2.01	0.605	69.9
კაბერნე 6	2.018	0.605	70.01
კაბერნე 7	2.033	0.632	68.91
კაბერნე 8	2.021	0.62	69.32
კაბერნე 9	2.019	0.618	69.39

ცხრილი 22- მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფოთლებში

ფლუორესცენციის პარამეტრები (გაზომვები ჩატარდა 1.07.2024 წ.)

Sample	Fo (Mean $\pm$ CI)	Fm	Fv/Fm	ETR	qP	qN	Fo'	Fm'	Fv/FM'
Cabernet Control	93.00 $\pm$ 0.02	364.00 $\pm$ 0.02	0.71 $\pm$ 0.02	72.00 $\pm$ 0.02	0.98 $\pm$ 0.02	0.02 $\pm$ 0.02	110.00 $\pm$ 0.02	348.00 $\pm$ 0.02	0.68 $\pm$ 0.02
Cabernet 1	95.00 $\pm$ 0.02	321.00 $\pm$ 0.02	0.68 $\pm$ 0.02	74.00 $\pm$ 0.03	0.99 $\pm$ 0.02	0.09 $\pm$ 0.01	100.00 $\pm$ 0.02	286.00 $\pm$ 0.02	0.65 $\pm$ 0.02
Cabernet 2	110.00 $\pm$ 0.03	334.00 $\pm$ 0.01	0.67 $\pm$ 0.02	67.00 $\pm$ 0.02	1.00 $\pm$ 0.02	0.03 $\pm$ 0.03	103.00 $\pm$ 0.02	320.00 $\pm$ 0.02	0.68 $\pm$ 0.02
Cabernet 3	96.00 $\pm$ 0.02	315.00 $\pm$ 0.03	0.70 $\pm$ 0.02	70.00 $\pm$ 0.02	0.93 $\pm$ 0.02	0.03 $\pm$ 0.03	106.00 $\pm$ 0.02	294.00 $\pm$ 0.02	0.64 $\pm$ 0.02
Cabernet 4	98.00 $\pm$ 0.02	320.00 $\pm$ 0.02	0.69 $\pm$ 0.02	69.00 $\pm$ 0.02	0.93 $\pm$ 0.02	0.09 $\pm$ 0.02	107.00 $\pm$ 0.02	335.00 $\pm$ 0.02	0.68 $\pm$ 0.02
Cabernet 5	95.00 $\pm$ 0.02	318.00 $\pm$ 0.02	0.70 $\pm$ 0.01	68.00 $\pm$ 0.03	0.93 $\pm$ 0.02	0.04 $\pm$ 0.02	105.00 $\pm$ 0.02	328.00 $\pm$ 0.02	0.68 $\pm$ 0.02
Cabernet 6	96.00 $\pm$ 0.02	319.00 $\pm$ 0.02	0.70 $\pm$ 0.02	70.00 $\pm$ 0.01	0.93 $\pm$ 0.02	0.08 $\pm$ 0.01	104.00 $\pm$ 0.02	323.00 $\pm$ 0.02	0.68 $\pm$ 0.02
Cabernet 7	97.00 $\pm$ 0.02	325.00 $\pm$ 0.02	0.70 $\pm$ 0.02	74.00 $\pm$ 0.02	0.99 $\pm$ 0.02	0.09 $\pm$ 0.02	110.00 $\pm$ 0.02	350.00 $\pm$ 0.02	0.69 $\pm$ 0.02
Cabernet 8	94.00 $\pm$ 0.02	317.00 $\pm$ 0.02	0.70 $\pm$ 0.02	71.00 $\pm$ 0.02	0.98 $\pm$ 0.02	0.10 $\pm$ 0.02	108.00 $\pm$ 0.02	342.00 $\pm$ 0.02	0.68 $\pm$ 0.02
Cabernet 9	95.00 $\pm$ 0.02	316.00 $\pm$ 0.02	0.70 $\pm$ 0.02	70.00 $\pm$ 0.02	0.97 $\pm$ 0.02	0.09 $\pm$ 0.02	106.00 $\pm$ 0.03	323.00 $\pm$ 0.02	0.67 $\pm$ 0.02
Mgaloblishvili Co	133.00 $\pm$ 0.02	381.00 $\pm$ 0.02	0.65 $\pm$ 0.02	95.00 $\pm$ 0.02	0.95 $\pm$ 0.02	0.04 $\pm$ 0.03	130.00 $\pm$ 0.02	369.00 $\pm$ 0.02	0.64 $\pm$ 0.02
Mgaloblishvili 1	114.00 $\pm$ 0.02	356.00 $\pm$ 0.02	0.68 $\pm$ 0.02	96.00 $\pm$ 0.02	0.94 $\pm$ 0.02	0.03 $\pm$ 0.01	173.00 $\pm$ 0.02	455.00 $\pm$ 0.02	0.62 $\pm$ 0.03
Mgaloblishvili 2	88.00 $\pm$ 0.02	373.00 $\pm$ 0.02	0.72 $\pm$ 0.01	87.00 $\pm$ 0.02	0.96 $\pm$ 0.02	0.02 $\pm$ 0.03	104.00 $\pm$ 0.02	364.00 $\pm$ 0.02	0.71 $\pm$ 0.02
Mgaloblishvili 3	133.00 $\pm$ 0.02	403.00 $\pm$ 0.02	0.67 $\pm$ 0.03	86.00 $\pm$ 0.01	1.00 $\pm$ 0.02	0.11 $\pm$ 0.01	125.00 $\pm$ 0.02	357.00 $\pm$ 0.02	0.66 $\pm$ 0.02
Mgaloblishvili 4	120.00 $\pm$ 0.02	389.00 $\pm$ 0.02	0.69 $\pm$ 0.02	93.00 $\pm$ 0.02	0.93 $\pm$ 0.02	0.03 $\pm$ 0.02	130.00 $\pm$ 0.03	353.00 $\pm$ 0.02	0.63 $\pm$ 0.02
Mgaloblishvili 5	116.00 $\pm$ 0.02	380.00 $\pm$ 0.02	0.69 $\pm$ 0.02	88.00 $\pm$ 0.02	0.92 $\pm$ 0.02	0.03 $\pm$ 0.02	132.00 $\pm$ 0.01	360.00 $\pm$ 0.02	0.63 $\pm$ 0.02
Mgaloblishvili 6	119.00 $\pm$ 0.02	382.00 $\pm$ 0.01	0.69 $\pm$ 0.02	87.00 $\pm$ 0.02	0.96 $\pm$ 0.02	0.12 $\pm$ 0.02	165.00 $\pm$ 0.02	440.00 $\pm$ 0.02	0.62 $\pm$ 0.02
Mgaloblishvili 7	107.00 $\pm$ 0.02	365.00 $\pm$ 0.02	0.71 $\pm$ 0.02	91.00 $\pm$ 0.02	0.94 $\pm$ 0.02	0.11 $\pm$ 0.02	158.00 $\pm$ 0.02	401.00 $\pm$ 0.02	0.61 $\pm$ 0.02
Mgaloblishvili 8	113.00 $\pm$ 0.02	375.00 $\pm$ 0.02	0.70 $\pm$ 0.03	89.00 $\pm$ 0.02	0.97 $\pm$ 0.02	0.02 $\pm$ 0.02	130.00 $\pm$ 0.02	363.00 $\pm$ 0.02	0.64 $\pm$ 0.03
Mgaloblishvili 9	111.00 $\pm$ 0.02	380.00 $\pm$ 0.02	0.71 $\pm$ 0.03	87.00 $\pm$ 0.02	0.96 $\pm$ 0.02	0.03 $\pm$ 0.03	125.00 $\pm$ 0.02	355.00 $\pm$ 0.02	0.65 $\pm$ 0.02

როგორც ცხრილი 21-დან ჩანს წყლის ფარდობითი შემცველობა-RWC ცდის

დაწყებიდან ერთი კვირის შემდეგ არსებითად არ შეცვლილა, ანუ ფოთლებში

მორწყული და მოურწყავი ვაზებისათვის RWC-ს მნიშვნელობა იგივეა; ზოგიერთ

შემთხვევაში მოურწყველი ვაზის ფოთლებში წყლის ფარდობითი მნიშვნელობა

საკონტროლოზე მეტია. ფლუორესცენციის შედეგებიდანაც (იხ. ცხრილი 22) კარგად

ჩანს, რომ როგორც კონტროლში ისე საცდელ ვარიანტებში ელექტრონული

ტრანსპორტის ინტენსივობა-ETR , ვარიანტური ფლუორესცენცია-Fv სიბნელეში

ადაპტირებულ ფოთლებსა და წითელი სინათლის ფონზე-Fv' არ შეცვლილა.

შემდგომი გაზომვები ჩავატარეთ ცდის დაწყებიდან სამი კვირის შემდეგ - 15.07.2024-

ში, მიღებული შედეგები ნაჩვენებია ცხრილ 23,24,25-ში.

ცხრილი 23. წყლის ფარდობითი შემცველობა ქოთანში გაშენებული

მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონისათვის (გაზომვები ჩატარდა 15.07.2024 წ.)

ნიმუში	ნიმუშის საწყისი წონა	გამომშრალი ნიმუშის წონა	RWC
მგალობლიშვილი კონტროლი	0.318	0.095	70.13
მგალობლიშვილი ცდა 1	0.375	0.131	65.07
მგალობლიშვილი ცდა 2	0.409	0.139	66.02
მგალობლიშვილი 3	0.618	0.222	64.07
მგალობლიშვილი 4	0.425	0.14	67.05
მგალობლიშვილი 5	0.357	0.13	64.23
მგალობლიშვილი 6	0.478	0.15	69.24
მგალობლიშვილი 7	0.38	0.125	67.28
მგალობლიშვილი 8	0.42	0.117	72.05
მგალობლიშვილი 9	0.43	0.125	71.54
კაბერნე კონტრ	0.317	0.098	69.09
კაბერნე ცდა 1	0.867	0.307	64.59
კაბერნე ცდა 2	0.749	0.263	64.88
კაბერნე 4	0.72	0.265	63.02
კაბერნე 5	0.85	0.325	62.28
კაბერნე 6	0.65	0.259	60.05
კაბერნე 7	0.45	0.145	68.24
კაბერნე 8	0.71	0.26	63.75
კაბერნე 9	0.75	0.281	63.1

ცხრილი 24- მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის მნიშვნელობები (15.07.2024)

№	ვაზის ჯიშები	ფოტოსინთეზის ინტენსივობა (CO ₂ ასიმილაცია) მკმოლი/მ ² xწმ	შიდაუჯრედული ნახშირორჟანგი ppm	ტრანსპირაცია მლმოლი/მ ² xწმ
	მგალობლიშვილი - კონტ.	3,20	141,68	97,8
	მგალობლიშვილი - ცდა	0,21	164,24	21,67
	კაბერნე-კონტ.	3,97	133,12	107,6
	კაბერნე - ცდა	1,85	129,9	44,8

ცხრილი 25- ქოთნებში გაშენებული მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ჯიშის ვაზის ფოთლებში ფლუორესცენციის პარამეტრები (გაზომვები ჩატარდა 15.07.2024 წ.)

