

სსიპ „ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი“

ტექნოლოგიური ფაკულტეტი

აგროეკოლოგიისა და სატყეო საქმის დეპარტამენტი

რუსუდან დუმბაძე

„ხორბლის ღეროს ჟანგას გენეტიკური და მოლეკულური პოლიმორფიზმი
და დაავადებისადმი გამძლე გენოტიპების გამორჩევა“

აგრარულ მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორის ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი
დისერტაცია
სპეციალობა - მცენარეთა დაცვა

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ბიოლოგიის აკადემიური დოქტორი

ზოია სიხარულიძე

ბათუმი 2017

მადლობა

მადლიერება მინდა გამოვხატო იმ ადამიანების მიმართ, რომლებმაც მომცეს შესაძლებლობა და ხელი შემიწყვეს შემესრულებინა სადოქტორო ნაშრომი.

სასიამოვნო მოვალეობად ვთვლი, განსაკუთრებული მადლობა გადავუხადო გამძლეობის გენეტიკის ლაბორატორიის ხელმძღვანელს, ბიოლოგიის აკადემიურ დოქტორს ზოია სიხარულიძეს, რომლის უშუალო სამეცნიერო ხელმძღვანელობით შესაძლებელი გახდა წინამდებარე კვლევის შესრულება.

მადლობა უცხოელ პარტნიორებს უანგარო დახმარებისა და თანამშრომლობისთვის:

✚ სასოფლო სამეურნეო კვლევების საერთაშორისო ცენტრი - ICARDA- გაწეული ფინანსური დახმარებისათვის.

✚ სიმინდისა და ხორბლის გაუმჯობესების საერთაშორისო ცენტრი - CIMMYT- ხორბლის საერთაშორისო სანერგეების მოწოდებისათვის.

✚ აშშ-ს მინესოტას უნივერსიტეტის, მცენარეთა პათოლოგიის დეპარტამენტს, მარცვლეულთა დაავადებების ლაბორატორიის პროფესორს იუ ჯინს, ასოცირებულ პროფესორს ლეს საბოს და წამყვან მკვლევარს, პაბლო ოლივეირას - მოლეკულური ბიოლოგიის ნაწილში თანამშრომლობისთვის.

საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრის მთავარ სპეციალისტს, სელექციონერ - გულნარი ჩხუტიაშვილს, თანამშრომლობისათვის.

მადლობა უნივერსიტეტის პროფესურას, სადოქტორო პროგრამის შესრულების დროს მოცემული რჩევებისათვის.

გულითად მადლობას ვუხდის ინსტიტუტის დირექტორს - გურამ მემარნეს, თითოეულ თანამშრომელს, ჩემს მეგობრებსა და ოჯახის წევრებს მუდმივი ყურადღებისა და თანადგომისათვის.

შ ი ნ ა ა რ ს ი

შესავალი -----	7
თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა -----	12
1.1. ხორბლის სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა, წარმოშობა და სელექციის მიღწევები -----	12
1. 2. ხორბლის ღეროს ჟანგას ბიოლოგიური, ეკოლოგიური და ეპიდემიოლოგიური თავისებურებანი -----	15
1.2.1. ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევი სოკოს <i>Puccinia graminis f.sp. tritici</i> -ის ადგილი სისტემატიკაში -----	15
1.2.2. ხორბლის ღეროს ჟანგას სიმპტომები, მორფოლოგია და განვითარება -----	15
1.2.3. <i>Puccinia graminis f. sp. Tritici</i> -ის განვითარების ციკლი -----	17
1.2.4. სოკოს დამოკიდებულება გარემო პირობებისადმი და პათოგენის ეპიდემიოლოგია -----	20
1.2.5. <i>Puccinia graminis f.sp. tritici</i> -ის შუამავალი მასპინძელი მცენარეები -----	23
1.2.6. სოკოს სპეციალიზაცია და ინფექციის წყაროები -----	26
1.2.7. ხორბლის ღეროს ჟანგას მავნეობა და გეოგრაფიული გავრცელება -----	27
1.2.8. <i>Puccinia graminis f.sp. tritici</i> -ის ვირულენტობის შესწავლა -----	31
1.2.8.1 <i>Puccinia graminis f.sp. tritici</i> -ის რასები -----	32
1.2.8.2 <i>Puccinia graminis f.sp. tritici</i> -ის რასების გავრცელება მსოფლიოში -----	33
1.2.8.3 ხორბლის ღეროს ჟანგასადმი გამძლეობის გენები და შესაბამისი ვირულენტობა -----	38
1.2.9. ხორბლის ღეროს ჟანგას კონტროლი -----	42
თავი 2. კვლევის მასალები და მეთოდები -----	44
2.1. ხორბლის ნათესების გამოკვლევა -----	44
2.2. ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელების და განვითარების ინტენსივობის განსაზღვრა -----	45
2.3. ნიმუშების შეგროვება -----	46
2.4. დაავადების გამომწვევის გამოყოფა -----	47
2.5. ხორბლის აღმონაცენის მიღება -----	47

2.6. მონოპუსტულოვანი იზოლატების მიღება -----	47
2.7. სპორების შეგროვება -----	48
2.8. სპორების გადამრავლება ანუ ინოკულუმის დაგროვება -----	48
2.9. სპორების შენახვა -----	49
2.10. ინოკულაციის მეთოდები -----	49
2.11. ხორბლის ღეროს ჟანგას ვირულენტობის გენური სტრუქტურის ანალიზი -----	51
2.12. <i>Puccinia graminis Pers.f.sp.tritici</i> -ის რასების იდენტიფიკაციის მეთოდი -----	52
2.13. პათოგენის პოლიმორფიზმის შესწავლა მოლეკულური მარკერებით -----	56
2.13.1. ერთ-ნუკლეოტიდური პოლიმორფიზმის გენოტიპირების მეთოდი -----	56
2.14. მცენარეების იმონოლოგიური შეფასება -----	60
2.15. კვლევის შედეგების სტატისტიკური ანალიზი -----	62
2.15.1. პოპულაციური ცვალებადობის მაჩვენებელი -----	62
2.15.2. პათოგენის მოლეკულური პოლიმორფიზმის შედეგების ანალიზი -----	64
თავი 3. კვლევის შედეგები და განხილვა -----	65
3.1. საქართველოში ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელება 2012-2015 წლებში -----	65
თავი 4. ხორბლის ღეროს ჟანგას პოპულაციის რასობრივი და გენეტიკური მრავალფეროვნების იდენტიფიკაცია -----	78
4.1. ურედინიოპოპულაციის რასობრივი და გენეტიკური სტრუქტურა -----	78
4.2. ეციოპოპულაციის რასობრივი და გენეტიკური სტრუქტურა -----	111
თავი 5. ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევის <i>Puccinia graminis f.sp. tritici</i> -ის პოპულაციის მრავალფეროვნების შესწავლა მოლეკულური მარკერების გამოყენებით -----	116
5.1. „ქართული“ და რეფერალური იზოლატების შედარებითი ანალიზი -----	122
თავი 6. ღეროს ჟანგასადმი ხორბლის გამძლე გენოტიპების სკრინინგი -----	126
6.1 ადგილობრივი სასელექციო მასალის ღეროს ჟანგასადმი გამძლეობის დონის შეფასება -----	126
6.2. ხორბლის ადგილობრივი გენოტიპების გამოცდა Sg99 რასის მიმართ -----	128
6.3. ინტროდუცირებული სასელექციო მასალის ღეროს ჟანგასადმი გამძლეობის დონის შეფასება -----	131

6.4. ხორბლის გამძლეობის გენების ეფექტურობა ზრდასრულ ფაზაში -----	136
დასკვნები -----	140
რეკომენდაციები -----	142
გამოყენებული ლიტერატურა -----	143

აბრევიატურა

- BGRI** The Borlaug Global Rust Initiative, ბორლაუგის ჟანგების გლობალური ინიციატივა
- CIMMYT** The International Maize and Improvement Center, სიმინდის და ხორბლის გაუმჯობესების ცენტრი
- CI** Coefficient of Infection, ინფექციურობის კოეფიციენტი
- DNA** Deoxyribonucleic acid, დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა
- FAO** The Food and Agriculture Organization, სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაცია
- f. sp.** *formae specialis*, სპეციალიზებული ფორმა
- GRRC** Global Rust Reference Center, ჟანგების გლობალური რეფერალური ცენტრი
- ISRTN** The International Stem Rust Trap Nursery, ღეროს ჟანგას საერთაშორისო ხაფანგი სანერგე
- IWWIP** The International Winter Wheat Improvement Program, სამემოდგომო ხორბლის გაუმჯობესების საერთაშორისო ცენტრი
- ICARDA** The International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, მშრალი რეგიონების სასოფლო სამეურნეო კვლევის საერთაშორისო ცენტრი
- IT** Infection type, რეაქციის ტიპი
- LDD** Long distance dispersal, დიდ მანძილზე გავრცელება
- PCR** Polymerase chain reaction, პოლიმერაზული ჯაჭვური რეაქცია
- Pgt** *Puccinia graminis f. sp. Tritici*
- Sr** Stem Rust, ღეროს ჟანგა
- SNP** single nucleotide polymorphism, ერთ-ნუკლეოტიდური პოლიმორფიზმი
- Ug99** Uganda99, რასა უგანდა 99
- UPGMA** unweighted pair group method with arithmetic average, ჯგუფის შიგნით დაწყვილების არითმეტიკული საშუალოს გამოთვლის მეთოდი

შესავალი

სადისერტაციო თემის აქტუალობა. ადამიანმა სამეურნეო საქმიანობა უხსოვარი დროიდან დაუკავშირა მემცენარეობას, როგორც მიწათმოქმედების უმთავრეს დარგს. სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს მარცვლოვან კულტურებს და მათი წარმოება ქვეყნის ეკონომიკური დამოუკიდებლობის უმნიშვნელოვანეს პირობას წარმოადგენს. მარცვლეულ კულტურებს შორის ხორბალი მსოფლიოში ყველაზე ფართოდ გავრცელებული და მოხმარებადი კულტურაა, დაკავებული ფართობებისა და წარმოებული მოსავლის მიხედვით. ისტორიულად ხორბლის კულტივაცია ისევე ძველია, როგორც ანტიკური ეგვიპტის, საბერძნეთისა და რომის ცივილიზაცია. საქართველო ტრადიციული აგრარული ქვეყანაა და ხორბლეულის ისტორიაც ჩვენი ქვეყნის ტერიტორიაზე უხსოვარი დროიდან იწყება რადგან, საქართველო ველური ხორბლის წარმოშობის ერთ-ერთი სამშობლოა. დღეს კი, საქართველოში ხორბლის ნათესი ფართობი შეადგენს 50,0 ათას ჰექტარს, ხოლო საერთო მოსავალი - 80,7 ათას ტონას (საქსტატი, 2013:25-32).

ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური სტაბილურობის მნიშვნელოვან პირობას სურსათის უზრუნველყოფა და სიღარიბის დაძლევა წარმოადგენს. საქართველო მცირემიწიანი ქვეყანაა, ევროპის წამყვანი ქვეყნების მსგავსად, აქ ყურადღება ინტენსიური ტექნოლოგიებით ხორბლის უხვ მოსავალზე უნდა იყოს გამახვილებული. ამის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პირობაა ნათესების ეფექტური დაცვა მრავალი ნეგატიური ფაქტორების ზემოქმედებისგან (<http://srca.gov.ge>).

ხორბალზე მოქმედი ბიოტური ფაქტორების რიგში ჟანგოვანი დაავადებები ერთ-ერთ მთავარ ფაქტორს და უხსოვარი დროიდან მოყოლებული დღემდე, სერიოზულ პრობლემას წარმოადგენს ხორბლის მწარმოებლებისთვის. ამის ძირითადი მიზეზი გახლავთ ჟანგას გამომწვევი სოკოვანი მიკროორგანიზმის ძალიან სწრაფი ცვალებადობის და ახალ გარემო პირობებთან ადაპტირების უნარი.

ჟანგას სამი სახეობიდან ყველაზე დიდი მავნეობით გამოირჩევა ხორბლის ღეროს ჟანგა ანუ შავი ჟანგა (გამომწვევი - *Puccinia graminis f. sp. Tritici*). საშუალოდ მისგან გამოწვეული დანაკარგი 30-50%-ია, ხოლო მიმდებარე ჯიშისა და დაავადების

ხელშემწყობი გარემო პირობების არსებობის შემთხვევაში მოსავლის დანაკარგებმა შესაძლოა 80-100%-ს მიაღწიოს (Kokhmetova et al, 2011, Roelfs et al, 1992:2).

ბოლო წლებში ცენტრალური აფრიკის ქვეყნებში ახალი, მაღალვირულენტური რასათა ჯგუფის - Sg99 გამოჩენის გამო, განსაკუთრებით აქტუალურია ხორბლის ღეროს ჟანგას პოპულაციის კვლევა (Pretorius et al. 2000:203). ამ რასის მიგრაციამ უგანდადან ირანამდე დიდი ზიანი მოუტანა ხორბლის მწარმოებელ ფერმერებს და მანამდე გამძლე ჯიშები თითქმის 100%-ით გაანადგურა (Wanyera, 2008:9-11). გაერთიანებული ერების სურსათისა და გარემოს ორგანიზაციის (FAO) მონაცემებზე დაყრდნობით, აზიასა და აფრიკაში ხორბლის ჯიშების 80%-ზე მეტი მიმღები არის ღეროს ჟანგას მიმართ. ირანის აღმოსავლეთით მდებარე ხორბლის მწარმოებელი ძირითადი ქვეყნები, როგორცაა: ავღანეთი, ინდოეთი, პაკისტანი, თურქმენეთი, უზბეკეთი და ყაზახეთი, ღეროს ჟანგას მიმღეობის მიხედვით, მაღალი რისკის ქვეყნები არიან. (<http://www.agro-delo.ru/news/5572.html>, accessed 5 March 2008).