Sample	Fo (Mean ± CI)	Fm	Fv/FM	ETR	Fv/FM'
Cabernet Control	93.00 ± 0.02	364.00 ± 0.02	0.74 ± 0.02	91.00 ± 0.02	0.68 ± 0.02
Cabernet S-1	95.00 ± 0.02	264.00 ± 0.02	0.64 ± 0.03	83.00 ± 0.03	0.55 ± 0.02
Cabernet S-2	110.00 ± 0.02	330.00 ± 0.02	0.66 ± 0.02	85.00 ± 0.02	0.58 ± 0.02
Cabernet S-3	96.00 ± 0.02	315.00 ± 0.02	0.68 ± 0.02	87.00 ± 0.02	0.54 ± 0.02
Cabernet S-4	108.00 ± 0.02	325.00 ± 0.02	0.67 ± 0.02	80.00 ± 0.03	0.53 ± 0.02
Cabernet S-5	98.00 ± 0.03	320.00 ± 0.03	0.69 ± 0.02	82.00 ± 0.02	0.55 ± 0.01
Cabernet S-6	95.00 ± 0.03	317.00 ± 0.02	0.70 ± 0.02	86.00 ± 0.02	0.57 ± 0.01
Cabernet S-7	97.00 ± 0.02	320.00 ± 0.02	0.70 ± 0.02	85.00 ± 0.01	0.56 ± 0.02
Cabernet S-8	109.00 ± 0.02	328.00 ± 0.02	0.67 ± 0.02	83.00 ± 0.02	0.54 ± 0.02
Cabernet S-9	108.00 ± 0.01	328.00 ± 0.02	0.67 ± 0.03	86.00 ± 0.02	0.55 ± 0.02
Mgaloblishvili Control	133.00 ± 0.02	429.00 ± 0.02	0.69 ± 0.02	90.00 ± 0.02	0.65 ± 0.02
Mgaloblishvili 1	114.00 ± 0.02	317.00 ± 0.02	0.64 ± 0.02	78.00 ± 0.02	0.49 ± 0.02
Mgaloblishvili 2	108.00 ± 0.02	309.00 ± 0.02	0.65 ± 0.02	70.00 ± 0.02	0.56 ± 0.02
Mgaloblishvili 3	133.00 ± 0.02	338.00 ± 0.02	0.61 ± 0.02	69.00 ± 0.02	0.57 ± 0.02
Mgaloblishvili 4	120.00 ± 0.02	330.00 ± 0.02	0.64 ± 0.01	75.00 ± 0.02	0.58 ± 0.01
Mgaloblishvili 5	118.00 ± 0.02	320.00 ± 0.02	0.63 ± 0.02	72.00 ± 0.02	0.57 ± 0.02
Mgaloblishvili 6	110.00 ± 0.02	314.00 ± 0.03	0.65 ± 0.02	70.00 ± 0.02	0.55 ± 0.02
Mgaloblishvili 7	114.00 ± 0.02	320.00 ± 0.02	0.64 ± 0.02	69.00 ± 0.02	0.56 ± 0.01
Mgaloblishvili 8	120.00 ± 0.02	332.00 ± 0.02	0.64 ± 0.02	73.00 ± 0.02	0.58 ± 0.02
Mgaloblishvili 9	115.00 ± 0.02	317.00 ± 0.02	0.64 ± 0.02	72.00 ± 0.02	0.57 ± 0.02

როგორც მონაცემებიდან ჩანს (ცხრილი 23), სამი კვირის შემდეგ უკვე გამოჩნდა წყლის ფარდობითი მნიშვნელობის-RWC შემცირება ურწყავი ნერგების ფოთლებში. ამ დროს შეინიშნება ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის მნიშვნელოვანი შემცირება (ცხრილი 24): მაგალითად, მაგალობლიშვილისათვის შემცირდა 3,20 მკმოლი/მ²წმ - დან 0,21 მკმოლი/მ²წმ - მდე, ხოლო კაბერნესათვის 3,97 მკმოლი/მ²წმ-დან 1,85 მკმოლი/მ²წმ- მდე; ასევე შემცირდა ტრანსპირაციის ინტენსივობა მაგალობლიშვილისთვის 97,8 მლმოლი/მ²წმ -დან 21,6 მლმოლი/მ²წმ -მდე და კაბერნესთვის 107,8 მლმოლი/მ²წმ -დან 44,8 მლმოლი/მ²წმ -მდე.

ამ დროს ფოტოსინთეზის ინტენსივობის მკვეთრი ცვლილების ფონზე ფლუორესცენციის პარამეტრები იცვლებიან უმნიშვნელოდ (ცხრილი 23). კაბერნესათვის ვარიაბელური ფლუორესცენციის მნიშვნელობა 0,74 სიბნელეში ადაპტირებული ფოთლებისთვის შემცირდა 0,66 -მდე, ხოლო წითელი სინათლის ფონზე 0,68-დან 0,55-მდე; მაგალობლიშვილისათვის სიბნელეში ადაპტირებული ფოთლებისათვის შემცირდა 0,69-დან 0,64; წითელი სინათლის ფონზე 0,65 -დან 0,55-მდე. ელექტრონების ტრანსპორტის ინტენსივობა კაბერნეში მცირდება 91-დან 85-მდე, ხოლო მაგალობლიშვილში 90-დან 72-მდე. მაშასადამე მივიღეთ, რომ წყლის დეფიციტზე (მოურწყველი ქოთნები) სასწრაფოდ რეაგირებს ფოტოსინთეზის ინტენსივობა, ასევე საგრძნობლად მცირდება ტრანსპირაციის ინტენსივობა. მაშინ როცა ფლუორესცენციის პარამეტრები როგორც ვარიაბელური ფლუორესცენცია-Fv, ისე ელექტრონების ტრანსპორტის-ETR ინტენსივობა ნაკლებად რეაგირებენ წყლის დეფიციტზე. მაშასადამე ვაზის ფოთლებში წყლის ფარდობითი მნიშვნელობის-RWC -ეს გარკვეულ დონემდე შემცირებისას მიუხედავად ფოტოსინთეზისა და ტრანსპირაციის მკვეთრი შემცირებისას, ფოტოსინთეზის პირველადი პროცესების ფიზიკური ნაწილი (სინათლის ფოტონის შთანთქმა ანტენური ქლოროფილის მიერ, რეაქციულ ცენტრებში მიმდინარე პირველადი ფოტოქიმიური პროცესი, ელექტრონების ციკლური და არაციკლური ტრანსპორტი) საკმაოდ მდგრადია და ფუნქციონირებს ფოტომემბრანის შეუქცევად დაზიანებამდე.

მიღებული შედეგი შეიძლება შევადაროთ პირველ თავში განხილულ პროცესს, როცა ვაზის ფოთლის მოწყვეტისას ფოტოსინთეზის ინტენსივობა ნულის ტოლი ხდებოდა, ხოლო ამ დროს ფოტოსინთეზის პირველადი პროცესების ფიზიკური

ნაწილი (ელექტრონების ტრანსპორტი, ანტენური ქლოროფილის მუშაობა, ფოტოსისტემებში პირველადი ფოტოქიმიური პროცესები) ნარჩუნდება.

ცხრილი 25-დან ამავე დროს ჩანს, რომ ვარიბელური ფლუორესცენციის მნიშვნელობა როგორც სიბნელეში ადაპტირებული $-F_v$, ისე წითელი სინათლის ფონზე- F_v' როგორც მაგლობლიშვილისთვის, ისე კაბერნესათვის მართალია მცირდება, მაგრამ მათ მნიშვნელობები მაინც მაღალია. მაგალითად მაგლობლიშვილისათვის $F_v=0,64$ და $F_v'=0,54$; კაბერნესათვის $F_v=0,66$ და $F_v'=0,55$; ეს შედეგები კი ნიშნავს, რომ რეაქციული ცენტრი ფს2-ის დაზიანება ამ შემთხვევაში სახეზეა, მაგრამ პროცესი შექცევადია. ანუ თუ ვაზის ნერგებზე წყლის დეფიციტის სტრესს მოვხსნით, რეაქციული ცენტრი ფს2 აღსდგება.

ელექტრონების ტრანსპორტის-ETR ინტენსივობის შემცირების მონაცემები კი გვიჩვენებს, რომ წყლის ფადრდობითი მნიშვნელობის-RWC შემცირებისას ETR-ის მნიშვნელობა კაბერნესათვის ნაკლები სიჩქარით კლებულობს ვიდრე მაგლობლიშვილისათვის. ეს შედეგი კი გვიჩვენებს, რომ ტორფ-ნემომპალიან ქოთნებში გაშენებული კაბერნეს ფარდობითი გვალვაგამძლეობა მაგლობლიშვილზე მეტია.

შემდეგი ცდები ჩავატარეთ 5.08.2024-ში.

ცხრილი 26- წყლის ფარდობითი შემცველობა ქოთანში გაშენებული მაგლობლიშვილისა და კაბერნეს სოვინიონისათვის (გაზომვები ჩატარდა 5.08.2024 წ)

ნიმუში	ნიმუშის საწყისი წონა	გამომშრალი ნიმუშის წონა	RWC
მაგლობლიშვილი კონტრ.	0.388	0.116	70.1
მაგლობლიშვილი ცდა 1	0.375	0.139	62.93
მაგლობლიშვილი ცდა 2	0.409	0.168	58.92

მგალობლიშვილი	0.618	0.247	60.03
ცდა 3			
მგალობლიშვილი 4	0.623	0.24	61.47
მგალობლიშვილი 5	0.352	0.145	58.8
მგალობლიშვილი 6	0.654	0.245	62.54
მგალობლიშვილი 7	0.609	0.241	60.42
მგალობლიშვილი 8	0.625	0.248	60.32
მგალობლიშვილი 9	0.631	0.237	62.44
კაბერნე კონტრლ	0.867	0.243	71.97
კაბერნე ცდა 1	0.749	0.3	59.95
კაბერნე ცდა 2	0.326	0.122	62.57
კაბერნე ცდა 3	0.334	0.14	58.08
კაბერნე 4	0.74	0.298	59.72
კაბერნე 5	0.32	0.138	56.87
კაბერნე 6	0.35	0.145	58.57
კაბერნე 7	0.348	0.141	59.48
კაბერნე 8	0.35	0.143	59.14
კაბერნე 9	0.318	0.12	62.26

ცხრილი 27- მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფოთლებში
ფლუორესცენციის პარამეტრები (გაზომვები ჩატარდა 5.08.2024 წ.)

ნიმუში	Fo	Fm	Fv/FM	ETR	Fv/FM'
მგალობლიშვილი კონტრ.	106	363	0,71	90	0.65
მგალობლიშვილი ცდა 1	100	256	0.61	78	0.50
მგალობლიშვილი ცდა 2	93	241	0.61	75	0.43
მგალობლიშვილი ცდა 3	94	218	0,56	69	0.40
კაბერნე კონტრ.	95	380	0,75	94	0.65
კაბერნე ცდა 1	105	276	0,52	79	0.39
კაბერნე ცდა 2	125	251	0,50	81	0.41
კაბერნე ცდა 3	110	229	0,52	80	0.42

როგორც 5.08.2024 ცდის მონაცემებიდან ჩანს წყლის ფარდობითი შემცველობა-RWC ვაზის ფოთლებში შემცირებულა 8-10%-ით. ვარიაბელური ფლუორესცენციის მნიშვნელობები წითელი სინათლის ფონზე-Fv' როგორც მგალობლიშვილისათვის ისე კაბერნესთვის საკმაოდ შემცირებულია და იცვლება 0,4 – 0,5-ის ფარგლებში. ეს კიდევ ერთხელ ხაზგასმით მიუთითებს რეაქციული ცენტრი ფს2-ის დაზიანებაზე, მაგრამ დაზიანება ისევ შექცევადია, ანუ მორწყვის სემთხვევაში მისი ეფექტურობა აღდგება. ელექტრონული ტრანსპორტის-ETR ინტენსივობის შემცირების სიჩქარე კიდევ ერთხელ მიუთითებს კაბერნეს შედარებით მეტ ფარდობით გვალვაგამძლეობაზე მგალობლიშვილთან შედარებით.

ცხრილი 28- მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფოთლებში წყლის
ფარდობითი შემცველობა (გაზომვები ჩატარდა 20.08.2024 წ.)

ნიმუში	ნიმუშის საწყისი წონა	გამომშრალი ნიმუშის წონა	RWC
მგალობლიშვილი კონტრ	0.427	0.132	69.08
მგალობლიშვილი ცდა1	0.495	0.223	54.89
მგალობლიშვილი ცდა 2	0.502	0.241	52
მგალობლიშვილი ცდა 3	0.519	0.245	52.79
მგალობლიშვილი 4	0.505	0.245	51.48
მგალობლიშვილი 5	0.522	0.25	52.07
მგალობლიშვილი 6	0.517	0.243	52.99
მგალობლიშვილი 7	0.529	0.257	51.41
მგალობლიშვილი 8	0.51	0.248	51.37
მგალობლიშვილი 9	0.552	0.205	62.86
კაბერნე კონტრ	0.567	0.17	70.02
კაბერნე ცდა 1	0.517	0.253	51.06

კაბერნე ცდა 2	0.526	0.252	52.09
კაბერნე ცდა 3	0.53	0.244	53.96
კაბერნე 4	0.528	0.259	50.64
კაბერნე 5	0.525	0.25	52.38
კაბერნე 6	0.517	0.251	51.45
კაბერნე 7	0.53	0.255	51.88
კაბერნე 8	0.545	0.245	55.04
კაბერნე 9	0.568	0.25	55.98

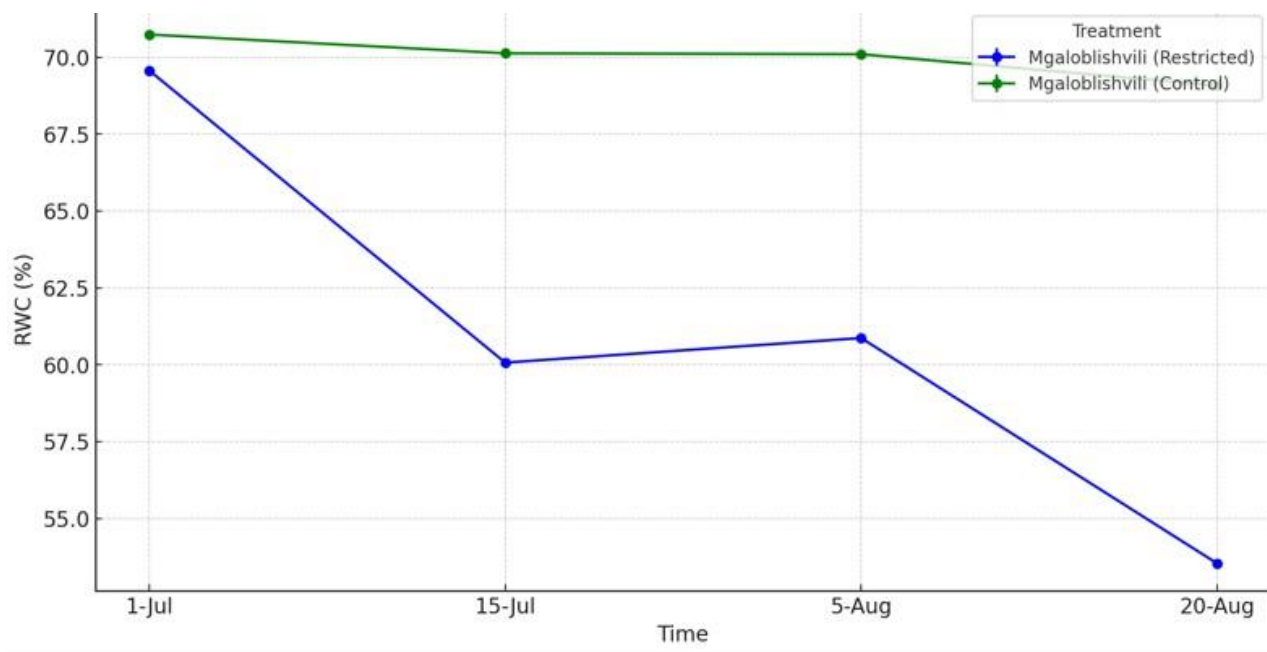
ცხრილი 29- მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის ფოთლებში
ფლუორესცენციის პარამეტრები (გაზომვები ჩატარდა 20.08.2024 წ.)

ნიმუში	Fo	Fm	Fv/FM	ETR	Fv/FM'
მგალობლიშვილი კონტრ.	113	381	0.70	95	0.62
მგალობლიშვილი ცდა 1	105	228	0.54	62	0.28
მგალობლიშვილი ცდა 2	120	210	0.50	58	0.22
მგალობლიშვილი ცდა 3	119	238	0.50	60	0.27
კაბერნე კონტრ.	121	432	0.72	98	0.65
კაბერნე ცდა 1	107	228	0.53	48	0.28
კაბერნე ცდა 2	118	274	0.57	51	0.31
კაბერნე ცდა 3	122	305	0,60	53	0.24

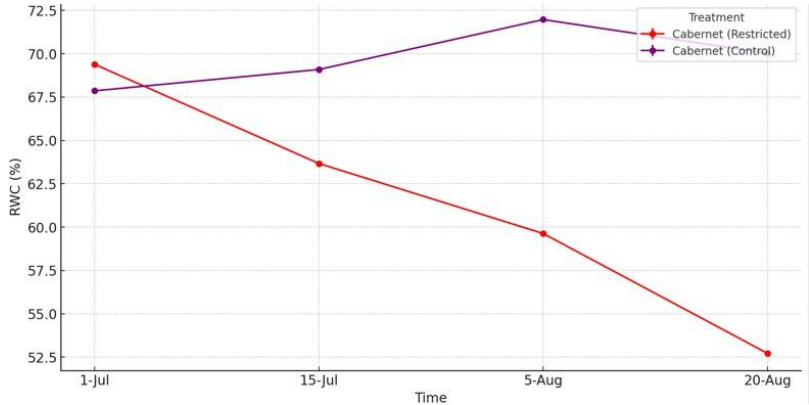
შემდგომი გაზომვები ჩავატარეთ 20.08.2024-ში. როგორც ცხრილი 28 და ცხრილი 29-დან ჩანს, წყლის ფარდობითი შემცველობა-RWC უკვე საკმაოდ სერიოზულად შემცირდა, 15 – 18%-ით. ზოგი ფოთოლი უკვე გახმა და ჩამოცვივდა.

ვარიაბელური ფლუორესცენციის მნიშვნელობა წითელი სინათლის ფონზე Fv' მიუთითებს როგორც კაბერნესთვის ისე მაგალობლიშვილისთვის იმაზე, რომ რეაქციული ცენტრი ფს 2 უკვე საკმაოდ დაზიანებულია და ეს დაზიანება შეუქცევადია.

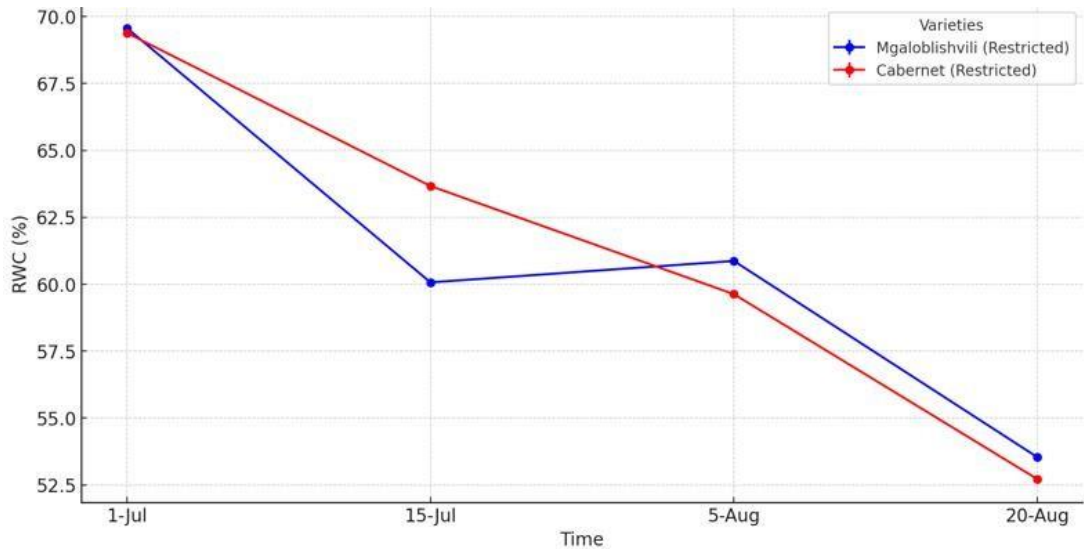
გრაფიკი 19- RWC-ს ცვლილება მაგალობლიშვილის საკონტროლო და საკვლევ ნიმუშში, რომელსაც წყლის მიწოდება შეეწყვიტა:



გრაფიკი 20- RWC-ს ცვლილება კაბერნე სოვინიონის საკონტროლო და საკვლევ ნიმუშში, რომელსაც წყლის მიწოდება შეეწყვიტა:



გრაფიკი 21- RWC-ს ცვლილება მგალობლიშვილის და კაბერნე სოვინიონის საკვლევ ნიმუშში, რომელთაც წყლის მიწოდება შეეწყვიტათ;



ცხრილი 30- ქოთანში გაშენებული მგალობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონში პიგმენტების შემცველობა-გაზომვები ჩატარდა 23.08.2024 წ

№	23.08.2024	ქლორ. A მგ/გ	ქლორ. B მგ/გ	A+B	A/B	კაროტინოიდები მგ/გ	კაროტ/ქლოროფილი
1	მგალობლიშვილი, ცდა	1.22	0.37	1.59	3.29	0.73	0.46

2	მგალობლიშვილი, კონტრ.	1.42	0.37	1.79	3.81	0.79	0.44
3	კაბერნე, ცდა	1.16	0.32	1.48	3.62	0.71	0.48
4	კაბერნე, კონტრ.	1.34	0.36	1.70	3.72	0.83	0.49
5	მგალობლიშვილი, ცდა	1.41	0.39	1.81	3.57	0.83	0.46
6	მგალობლიშვილი, კონტრ.	2.01	0.52	2.54	3.83	1.12	0.44
7	კაბერნე, ცდა	1.29	0.32	1.61	3.98	0.79	0.49
8	კაბერნე, კონტრ.	1.45	0.41	1.86	3.52	0.87	0.47
9	მგალობლიშვილი, ცდა	1.48	0.40	1.88	3.75	0.81	0.43
10	მგალობლიშვილი, კონტრ.	1.89	0.48	2.37	3.94	1.04	0.44
11	კაბერნე , ცდა	1.40	0.42	1.82	3.32	0.77	0.42
12	კაბერნე, კონტრ.	1.54	0.45	1.99	3.46	0.86	0.43

საინტერესო იყო თუ როგორ მოქმედებდა წყლის დეფიციტი ქოთნებში გაშენებულ მგალობლიშვილსა და კაბერნე სოვინიონის ფოთლებში პიგმენტების შემცველობა.

ცხრილი 30-ში მოყვანილი შედეგებიდან კარგად ჩანს, რომ წყლის დეფიციტი იწვევს როგორც მგალობლიშვილისათვის, ისე კაბერნესთვის ქლოროფილი ა, ქლოროფილი ბ და კაროტინოიდების შემცირებას, თუმცა შეფარდება ა/ბ არ იცვლება და მერყეობს 3,29 -3,98-ის ფარგლებში. ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ფოტოსინთეზური

აპარატის ეფექტური ფუნქციონირებისათვის შეფარდება

ქლოროფილია/ქლოროფილი ბ 3,0-ის ტოლია. მაშასადამე, წყლის დეფიციტის დროს ვაზის ფოთლებში პიგმენტების სინთეზი შემცირებულია, მაგრამ ეს შემცირება არ იწვევს ფოტოსინთეზურ აპარატში სტრუქტურული ცვლილებებს.

4.4.4 მიკროვინიფიკაციის შედეგები:

ცხრილი 31-მგალობლიშვილის ღვინის ანალიზის შედეგები მოსავლის წლების მიხედვით:

წელი	Alc%	pH	TA	შაქრები	სრული ფენოლები
2022	11.78	2.94	9.4	3.7	0.8
2023	12.55	3.51	6.4	3.8	0.7
2024	12.87	2.98	7.6	4	0.9

ცხრილი 32- OIV-ის მიხედვით მახასიათებლების ოპტიმალური შედეგი წითელი ღვინისთვის:

პარამეტრი	შედეგი	ძირითადად დამახასიათებელი წითელი ღვინისთვის
ალკოჰოლი (Alc%)	11.78–12.87%	11–15%
pH	2.94–3.51	3.2–3.6
TA (g/L)	6.4–9.4 გ/ლ	4–7 გ/ლ
ნარჩენი შაქარი	3.7–4.0 გ/ლ	0.5–4 გ/ლ
სრული ფენოლები	0.7–0.9	0.5–1.5 მგ/ლ

- ალკოჰოლი (%): ალკოჰოლის აღნიშნული რაოდენობა ახასიათებს საშუალო-მსუბუქსხეულიან წითელ ღვინოებს.
- pH და ტიტრული მჟავიანობა (TA)
 - pH 2023, 2024 წლებში მეტად დაბალანსებულია, შედარებით დაბალია TA, 2022 წელთან მიმართებაში.