ამის პასუხად, გაერთიანებული ერების სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ფინანსური ორგანიზაციის მხარდაჭერით შეიქმნა მარცვლოვანთა ჟანგების მონიტორინგის გლობალური ქსელი და საერთაშორისო პროგრამები (ხორბლის ჟანგას გლობალური პროგრამა, 2008 წ.; ბორლაუგის გლობალური ჟანგების ინიციატივა, 2005 წ.), რომლებმაც გააძლიერეს კვლევა ღეროს ჟანგას მიმართ გამძლეობის ახალი წყაროების გამოსავლენად. Sg99 რასის მოძრაობის ტრაექტორიის გათვალისწინებით საქართველო მაღალი რისკის ქვეყნების რიგს მიეკუთვნება (Anonymous, 2008). აღნიშნულ ქსელში ფიტოპათოლოგიის და ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტის გამძლეობის გენეტიკის განყოფილება 2009 წლიდან არის ჩართული. საქართველოსთვის, როგორც ხორბლის სახეობრივი სიმრავლით გამორჩეული ქვეყნისთვის, ჟანგების კვლევა ასევე მნიშვნელოვანია მათი მუდმივი გავრცელების გამო (Цикаридзе, 1970:713-715).

აქედან გამომდინარე, ჟანგებისგან ხორბლის დაცვა გლობალური მნიშვნელობის პრობლემას წარმოადგენს დღესაც. მიუხედავად იმისა, რომ ხორბლის ღეროს ჟანგა ყველაზე სრულად შესწავლილი დაავადებაა, პათოგენის მაღალი პლასტიკურობის

გამო, მისი პოპულაცია მუდმივად განახლებადი და ახალ-ახალი საფრთხეების შემცველია ხორბლის მწარმოებელთათვის (Чумаков, 1964:38-43).

დაავადების კონტროლის ყველაზე ეფექტური და ეკოლოგიურად უსაფრთხო მეთოდია ჟანგასადმი გამძლე ჯიშების მიღება და წარმოებაში დანერგვა, რაც მჭიდროდ არის დაკავშირებული პათოგენის ცვალებადობის შესწავლასთან. დაავადებების კონტროლის მიზნით, აუცილებელია დაავადებისადმი გამძლე ჯიშების სისტემატური გაუმჯობესება და განახლება, ვინაიდან, რამდენიმე წლის მანძილზე კონკრეტული ჯიშის კულტივირების შედეგად, მან შესაძლოა დაკარგოს გამძლეობა კონკრეტული დაავადების მიმართ ანუ დაავადდეს პათოგენის პოპულაციაში წარმოქმნილი ახალი რასით. აქედან გამომდინარეობს პათოგენის პოპულაციის მუდმივი ანალიზის აუცილებლობა და შესაბამისად, ხორბლის ღეროს ჟანგას პოპულაცია ფიტოპათოლოგთა და სელექციონერთა მუდმივი კვლევის საგანს წარმოადგენს (Roelfs et al,1992:2-16).

კვლევის მიზანი და ამოცანები. კვლევის მიზანს წარმოადგენდა საქართველოში გავრცელებული ხორბლის ღეროს ჟანგას პოპულაციის შიგნით მიმდინარე ცვლილებების შესწავლა და მიღებული შედეგების გამოყენება დაავადების კონტროლის მიზნით. აღნიშნული მიზნის მისაღწევად დაგეგმილი იყო შემდეგი ამოცანების შესრულება:

1. ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელების და განვითარების შესწავლა უსქესო და სქესობრივ სტადიაში სხვადასხვა მასპინძელ მცენარეზე;
2. ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევი პათოგენის პოპულაციის გენეტიკური მრავალფეროვნების იდენტიფიკაცია განვითარების სხვადასხვა ფაზაში;
3. ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევი სოკოვანი მიკროორგანიზმის მოლეკულური პოლიმორფიზმის შესწავლა;
4. ღეროს ჟანგასადმი ხორბლის გამძლე გენოტიპების სკრინინგი ადგილობრივი და საერთაშორისო სასელექციო მასალის იმონოლოგიური შეფასების გზით.

სადოქტორო პროგრამის ფარგლებში განხორციელებული კვლევის შედეგად დადგინდა ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელებისა და განვითარების დონე საქართველოს სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონაში არსებულ ხორბლის ნათეს ფართობებზე;

გამოკვლევული იქნა პათოგენის შუამავალ მასპინძელ-მცენარეზე - კოწახურზე ღეროს ჟანგას სქესობრივი სტადიის განვითარება და დადგინდა კოწახურის როლი დაავადების ეპიდემიოლოგიაში; შესწავლილი იქნა ღეროს ჟანგას გამომწვევი პარაზიტის რასობრივი და ვირულენტური სტრუქტურა; განისაზღვრა პათოგენის პოლიმორფიზმის დონე მოლეკულური ბიოლოგიის თანამედროვე პოლიმერაზა ჯაჭვური რეაქციის მეთოდების გამოყენებით; კვლევის შედეგად გამორჩეული იშვიათი და მაღალვირულენტური რასებით შეივსო განყოფილებაში არსებული ჟანგების პათოტიპთა კოლექცია; დადგინდა ცალკეული გამძლეობის გენებისა და გენტა კომბინაციების ეფექტურობა საქართველოში გავრცელებული მაღალვირულენტური რასების მიმართ; გამოვლენილი იქნა ღეროს ჟანგასადმი გამძლე გენოტიპები და ახალი გამძლეობის წყაროები. საბოლოო ჯამში, სადოქტორო პროგრამის ფარგლებში განხორციელებული კვლევის შედეგები გამოყენებული იქნება ეროვნულ და საერთაშორისო სასელექციო პროგრამებში არსებული ჯიშების გამძლეობის გაუმჯობესებისა და ახალი ჯიშების მიღების მიზნით.

ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე. საქართველოში პირველად ჩატარდა ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევი სოკოვანი მიკროორგანიზმის პოპულაციის შიგნით მიმდინარე მიკროევოლუციური პროცესების დეტალური შესწავლა. დადგინდა პათოგენის პოლიმორფიზმის ხარისხი მოლეკულური ბიოლოგიის უახლესი ტექნოლოგიების გამოყენებით, განისაზღვრა დღეისათვის ცნობილი გამძლეობის გენების ეფექტურობა საქართველოში გავრცელებული ღეროს ჟანგას პოპულაციისადმი და მრავალფეროვანი და მრავალრიცხოვანი სასელექციო მასალიდან გამოირჩა ღეროს ჟანგასადმი გამძლე ახალი გენოტიპები და გამძლეობის წყაროები.

წარმოდგენილი კვლევა მნიშვნელოვანია თეორიული და პრაქტიკული თვალსაზრისით, რადგან საქართველოში ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევის განვითარების ეკოლოგიური და ეპიდემიოლოგიური ასპექტების შესწავლის, არსებული საწარმოო ჯიშებისათვის „საშიში ვირულენტობის“ გამოვლენის, ღეროს ჟანგასადმი გამძლეობის ცალკეული გენებისა და გენოტიპების ეფექტურობის კვლევის შედეგები წარმატებით იქნება გამოყენებული ეროვნულ თუ საერთაშორისო სასელექციო პროგრამებში, არსებული ჯიშების გამძლეობის გაუმჯობესებისა და ახალი გამძლე ჯიშების მიღების

მიზნით და წარმოებაში არსებული თუ ახლახან შემოტანილი ჯიშების მოყვანის მიზანშეწონილობაზე რეკომენდაციების შემუშავებისათვის.

კვლევის შედეგები, რომლებიც საფუძვლად დაედო ნაშრომს, სხვადასხვა დროს მოხსენებული იქნა საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებზე:

- საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია - „ბორლაუგის ჟანგების გლობალური ინიციატივა” (ობრეგონი, მექსიკა, 2014 წ.)
- საერთაშორისო კონფერენცია - „მცენარეთა სელექციის საერთაშორისო კონგრესი” (ანტალია, თურქეთი, 2014 წ.)
- BGRI-ის 2013 წლის საერთაშორისო კონფერენცია და ვორკშოპი (ნიუ-დელი, ინდოეთი, 2013 წ.)
- საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია - „ინოვაციური ტექნოლოგიები აგრო-რული სექტორის მდგრადი და უსაფრთხო განვითარებისათვის” (თბილისი, 2013 წ.)

სადისერტაციო თემის ირგვლივ გამოქვეყნებულია 6 სამეცნიერო ნაშრომი. მათ შორის 2 - ადგილობრივ და 4 საერთაშორისო რეცენზირებად სამეცნიერო ჟურნალში.

დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა - ნაშრომი მოიცავს კომპიუტერზე ნაბეჭდ 158 გვერდს, შედგება: შესავლის, ლიტერატურული მიმოხილვის, კვლევის მეთოდების, კვლევის შედეგების, დასკვნების, რეკომენდაციების და გამოყენებული ლიტერატურისგან. ნაშრომში გაანალიზებულია 12 ქართული და 138 უცხოური წყარო.

თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1. ხორბლის სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა, წარმოშობა და სელექციის მიღწევები

სოფლის მეურნეობის ერთ-ერთი უმთავრეს ამოცანას მარცვლეულის წარმოება წარმოადგენს. საზოგადოებრივი ცხოვრების მაღალი დონის უზრუნველყოფა თითქმის შეუძლებელია მარცვლეულის საჭირო რაოდენობით წარმოების გარეშე.

მარცვლეულზე მოთხოვნილების ზრდის შესაბამისად იზრდება იმ მიწების ფართობიც, რომელზეც მარცვლეული მოჰყავთ. ხორბალი ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი შეუცვლელი საკვები მარცვლოვანი კულტურაა. ის იზრდება დაახლოებით 225 მილიონი ჰა-ზე მსოფლიოში, ეს კი საერთო სახნავ-სათესი ფართობების 20%-ზე მეტია. ყოველწლიურად მსოფლიოში დაახლოებით 600 მილიონ ტონამდე ხორბალი მოჰყავთ, მათ შორის დაახლოებით ნახევარი - განვითარებად ქვეყნებში (Aquino et al., 2002:52-62).

ხორბლის საშუალო მოსავალი შეადგენს 2,7 ტ/ჰა. ყველაზე მაღალ მოსავალს 8,0 ტ/ჰა-ზე მეტ მოსავალს ღებულობენ დასავლეთ ევროპის ქვეყნებში, ხოლო ყველაზე დაბალს 1,0 ტ/ჰა-ზე ნაკლები - ცენტრალურ, დასავლეთ აზიასა და ჩრდილოეთ აფრიკაში (სამადაშვილი, 2009:4).

მსოფლიოში ხორბლის ყველაზე დიდი მწარმოებელი ქვეყნებია: ჩინეთი (100 მლნ. ტონა), ინდოეთი (70 მლნ. ტონა) ხოლო მესამე ადგილზეა აშშ (64 მლნ. ტონა). წარმოებული ხორბლის მხოლოდ 10% იყიდება საექსპორტო ბაზარზე. ცნობილია, რომ განვითარებადი ქვეყნები მოიხმარენ ყველაზე მეტ ხორბალს საექსპორტო ბაზარზე (Aquino et al. 2002:52-62). ზოგიერთ ქვეყანაში, როგორცაა, მაგალითად, ჩრდილოეთ აფრიკა, ერთ სულზე ხორბლის მოხმარება შეადგენს 240 კგ-ზე მეტს (FAO, 2001).

სტატისტიკური მონაცემებით, 1992 წლის იანვრიდან საქართველოში დამუშავებული ფართობების ნაწილი მნიშვნელოვნად მცირდება. კერძოდ, თუ მაგალითად, მარცვლეული 1992 წელს 159 000 ჰა-ზე ითესებოდა მთელი საქართველოს მამტაბით, 2011 წლისთვის მარცვლეულის ნათესები 50000 ჰა-მდე შემცირებული, რაც 109 000 ჰა სხვაობას შეადგენს. სტატისტიკური მონაცემები აჩვენებს, რომ ხორბლის მოსავლიანობა საქართველოში 1 ჰა-ზე საშუალოდ 1 ტონას შეადგენს, თურქეთის შეადგენს 4 ტონას, საფრანგეთში კი - 6 ტონა ჰა-ზე. (<http://www.ambebi.ge/mnishvnelovani-informacia/81565->

kompania-qkartlisiq-qpionerisq-sathesle-khorblis-akhali-jishis-mosavlis-aghebis-prezentacias-gamarthavs.html).