3. ნარჩენი შაქარი: ღვინო მშრალია;
4. სრული ფენოლები: აღნიშნული მონაცემი მიუთითებს საშუალო ფერზე, მთრიმლავობასა და ანტიოქსიდანტურ მახასიათებლებზე.

ცხრილი 33- შედარება მგალობლიშვილსა და პინო ნუარს შორის:

პარამეტრი	მგალობლიშვილი	ტიპური პინო ნუარი (Pinot Noir) (OIV)
ალკოჰოლი (Alc%)	11.78–12.87%	12–14%
pH	2.94–3.51	3.3–3.6
ტიტრული მჟავიანობა (გ/ლ)	6.4–9.4	5.0–7.0
ნარჩენი შაქარი (გ/ლ)	3.7–4.0	0.5–2.0 (dry)
სრული ფენოლები (მგ/ლ)	0.7–0.9	0.5–1.0

5- დასკვნა და რეკომენდაცია

ექსპერიმენტული კვლევებით მიღებული ძირითადი შედეგები:

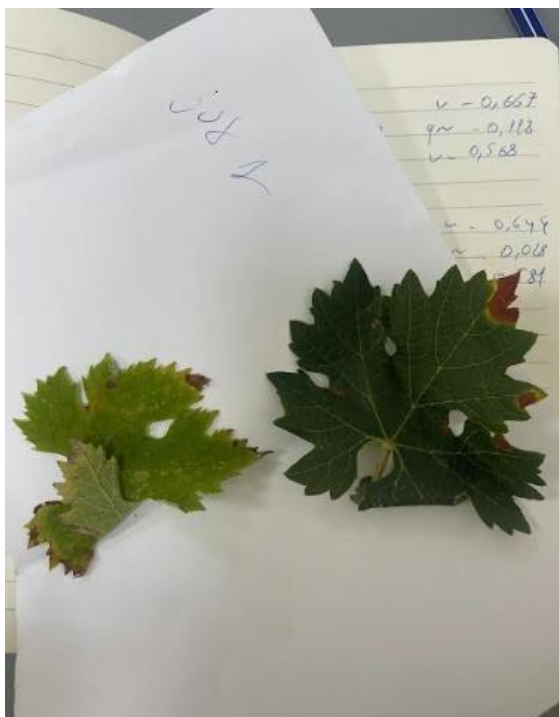
1. ფიზიოლოგიური პროცესების შესწავლის შედეგად მიღებული შედეგები მიუთითებს, რომ საკვლევი ვაზის ორივე ჯიშში მაღლობლიშვილი და კაბერნე სოვინიონი კარგადაა ადაპტირებული ქართლის მიკროზონის ნიადაგურ-კლიმატურ ფაქტორებთან.
2. მიღებულ მონაცემებზე დაყრდნობით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ქართლის რეგიონში, მცხეთის მუნიციპალიტეტი, სოფ ჯილაურა გაშენებულ ჯიშ კაბერნე სოვინიონის და მაღლობლიშვილის მცენარეებში, ფოტოსინთეზის პირველადი პროცესები, ასევე CO₂-ის ფიქსაცია, ფოტოფოსფორირება და ჟანგბადგამომყოფი სისტემა, მაღალი ეფექტურობით მუშაობს.
3. საკვლევი ჯიშების პიგმენტების დინამიკა წლიური ონტოგენეზის პერიოდში ანალოგიურია, ქართლის რეგიონის - ჩინურის ჯიშისათვის, რაც დამატებით მიუთითებს ჩვენთვის საინტერესო ორი ჯიშის კარგ შეგუებულობას რეგიონის კლიმატურ პირობებთან.
4. კაბერნე სოვინიონისა და მაღლობლიშვილის ვაზის ჯიშებში მიმდინარე ფოტოსინთეზური პროცესების შედარებამ კახეთის რეგიონის წამყვანი ჯიშების - რქაწითელი და საფერავი, ანალოგიურ ფიზიოლოგიურ მონაცემებთან მიგვიყვანა დასკვნამდე, რომ საცდელი ჯიშები სრულადაა ადაპტირებული კახეთის რეგიონთან.
5. შემუშავდა გვალვაგამძლეობის შესწავლის ექსპრეს მეთოდი. გამოიკვეთა ვაზის მცენარეში წყლის დაკარგვის ჯიშური თავისებურებები რაზედაც დაყრდნობით შესაძლებელია დასკვნის გაკეთება: გვალვაგამძლე ვაზის ჯიშების ფოთლებს აქვთ წყლის მაღალი დამჭერუნარიანობის უნარი, რაც დაკავშირებული უნდა იყოს მათი ანატომიური აგებულობის თავისებურებებთან.
6. ქართლის რეგიონის ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებში ჯიშში მაღლობლიშვილი ავლენს საკმაოდ მაღალ ფარდობით გვალვაგამძლეობას, მაშინ როდესაც ჯიშში კაბერნე სოვინიონი ამ თვისებებით ჩამოუვარდება ჯიშ თავკვერს და საფერავს.
7. ვაზის ფოთლებში წყლის ფარდობითი მნიშვნელობის-RWC შემცირების დინამიკიდან ჩანს, რომ ჯიშ მაღლობლიშვილისა და კაბერნე სოვინიონის წყლის დამჭერუნარიანობა დიდად არ ჩამოუვარდება კახეთის რეგიონისათვის დამახასიათებელ ვაზის ჯიშებს - საფერავსა და რქაწითელს.
8. წყლის დეფიციტის დროს ვაზის ფოთლებში პიგმენტების სინთეზი შემცირებულია, მაგრამ ეს შემცირება არ იწვევს ფოტოსინთეზურ აპარატში სტრუქტურული ცვლილებებს.

სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი კვლევები ხელს უწყობს კლიმატის ცვლილების, კერძოდ კი აბიოტური სტრესის გავლენის უკეთ გაგებას ვაზის

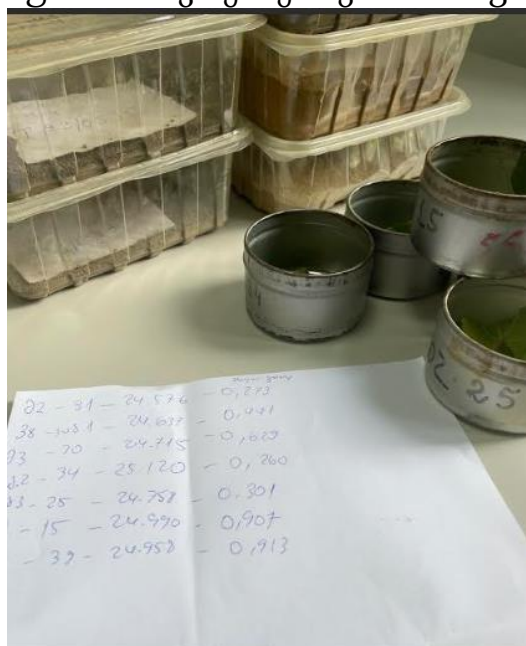
მცენარეზე. ნაშრომი ქმნის ერთგვარ პროტოკოლს, რომლის მიხედვითაც ახალი GFS-3000 ტექნოლოგიით შესაძლებელია ვაზის სხვადასხვა ჯიშის მცენარეებში მიმდინარე ფიზიოლოგიური პროცესების ანალიზი, რაც უმნიშვნელოვანესია ასევე ქართული ვაზის გენოფონდის კვლევისათვის. წარმოდგენილი ექსპრეს მეთოდოლოგია საშუალებას იძლევა შეფასდეს მცენარის გვალვაგამძლეობა და დადგინდეს წყლის სტრესი. ნაშრომი ეხმაურება თანამედროვე მევენახეობის გამოწვევებს .

დანართი:

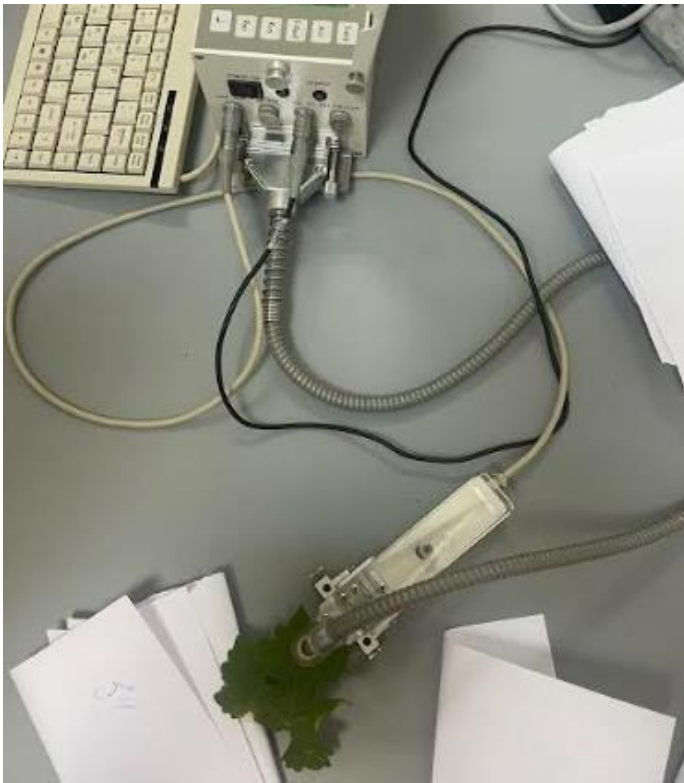
ფოტოები კვლევის პროცესიდან:



სურათი 8- კაბერნე სოვინიონის ფოთლების ფლუორესცენციული კვლევა



სურათი 9- ნიმუშების აწონვა



სურათი 10- PAM ფლუორომეტრის გამოყენება



სურათი 11- GFS 3000-ით მგალობლიშვილის კვლევა

ბიბლიოგრაფია:

- Altman, Arie. "Plant Tissue Culture and Biotechnology: Perspectives in the History and Prospects of the International Association of Plant Biotechnology (IAPB)." *In Vitro Cell Developmental Biology - Plant* 55 (2019): 590–594. <https://doi.org/10.1007/s11627-019-09982-6>.
- Anderson, K. (2024). Wine's Gradual Globalization. In: Meiselman, H.L. (eds) *Handbook of Eating and Drinking*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75388-1_152-2
- Anderson, T. R., E. Hawkins, and P. D. Jones. "CO₂, the Greenhouse Effect and Global Warming: From the Pioneering Work of Arrhenius and Callendar to Today's Earth System Models." *Endeavour* 40, no. 3 (2016): 178–187. <https://doi.org/10.1016/j.endeavour.2016.07.002>.
- Apel, K., and H. Hirt. "Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction." *Annual Review of Plant Biology* 55 (2004): 373–399. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.55.031903.141701>.
- Armstrong McKay, D. I., Staal, A., Abrams, J. F., Winkelmann, R., Sakschewski, B., Loriani, S., Fetzer, I., Cornell, S. E., Rockström, J., and Lenton, T. M. "Exceeding 1.5°C Global Warming Could Trigger Multiple Climate Tipping Points." *Science* 377, no. 6611 (2022): eabn7950. <https://doi.org/10.1126/science.abn7950>.
- Arrizabalaga-Arriazu, M., Gomès, E., Morales, F., Irigoyen, J. J., Pascual, I., and Hilbert, G. "High Temperature and Elevated Carbon Dioxide Modify Berry Composition of Different Clones of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Tempranillo." *Frontiers in Plant Science* 11 (2020): 603687. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.603687>.
- Bacilieri, R., T. Lacombe, L. Le Cunff, M. Di Vecchi-Staraz, V. Laucou, B. Genna, J.-P. Péros, P. This, and J.-M. Boursiquot. "Genetic Structure in Cultivated Grapevines Is Linked to Geography and Human Selection." *BMC Plant Biology* 13 (2013):
- Barr, H.D. and Weatherley, P.E. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.* 15:413-428.)
- Beer, August. "Determination of the Absorption of Red Light in Coloured Liquids." *Annalen der Physik und Chemie* 86 (1852): 78–88. <https://doi.org/10.1002/andp.18521850205>.
- Bell, S. J., and Henschke, P. A. "Implications of Nitrogen Nutrition for Grapes, Fermentation and Wine." *Australian Journal of Grape and Wine Research* 11 (2005): 242–295
- Bernardo, S., Dinis, L. T., Machado, N., et al. "Grapevine Abiotic Stress Assessment and Search for Sustainable Adaptation Strategies in Mediterranean-Like Climates: A Review." *Agronomy for Sustainable Development* 38, no. 1 (2018): Article 66. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0544-0>.

Bertamini, Massimo, and Namachevayam Nedunchezian. "Photoinhibition of Photosynthesis in Mature and Young Leaves of Grapevine (*Vitis vinifera* L.)." *Plant Science* 164, no. 4 (April 2003): 635–644.

Bilger, W., and O. Björkman. 1990. "Role of Xanthophylls Cycle in Photoprotection Elucidated by Measurements of Light-Induced Absorbance Changes, Fluorescence and Photosynthesis in *Hedera canariensis*." *Photosynthetic Research* 25: 173–185.

Bilger, Wilfried, and Olle Björkman. "Role of the Xanthophyll Cycle in Photoprotection Elucidated by Measurements of Light-Induced Absorbance Changes, Fluorescence and Photosynthesis in Leaves of *Hedera canariensis*." *Photosynthesis Research* 25, no. 3 (1990): 173–85. <https://doi.org/10.1007/BF00033159>.

Bloom, A. J., Chapin III, F. S., and Mooney, H. A. "Resource Limitation in Plants—An Economic Analogy." *Annual Review of Ecology and Systematics* 16 (1985): 363–392

Bondada, Bhaskar et al. "Understanding Differential Responses of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Leaf and Fruit to Water Stress and Recovery Following Re-Watering." *American Journal of Plant Sciences* 3, no. 9 (January 2012): 1319–1327. <https://doi.org/10.4236/ajps.2012.39149>.

Bordes, J., et al. (2015). "Impact of Water Stress on Grapevine: Physiological, Morphological, and Genetic Adaptations." *Oeno One*. DOI: 10.20870/oeno-one.2015.49.2.1788.

Buchanan, B. B., W. Gruissem, and R. L. Jones. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. John Wiley & Sons, 2015.

Buesa, Ignacio, Pascual Romero-Azorín, José M. Escalona, and Diego S. Intrigliolo. "Chapter 6 - Vineyard Water Balance and Use." In *Improving Sustainable Viticulture and Winemaking Practices*, edited by J. Miguel Costa, Sofia Catarino, José M. Escalona, and Piergiorgio Comuzzo, 105–123. Academic Press, 2022. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85150-3.00012-8>.

C. Conde, P. Silva, N. Fontes, A.C.P. Dias, R.M. Tavares, M.J. Sousa, A. Agasse, S. Delrot, H. Gerós, Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality, *Food*. 1 (2007) 1–22.

Calderon-Orellana, A., Matthews, M. A., Drayton, W. M., and Shackel, K. A. "Uniformity of Ripeness and Size in Cabernet Sauvignon Berries from Vineyards with Contrasting Crop Price." *American Journal of Enology and Viticulture* 65 (2014): 81–88

Camponeschi, I., A. Montanari, C. Mazzoni, and M. M. Bianchi. "Light Stress in Yeasts: Signaling and Responses in Creatures of the Night." *International Journal of Molecular Sciences* 24, no. 8 (April 8, 2023): 6929. <https://doi.org/10.3390/ijms24086929>

Carpenter, Kasey. "Scientists Unravel Cabernet Sauvignon's Genome." *Wine Spectator*, November 18, 2016. Accessed November 30, 2016.

Catalogue des variétés et clones de vigne cultivés en France. Collectif. 2007. Ed. IFV. Le Grau-du-Roi, France.

Chapin III, F. S. "Integrated Response of Plants to Stress." *BioScience* 41 (1991): 29–36.

Chaves, M. M., O. Zarrouk, R. Francisco, J. M. Costa, T. Santos, A. P. Regalado, M. L. Rodrigues, and C. M. Lopes. "Grapevine under Deficit Irrigation: Hints from Physiological and Molecular Data." *Annals of Botany* 105 (2010): 661–676.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcq030>.

Chen, Yipeng, Yanan Fei, Pangzhen Zhang, and others. "Rootstocks for Grapevines Now and into the Future: Selection of Rootstocks Based on Drought Tolerance, Soil Nutrient Availability, and Soil pH." *Australian Journal of Grape and Wine Research*, April 9, 2024.
<https://doi.org/10.1155/2024/6704238>

Choat, B., W.M. Drayton, C. Brodersen, M.A. Matthews, K.A. Shackel, H. Wada, and A.J. McElrone. "Measurement of Vulnerability to Water Stress-Induced Cavitation in Grapevine: A Comparison of Four Techniques Applied to a Long-Vesselled Species." *Plant Cell and Environment* 33, no. 9 (September 2010): 1502–1512. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02160.x>.

Choat, B., W.M. Drayton, C. Brodersen, M.A. Matthews, K.A. Shackel, H. Wada, and A.J. McElrone. "Measurement of Vulnerability to Water Stress-Induced Cavitation in Grapevine: A Comparison of Four Techniques Applied to a Long-Vesselled Species." *Plant Cell and Environment* 33, no. 9 (September 2010): 1502–1512. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02160.x>.

Christmann, Alexander, Elmar W. Weiler, Ernst Steudle, and Erwin Grill. "A Hydraulic Signal in Root-to-Shoot Signalling of Water Shortage." *The Plant Journal* 52, no. 1 (2007): 167–174. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2007.03234.x>.

Clarke, Oz. *Encyclopedia of Grapes*. Harcourt Books, 2001. 47–56. ISBN 0-15-100714-4.

Coombe, B. G. "Distribution of Solutes within the Developing Grape Berry in Relation to Its Morphology." *American Journal of Enology and Viticulture* 38 (1987): 120–127

Coombe, B. G. (1960). Relationship of Growth and Development to Changes in Sugars, Auxins, and Gibberellins in Fruit of Seeded and Seedless Varieties of *Vitis Vinifera*. *Plant Physiology*, 35(2), 241-250. <https://doi.org/10.1104/pp.35.2.241>

Coombe, B. G. (1995). Growth Stages of the Grapevine : Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1(2), 104-110.
<https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00086.x>

Coombe, B. G., & McCarthy, M. G. (2000). Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(2), 131-135.
<https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00171.x>

- Coombe, B.G. "Influence of Temperature on Composition and Quality of Grapes." *Acta Horticulturae* 206 (April 1, 1987). <https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.1987.206.1>.
- Cortell, J. M., Halbleib, M., Gallagher, A. V., Righetti, T. L., and Kennedy, J. A. "Influence of Vine Vigor on Grape (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir) and Wine Proanthocyanidins." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 (2005): 5798–5808.
- Currle, O.O. Bauer, W. Hofäcker, F. Schumann, and W. Frisch. *Biologie der Rebe*. Neustadt an der Weinstrasse, Germany: Meininger, 1983.
- D. Zohary, M. Hopf. *Domestication of plants in the Old World*, 3rd edn. New York: Oxford University Press, 151–159 (2000)
- Dal Santo, S., Tornielli, G. B., Zenoni, S., Fasoli, M., Farina, L., Anesi, A., Guzzo, F., Delledonne, M., and Pezzotti, M. "The Plasticity of the Grapevine Berry Transcriptome." *Genome Biology* 14, no. 6 (June 7, 2013): r54. <https://doi.org/10.1186/gb-2013-14-6-r54>.
- Documentary Collections of the Centre de Ressources Biologiques de la Vigne de Vassal-Montpellier, INRAE - Institut Agro Montpellier. Marseillan, France.
- Domingues Neto, Francisco José, Adilson Pimentel Junior, Lenon Romano Modesto, Mara Fernandes Moura, Fernando Ferrari Putti, Carmen Silvia Fernandes Boaro, Elizabeth Orika Ono, João Domingos Rodrigues, and Marco Antonio Tecchio. "Photosynthesis, Biochemical and Yield Performance of Grapevine Hybrids in Two Rootstock and Trellis Height." *Horticulturae* 9, no. 5 (2023): 596. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9050596>.
- Dong, Yang ; Duan, Shengchang ; Xia, Qiuju et al. / Dual domestications and origin of traits in grapevine evolution. In: *Science*. 2023 ; Vol. 379, No. 6635. pp. 892-901.
- Dunlevy, J. D., Kalua, C. M., Keyzers, R. A., and Boss, P. K. "The Production of Flavour and Aroma Compounds in Grape Berries." In *Grapevine Molecular Physiology and Biotechnology*, 2nd ed., edited by K. A. Roubelakis-Angelakis, 293–340. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2009.
- Düring, H. "Stomatal and Mesophyll Conductances Control CO₂ Transfer to Chloroplasts in Leaves of Grapevine (*Vitis vinifera* L.)." *Vitis - Geilweilerhof* 42, no. 2 (2003): 65–68.
- E. McGovern. *Ancient Wine: The Search for the Origins of Viniculture*. Princeton: Princeton University (2007)
- Environmental Effects on cv Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) Grown in Hawke's Bay, New Zealand. 2. Development of a Site Index." *Australian Journal of Grape and Wine Research* 8, no. 1 (March 2008): 27–35. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2002.tb00208.x>.
- Epstein, Emanuel. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. New York: Wiley, 1971.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). "EPPO Standards." Accessed November 15, 2024. https://www.eppo.int/RESOURCES/eppo_standards.

Ferguson, J. C., Moyer, M. M., Mills, L. J., Hoogenboom, G., and Keller, M. "Modeling Dormant Bud Cold Hardiness and Budbreak in Twenty-Three Vitis Genotypes Reveals Variation by Region of Origin." *American Journal of Enology and Viticulture* 65 (2014): 59–71.

Flexas, J., J. Bota, J. Cifre, J. Mariano Escalona, J. Galmes, J. Gulias, E.-K. Lefi, S. Florinda Martinez-Canellas, M. Teresa Moreno, M. Ribas-Carbo, D. Riera, B. Sampol, and H. Medrano. "Understanding Down-Regulation of Photosynthesis Under Water Stress: Future Prospects and Searching for Physiological Tools for Irrigation Management." *Annals of Applied Biology* 144, no. 3 (2004): 273–283.

Fruit Varieties: Description." *Plant Grape*. Accessed October 21, 2024.
<https://www.plantgrape.fr/en/varieties/fruit-varieties/43#description>.

G. Roby, M.A. Matthews, Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit, *Aust. J. Grape Wine Res.* 10 (2008) 74–82.

Galet, P. *Dictionnaire encyclopédique des cépages et de leurs synonymes*. 2015. Ed. Libre&Solidaire. France.

Gambetta, G. A., et al. "The Physiology of Drought Stress in Grapevine: Towards an Integrative Definition of Drought Tolerance." *Journal of Experimental Botany* 71, no. 16 (May 2020). <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa245>.

Gambetta, Gregory A., Jose Carlos Herrera, Silvina Dayer, Quishuo Feng, Uri Hochberg, and Simone D. Castellarin. "The Physiology of Drought Stress in Grapevine: Towards an Integrative Definition of Drought Tolerance." *Journal of Experimental Botany* 71, no. 16 (August 6, 2020): 4658–4676.

Gambetta, Gregory A., Jose Carlos Herrera, Silvina Dayer, Quishuo Feng, Uri Hochberg, and Simone D. Castellarin. "The Physiology of Drought Stress in Grapevine: Towards an Integrative Definition of Drought Tolerance." *Journal of Experimental Botany* 71, no. 16 (2020): 4658–4676. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa245>.

Gamborg, O. L. *Plant Tissue Culture Methods*. Ottawa: National Research Council of Canada, 1975.

Genty, B., J. Harbinson, A. L. Cailly, and F. Rizza. 1996. "Fate of Excitation at PS II in Leaves: The Nonphotochemical Side." Presented at The Third BBSRC Robert Hill Symposium on Photosynthesis, March 31 to April 3, 1996, University of Sheffield, Department of Molecular Biology and Biotechnology, Western Bank, Sheffield, UK. Abstract no. P28.

Genty, B., J.-M. Briantais, and N. R. Baker. 1989. "The Relationship Between Quantum Yield of Photosynthetic Electron Transport and Quenching of Chlorophyll Fluorescence." *Biochimica et Biophysica Acta* 990: 87–92.