მარცვლეულის მწარმოებელ ქვეყნებს შორის, მარცვლეულის წარმოებითა და მოსავლიანობის დონით, საქართველო ერთ-ერთ ბოლო ადგილზეა (აგიაშვილი, 2006:6). საქართველოს მოსახლეობა წელიწადში 700 000 – 800 000 ტონა ხორბალს მოიხმარს. ქვეყანაში კი ხორბლის წარმოების მაჩვენებელი მხოლოდ 8% წარმოადგენს, დანარჩენი ნაწილი უცხოეთიდან შემოდის. დღეს ხორბლის ნათესი ფართობი 80 000 ჰა-ს არ აღემატება, ქვეყანა იმპორტზეა დამოკიდებული. მაშინ როცა, ერთ სულ მოსახლეზე წლის განმავლობაში საჭიროა 120 კგ. ხორბალი, ჩვენში 18 კგ. იწარმოება <http://www.agro.ge/index.php?m=1334>

საქართველოს ხორბლის მნიშვნელობა არ შემოიფარგლება მხოლოდ მისი ისტორიული როლით. ქართველი და უცხოელი მკვლევარების მიერ საქართველოში სხადასხვა დროს აღწერილი და რეგისტრირებულია ხორბლის 14 ბუნებრივი სახეობა - *T. monococcum*, *T. diccicum*, *T. timopheevii*, *T. georgicum*, *T. carthlicum*, *T. durum*, *T. turgidum*, *T. polonicum*, *T. turanicum*, *T. compactum*, *T. spelta*, *T. macha*, *T. zhukovskii*, *T. aestivum*, რაც ხორბლის გვარ *Triticum*-ში შემავალ სახეობათა 65%-ს შეადგენს. მათ შორის 5 სახეობა ენდემურია: *T. timopheevii* (ჩელტა ზანდური), *T. georgicum* (ქართული ასლი), *T. macha* (მახა), *T. Zhukovskii*, (ჰეკსაპლოიდური ზანდური), და *T. carthlicum* (დიკა) და მხოლოდ საქართველოს აგროკულტურაში გვხვდება (ნასყიდაშვილი...1993:7-27; Гურიელი, 1979:18).

გამოკვლევებით დადგენილი იქნა, რომ მსოფლიოს არც ერთ ქვეყანაში გვხვდება ხორბლის გვარის ევოლუციის ისეთი ტიპები, როგორც საქართველოს ხორბალში. გარდა სახეობათა ასეთი სიმრავლისა, საქართველოში რეგისტრირებული და აღწერილია 150-ზე მეტი სახესხვაობა და ჯიში. გარდა აღნიშნულისა, მრავალმხრივი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ საქართველო იმუნური ხორბლის სამშობლოა. მეტწილ ენდემურ სახეობებში აღმოჩენილია იმუნიტეტის განმაპირობებელი გენების კომპლექსი. ეს სახეობები გამოირჩევიან ყველა სახის დაავადებისადმი და მთელი რიგი მავნებლებისადმი ძალიან მაღალი გამძლეობის უნარით. სწორედ ამ თვისებათა გამო მთელ მსოფლიოში იმუნური ხორბლის სელექცია დამყარებულია საქართველოს ენდემურ სახეობებზე - ტიმოფეევი, ქართლიკუმი, ჟუკოვსკი (ნასყიდაშვილი...1983;

მენაბდე, 1948:267). საქართველოს ხორბლის უნიკალური ენდემური სახეობები და აბორიგენული ჯიშები ხასიათდებიან მეტად საჭირო ნიშან-თვისებათა კომპლექსით, წარმოადგენენ ე.წ. გენების "ბანკს", იმ გენების საუკეთესო გენეტიკურ წყობას, რომლებიც განაპირობებენ მრავალ ძვირფას ნიშან-თვისებათა განვითარებას.

საქართველოში გეოგრაფიული ზონების მრავალფეროვნება, ხორბლისა და მისი პათოგენების კოევოლუცია ქმნის იდეალურ პირობებს მცენარეთა პათოგენების დივერსიფიკაციისათვის. ნაწილობრივ ამ მიზეზით და ნაწილობრივ დამანგრეველი სოციალურ-პოლიტიკური და ეკონომიკური სირთულეებით, უკანასკნელი 20 წლის განმავლობაში, თითქმის ყველა ტრადიციული სასოფლო-სამეურნეო კულტურის წარმოება და სელექციური საქმიანობა საქართველოში მნიშვნელოვნად შეიზღუდა, ძველი ჯიშების ახლით ჩანაცვლება მხოლოდ ინტროდუცირებული, ადგილობრივ პირობებში გამოუცდელი და ნაკლებად შესწავლილი ჯიშებით ხდებოდა, რამაც კიდევ უფრო მეტი პრობლემა შეუქმნა მეხორბლეობას.

ხორბლის დაავადებების წინააღმდეგ ბრძოლის რადიკალური ღონისძიებაა გამძლე ჯიშების შექმნა. ამ მიმართულებით შემუშავებულია დაავადებებისადმი გამძლე ფორმების მიღების სხვადასხვა მეთოდი. განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა სოკოვანი დაავადებების გენეტიკის შესწავლას, პარაზიტისა და მცენარის ურთიერთდამოკიდებულების გარკვევას, გამძლე ფორმების გამოვლენას და შექმნას, საჰიბრიდიზაციოდ მშობელი ფორმების შერჩევას და საწყისი მასალის ზუსტ შეფასებას. ხორბლის სელექციის ძირითადი მიმართულებიდან აღსანიშნავია: ჩაწოლისადმი მედეგი, დაავადებებისადმი გამძლე, ყინვა- და გვალვაგამძლე, მოკლედეროიანი, მაღალმოსავლიანი და მარცვლის მაღალი ხარისხის მქონე ჯიშების მიღება.

განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სელექციას დაავადებებისადმი გამძლეობის მიმართულებით. მრავალმხრივი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ამ უნარს აკონტროლებენ გარკვეული გენები. ამიტომ, ხორბლის სელექციისას განსაკუთრებული მნიშვნელობა უნდა მიექცეს დაავადებებისადმი კომპლექსურ გამძლეობას (Вавилов, 1935:315-355; Чумаков, 1964:38-43).

1. 2. ხორბლის ღეროს ჟანგას ბიოლოგიური, ეკოლოგიური და ეპიდემიოლოგიური თავისებურებანი

1.2.1. ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევი სოკოს *Puccinia graminis f.sp. tritici*-ის ადგილი სისტემატიკაში

ჟანგა სოკოები (*Uredinales*) მიეკუთვნება ბაზიდიუმისანი სოკოების რიგს. ისინი უმაღლეს მცენარეთა მაღალ სპეციალიზირებული ობლიგატური პარაზიტებია და იწვევენ დაავადებას, რომელიც ჟანგას სახელწოდებითაა ცნობილი.

ცნობილია ჟანგების 7 ათასზე მეტი სახეობა, რომლებიც გაერთიანებულია ორ ოჯახში: *Melampsoraceae* და *Pucciniaceae*. საქართველოში სხვადასხვა მცენარეზე აღრიცხულია ჟანგების 450-მდე სახეობა (ნახუცრიშვილი, 1984:240). მათ შორისაა ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევი სოკოვანი პათოგენი *Puccinia graminis*, რომელიც მიეკუთვნება:

ტიპი-*Basidiomycota*, კლასი-*Urediniomycetes*, რიგი-*Uredinales*, ოჯახი-*Pucciniaceae*, გვარი *Puccinia*. *Pucciniaceae* ოჯახში შედის 17 გვარი და დაახლოებით 4121 სახეობა, რომელთა უმრავლესობა *Puccinia*-ს გვარს მიეკუთვნება (Kirk et al. 2001).

1.2.2. ხორბლის ღეროს ჟანგას სიმპტომები, მორფოლოგია და განვითარება

მარცვლოვანთა დაავადების სახელწოდება „ჟანგა“ წარმოქმნილია მათ მიერ დაავადებული მცენარისათვის დამახასიათებელი გარეგნული შეფერვით - ჟანგის ფერით. დაავადებული ნათესები „ჟანგიან წლებში“ თავისი ფერის გამო, შორი მანძილიდანაცაა შესამჩნევი. ჟანგა სოკოებით მცენარე ავადდება ვეგეტაციის მთელ პერიოდში - აღმონაცენიდან სიმწიფემდე.

ჟანგა სოკოების მიცელიუმის უჯრედები, განსაკუთრებით კი სპორები, დიდი რაოდენობით შეიცავს ლიპოქრომით შეფერილ ზეთის წვეთებს, რის გამოც სოკოს ეძლევა ნარინჯის ან ჟანგისფერი. სოკოს მიცელიუმი უჯრედშორისულია, უჯრედში კი იჭრება ჰაუსტორიები, რომელთა საშუალებითაც სოკო იკვებება. ჟანგა სოკოების უმრავლესობის მიცელიუმი ლოკალიზებულია ინფექციის შეჭრის ადგილას. ზოგიერთისა კი დიფუზურია — მკვებავი მცენარის მთელ ქსოვილშია გავრცელებული, ეს უკანასკნელი ხშირად მრავალშრიანია და იწვევს ქსოვილების ან ორგანოების

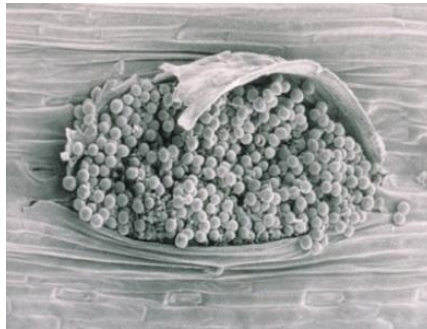
მნიშვნელოვან ცვლილებებს. ჟანგა სოკოებისთვის დამახასიათებელია ჰაპლოიდური და დიპლოიდური სტადიების კანონზომიერი მორიგეობა, აგრეთვე გამრავლების ფორმათა სხვადასხვაობა — პოლიმორფიზმი, რომელიც ყველაზე კარგად გამოსახულია ხორბლის ღეროს ჟანგაში (ნახუცრიშვილი, 1984:240; Степанов, 1975:38-43).

სოკო - *Puccinia graminis* არის ჰეტეროციალური, რაც იმას ნიშნავს, რომ პათოგენს განვითარების სრული ციკლის გასავლელად ესაჭიროება ორი არამონათესავე მასპინძელი მცენარე, როგორცაა ხორბალი და კოწახური. *Puccinia graminis* არის მაკროციკლური პათოგენი, რომელიც განვითარების სრული ციკლის დროს გაივლის ხუთ სტადიას და ივითარებს ხუთი ტიპის სპორას, ესენია: ბაზიდიოსპორა, პიკნიოსპორა (სპერმაცია), აეციოსპორა, ურედინიოსპორა და ტელიოსპორა. პირველად, 1866 წელს ანტონ დე ბარმა აღნიშნა სოკოს განვითარების ასეთი ბუნების შესახებ (Anton de Bary, 1866:205-215), მაგრამ თითოეული სტადიის როლი არ იყო ნათელი, ვიდრე კანადელმა მეცნიერმა ჯონ კრაგმა არ შეისწავლა პათოგენი 1927 წელს (Craigie, 1927:116-117).

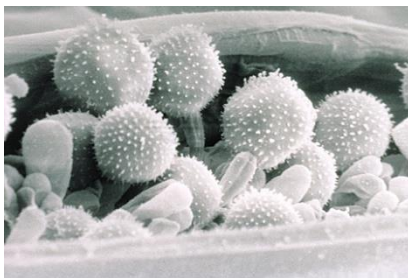
ხორბლის ღეროს ჟანგათი დაავადების დროს ძირითადად ავადდება მცენარის ღეროები და ფოთლები, ზოგჯერ - თავთავებიც. ინფექციიდან რამდენიმე დღეში ჩნდება პირველი მაკროსპორული სიმპტომი - პატარა ქლოროზული კვალი. აგურისფერი-წითელი ურედიოსპორები არღვევენ მასპინძელი მცენარის ეპიდერმისს, რის შემდეგაც მისი ზედაპირი მექეჭებით იფარება. ურედინიოპუსტულები (მეჭეჭები) ზოგადად სწორხაზოვანი ან ალმასის ფორმისაა და შეიძლება მიაღწიოს 10 მმ სიგრძეს (სურ.1,2). თუ ტემპერატურა საშუალოდ დაახლოებით 20°C-ს და უფრო მეტს შეადგენს, ურედინიოსპორების პირველი თაობა ინფიცირებიდან დაახლოებით 8-10 დღის შემდეგ წარმოიქმნება (სურ.3,4), მსუბუქი ინფექციის დროს მეჭეჭები არის ჩვეულებრივ ცალკეული და მიმოფანტული, მაგრამ ძლიერი ინფექციის დროს ისინი შეიძლება გაერთიანდეს და მცენარის ღეროს და ფოთლის ზედაპირი მთლიანად დაფაროს. ასაკთან ერთად ინფექცია წყვეტს აგურისფერი-წითელი ურედინიოსპორების წარმოებას და მის ადგილას წარმოიქმნება შავი ფერის ტელიოსპორები (სურ.5,6)(Андреев и др.,1989:304).



სურ.1.2 ურედინია



სურ.3 ურედინიოსპორების ფორმირება



სურ.4 ურედინიების აგებულება



სურ. 5,6 ტელიები და ტელიოსპორების ფორმირება

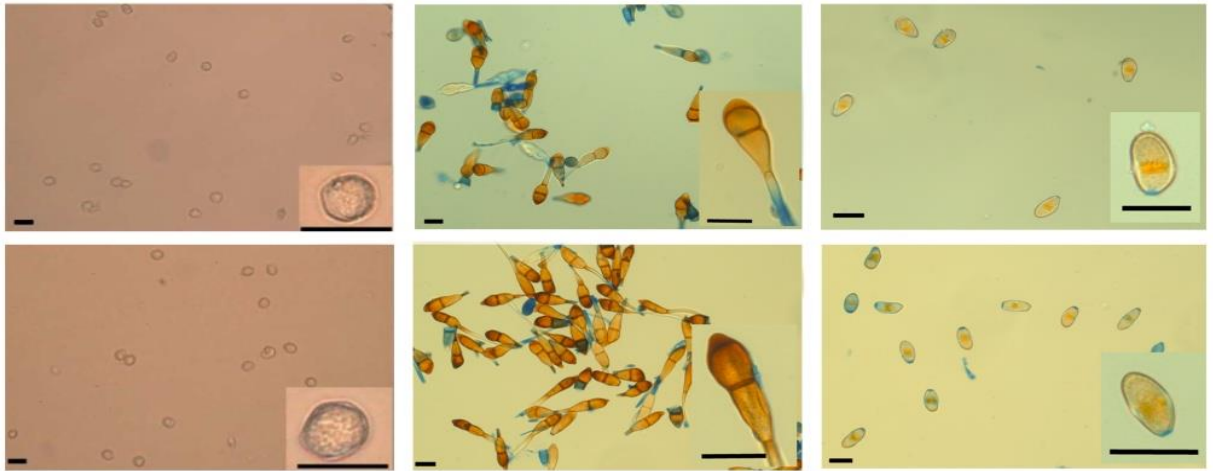


პირველადი ინფექცია ჩვეულებრივ მსუბუქია, ვითარდება ქართ გადატანილი ურედინიოსპორებით, რომელიც შეიძლება გადატანილი იყოს დიდი მანძილიდან. დაავადება შეიძლება განვითარდეს სწრაფად თავისუფალი, წვეთოვანი ტენის და საშუალო ტემპერატურის (20-25°C) დროს (Kurt et al., 2005:99-111).