Genty, Bernard, Jean-Marie Briantais, and Neil R. Baker. "The Relationship between the Quantum Yield of Photosynthetic Electron Transport and Quenching of Chlorophyll Fluorescence." *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects* 990, no. 1 (1989): 87–92. [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(89\)80016-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(89)80016-9).

Harris, Z. N., Pratt, J. E., Kovacs, L. G., et al. "Grapevine Scion Gene Expression Is Driven by Rootstock and Environment Interaction." *BMC Plant Biology* 23 (2023): 211. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04223-w>.

Hashizume, K., Tozawa, K., Endo, M., and Aramaki, I. "S-Adenosyl-L-Methionine-Dependent O-Methylation of 2-Hydroxy-3-Alkylpyrazine in Wine Grapes: A Putative Final Step of Methoxypyrazine Biosynthesis." *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 65 (2001): 795–801.

Heier, Andreas, Wolfgang Blaas, André Droß, and Rudolf Wittkowski. "Anthocyanin Analysis by HPLC/ESI-MS." *American Journal of Enology and Viticulture* 53, no. 2 (2002): 78–86.

Hepner, Y., Bravdo, B., Loinger, C., Cohen, S., and Tabacman, H. "Effect of Drip Irrigation Schedules on Growth, Yield, Must Composition, and Wine Quality of Cabernet Sauvignon." *American Journal of Enology and Viticulture* 36 (1985): 77–85.

Herrera, Jose Carlos, Alberto Calderan, Gregory A. Gambetta, Enrico Peterlunger, Astrid Forneck, et al. "Stomatal Responses in Grapevine Become Increasingly More Tolerant to Low Water Potentials Throughout the Growing Season." *The Plant Journal* (2021): 1–12. <https://doi.org/10.1111/tpj.15591>.

Hewitt, S., E. Hernández-Montes, A. Dhingra, et al. "Impact of Heat Stress, Water Stress, and Their Combined Effects on the Metabolism and Transcriptome of Grape Berries." *Scientific Reports* 13 (2023): 9907. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36160-x>.

Hildner, R., D. Brinks, J.B. Nieder, R.J. Cogdell, and N.F. van Hulst. "Quantum Coherent Energy Transfer over Varying Pathways in Single Light-Harvesting Complexes." *Science* 340, no. 6139 (June 2013): 1448–1451. <https://doi.org/10.1126/science.1235820>.

Hochberg, Uri, Aviad Perry, Shimon Rachmilevitch, Alon Ben-Gal, and Or Sperling. "Instantaneous and Lasting Effects of Drought on Grapevine Water Use." *Agricultural and Forest Meteorology* 338 (July 15, 2023): 109521. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109521>.

Hrazdina, G., Parsons, G. F., and Mattick, L. R. "Physiological and Biochemical Events during Development and Maturation of Grape Berries." *American Journal of Enology and Viticulture* 35 (1984): 220–227.

Hsiao, T.C. "Plant Responses to Water Stress." *Annual Review of Plant Physiology* 24 (1973): 519–570.

Hunter, J. J. Kobus. "Assessment of Grape Bunch Temperature Variability in *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz." *Ciência e Técnica Vitivinícola* 28 (July 2013): 759–764.

Iland, Patrick, Alan Ewart, Jennifer Sitters, Andrew Markides, and Neville Bruer. *Techniques for Chemical Analysis and Quality Monitoring During Winemaking*. 2nd ed. Adelaide: Patrick Iland Wine Promotions, 2000.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*.

International Organisation of Vine and Wine (OIV). *Compendium of International Methods of Analysis of Wines and Musts: Anthocyanins - Determination by HPLC (OIV-MA-AS315-11, Resolution Oeno 12/2007)*. Paris: OIV, 2007.

International Organisation of Vine and Wine (OIV). *Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis: Titrable Acidity, OIV-MA-AS313-01*. Paris: OIV, 2022.

International Organisation of Vine and Wine (OIV). *Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis: Alcoholic Strength, OIV-MA-AS312-01A*. Paris: OIV, 2022.

International Organisation of Vine and Wine. *Resolution OIV 641-2020: Guidelines for Sustainable Viticulture*. 2020.

Jiao, S., F. Zeng, Y. Huang, et al. "Physiological, Biochemical and Molecular Responses Associated with Drought Tolerance in Grafted Grapevine." *BMC Plant Biology* 23 (2023): 110. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04109-x>.

Ju, Y., X. Yue, X. Zhao, H. Zhao, and Y. Fang. "Physiological, Micro-Morphological and Metabolomic Analysis of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Leaf of Plants Under Water Stress." *Plant Physiology and Biochemistry* 130 (2018): 501–510. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.07.036>.

Keller, M. "Managing Grapevines to Optimise Fruit Development in a Challenging Environment: A Climate Change Primer for Viticulturists." *Australian Journal of Grape and Wine Research* 16 (2010): 56–69.

Keller, Markus. "Chapter 7 - Environmental Constraints and Stress Physiology." In *The Science of Grapevines*, edited by Markus Keller, 227–310. Academic Press, 2010.

Keller, Markus. *The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology*. 3rd ed. Burlington, MA: Academic Press, 2015.

Keller, Markus. *The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology*. 2nd ed. Amsterdam: Academic Press, 2015.

Keller, Markus. *The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology*. 3rd ed. Amsterdam: Academic Press, 2020, 2–17.

Kennedy, J. (2002). Understanding grape berry development. 6.

Khan, A. (2021). "Understanding Drought Resistance in Grapevines: Genetic and Physiological Perspectives." *Frontiers in Plant Science*. DOI: 10.3389/fpls.2021.780622.

Kitajima, Munehiko, and William L. Butler. "Quenching of Chlorophyll Fluorescence and Primary Photochemistry in Chloroplasts by Dibromothymoquinone." *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics* 376, no. 1 (1975): 105–15. [https://doi.org/10.1016/0005-2728\(75\)90209-1](https://doi.org/10.1016/0005-2728(75)90209-1).

Kizildeniz, T., I. Mekni, H. Santesteban, I. Pascual, F. Morales, and J. J. Irigoyen. "Effects of Climate Change Including Elevated CO₂ Concentration, Temperature, and Water Deficit on Growth, Water Status, and Yield Quality of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Cultivars." *Agricultural Water Management* 159 (2015): 155–160;

Kliewer, W. M., and Dokoozlian, N. K. "Leaf Area/Crop Weight Ratios of Grapevines: Influence on Fruit Composition and Wine Quality." *American Journal of Enology and Viticulture* 56 (2005): 170–181.

Kliewer, W., and Rodrigo E. Torres. "Effect of Controlled Day and Night Temperatures on Grape Coloration." *American Journal of Enology and Viticulture* 23, no. 2 (1972): 71–74. <https://doi.org/10.5344/ajev.1972.23.2.71>.

Kong, J., Y. Zhao, P. Fan, et al. "Far-Red Light Modulates Grapevine Growth by Increasing Leaf Photosynthesis Efficiency and Triggering Organ-Specific Transcriptome Remodelling." *BMC Plant Biology* 24 (2024): 189. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04870-7>

Kramer, D. M., J. Giles, O. Kiirats, and G. E. Edwards. 2004. "New Fluorescence Parameters for the Determination of QA Redox State and Excitation Energy Fluxes." *Photosynthesis Research* 79: 209–218.

Lambert, Johann Heinrich. *Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae*. Augsburg: Eberhard Klett, 1760.

Lazar, Thomas, Lincoln Taiz, and Eduardo Zeiger. "Plant Physiology. 3rd edn." *Annals of Botany* 91, no. 6 (May 2003): 750–751. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg079>.

Lebon, G., Wojnarowicz, G., Holzapfel, B., Fontaine, F., Vaillant-Gaveau, N., & Clement, C. (2008a). Sugars and flowering in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Experimental Botany*, 59(10), 2565–2578. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern135>

Lecourieux, F., C. Kappel, P. Pieri, J. Charon, J. Pillet, G. Hilbert, C. Renaud, E. Gomès, S. Delrot, and D. Lecourieux. "Dissecting the Biochemical and Transcriptomic Effects of a Locally Applied Heat Treatment on Developing Cabernet Sauvignon Grape Berries." *Frontiers in Plant Science* 8 (2017): 53. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00053>.

Lee, S.H., Seo, M.J., Riu, M., Cotta, J.P., Block, D.E., Dokoozlian, N.K., et al., 2007. Vine microclimate and norisoprenoid concentration in Cabernet Sauvignon grapes and wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 58, 291-301.

Leibar, U., Aizpurua, A., Unamunzaga, O., Pascual, I., and Morales, F. "How Will Climate Change Influence Grapevine cv. Tempranillo Photosynthesis under Different Soil Textures?" *Photosynthesis Research* 124 (2015): 199–215.

Lin, Yiling et al. "The Physiology of Drought Stress in Two Grapevine Cultivars: Photosynthesis, Antioxidant System, and Osmotic Regulation Responses." *Physiologia Plantarum* 175, no. 5 (August 2023). <https://doi.org/10.1111/ppl.14005>.

Lin, YiLing, Siyu Liu, Xiang Fang, Yanhua Ren, Zhijie You, Jiaxin Xia, Abdul Hakeem, Yuxian Yang, Lingyu Wang, Jinggui Fang, and Lingfei Shangguan. "The Physiology of Drought Stress in Two Grapevine Cultivars: Photosynthesis, Antioxidant System, and Osmotic Regulation Responses." *Physiologia Plantarum* 175, no. 5 (2023): e14005. <https://doi.org/10.1111/ppl.14005>.

Longo, E., Cansado, J., Agrelo, D., and Villa, T. G. "Effect of Climatic Conditions on Yeast Diversity in Grape Musts from Northwest Spain." *American Journal of Enology and Viticulture* 42 (1991): 141–144

Lovisol, C., A. Lavoie-Lamoureux, S. Tramontini, and others. "Grapevine Adaptations to Water Stress: New Perspectives about Soil/Plant Interactions." *Theoretical and Experimental Plant Physiology* 28 (2016): 53–66. <https://doi.org/10.1007/s40626-016-0057-7>.

Lovisol, C., A. Lavoie-Lamoureux, S. Tramontini, et al. "Grapevine Adaptations to Water Stress: New Perspectives About Soil/Plant Interactions." *Theoretical and Experimental Plant Physiology* 28 (2016): 53–66. <https://doi.org/10.1007/s40626-016-0057-7>

Lovisol, C., Perrone, I., Carra, A., Ferrandino, A., Flexas, J., Medrano, H., et al. "Drought-Induced Changes in Development and Function of Grapevine (*Vitis* spp.) Organs and in Their Hydraulic and Non-Hydraulic Interactions at the Whole-Plant Level: A Physiological and Molecular Update." *Functional Plant Biology* 37 (2010): 98–116

Lu, H.-C., W.-K. Chen, Y. Wang, X.-J. Bai, G. Cheng, C.-Q. Duan, J. Wang, and F. He. "Effect of the Seasonal Climatic Variations on the Accumulation of Fruit Volatiles in Four Grape Varieties Under the Double Cropping System." *Frontiers in Plant Science* 12 (2022): 809558. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.809558>.

Lu, Xu, Guiping Chen, Lei Ma, Haokai Yan, Congcong Zhang, Guojie Nai, Jinyu Bao, Yuan Liu, Ying Lai, Sheng Li, Shaoying Ma, and Baihong Chen. "Abscisic Acid Enhances Alkaline Stress Tolerance in Grapevines: Physiological and Transcriptional Profiling." *Journal of Plant Physiology*, 2023.