1.2.3. *Puccinia graminis f. sp. Tritici*-ის განვითარების ციკლი

დროს ჟანგას განვითარების ციკლი, ხშირ შემთხვევაში ორ მცენარეზე მიმდინარეობს. ის ჯერ კოწახურზე გვხვდება, ხოლო შემდეგ ხორბლეულზე გადადის. აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ ჟანგა სოკოები სხვადასხვა სახის გამრავლების ორგანოებს იძლევიან. მაგალითად, კოწახურის ფოთლის ზედაპირზე ის ივითარებს სპერმოგონიუმებს, რომელშიც სპერმაციები ვითარდება. უკანასკნელის დანიშნულება არის სოკოს სქესობრივ პროცესში მონაწილეობა. სპერმაციები უშუალოდ არ იწვევენ მცენარის დაავადებას. ფოთოლზე არსებული ლაქის ქვედა მხარეზე ვითარდება ე.წ. გაზაფხულის სპორები ანუ ეციოსპორები, რომლის საშუალებითაც ჟანგა კოწახურიდან

პურეულზე გადადის, პურეულზე კი ზაფხულის სპორებს-ურედინიოსპორებს ივითარებს, შემდეგ კი ზამთრის სპორებს ანუ ტელიოსპორებს (სურ.7)



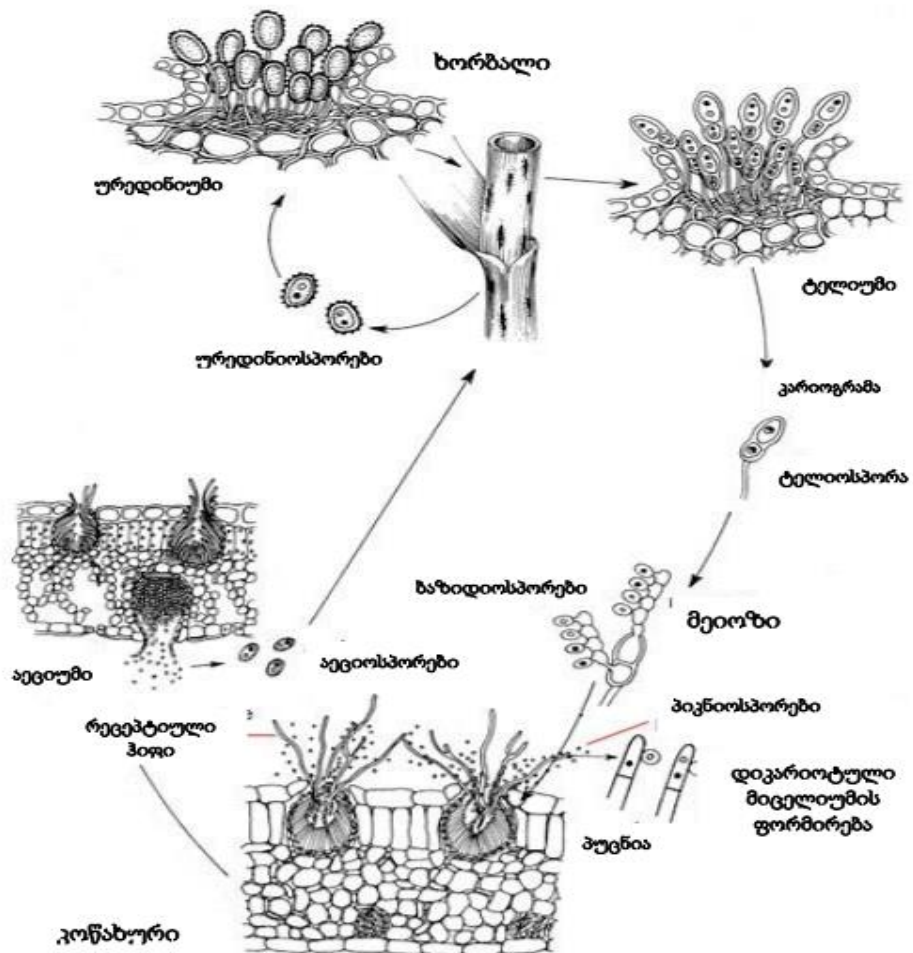
სურათი 7. ეციოსპორები (მარცხნივ), ტელიოსპორები (შუაში) და ურედინიოსპორები (მარჯვნივ) Photo: J. Kyiaschenko and A. Berlin

მკვეთრი შავი ტელიოსპორების უხვი წარმოების გამო ხორბლის ღეროს ჟანგა ცნობილია, როგორც შავი ჟანგა. ზამთრის სპორები ღვებებიან, იძლევიან ბაზიდიოსპორებს, რომლებიც კოწახურს აზიანებენ. გარდა ზამთრის სპორებისა, ჟანგა სოკოებს ზაფხულის სპორებით ან ურედინიოსპორებითაც შეუძლია გადაზამთრება შემოდგომის ნათესებში. შემოდგომის ჯეჯილი ვიდრე თოვლით დაიფარებოდეს, ავადდება ზაფხულის სპორებით, რომლებიც თოვლის საფარშიც კი არ ილუპებიან (ყანჩაველი... 1977:144-147; Андреев и др.,1989:304).

ღეროს ჟანგათი ხორბალი ეციოსპორებით ავადდება. მის ღეროსა და ვაგინაზე დაავადებიდან რამდენიმე ხნის შემდეგ ვითარდება გრძელი, პარალელურად განწყობილი მრავალი ჟანგისფერი, მოგრძო, რომბისებრი მეჭეჭი. ეს უკანასკნელი, ზაფხულის სპორები ანუ ურედინიოსპორებია, რომლითაც იგივე ან სხვა ხორბლეული მცენარის დაავადება ხდება. ხელსაყრელი პირობების დროს ხორბლეულზე ვითარდება ზაფხულის სპორების რამდენიმე თაობა, რის გამოც, ჟანგა მასობრივ ხასიათს იღებს. მეჭეჭები ეპიდემიის არღვევენ, ქსოვილი შრება და ფოთლები ხმება.

სეზონის ბოლოს ან არახელსაყრელ პირობებში, ზაფხულის სპორების განვითარება წყდება მცენარეზე, ჟანგისფერი მეჭეჭები თანდათან შავდება და ყალიბდება ზამთრის სპორები ანუ ორუჯრედიანი ტელიოსპორები. ტელიოსპორების გადაზამთრება ხდება მასპინძელ ბალახებზე. ამ დროს სოკოს კარიოგამა და მეიოზი ხდება. გაზაფხულზე

ტელიოსპორებიდან ჰაპლოიდური ბაზიდიოსპორების წარმოება ხდება, რომელიც აავადებს კოწახურის ახალგაზრდა ფოთლებს, სადაც პუცნია ფორმირდება. პუცნიუმის მგრძობიარე ჰიფები ნაყოფიერდება და ყალიბდება ეცია, რომელიც აწარმოებს დიკარიოტულ ეციოსპორებს. ეციოსპორებით ავადდება ხორბალი, რომელზეც ურედინიოსპორების პუსტულები წარმოიქმნება. დიკარიოტულ ურედინიოსპორებს შეუძლია დაავადოს მასპინძელი მცენარე უსასრულოდ, განვითარების ციკლის უსქესო სტადიაში (სურ.8).



სურათი 8. ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევის (*Puccinia graminis f. sp. Tritici*) განვითარების ციკლი

1.2.4. სოკოს დამოკიდებულება გარემო პირობებისადმი და

პათოგენის ეპიდემიოლოგია

აბიოტური ფაქტორებიდან ხორბლის ჟანგების განვითარებაზე დიდ გავლენას ახდენს ტემპერატურა, ტენი, სინათლე და ნიადაგის ტიპი. პარაზიტის განვითარების ყველა ეტაპზე განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ტემპერატურის ფაქტორს (ცხრ.1).

ცხრილი 1. ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევი სოკოს ეკოლოგიური თავისებურება

ფაზა	ტემპერატურა, °C			სინათლე	თავისუფალი წყალი
	მინიმუმი	ოპტიმუმი	მაქსიმუმი		
სპორების გაღვივება	2	15-24	30	დაბალი	არსებითი
ზრდის მიღების წარმოქმნა		20		დაბალი	არსებითი
აპრესორიების წარმოქმნა		16-27		არავითარი	არსებითი
მცენარეში შეღწევა	15	29	35	მაღალი	არსებითი
პუსტულების და სპორების ფორმირება	5	30	40	მაღალი	არავითარი
სპორულაცია	15	30	40	მაღალი	არავითარი

როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, ღეროს ჟანგას განვითარების სხვადასხვა ფაზებისათვის ოპტიმალური ტემპერატურა მერყეობს 15-24°C-ს ფარგლებში, თუმცა სპორის გაღვივება შეიძლება მოხდეს, როცა მინიმალური ტემპერატურა 2°C-ია და მაქსიმალური ტემპერატურა - 30°C (Андреев и др.,1989:34-35). რიგ შემთხვევებში, ტემპერატურა მოქმედებს რა ნივთიერებათა ცვლის ინტენსივობაზე, აძლიერებს მცენარის დამცავ რეაქციებს მათი ონტოგენეზის პერიოდში.

რაც შეეხება წვეთოვანი ტენის ანუ თავისუფალი წყლის არსებობას, მას არსებითი მნიშვნელობა აქვს გამომწვევის გაღვივების, ჩანასახის და აპრესორიუმის წარმოქმნის და შეღწევის დროს (Roelfs et al,1992:15). ჰაერისა და ნიადაგის მომატებული ტენიანობა როგორც წესი, ხელს უწყობს ჟანგათი ხორბლის უფრო ინტენსიურად დაავადებას. მორწყვა აჩქარებს მარცვლეულთა განვითარებას ვეგეტატიურ პერიოდში და ამუხრუჭებს რეპროდუქციულ პერიოდში. ამასთან, ხორბლის ზრდისას ნიადაგის ტენიანობის გადახრას ოპტიმუმიდან ორივე მხარეს მივყავართ ჟანგას მავნეობის გადიდებისაკენ.

სინათლეს დიდი მნიშვნელობა აქვს პათოგენის შეღწევის, ზრდის და სპორულაციის ფაზაში. ჟანგას გამომწვევზე სინათლე მოქმედებს როგორც უშუალოდ, ისე მკვებავი მცენარის გავლით. ნათესების საუკეთესო განათება ხელს უწყობს მოსავლის გადიდებას და მცენარის ჟანგაგამძლეობას. მინდვრის პირობებში ოპტიმალურ განათებას აღწევენ ღეროების შესაბამისი სიხშირით, ნაკვეთების ექსპოზიციითა და სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ რიგების განლაგებით.

როგორც ცნობილია, ჟანგას ეპიფიტოტიის ერთ-ერთ განმაპირობებელ ფაქტორს წარმოადგენს საწყისი ინფექციის არსებობა, კერძოდ, საწყისი ინფექციის რაოდენობა, ინფექციის სიხშირე და ინფექციის გამოვლინება, ე.ი. დაავადების აფეთქება უშუალო კავშირშია ჟანგას ინფექციის დაგროვებასა და გავრცელებასთან. საშემოდგომო ხორბალზე დაავადების განვითარებაში გადამწყვეტი როლი ენიჭება სოკოს წარმატებით გადაზამთრებას, რაც განაპირობებს ჟანგას სპოროვანი ინფექციის ადგილობრივი კერების წარმოქმნას. სოკოს განვითარებაში შემოდგომისა და ზამთრის პერიოდში გარემო პირობები უფრო გადამწყვეტ როლს თამაშობს, ვიდრე შემდგომის, გაზაფხულისა და ზაფხულის ამინდი.

ხელსაყრელი პირობების დროს ღეროს ჟანგა კარგად ვითარდება და ერთ პუსტულაში შესაძლებელია 10 000 ურედინიოსპორის წარმოშობა დღეში. ღეროს ჟანგას ურედინიოსპორები არის გამძლე ატმოსფერული პირობების მიმართ, თუ მათი ტენიანობა საშუალოდ 20-30%-ს შეადგენს (Roelfs et al,1992:15).

აღსანიშნავია, რომ ჟანგაროვან დაავადებებს ახასიათებს დიდ მანძილზე გავრცელება (LDD), მათ შორის ღეროს ჟანგასაც (Kolmer, 2005:411-449). ჟანგა

ჩრდილოეთ ამერიკაში გავრცელდა აფრიკიდან, ატლანტიკის ოკეანის გავლით ქარიშხლის საშუალებით და ხორბლის ღეროს ჟანგას მიგრირება მოხდა ჩრდილოეთ აფრიკიდან ავსტრალიაში, ინდოეთის ოკეანის გავლით, დასავლეთის ქარების საშუალებით (Fetch, 2011).

ჟანგაროვანი დაავადება წარმოშობის ადგილიდან სპორების საშუალებით შეიძლება

გადაადგილდეს ასობით ან ათასობით კილომეტრზე (Brown et al, 2002:537-541) სამი სხვადასხვა გზით, ესენია:

- ექსტრემალურად დიდ მანძილზე გავრცელება

ეს შეიძლება მოხდეს გარემო პირობების ხელშეწყობით. ჟანგებისათვის გავრცელების ძირითად საშუალებას წარმოადგენს სპორების ჰაერით გავრცელება და წვიმის საშუალებით მისი ჩამორეცხვა. ასევე, მისი გავრცელება შესაძლებელია ადამიანის ტანსაცმლით და ინფიცირებული მცენარეული მასალით, რომელთა ტრანსპორტირება ხდება რეგიონებს შორის. *P. graminis*-ის სპორები ქარის საშუალებით შეიძლება გავრცელდეს სხვადასხვა მასშტაბით, კოჩახურის ბუჩქიდან-მინდორში, მინდვრის შიგნით, მინდორიდან მინდორში, რეგიონის ფარგლებში და რეგიონიდან რეგიონში.

აღსანიშნავია, რომ სხვადასხვა ტიპის სპორას აქვს სხვადასხვა მანძილზე გავრცელების უნარი. ბაზიდიოსპორები არის მგრძნობიარე გვალვისა და მზის რადიაციის მიმართ და მათი გავრცელება ხდება დაახლოებით 100 მ-ის ზღვარზე (Roelfs, 1985:3-37). მეორე მხრივ ფიჭვის ჟანგა ვრცელდება 8 კმ-ზე მეტ მანძილზე, ღამის ნიავის საშუალებით (van Arsdel, 1967:1221-1229).

- „ნაბიჯ-ნაბიჯ“ გავრცელება

ჟანგასათვის ძირითადად დამახასიათებელია „ნაბიჯ-ნაბიჯ“ გადაადგილება, როცა პათოგენი თანდათანობით აფართოებს თავისი გავრცელების არეალს რეგიონებს შორის (Singh et al, 2006). ასეთი გავრცელების მაგალითია რასა Ug99-ის უგანდიდან და კენიიდან იემენში და მოგვიანებით ირანში გადასვლა (Singh et al, 2011:465-481). ეს არის დაავადების გადაადგილების ყველაზე გავრცელებული გზა დიდ მანძილზე, ქვეყნიდან - ქვეყანაში ან რეგიონიდან - რეგიონში.

- პათოგენის გაქრობა და რეკოლონიზაცია

ეს ხდება რეგიონებში, სადაც წლის განმავლობაში პათოგენის გადასაზამთრებლად არახელსაყრელი გარემო პირობებია. სპორების გადაზამთრება ან გადაზაფხულება ხდება სხვა რეგიონში და შემდეგ მისი რეკოლონიზაცია, როცა დადგება ხელსაყრელი გარემო პირობები.

1.2.5. *Puccinia graminis f.sp. tritici*-ის შუამავალი მასპინძელი მცენარეები

ისევე, როგორც *Puccinia*-ს სხვა სახეობები, *P. graminis* არის ობლიგატური ბიოტროფი და კომპლექსური ცხოვრების ციკლში ხდება თაობების მონაცვლეობა. სოკოს განვითარების სრული ციკლი მიმდინარეობს ორ მასპინძელ მცენარეზე. მარცვლოვნებიდან ღეროს ჟანგას პირველხარისხოვან მასპინძლად ითვლება რბილი ხორბალი, საშემოდგომო ხორბალი, ქერი, ტრიტიკალე და მონათესავე ველური ბალახები. ღეროს ჟანგას ალტერნატიული მასპინძელი მცენარე არის კოწახური და მაჰონიას რამდენიმე სახეობა. *Berberis spp.* (*Berberidaceae*) შეიცავს დაახლოებით 500-680 სახეობას, რომელთაგან დაახლოებით 80 ითვლება მიმღებად ღეროს ჟანგას მიმართ (Berlin, 2012:19). ანტონ დე ბარის მიერ ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტი, რომელიც დაკავშირებული იყო ევროპელი ფერმერების შეხედულებებზე კოწახურსა და ჟანგებს შორის კავშირზე. ცდამ დადასტურა, რომ კოწახურის ბაზიდიას ეტაპზე, ბაზიდიოსპორების და ეციას სტადიაში, ეციოსპორების საშუალებით ხდება მასპინძელი ხორბლის რეინფექცია. ანტონ დე ბარის შემდეგ, 1927 წელს კანადელმა ფიტოპათოლოგმა ჯონ კრაიგმა განსაზღვრა სპერმოგონიუმის ფუნქცია (Craigie, 1927:122). თუმცა, პათოგენის სასიცოცხლო ციკლი შეიძლება კოწახურის გარეშეც გაგრძელდეს. ამ დროს დაავადება საშემოდგომო ხორბლიდან ვრცელდება საგაზაფხულო ხორბალზე, რაც იმას ნიშნავს, რომ მას აქვს მარცვლეული მასპინძელი მცენარე მთელი წლის განმავლობაში.

იმის გამო, რომ კოწახურის ბუჩქს ახასიათებს ვერტიკალური ვარჯი და ივითარებს ბასრ ეკლებს, აქტიურად გამოიყენებოდა ნაკვეთების შემოსასაზღვრად. ასევე, მისგან ამზადებდნენ სამუშაო ინსტრუმენტების სახელურებს, საღებავებს და სხვა. ამიტომ ის ადამიანის მიერ ხელოვნურად გაშენებული იქნა ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში და ასევე, დასავლეთის მიმართულებით. სწორედ, ალტერნატიული

მასპინძელი მცენარე გახდა პათოგენის ვირულენტობის ახალი წყარო (Groth et al. 1982:1503-1507). პათოგენის ვარიაციების რიცხვმა გაართულა ან საერთოდ, შეუძლებელი გახდა ხორბლის გამძლეობის სელექცია. კოწახური იყო ინოკულუმის (ეციოსპორები) წყარო სეზონის დასაწყისში. კოწახურის ბუჩქები ძირითადად გავრცელებული იყო მარცვლეულის ნათესებთან ახლოს, ამიტომ ინოკულუმის გადაადგილებისას შენარჩუნებული იყო როგორც მისი რაოდენობა დანაკარგის გარეშე, ასევე მისი სიცოცხლისუნარიანობა. ცნობილია, რომ კოწახურის თითოეული ფოთოლი საშუალოდ აწარმოებს 2.3-8 მლნ ეციოსპორას. ამგვარად, კოწახურის საშუალო ზომის ბუჩქი შეიძლება იყოს 64 ბილიონი ეციოსპორის წყარო. ხელსაყრელი გარემო პირობების შემთხვევაში თითოეულმა სპორამ შესაძლოა დაანფიციროს მცენარე და წარმოქმნას ურედინიუმი ერთი კვრიდან ათი დღის შიგნით. თითოეული ურედიუმი აწარმოებს დაახლოებით 200 ათას ან მეტ ურედინიოსპორას, რომელთაგან თითოეულს ასევე შეუძლია ურედიუმის წარმოება 7-10 დღეში (Roelfs, 1982:177-181). ეს არის ექვივალენტი ყოველდღიურად გამომუშავებული 20 მილიონი ურედინიის 400მ² ფართობზე (Stakman, 1923:88-96).

კოწახური იყო ხორბლის ღეროს ჟანგას ინოკულუმის ძირითადი წყარო დანიასა (Hermansen, 1968:206) და ჩრდილოეთ ამერიკაში (Roelfs, 1982:177-181). ამას ადასტურებს ისიც, რომ მას შემდეგ, რაც მოხდა კოწახურის ბუჩქების მოცილება ხორბლის მიმდებარე ტერიტორიიდან, მნიშვნელოვნად შემცირდა ხორბლის ღეროს ჟანგას ეპიდემიები ჩრდილოეთ ევროპასა და ჩრდილოეთ ამერიკაში.

როგორც წესი, კოწახურის ფოთლის ზედაპირზე ეციები ჩნდება გაზაფხულზე. კოწახური მიმდებარე არის *P. graminis* მიმართ ფოთლების გახსნიდან 12-16 დღის შემდეგ (Cotter, 1930:139). ეციების ფორმირებას და ინფიცირებული კოწახურის ფოთლებზე პატარა კლასტერების სახით მათ გამოჩენას 5-7 დღე სჭირდება (Levine, 1932:300). ეციას გამოჩენიდან 4-6 დღის შემდეგ, თასის ფორმის სტრუქტურები ივსება ნარინჯისფერი-ყვითელი ეციოსპორებით და იწყება ეციოსპორების წარმოქმნა (Cotter, 1930:139). პუდრისებრი ეციოსპორები არღვევს ფოთლის ქვედა მხარეს და სპორები თავისუფლად იფანტება. ეციოსპორებით ხორბლის ან სხვა პატრონ-მცენარის წარმატებული ინფიცირება მთავრდება ურედინიაში ურედინიოსპორების ფორმი-

რებით სხვადასხვა მასპინძეზე, რომლებიც 5-10 დღის შემდეგ არღვევენ ფოთლის ქვედა მხარეს, ჰაერში იფანტებიან და აავადებენ ხორბალს მთელი სავეგეტაციო პერიოდის მანძილზე (სურ.9,10) (Schumann et al, 2000).



სურ. 9. ეციები კოწახურზე

სურ. 10. კოწახურის ბუჩქი ახალციხის ფერდობზე

ევროპასა და ჩრდილოეთ ამერიკაში ალტერნატიული მასპინძელი მცენარეების განადგურებამ მნიშვნელოვნად შეამცირა ადგილობრივი ინოკულუმის, კერძოდ, ეციოსპო-რების წარმოქმნა და პათოგენის ვირულენტობის კომბინაციების რიცხვი.

კოწახური კავკასიაში ფართოდ გავრცელებული მცენარეა. საცხოვრისის მიხედვით კავკასიაში და კერძოდ, საქართველოში მისი დიაპაზონი დიდია: შავი ზღვის სანაპირო (0მ) ერთი მხრივ და მეორე მხრივ, ზემო სვანეთი (2000მ), ელდარის ნახევარუდაბნო (200მ) და მთათუშეთი (2200მ), ჭალის ნიადაგი, ტყის პირი და კლდოვანი სუბსტრატი, ქვეტყე და ღია ადგილი და სხვა მრავალი. რასაკვირველია, ასეთ მრავალფეროვან საცხოვრისზე არსებობამაც მისცა დასაბამი გვარ *Berberis*-ის შიდასახეობრივ ნაირფეროვნებას.

საქართველოს ფლორაში შეტანილია კოწახურის 3 სახეობა - *B.vulgaris*, *B.iberica*, *B.Orientalis*. ჩვენში ქართული კოწახური მხოლოდ მის აღმოსავლეთ ნაწილშია გავრცელებული. ჩვეულებრივ კოწახურთან შედარებით, ქართული კოწახურის ეკოლოგიური ამპლიტუდა განსხვავებულია, იგი უფრო მშრალი მხარეების მცენარეა. საქართველოს კოწახურებზე ჯერჯერობით აღმოჩენილია 23 სახელწოდების სოკო, რომელთაგან ქართულ კოწახურზე გამოვლენილია ექვსი, ხოლო, დანარჩენი - ჩვეულებრივ კოწახურზე. მათ შორის ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევი სოკო *Puccinia*

graminis Pers. ყველაზე თვალსაჩინო წარმომადგენელია (კეცხოველი, 1970:7-47; Цикаридзе, 1970).

1.2.6. სოკოს სპეციალიზაცია და ინფექციის წყაროები

პათოგენის ზოგიერთი სახეობა უმაღლეს მცენარეთა მხოლოდ გარკვეული ოჯახის მცენარეებს აავადებს, მაგ. *Puccinia malvacearum* პარაზიტობს ბალბისებრთა ოჯახის მცენარეებზე. ზოგიერთი ჟანგა სოკო ვითარდება მხოლოდ გარკვეულ გვარზე, სახეობასა ან ჯიშზე. იგი აავადებს როგორც ველურ, ისე კულტურულ მცენარეებს და ხშირად მნიშვნელოვან ზარალს აყენებს სოფლის მეურნეობას.

ჟანგა სოკოები ვიწრო სპეციალიზაციის მქონე ობლიგატი პარაზიტებია. პათოგენის სპეციალიზაცია არის მისი უნარი, შეეგუოს განსაზღვრულ მკვებავ სუბსტრატს და დაავადოს მხოლოდ განსაზღვრული მცენარეების წრე. მათთვის დამახასიათებელია ერთი სახეობის ფარგლებში რამდენიმე სპეციალიზებული ფორმა. ცალკეულ სპეციალიზებულ ფორმებს შორის არსებობს მორფოლოგიური განსხვავება. კერძოდ, ისინი ერთმანეთისგან განსხვავდებიან ეცია-ურედინია და ტელიოსპორების ზომებით (Guyot, 1945:82-146; Levine, 1932:539-568; Stakman et al., 1919:43-77). 1894 წელს ერიკსონმა აღმოაჩინა ღეროს ჟანგას გამომწვევი სოკოს მასპინძელი მცენარეების გარკვეული წრე და შესაბამისად, სოკოს „სპეციალიზებული ფორმები“-ს არსებობა (Erikson, 1894:292-331). თითოეული სპეციალური ფორმა აღინიშნა ლათინურად, როგორც *forma specialis* ან "*f. sp.*" ყველა *formae specialis*-ს აქვს მსგავსი გამოვლინება, მხოლოდ ისინი განსხვავდებიან მასპინძელი მცენარეების სპექტრით. პათოგენი, რომელიც იწვევს ხორბლის ღეროს ჟანგას, არის *Puccinia graminis f. sp. tritici*. სხვა ფორმა, მაგალითად. *P. graminis f.sp. secalis* იწვევს ჭვავის ღეროს ჟანგას, *Puccinia graminis f. sp. Avenae* - შვრიის ჟანგას და სხვა (<http://ka.wikipedia.org/wiki/>).