Maghradze, D., Aslanishvili, A., Mdinaradze, I., Tkemaladze, D., Mekhuzla, L., Lordkipanidze, D., ... Davitashvili, and L. (2019). Progress for research of grape and wine culture in Georgia, the South Caucasus. *BIO Web of Conferences*, 12, 03003. doi:10.1051/bioconf/20191203003

Martinez, Joelle, and Markus Keller. "Isohydic and Anisohydic Behavior of 18 Wine Grape Varieties Grown in an Arid Climate." Irrigated Agriculture Research and Extension Center, Washington State University, Prosser, WA, USA. Corresponding author: mkeller@wsu.edu

Martinez, Joelle, and Markus Keller. "Isohydic and Anisohydic Behavior of 18 Wine Grape Varieties Grown in an Arid Climate." Irrigated Agriculture Research and Extension Center, Washington State University, Prosser, WA, USA. Corresponding author: mkeller@wsu.edu

Martínez-Lüscher, J., Kizildeniz, T., Vučetić, V., Dai, Z., Luedeling, E., van Leeuwen, C., Gomès, E., Pascual, I., Irigoyen, J. J., Morales, F., and Delrot, S. "Sensitivity of Grapevine Phenology to Water Availability, Temperature and CO₂ Concentration." *Frontiers in Environmental Science* 4 (2016). <https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00048>

Martínez-Lüscher, J., N. Torres, G. Hilbert, T. Richard, M. Sánchez-Díaz, S. Delrot, J. Aguirreolea, I. Pascual, and E. Gomès. "Ultraviolet-B Radiation Modifies the Quantitative and Qualitative Profile of Flavonoids and Amino Acids in Grape Berries." *Phytochemistry* 102 (2014): 106–114.

Martínez-Lüscher, J., Sánchez-Díaz, M., Delrot, S., Aguirreolea, J., Pascual, I., and Gomès, E. "Ultraviolet-B Alleviates the Uncoupling Effect of Elevated CO₂ and Increased Temperature on Grape Berry (*Vitis vinifera* cv. Tempranillo) Anthocyanin and Sugar Accumulation." *Australian Journal of Grape and Wine Research* 22 (2016): 87–95

Martínez-Lüscher, J., T. Kizildeniz, V. Vučetić, Z. Dai, E. Luedeling, C. van Leeuwen, E. Gomès, I. Pascual, J. J. Irigoyen, F. Morales, and S. Delrot. "Sensitivity of Grapevine Phenology to Water Availability, Temperature, and CO₂ Concentration." *Frontiers in Environmental Science* 4 (2016): 1–14. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00036>.

Martínez-Lüscher, Johann et al. "Sensitivity of Grapevine Phenology to Water Availability, Temperature, and CO₂ Concentration." *Frontiers in Environmental Science* 4 (July 2016): 69. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00048>

Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2021. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>.

Mauney, J. R., B. A. Kimball, P. J. Pinter, R. L. LaMorte, K. F. Lewin, J. Nagy, and G. R. Hendrey. "Growth and Yield of Cotton in Response to a Free-Air Carbon Dioxide Enrichment (FACE) Environment." *Agricultural and Forest Meteorology* 70, no. 1–4 (1994): 49–67. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(94\)90047-7](https://doi.org/10.1016/0168-1923(94)90047-7).

Mira de Orduña, Ramón. "Climate Change Associated Effects on Grape and Wine Quality and Production." *Food Research International* 43, no. 7 (August 2010): 1844–1855. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.001>.

Morales, F., Antolín, M. C., Aranjuelo, I., Goicoechea, N., and Pascual, I. "From Vineyards to Controlled Environments in Grapevine Research: Investigating Responses to Climate Change Scenarios Using Fruit-Bearing Cuttings." *Theoretical and Experimental Plant Physiology* 28 (2016): 171–191

Moutinho-Pereira, J., B. Gonçalves, E. Bacelar, J. B. Cunha, J. Coutinho, and C. M. Correia. "Effects of Elevated CO₂ on Grapevine (*Vitis vinifera* L.): Physiological and Yield Attributes."

Murashige, T. "Plant Propagation through Tissue Culture." *Annual Review of Plant Physiology* 25 (1974): 135–166.

N. Ketskhoveli, M. Ramishvili, D. Tabidze, *Ampel-ography of Georgia* (Tbilisi: Georgian Academy of Sciences, 1960), p. 439 (in Georgian and Russian)

N. Kuhn, L. Guan, Z.W. Dai, B.H. Wu, V. Lauvergeat, E. Gomès, S.H. Li, F. Godoy, P. ArceJohnson, S. Delrot, Berry ripening: recently heard through the grapevine, *J. Exp. Bot.* 65 (2014) 4543–4559.

Nambara, Eiji, and Annie Marion-Poll. "Absciscic Acid Biosynthesis and Catabolism." *Annual Review of Plant Biology* 56, no. 1 (2005): 165–85.
<https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.56.032604.144046>.

National Wine Agency of Georgia. "Protected Designations of Origin (PDO)." Wine Agency of Georgia. Accessed October 10, 2024. <https://wine.gov.ge/En/Geographical-Indications>.

Nuzzo, Floriana, Amedeo Moine, Luca Nerva, Chiara Pagliarani, Irene Perrone, Paolo Boccacci, Ivana Gribaudo, Walter Chitarra, and Giorgio Gambino. "Grapevine Virome and Production of Healthy Plants by Somatic Embryogenesis." *Microbial Biotechnology* 15, no. 5 (2022): 1357–1373. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14011>.

Nuzzo, Floriana, Giorgio Gambino, and Irene Perrone. "Unlocking Grapevine In Vitro Regeneration: Issues and Perspectives for Genetic Improvement and Functional Genomic Studies." *Plant Physiology and Biochemistry* 193 (2022): 99–109.
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.10.027>.

OIV (International Organisation of Vine and Wine). 2023 World Wine Production Statistics. Paris: OIV, 2023. <https://www.oiv.int/en/statistics..>

Oxborough, K., and N. R. Baker. 1997. "Resolving Chlorophyll a Fluorescence Images of Photosynthetic Efficiency into Photochemical and Non-Photochemical Components – Calculation of qP and Fv/Fm Without Measuring Fo." *Photosynthesis Research* 54: 135–142.
<https://doi.org/10.1023/A:1005936823310>.

Pastore, Chiara, Tommaso Frioni, and Maria P. Diago. "Resilience of grapevine to climate change: From plant physiology to adaptation strategies, *Frontiers in Plant Science* 13 (2022). <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.994267>.

Pereira, H. S., et al. (2017). "Genetic Diversity and Drought Resistance in Grapevines." *Agronomy for Sustainable Development*. DOI: 10.1007/s13593-017-0468-2.

Photosynthesis." McGraw-Hill Encyclopedia of Science & Technology. Vol. 13. New York: McGraw-Hill, 2007. ISBN 978-0-07-144143-8.

Pilard, Etienne, Jules Harrouard, Cécile Miot-Sertier, Philippe Marullo, Warren Albertin, and Rémy Ghidossi. "Wine Yeast Species Show Strong Inter- and Intra-Specific Variability in Their Sensitivity to Ultraviolet Radiation." *Food Microbiology* 100 (2021): 103864. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103864>.

Pineau, B., Barbe, J. C., Van Leeuwen, C., and Dubourdieu, D. "Which Impact for β -Damascenone on Red Wines Aroma?" *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55 (2007): 4103–4108.

Plant Water Stress: Associations between Ethylene and Absciscic Acid Response. 2015. *Chilean Journal of Agricultural Research* 75, Suppl. 1: 71–79. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392015000300008>.

Poorter, H., and Nagel, O. "The Role of Biomass Allocation in the Growth Response of Plants to Different Levels of Light, Nutrients and Water: A Quantitative Review." *Australian Journal of Plant Physiology* 27 (2000): 595–607.

Potters, G., Pasternak, T. P., Guisez, Y., Palme, K. J., and Jansen, M. A. K. "Stress-Induced Morphogenic Responses: Growing Out of Trouble?" *Trends in Plant Science* 12 (2007): 98–10

Prentice, I. C., Farquhar, G. D., Fasham, M. J. R., Goulden, M. L., Heimann, M., Jaramillo, V. J., Khashgi, H. S., Quéré, C. L., Scholes, R. J., Wallace, D. W. R., Archer, D., Ashmore, M. R., Aumont, O., Baker, D., Battle, M., Bender, M., Bopp, L. P., Bousquet, P., Caldeira, K., et al. "The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide." 57 (2001)

Prinsi, B., A. S. Negri, O. Failla, and others. "Root Proteomic and Metabolic Analyses Reveal Specific Responses to Drought Stress in Differently Tolerant Grapevine Rootstocks." *BMC Plant Biology* 18 (2018): 126. <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1343-0>.

Reineke, Andreas, and Mohamed Selim. "Elevated Atmospheric CO₂ Concentrations Alter Grapevine (*Vitis vinifera*) Systemic Transcriptional Response to European Grapevine Moth (*Lobesia botrana*) Herbivory." *Scientific Reports* 9 (2019): 2995. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39979-5>.

Relationship Between Wine Composition and Temperature: Impact on Bordeaux Wine Typicity in the Context of Global Warming—Review." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59, no. 8 (October 2017): 1–17. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1355776>.

Ricciardi, Valentina, Demetrio Marcianò, Maryam Sargolzaei, Elena Marrone Fassolo, Daniela Fracassetti, Matteo Brilli, Mirko Moser, et al. "Dissecting the Susceptibility/Resistance Mechanism of *Vitis vinifera* for the Future Control of Downy Mildew." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 44 (2022): 04002.

Robinson, A. L., Boss, P. K., Solomon, P. S., Trengove, R. D., Heymann, H., and Ebeler, S. E. "Origins of Grape and Wine Aroma. Part 1. Chemical Components and Viticultural Impacts." *American Journal of Enology and Viticulture* 65 (2014): 1–24.

Rogiers, S.Y., and S.J. Clarke. "Vegetative Growth and Cluster Development in Shiraz Grapevines Subjected to Partial Root-Zone Cooling." *AoB PLANTS* 5 (2013): plt036. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plt036>.

Rojas-Lara, B. A., and Janice C. Morrison. "Differential Effects of Shading Fruit or Foliage on the Development and Composition of Grape Berries." *Vitis* 28, no. 4 (1989)

Romero-Pérez, A., R. Lamuela-Raventós, and M. C. Torre-Boronat. "Levels of Cis- and Trans-Resveratrol and Their Glucosides in White and Rosé *Vitis vinifera* Wines from Spain." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44, no. 8 (1996): 2349–2352. <https://doi.org/10.1021/JF9507654>.

Sabir, Farzana, Olfa Zarrouk, Henrique Noronha, Maria C. Loureiro-Dias, Graça Soveral, Hernâni Gerós, and Catarina Prista. "Title of the Article." *Biochimie* 188 (September 2021): 61-76.

Sargolzaei, M., G. Maddalena, N. Bitsadze, D. Maghradze, P. A. Bianco, O. Failla, S. L. Toffolatti, and G. De Lorenzis. "Rpv29, Rpv30 and Rpv31: Three Novel Genomic Loci Associated with Resistance to *Plasmopara viticola* in *Vitis vinifera*." *Frontiers in Plant Science* 11 (2020): 562432.

Scheible, W. R., Lauerer, M., Schulze, E. D., Caboche, M., and Stitt, M. "Accumulation of Nitrate in the Shoot Acts as a Signal to Regulate Shoot-Root Allocation in Tobacco." *Plant Journal* 11 (1997): 671–691.

Schreiber, U., U. Schliwa, and W. Bilger. 1986. "Continuous Recording of Photochemical and Non-Photochemical Chlorophyll Fluorescence Quenching with a New Type of Modulation Fluorometer." *Photosynthesis Research* 10: 51–62.

Schreiber, Ulrich, Karl W. Klughammer, and Walter Bilger. "Continuous Excitation Chlorophyll Fluorescence: A New Tool in Stress Physiology." *Photosynthesis Research* 39, no. 1 (1994): 41–47. <https://doi.org/10.1007/BF00027191>.

Schreiber, Ulrich, Ulrich Schliwa, and Walter Bilger. "Continuous Recording of Photochemical and Non-Photochemical Chlorophyll Fluorescence Quenching with a New Type of Modulation Fluorometer." *Photosynthesis Research* 10, no. 1-2 (1986): 51–62. <https://doi.org/10.1007/BF00024185>.

Schultz, H. R. (2010). "Climate Change and Viticulture: A Review of the Impact of Water Stress on Grapevine Performance." *Vitis*. 49(2): 107-116.

Schultz, H. R. (2010). "Climate Change and Viticulture: A Review of the Impact of Water Stress on Grapevine Performance." *Vitis*. 49(2): 107-116. Chaves, M. M., & Oliveira, J. (2004).

"Mechanisms Underlying Plant Water Stress Responses." *Acta Horticulturae*. DOI: 10.17660/ActaHortic.2004.654.5.

Schultz, H. R., and M. A. Matthews. "Xylem Development and Hydraulic Conductance in Sun and Shade Shoots of Grapevine (*Vitis vinifera* L.): Evidence That Low Light Uncouples Water Transport Capacity from Leaf Area." *Planta* 190 (1993): 393–406. <https://doi.org/10.1007/BF00196969>.

Schultz, H. R., and M. Stoll. "Some Critical Issues in Environmental Physiology of Grapevines: Future Challenges and Current Limitations." *Australian Journal of Grape and Wine Research* 16 (2010): 4–24.

Schulz, H. R. "Climate Change and Viticulture: A European Perspective on Climatology, Carbon Dioxide and UV-B Effects." *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6 (2000): 2–12.

Shani, U., and Ben-Gal, A. "Long-Term Response of Grapevines to Salinity: Osmotic Effects and Ion Toxicity." *American Journal of Enology and Viticulture* 56 (2005): 148–154.

Shcherbatyuk, Nataliya, and Markus Keller. "Hydraulic Redistribution and Water Movement Mechanisms in Grapevines." Paper presented at the 21st GiESCO International Meeting: 'A Multidisciplinary Vision towards Sustainable Viticulture', Thessaloniki, Greece, June 23–28, 2019.

Singh, A., and A. Roychoudhury. "Absciscic Acid in Plants under Abiotic Stress: Crosstalk with Major Phytohormones." *Plant Cell Reports* 42 (2023): 961–974. <https://doi.org/10.1007/s00299-023-03013-w>.

Singh, Madhulika, et al. "Roles of Osmoprotectants in Improving Salinity and Drought Tolerance in Plants: A Review." *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 14, no. 3 (July 2015): 295–320. <https://doi.org/10.1007/s11157-015-9372-8>

Skoog, F., and C. Miller. "Chemical Regulation of Growth and Organ Formation in Plant Tissues Cultured in Vitro." *Symposia of the Society for Experimental Biology*, 11 (1957): 118–131.

Smart, R. E., Shaulis, N. J., and Lemon, E. R. "The Effect of Concord Vineyard Microclimate on Yield. I. The Effects of Pruning, Training, and Shoot Positioning on Radiation Microclimate." *American Journal of Enology and Viticulture* 33 (1982): 99–108

Smart, R. E., Smith, S. M., and Winchester, R. V. "Light Quality and Quantity Effects on Fruit Ripening for Cabernet Sauvignon." *American Journal of Enology and Viticulture* 39 (1988): 250–256;

Sperry, J. S., and M. T. Tyree. "Mechanism of Water Stress-Induced Xylem Embolism." *Plant Physiology* 88, no. 3 (November 1988): 581–587. <https://doi.org/10.1104/pp.88.3.581>

Stevenson, Tom. *The Sotheby's Wine Encyclopedia*. Dorling Kindersley, 2005. 578–581. ISBN 0-7566-1324-8.

Strack, Timo, and Manfred Stoll. "Soil Water Dynamics and Drought Stress Response of *Vitis vinifera* L. in Steep Slope Vineyard Systems." *Agricultural Water Management* 274 (December 1, 2022): 107967.

Tabacchi, R. "Secondary Phytotoxic Metabolites from Pathogenic Fungi: Structure, Synthesis, and Activity." *Pure and Applied Chemistry* 66 (1994): 2299–2302.

Toffolatti, S. L., G. De Lorenzis, A. Costa, G. Maddalena, A. Passera, M. C. Bonza, M. Pindo, E. Stefani, A. Cestaro, P. Casati, O. Failla, P. A. Bianco, D. Maghradze, and F. Quaglino. "Characterization of *Vitis vinifera* Responses to *Plasmopara viticola* Infections: Biochemical and Molecular Analyses of Rpv3 and Rpv12 Resistant Grapevine Varieties." *Scientific Reports* 8 (2018): 12523.

Toffolatti, S. L., G. De Lorenzis, A. Costa, G. Maddalena, A. Passera, M. C. Bonza, M. Pindo, E. Stefani, A. Cestaro, P. Casati, O. Failla, P. A. Bianco, D. Maghradze, and F. Quaglino. "Unique Resistance Traits Against Downy Mildew from the Center of Origin of Grapevine (*Vitis vinifera*)." *Scientific Reports* 8 (2018): 12523.

Torregrosa, Laurent, Luis Fernandez, Alain Bouquet, Jean-Michel Boursiquot, Françoise Pelsy, and Juan Martínez-Zapater. "Origins and Consequences of Somatic Variation in Grapevine." In *Genetics, Genomics and Breeding of Grapes*; 68–92. Enfield, NH: Science Publishers, 2010.

Urushadze, T, Aleksidze, G, Tkhelidze, A, Bakradze, E. "Vineyard and Environment", pp55-57; Tbilisi, Free and Agricultural universities press, 2021.

Van Den Heuvel, J., and Andrew Reynolds. "Influence of Grapevine Training Systems on Vine Growth and Fruit Composition: A Review." *American Journal of Enology and Viticulture* 60 (2009): 1–12.

van Kooten, O., and F. W. Snel. 1990. "The Use of Chlorophyll Fluorescence Nomenclature in Plant Stress Physiology." *Photosynthesis Research* 25: 147–150.

Van Kooten, O., and J. F. H. Snel. "The Use of Chlorophyll Fluorescence Nomenclature in Plant Stress Physiology." *Photosynthesis Research* 25, no. 3 (1990): 147–50. <https://doi.org/10.1007/BF00033156>.

Van Leeuwen, C. "9 - Terroir: The Effect of the Physical Environment on Vine Growth, Grape Ripening, and Wine Sensory Attributes." In *Managing Wine Quality, Volume One: Viticulture and Wine Quality*, 341–393. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2022.

van Leeuwen, C., & Darriet, P. (2016). The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*, 11(1), 150–167. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.2>

van Leeuwen, C., and P. Darriet. "The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine

Quality." *Journal of Wine Economics* 11 (2016): 150–164. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.21>

- Van Leeuwen, C., Friant, P., Choné, X., Tregoat, O., Koundouras, S., and Dubourdieu, D. "Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir." *American Journal of Enology and Viticulture* 55 (2004): 207–217.
- van Leeuwen, C., Garnier, C., Agut, C., Baculat, B., Besnard, E., Bois, B., Boursiquot, J.-M., and Chuine, I. "Heat Requirements for Grapevine Varieties: Essential Information to Adapt Plant Material in a Changing Climate." *ASEV* (2008).
- van Leeuwen, C., Sgubin, G., Bois, B. et al. Climate change impacts and adaptations of wine production. *Nat Rev Earth Environ* 5, 258–275 (2024). <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00521-5>
- Venios, Xenophon, Elias Korkas, Aspasia Nisiotou, and Georgios Banilas. "Grapevine Responses to Heat Stress and Global Warming." *Plants (Basel)* 9, no. 12 (2020): 1754. <https://doi.org/10.3390/plants9121754>.
- Viala, P., and V. Vermorel. *Traité général de viticulture, Ampélographie. 1901-1909*. Ed. Masson. Paris, France.
- Vintages 8000 Accessed October 21, 2024. <https://8000vintages.ge/?sl=en>.
- Vitis International Variety Catalogue (VIVC) Sauvignier Gris." Archived February 3, 2014, at the Wayback Machine. Accessed January 20, 2014
- von Caemmerer, S., and G. D. Farquhar. 1981. "Some Relationships Between the Photochemistry and the Gas Exchange of Leaves." *Planta* 153: 376–387.
- W.J. Hardie, Grapevine biology and adaptation to viticulture, *Aust. J. Grape Wine Res.* 6 (2000) 74–81
- WALZ. GFS-3000 Portable Gas Exchange System Instruction Manual. 2019. WALZ Company, Eichenring.
- Wang, B.X., M.J. Tao, Q. Ai, et al. "Efficient Quantum Simulation of Photosynthetic Light Harvesting." *NPJ Quantum Information* 4 (2018): Article 52. <https://doi.org/10.1038/s41534-018-0102-2>
- Wang, et al. "In Vitro Thermotherapy-Based Methods for Plant Virus Eradication." *Plant Methods* 14 (2018): Article 87
- Wang, Shuai, Xiaodi Wang, Xiangbin Shi, Baoliang Wang, Xiaocui Zheng, Haibo Wang, and Fengzhi Liu. "Red and Blue Lights Significantly Affect Photosynthetic Properties and Ultrastructure of Mesophyll Cells in Senescing Grape Leaves." *Horticultural Plant Journal* 2, no. 2 (2016): 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2016.03.001>.
- Wei, Y., X. Lu, J. Bao, et al. "Identification and Expression Analysis of Chlorophyll a/b Binding Protein Gene Family in Grape (*Vitis vinifera*)." *Physiology and Molecular Biology of Plants* 28 (2022): 1147–1158. <https://doi.org/10.1007/s12298-022-01204-5>.

Weyand, K. M., and Schultz, H. R. "Light Interception, Gas Exchange and Carbon Balance of Different Canopy Zones of Minimally and Cane-Pruned Field Grown Riesling Grapevines." *Vitis* 45 (2006): 105–114.

Wilkinson, Simon, and William J. Davies. "ABA-Based Chemical Signaling: The Coordination of Responses to Stress in Plants." *Plant Cell and Environment* 25 (2002): 195–210.

Wilkinson, Simon, and Wolfgang Hartung. "Food Production: Reducing Water Consumption by Manipulating Long-Distance Chemical Signalling in Plants." *Journal of Experimental Botany* 60 (2009): 1885–1891.

Williams, L. E., and J. E. Ayars. "Grapevine Water Use and the Crop Coefficient Are Linear Functions of the Shaded Area Measured Beneath the Canopy." *Agricultural and Forest Meteorology* 132, no. 3–4 (October 3, 2005): 201–211.
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2005.07.010>.

Williams, L. E., C. J. Phene, D. W. Grimes, and T. J. Trout. "Water Use of Mature Thompson Seedless Grapevines in California." *Irrigation Science* 22 (2003): 11–18

Williams, L. E., Dokoozlian, N. K., and Wample, R. "Grape." In *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops*, vol. I, Temperate Crops, edited by B. Schaffer and P. C. Andersen, 85–133. Boca Raton, FL: CRC Press, 1994.

Wilson, B., Strauss, C. R., and Williams, P. J. "The Distribution of Free and Glycosidically-Bound Monoterpenes among Skin, Juice, and Pulp Fractions of Some White Grape Varieties." *American Journal of Enology and Viticulture* 37 (1986): 107–111.

Wilson, Tiffany G., William P. Kustas, Joseph G. Alfieri, Martha C. Anderson, Feng Gao, John H. Prueger, Lynn G. McKee, Maria Mar Alsina, Luis A. Sanchez, and Karrin P. Alstad. "Relationships Between Soil Water Content, Evapotranspiration, and Irrigation Measurements in a California Drip-Irrigated Pinot Noir Vineyard." *Agricultural Water Management* 237 (2020): 106186. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106186>.

Xie, Xiaoming, Carlos B. Agüero, Yujun Wang, and others. "Genetic Transformation of Grape Varieties and Rootstocks via Organogenesis." *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 126 (2016): 541–552. <https://doi.org/10.1007/s11240-016-1023-4>.

Young, Philip R., Hans A Eyeghe-Bickong, Kari du Plessis, Erik Alexandersson, Dan Jacobson, Zelmari Coetzee, Alain Deloire and Melané A. Vivier. "Grapevine Plasticity in Response to an Altered Microclimate: Sauvignon Blanc Modulates Specific Metabolites in Response to Increased Berry Exposure¹." *Plant Physiology* 170 (2015): 1235 - 1254.

Zha, Qian, Xiaojun Xi, Aili Jiang, Shiping Wang, and Yihua Tian. "Changes in the Protective Mechanism of Photosystem II and Molecular Regulation in Response to High Temperature Stress in Grapevines." *Plant Physiology and Biochemistry* 101 (April 2016): 43–53.

Zhou, Y., Muyle, A., Gaut, B.S. (2019). Evolutionary Genomics and the Domestication of Grapes. In: Cantu, D., Walker, M. (eds) The Grape Genome. Compendium of Plant Genomes. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18601-2_3

ვაზის აღწერა UPOV და OIV დესკრიპტორებით; მგალობლიშვილი; სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო კვლევითი ცენტრის კატალოგი