ხშირად პათოგენის ბიოლოგიური სახეობა იყოფა ფიზიოლოგიურ ფორმებად იმის მიხედვით, თუ რომელი გვარი ან სახეობა დაავადებული მის მიერ. მორფოლოგიურად ეს ფორმები არ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან (Johnson, 1953:105-157). სახეობა *P. graminis* ხასიათდება გენეტიკური მრავალფეროვნებით და სპეცფორმების არსებობით, რომლებიც განსხვავდებიან მასპინძელი მცენარეების წრით. 1916 წელს სტეკმანის და

პიმაიზელის მიერ აღმოჩენილი იქნა, რომ ჟანგა სოკოების სპეციალიზებული ფორმები არაერთგვაროვანია და სოკოს ერთი სახეობის შიგნითაც ადგილი აქვს დიფერენციაციას ანუ გენეტიკური ქვესახეობების არსებობას, რომლებსაც რასები უწოდეს (Schumann et al, 2000). რასები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან უნარით, სხვადასხვანაირად დაავადონ ერთი კულტურის სხვადასხვა ჯიში (Stakman et al., 1917:429-495). როგორც უკვე ითქვა, ცალკეულ სპეციალიზებულ ფორმას გააჩნია პატრონ-მცენარეების გარკვეული წრე. ურბანის (Urban, 1961:214-301) მიხედვით, ამ წრეში აუცილებლად შედის ველურად მოზარდი მარცვლოვანი ბალახებიც (<http://www.ecosensorium.org/2010/07/burmuda-grass-alternate-host-of-rust.html>).

1.2.7. ხორბლის ღეროს ჟანგას მავნეობა და გეოგრაფიული გავრცელება

საუკუნეების მანძილზე ხორბლის ღეროს ჟანგა, როგორც ჟანგების ყველაზე დამანგრეველი ფორმა, მოიხსენებოდა მარცვლოვანთა შავ ჭირად. ამ დაავადებამ მე-20 საუკუნის პირველ ნახევარში გაანადგურა ამერიკის მოსავლის ერთი მეხუთედი პერიოდული ეპიდემიების დროს. მას ზოგჯერ უწოდებენ "სოფლის მეურნეობის პოლიომიელიტ"-ს, რადგან თითქმის დავიწყებული დაავადება დაახლოებით 50 წლის შესვენების შემდეგ დაბრუნდა ახალი და საშიში ფორმებით. <https://www.geneticliteracyproject.org/2014/07/01>

ხორბლის ღეროს ჟანგას განსაკუთრებული მავნეობა იმაში გამოიხატება, რომ მისი გამომწვევი *Puccinia graminis f. sp. tritici* მცენარეს აავადებს თავთავის წარმოქმნის პერიოდში, არღვევს უჯრედებში მიმდინარე ნორმალურ პროცესებს და იწვევს პათოლოგიურ ცვლილებებს. პათოგენი თავისი გამრავლებისათვის იყენებს მცენარის ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის აუცილებელ ნივთიერებებს, არღვევს რა პროტოპლაზმის ცილოვანი მოლეკულების რეკონსტრუქციის პროცესს. ის ვრცელდება და ამცირებს მარცვლის მასას და ხარისხს. ხელსაყრელი პირობების შემთხვევაში, მას შეუძლია გამოიწვიოს მოსავლის სრული დანაკარგიც.

ხორბლის ღეროს ჟანგა გამოირჩევა მავნეობით (სურ.11), რაც მოსავლის დანაკარგს იწვევს რამდენიმე გზით:

➤ სოკო შთანთქავს მცენარის საკვებ ელემენტებს, რაც აუცილებელია მარცვლის განვითარებისათვის.

➤ პუსტულები აზიანებს ეპიდერმისს, რომლის საშუალებითაც მცენარე აკონტროლებს ტრანსპირაციის პროცესს და ასევე, შეიძლება მოხდეს მცენარის სხვა სოკოებით ინფიცირება.

➤ მცენარის გამტარი ქსოვილების დაზიანება იწვევს მარცვლის გამოშრობას და შეკუმშვას.

➤ პათოგენი ასუსტებს მცენარის ღეროებს, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მისი ჩაწოლა, რაც ხშირ შემთხვევაში მოსავლის მექანიკურ აღებას უშლის ხელს
<http://ka.wikipedia.org/wiki/>



სურათი 11. ხორბლის ღეროს ჟანგათი დაავადებული მცენარე

მსოფლიოში ღეროს ჟანგა ძირითადად გავრცელებულია რეგიონებში, სადაც კონტინენტური კლიმატია და ზაფხულის ტემპერატურა რეგულარულად აღემატება 25°C-ს. ეს დაავადება სხვადასხვა ისტორიული პერიოდების განმავლობაში ამცირებდა ხორბლის მოსავალს. საარისა და პრესკოტის მონაცემებზე დაყრდნობით, ღეროს ჟანგა ისტორიულად ძირითადი პრობლემა იყო მთელ აფრიკაში, შუა დასავლეთში, მთელ აზიაში ცენტრალური აზიის ჩათვლით, ავსტრალიასა და ახალ ზელანდიაში, ევროპასა და ამერიკაში (Saari et al., 1985:259-298). XX საუკუნეში ღეროს ჟანგას ყველაზე დიდი ეპიდემიები დაფიქსირდა 1932 და 1951 წლებში. 1951 წელს სკანდინავიაში ხორბლის მოსავლის დანაკარგი შეადგენდა 9-33%-ს, ხოლო აღმოსავლეთ და ცენტრალურ ევროპაში 1932 წელს 5-20%-ს აღწევდა (Zadoks, 1963:97-108). XX საუკუნის შუა წლებში ავსტრალიის თბილ სფეროებში ადგილი ჰქონდა ღეროს ჟანგას ეპიდემიებს, რასაც

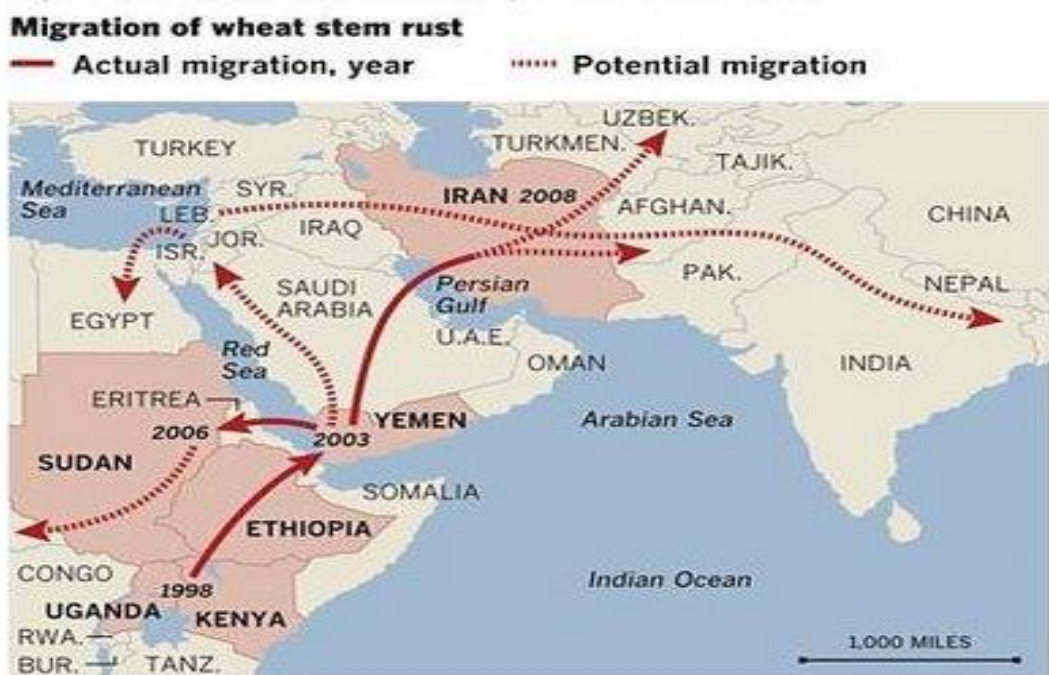
მოწყვა მოსავლის დიდი დანაკარგები (Rees, 1972: 215–223). 1974 წელს ღეროს ჟანგას სერიოზული ეპიდემია დაფიქსირდა ავსტრალიის სამხრეთ შტატებში, სადაც გაანადგურა ხორბლის ნათესი ფართობები (Watson, 1981: 129–147). ღეროს ჟანგა ასევე მნიშვნელოვანი პრობლემაა ინდოეთში (Joshi et al., 1973: 8–12). ჩინეთში ღეროს ჟანგა ძირითადად აავადებს საგაზაფხულო ხორბლის ფართობებს ჩრდილოეთ ნაწილში. მძიმე ეპიდემიებს ადგილი ჰქონდა 1948, 1951, 1952 და 1956 წლებში, როცა მომატებული ჰაერის საშუალო ტემპერატურა და ხშირი წვიმები ხელსაყრელი იყო ინფექციის გავრცელებისათვის (Roelfs, 1977: 836–841).

ხორბლის ღეროს ჟანგას ძლიერ ეპიდემიებს ადგილი ჰქონდა ამერიკის შერთებულ შტატებში 1919, 1920, 1923, 1927, 1935, 1953 და 1954 წლებში (Roelfs, 1978: 1–85). ამ ეპიდემიების შედეგად მოსავლის დანაკარგის საშუალო შეადგენდა 25.4%-ს მინესოტაში, 28.4%-ს ჩრდილოეთ, ხოლო 19.3%-ს სამხრეთ დაკოტაში. ღეროს ჟანგას პოპულაციაში მომხდარი ცვლილებების შედეგი იყო ღეროს ჟანგას ეპიდემიები 1940 წელს ავსტრალიაში ჯიშებზე Eureka (*Sr6*) და Lee (*Sr9*, *Sr11*, *Sr16*) Langdon (*Sr9e*,+) და 1950-იან წლებში აშშ-ში Yuma (*Sr9e*+). 1954 წლის შემდეგ ლოკალიზებული ეპიდემიები დაფიქსირდა ჩრდილოეთ ამერიკის სხვა შტატებშიც (Leonard, 2001: 119–146).

გასული საუკუნის 50-იანი წლების შემდეგ, 30 წლის განმავლობაში მასშტაბურ ეპიდემიებს ადგილი არ ჰქონია და 80-იანი წლების მეორე ნახევრიდან 2000 წლამდე, მსოფლიოს უმრავლეს ქვეყანაში ღეროს ჟანგა მეტწილად კონტროლის ქვეშ იყო (Roelfs et al, 1992: 15). აღნიშნულის გამო, ბევრ ქვეყანაში გარდა კოწახურის ნარგაობების მასიური განადგურებისა, შესუსტდა პათოგენის შიდაპოპულაციური პროცესების კვლევა. გარდა ამისა, რადგანაც 70–80-იან წლებში ღეროს ჟანგაზე მეტად ყვითელი და მურა ჟანგა იყო გავრცელებული, მათი კვლევა უფრო პრიორიტეტული იყო მსოფლიოში. ამდენად, ღეროს ჟანგასადმი სელექცია და ჯიშთა გამოცდა ზოგიერთ ქვეყანაში შეჩერებული იყო. შესაბამისად, გასაკვირი არ იყო ისეთი ფიტოპათოლოგების და სელექციონერების პოვნა, რომლებსაც მანამდე ღეროს ჟანგა არ ენახათ მინდორში.

90-იან წლებში კვლავ თავი იჩინა ხორბლის ღეროს ჟანგამ. დაავადების მაღალი ინტენსივობა დაფიქსირდა ეთიოპიაში 1993 და 1994 წლებში. ამ დროს ძალიან დაზარალდა ხორბლის პოპულარული ჯიში “Enkoy” და მოსავლის დიდ დანაკარგებს

ჰქონდა ადგილი (Shank, 1994). 1999 წელს კი, ღეროს ჟანგას ახალი, ძალიან ვირულენტური რასა Ug99 გამოვლინდა უგანდაში. შემდგომში ფართოდ გავრცელდა Ug99 რასის რამდენიმე ვარიანტიც. ხორბლის ღეროს ჟანგას ახალი რასა გამოირჩევა აქამდე, მრავალი წლის მანძილზე ეფექტური გამძლეობის გენის - *Sr31*-ის მიმართ ვირულენტობით (Pretorius et al., 2000:203). Ug99-ის შემდგომი გავრცელების დაფიქსირება მოხდა კენიასა და ეთიოპიაში 2005 წელს (Wanyera et al., 2006:113), 2006 წელს მან გააკეთა ნახტომი წითელ ზღვაზე და გავრცელდა იემენსა და სუდანში. ამ რასის ახალი ვარიანტი, რომელიც ასევე მაღალი გამძლეობით გამორჩეული *Sr24* გენის მიმართ ვირულენტობით გამოირჩეოდა, აღმოჩენილი იქნა კენიაში 2006 წელს და ასევე, დიდი დანაკარგები გამოიწვია (Jin et al., 2007:137). ღეროს ჟანგას გამოჩენა სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკაში ნიშნავს, რომ დაავადებამ ღრმად შეაღწია სამხრეთ ნახევარსფეროში (სურ.12). მეცნიერები თვლიან, რომ დიდი საფრთხის წინაშე დგას ამ მხრივ ავსტრალია, პაკისტანი, რომელიც ესაზღვრება ირანს და რომელიც ხორბლის მწარმოებელი ქვეყნების ათეულში შედის (Park, 2009:5-36). დევიდ ჰოდსონი (გაეროს სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაციის ხორბლის ჟანგების გლობალური პროგრამა) ფიქრობს, რომ ეს მხოლოდ დროის საკითხია, სანამ Ug99 გამოჩნდება პაკისტანში (<http://www.irinnews.org/report/88340/pakistan-wheat-rust-threat-rising>).



სურათი 12. ხორბლის ღეროს ჟანგას Ug99 რასათა ჯგუფის მიგრაცია

სფ99-ის რასის ახალი ვარიანტების გამოჩენამ შექმნა ახალი საფრთხეები, რის გამოც საერთაშორისო კვლევითი ცენტრები და პროგრამები დიდ ძალისხმევას იჩენენ გამძლეობის ახალი წყაროების მისაღებად (Duveiller et al.,2012:4). მეცნიერთა ვარაუდით, ამ რასის გადაადგილება მოხდება ჩრდილოეთ აფრიკის, შუა დასავლეთის, აზიის მიმართულებით და მის ფარგლებს გარეთ (სურ.12), რაც მეცნიერების წინაშე აყენებს დიდ გამოწვევას, რომ შეიცვალოს ამ ადგილებში გავრცელებული ხორბლის ღეროს ჟანგასადმი მიმღები ჯიშები. მეცნიერები თვლიან, რომ ღეროს ჟანგასგან გამოწვეული ძირითადი საფრთხე მიგრაციის გზაზე შეიძლება შემცირდეს დაავადების კონტროლის ეფექტური საშუალებების გამოყენების შედეგად. ეს ოპტიმიზმი იქედან გამომდინარეობს, რომ მთელი მსოფლიოს მასშტაბით მეცნიერებმა და პოლიტიკოსებმა დაიწყეს გაერთიანება და თანამშრომლობა ბორლაუგის ჟანგების გლობალური ინიციატივის (BGRI) ირგვლივ ჟანგების გლობალური მონიტორინგისა და პრობლემასთან ბრძოლის მიზნით.

1.2.8. *Puccinia graminis f.sp. tritici*-ის ვირულენტობის შესწავლა

პათოგენობა არის პათოგენის უნარი, დაავადოს მცენარე, რომლის ხარისხობრივი მახასიათებელია პათოგენის ვირულენტობა. ვირულენტობა არის პათოგენის უნარი, დაავადოს ჯიში ანუ გადალახოს კონკრეტული ჯიშის გამძლეობა, რასაც განაპირობებს პათოგენის პოპულაციაში ვირულენტობის გენის წარმოშობა. მცენარის გამძლეობა, ისე როგორც ორგანიზმის ყველა ნიშან-თვისება, თაობიდან თაობას მემკვიდრეობით გადაეცემა. მათ შორის, დაავადების მიმართ გამძლეობასაც გენები აკონტროლებენ. პათოგენთა სხვადასხვა სახეობებისა და რასების მიმართ გამძლეობა განსაზღვრულია სხვადასხვა გენებით. ჟანგა სოკოების ვირულენტობისა და მასპინძელი-მცენარის გამძლეობის მემკვიდრეობით გადაცემის კანონზომიერებათა გენეტიკური ანალიზის დროს სარგებლობენ ამერიკელი მეცნიერის ფლორის „გენი გენზე“ ჰიპოთეზით, რომლის მიხედვითაც მცენარის გამძლეობის ყოველ გენს პათოგენის ვირულენტობის გენი შეესაბამება (Flor,1971:275-296). გამძლეობის გენსა და პათოგენის ვირულენტობის გენს შორის არსებული კომპლემენტარული კავშირი წარმოადგენს სწორედ პათოგენის პოპულაციის ფიზიოლოგიური თუ გენეტიკური დიფერენციაციის საფუძველს.

ფლორის „გენი გენზე“ (gen for gen) ჰიპოთეზის გამოყენებამ არსებითი როლი შეასრულა დაავადების გამომწვევთა რასობრივი და ვირულენტური სტრუქტურის იდენტიფიკაციაში. პათოგენის შიდასახეობრივ დიფერენციაციას ყოველთვის აქვს ადგილი პოპულაციაში პათოგენის მუდმივი და სხვადასხვა დოზით ცვალებადობის გამო.

მცენარეთა გამძლეობის მემკვიდრეობითობა ემორჩილება მენდელის კანონებს. პირველად ეს გამოიკვლია ბიფენმა და დაადგინა, რომ პირველ თაობაში დომინირებდა მიმლეობა, ხოლო მეორე თაობაში მოხდა დათიშვა 3 მიმლები, 1 - გამძლე ე.ი. ხორბლის გამძლეობას განსაზღვრავდა ერთი რეცესიული გენი (Biffen, 1905:4-48).

1.2.8.1 *Puccinia graminis f.sp. tritici*-ის რასები

ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევის ვირულენტობა - სხვადასხვა ხარისხით დაავადოს ხორბლის ჯიშები და სხვა გენოტიპები, გამოიხატება შიდასახეობრივ დიფერენციაში. როგორც უკვე აღნიშნული იყო, სოკოს სახეობის ანუ სპეციალიზებული ფორმების შიგნით არსებობენ ჯგუფები ანუ რასები, რომლებიც სხვადასხვანაირად აავადებენ ძირითადი მასპინძელი-მცენარის სხვადასხვა ჯიშებს. ხორბლის ღეროს ჟანგას *Puccinia graminis* რასობრივი შემადგენლობის შესწავლა დაიწყო ერთდროულად რამდენიმე ქვეყანაში. რასების იდენტიფიკაციისათვის აუცილებელია ცალკეული გენის შემცველი ჯიშ-დიფერენციატორების თუ იზოგენური ხაზების ნაკრების არსებობა. შესაბამისად, რასების აღწერის სხვადასხვა ნომენკლატურის სისტემები იქნა შემუშავებული ავსტრალიაში 1963 წელს, კანადაში 1965 - წელს და ამერიკაში 1972 - წელს. ძირითადად, ეს სამი სისტემა გამოიყენება რასების კლასიფიკაციისათვის. საკუთარი სისტემები შემუშავებული იქნა ასევე ინდოეთში. ცალკეული გამძლეობის გენის მატარებელი მასპინძელი-დიფერენციატორების ნაკრებების არსებობა მნიშვნელოვანია, როგორც გამძლე ჯიშების სელექციისათვის, ასევე პათოგენის პოპულაციაში მიმდინარე ცვლილებების შესასწავლად.

პირველად *Puccinia graminis (Pers.) f. sp. tritici*-ის ფიზიოლოგიურ რასებზე ნაშრომი გამოქვეყნებული იქნა სტეკმანისა და ლევინის მიერ 1922 წელს (Stakman et al., 1922:3-10). ფიზიოლოგიური რასების იდენტიფიკაცია დაფუძნებული იყო 12 ჯიშ-დიფერენციატორის (Little Club, Marquis, Kanred (შემდგომში შეიცვალა Reliance-თი),

Kota, Arnaukta, Mindum, Speltz, Marz (ახლა ცნობილია როგორც Spelmar), Kubanka, Acme, Einkorn, White Spring Emmer (ახლა უწოდებენ Vernal) და Khapli პათოგენისადმი საპასუხო რეაქციაზე.

Puccinia graminis f.sp.tritici რასების დადგენის საერთაშორისო ნომენკლატურის სისტემა ხელს უწყობს და აადვილებს მსოფლიოს სელექციონერებსა და ფიტოპათოლოგებს შორის თანამშრომლობას ხორბლის გამძლე ჯიშების სელექციისა და დაავადების ვირულენტობის ლოკალური და გლობალური მონიტორინგის ჩატარების მიზნით. ეს სისტემა პათოგენის წარმოშობის ადგილას შეფასებისა და ერთიანი ფენოტიპური ტიპის აღწერის შესაძლებლობას იძლევა.

დღეს მთელ მსოფლიოში ფართოდ გამოიყენება *Puccinia graminis f. sp.tritici*-ის რასების იდენტიფიკაციის ჩრდილოეთ ამერიკული სისტემა და ნომენკლატურა. საერთაშორისო დიფერენციატორების ახალი ნაკრები შედგება გამძლეობის გენებისგან: *Sr 5, 6, 7b, 8a, 9a,9b, 9d, 9e, 9g, 10,11, 17, 21,24,30, 31, 36, 38, Tmp* და *McN*. აღნიშნულ ნაკრებთან ერთად კვლევებში დამატებით გამოიყენება შემდეგი გენები: *Sr 13, 22, 24, 25, 26, 27, 32, 33* და *37*, რომელიც ძირითადად გამძლეა მსოფლიოში და რეკომენდირებულია პათოგენის სხვადასხვა პოპულაციების შესაფასებლად (Roelfs et al.,1988:526-533; Jin et al, 2008).

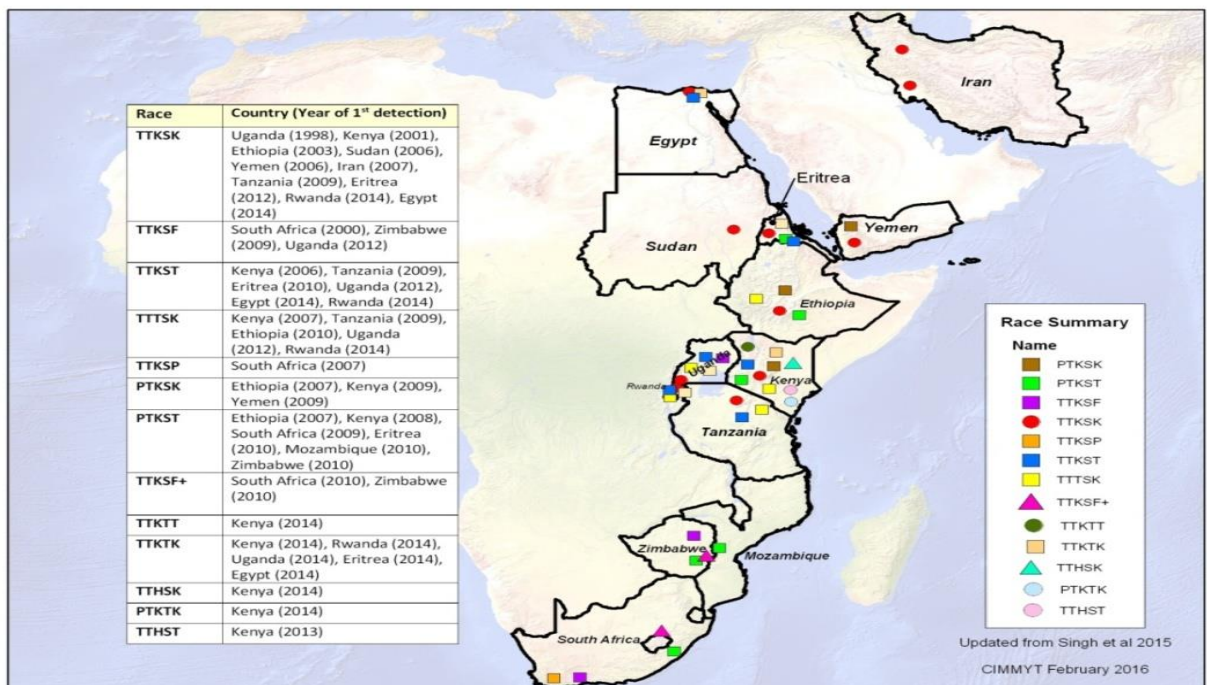
1.2.8.2. *Puccinia graminis f.sp. tritici*-ის რასების გავრცელება მსოფლიოში

ხორბლის ღეროს ჟანგა კონტროლის ქვეშ იყო 30 წლის განმავლობაში, ფართოდ გავრცელებული გამძლე ჯიშების გამოყენების ხარჯზე. ცნობილია რომ ჟანგა დაავადების გამომწვევეები სწრაფად იცვლებიან მუტაციის გზით და ახალი რასებით საფრთხეს უქმნიან მსოფლიოს მეხორბლეობას, რომელთა 80-90% შედგება მიმდებარე ჯიშებისაგან (Singh et al., 2008:271-309). 1999 წლიდან *Puccinia graminis f. sp. Tritici*-ის Ug99-ის რასისა და შემდგომში მისი ვარიანტების გამოჩენამ და გავრცელებამ, რომელიც გამოირჩევა *Sr31, Sr24, Sr36* გამძლეობის გენის მიმართ ვირულენტობით, განაახლა ინტერესი ხორბლის ღეროს ჟანგას მიმართ გამძლე წყაროების ძიებაში. <http://www.fao.org/agriculture/crops/rust/stem/rust-report/stem-ug99racettksk/en/>

Puccinia graminis f.sp. tritici-ის ვირულენტობის დასადგენად, პირველ რიგში კეთდება ღეროს ჟანგას რასების ტიპირება ამა თუ იმ რეგიონსა თუ ქვეყანაში. ტიპირების შედეგები ხორბლის სელექციონერებისათვის წარმოადგენს მნიშვნელოვან ინფორმაციას, ამა თუ იმ რეგიონში *Sr* გენების ეფექტურობისა და ჟანგას პოპულაციის ცვალებადობის შესახებ. ამ რასების (ფენოტიპების) შენახვის შემთხვევაში, ის არის მნიშვნელოვანი წყარო ხორბლის ჩანასახოვანი პლაზმის სკრინინგისათვის, გამძლე გენების იდენტიფიკაციის, მასპინძლის გენეტიკის და პათოგენის მრავალფეროვნების შესასწავლად.

ამ მიზნით შეიქმნა ჟანგების გლობალური მონიტორინგის სისტემა, როგორც BGRI-ს ნაწილი, რათა თვალყური ედევნებინათ ჟანგების ვირულენტობის გავრცელებაზე, განსაკუთრებით ღეროს ჟანგას რასის Ug99 ახალ ვარიანტებზე.

ჟანგების ორი დამოუკიდებელი საერთაშორისო ლაბორატორიების - ჟანგების გლობალური რეფერენს ცენტრის და მარცვლოვნების დაავადებათა ლაბორატორიის მიერ, 2014 წელს გაანალიზებული იქნა ნიმუშები, რის შედეგადაც ეგვიპტე გახდა მე-13 ქვეყანა, სადაც Ug99 რასათა ჯგუფი გამოვლინდა. (სურ.13) (<http://rusttracker.cimmyt.org>).



სურათი 13. Ug99 რასათა ჯგუფის გავრცელება. 2016 წელი.

ამ რასის გავრცელების არეალის გაფართოება არ იყო მოულოდნელი მეცნიერთათვის, მაგრამ უფრო მეტად, მოსალოდნელი იყო მისი სწრაფი კოლონიზაცია

აფრიკის აღმოსავლეთ ნაწილის მეხორბლეობის ზონებში. ეგვიპტეში Sg99 რასის გამოვლენა მნიშვნელოვანია, როგორც თავად ხორბლის მწარმოებელი, ასევე რეგიონში მეზობელი ქვეყნებისათვის. თუმცა, მისი გამოვლენა არ ნიშნავს იმას რომ, რაიმე მნიშვნელოვანი ეპიდემია მოხდება (<http://www.globalrust.org>).

დღეისათვის რასათა ჯგუფის Sg99-ის 10 ვარიანტია გამოვლენილი ქვეყნებში, როგორცაა: უგანდა, კენია, ეთიოპია, სუდანი, ტანზანია, ერიტრეა, რუანდა, ზიმბაბვე, მოზამბიკა, იემენი და ირანი (Patpour et al. 2016:862; Patpour et al. 2016:522). თუმცა, როგორც ცნობილია, პათოგენი სწრაფად იცვლება და უახლესი ინფორმაციით, Sg99 რასათა ჯგუფის 13 ვარიანტი არის უკვე ცნობილი (<http://rusttracker.cimmyt.org>).

2014 წლის ხორბლის სავეგეტაციო სეზონზე, ღეროს ჟანგას საერთაშორისო „ხაფანგი“ სანერგე დათესილი იქნა ეგვიპტის სამ სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონაში. ღეროს ჟანგას შესაბამის ნიმუშებზე განვითარების შედეგად, აღირიცხა Sg99-ის სამი ვარიანტი იქნა: TTKST, TTKTK და TTKSK. რამაც დაადასტურა Sg99-ის რასათა ჯგუფის არსებობა ეგვიპტეში და გააფართოვა მისი გავრცელების არეალი. შესაძლებელია *P. graminis* f. sp. *tritici*-ის გავრცელებისათვის ეგვიპტემ შეასრულოს მწვანე ხიდის როლი აღმოსავლეთ და ჩრდილოეთ აფრიკის ქვეყნებს შორის. ამიტომ, ახლო აღმოსავლეთში და ხმელთაშუა ზღვის რეგიონებში ჟანგების კონტროლი უნდა გაძლიერდეს როგორც დაზარალებულ, ასევე მეზობელ ქვეყნებში (Patpour et al, 2016:862).

კენიური ხორბლის ჯიში რობინი, რომელიც პოპულარული იყო მაღალი მოსავლითა და Sg99 რასის ვარიანტების მიმართ გამძლეობით, 2014 წელს დაავადდა Sg99-ის ორი ახალი ვარიანტით. მისი რეზისტენტობა განპირობებული იყო *SrTm* გამძლეობის გენით (<http://www.globalrust.org>).

2011 წლისათვის აშშ-ში ხორბლის ღეროს ჟანგა გავრცელებული იყო 14 შტატში. ყველაზე მეტად გავრცელებული აღმოჩნდა რასა-QFCS, რომელიც ვირულენტურია *Sr5*, *Sr8a*, *Sr9a*, *Sr9d*, *Sr9g*, *Sr10*, *Sr17* და *Sr21* გამძლეობის გენების მიმართ (Kolmer et al., 2013:224-236.) თუმცა, მანამდე, 2003 წლისათვის, იგივე რასას დომინანტური ადგილი ეჭირა. ასევე, სხვადასხვა სიხშირით იდენტიფიცირებული იქნა რასები: TTTT, QFCN, QCCJ და MCCF (Jin, 2005:1125-1127).

ეთიოპიაში 32 იზოლატიდან იდენტიფიცირებული იქნა 20 რასა, მათ შორის ყველაზე გავრცელებული რასებია: TTSNK, RRJC და HRJC, რაც იმას ნიშნავს, რომ გამძლეობის გენების უმრავლესობა იყო არაეფექტური. კერძოდ, გამოცდილი ეთიოპიური იზოლატების 65%-ში არაეფექტური იყო შემდეგი გამძლეობის გენები: *SrMcN*, *Sr9d*, *Sr21*, *Sr6*, *Sr10*, *Sr9g* *Sr9b*, ხოლო ყველაზე ეფექტური აღმოჩნდა გენები - *Sr24* და *SrTmp* (Abebe et al., 2012:244-250). ღეროს ჟანგას ძლიერ ლოკალურ ეპიდემიას ადგილი ჰქონდა სამხრეთ ეთიოპიაში 2013 წლის ნოემბერ-დეკემბერში, რომლის დროსაც გამძლე და ფართოდ წარმოებული ჯიში “დიგელუ” დაავადდა. დაავადების გავრცელებისა და განვითარების ინტენსიობა შეადგენდა 100%-ს, რის შედეგადაც დაახლოებით 10 ათას ჰექტარზე მოსავლის დანაკარგმა 100% შეადგინა (<http://rusttracker.cimmyt.org>).

2007 წელს რასა TTKSK (Ug99) იდენტიფიცირებული იქნა ირანში, რაც მიუთითებს მის პროგრესულ მიგრაციაზე აფრიკიდან ირანისკენ. 2006-2007 წლებში კენიაში ირანული ხორბლის გერმპლაზმის შეფასებისას Ug99 მიმართ მინდვრის პირობებში ნიმუშების 98% აღმოჩნდა სრულად მიმღები (Nazari et al., 2009:317). ასევე 2006-2007 წელს კენიაში აღინიშნა პათოგენის ვირულენტობა *Sr24* და *Sr36* გამძლეობის გენების მიმართ (Jin et al., 2008:23-26).

2011-2014 წლებში გაანალიზებული იქნა აფრიკის და აზიის 15 ქვეყნის, ასევე გერმანიის, შვეციის და დანიის დაავადების ხორბლის ღეროს ჟანგას ნიმუშები, რის საფუძველზეც დადგინდა რომ, *Pgt* რასა TKTF ფართოდ იყო გავრცელებული 10 ქვეყნის ნიმუშში, მათ შორის ეგვიპტის, ეთიოპიის, ირანის, ლიბანის, სუდანის, თურქეთის და ევროპის სამი ქვეყნის ნიმუშებში (<http://www.globalrust.org>).

ხორბლის ღეროს ჟანგა არის პოტენციურად მნიშვნელოვანი დაავადება ჩრდილოეთ, დასავლეთ და სამხრეთ ირანში. ახალი, *Sr31*-ს მიმართ ვირულენტური რასა ირანში გამოჩნდა 2007 წელს. 2014 წელს ღეროს ჟანგა ფართოდ გავრცელდა ჩრდილოეთ, დასავლეთ, სამხრეთ და ცენტრალურ ირანში, მაგრამ განვითარების დაბალი ინტენსივობით. ღეროს ჟანგას 39 ნიმუშის ანალიზის შედეგების მიხედვით იდენტიფიცირებული იქნა შემდეგი რასები: TKSTC, TKTTC, TTTTC, KTTSC, TTSTC, PTTTF და TTTTF (<http://www.globalrust.org>).

მას შემდეგ, რაც *Pgt* რასა TTKSK (Ug99) პირველად იდენტიფიცირებული იქნა უგანდაში, Ug99 რასათა ჯგუფის შვიდი ვარიანტი გავრცელდა ჩრდილო-აღმოსავლეთ აფრიკის ცხრა ქვეყანაში. ამ ვარიანტებიდან ხუთი (TTKSK, TTKST, TTTSK, PTKSK და PTKST) აღმოჩენილი იქნა კენიაში. ბოლო წლებში შესაძლებელი გახდა ახალი ვირულენტური კომბინაციების გამოვლენა, რაც საფრთხეს უქმნის ხორბლის წარმოებას. Ug99 რასათა ჯგუფის სამი ახალი ვარიანტი იდენტიფიცირებული იქნა 2013-2014 წლებში, კენიაში. გამოვლინდა ახალი რასა - TTHST, რომელიც TTKST რასის მსგავსია, მაგრამ ავირულენტურია *Sr30* მიმართ. 2014 წელს ორი ახალი რასა TTKTK და TTKTT იქნა იდენტიფიცირებული. ეს ორი რასა ვირულენტურია *SrTmp* მიმართ, რომელიც ეფექტური იყო Ug99 რასათა ჯგუფის აქამდე არსებული ვარიანტების მიმართ (<http://www.globalrust.org>).

კვლევებით დადგინდა, რომ ღეროს ჟანგას პოპულაცია ყაზახეთში წარმოდგენილია მაღალვირულენტური პათოტიპებით. კერძოდ, *P. graminis f.sp. tritici* 11 პათოტიპი იქნა იდენტიფიცირებული, რომელთაგან TDTH, TPSH, TTHK, TKHR, TKTC, TFKR აღმოჩნდა მაღალვირულენტური (Kokhmetova et al, 2011:146-154).

ხორბლის ღეროს ჟანგას პოპულაცია საქართველოში, 1964-1967 წლების კვლევების მიხედვით, წარმოდგენილი იყო 32 რასით: 9, 10, 11, 15, 19, 24, 34, 39, 40, 77, 100, 110, 115, 112, 218, 1კ, 3კ, 8კ, 10კ, 20კ, 25კ, 33კ, 45კ, 47კა, 56კა, 57კა, 58კა, 66კა, 77კა, 127კა, 180კ, 186კ. რასები: 11, 15, 40, 1კ, 3კ, 10კ და 66კ გვხვდებოდა თითქმის ყველა რაიონში, მაგრამ გაბატონებული ადგილი პოპულაციაში ეჭირა რასებს: 15, 40, 1კ. კავკასიაში აღინიშნა რასა 15 სხვადასხვა ბიოტიპის ფართო გავრცელება (Цикаридзе, 1970:713-715). იმ დროისთვის რასათა გენური სტრუქტურა არ იყო ცნობილი.

უფრო მოგვიანებით, 1980-1984 წლებში იდენტიფიცირებული იქნა 13 რასა: 11, 15, 40, 1კ, 2კ, 33კ, 36კ, 19კ, 10კ, 57კ, 110, 222 და 34 (Смирнова и др., 1989:405-407). 2012-2014 წლებში საერთაშორისო ამერიკული ნომენკლატურის საფუძველზე ხორბლის ღეროს ჟანგას პოპულაციაში დადგინდა იქნა 48 რასის არსებობა, მათგან 4 რასა: PKFTC, PRCTF, PRCQP, PCHTP პრევალირებდა (Dumbadze et al., 2016:1039-1043).

1.2.8.3. ხორბლის ღეროს ჟანგასადმი გამძლეობის გენები და შესაბამისი ვირულენტობა

პათოგენის ვირულენტობის დადგენა გენურ საფუძველზე, ცალკეული გამძლეობის გენის შემცველი იზოგენური ხაზების გამოყენებით, სხვა მეთოდებთან შედარებით, გაცილებით ზუსტ მეთოდს წარმოადგენს. მონოგენური ხაზები პირველად, 1964 წელს კანადელმა მეცნიერმა გრინმა გამოიყენა ღეროს ჟანგას ვირულენტობის შესასწავლად. 1964 წლიდან 1970 წლამდე გამოიყენებოდა ხორბლის 13 მონოგენური ხაზი. რომლებიც შემდგომ წლებში ფართოდ გამოიყენებოდა მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში. ხდებოდა რა ახალი გამძლეობის გენების იდენტიფიკაცია, მონოგენური ხაზების ნაკრები ცვლილებას განიცდიდა, ერთი ხაზის მეორეთი ჩანაცვლება ხდებოდა და ა.შ. დღეისათვის იდენტიფიცირებულია ხორბლის ღეროს ჟანგას 60 გამძლეობის გენი (ცხრ.2) (Singh et al., 2011:465-481).

ღეროს ჟანგასადმი გამძლე *Sr* გენების გარკვეული ნაწილი იდენტიფიცირებულია ხორბლის სხვადასხვა სახეობებში. მაგალითად, *Sr5* და *Sr6* გამოყოფილია მაგარი ხორბლიდან, *Sr21* გენი *T.monococcum*-დან, ზოგიერთი გენი - ტრიტიკალედან, *Sr31* გენი გამოყოფილია ჭვავიდან, *Sr44* *Thinopyrum intermedium*-დან და ა.შ. გამძლეობის გენების ეფექტურობის პერიოდი განსხვავებულია: ზოგი დიდხანს იცავს მცენარეს ჟანგასაგან, ზოგიერთი გენის ეფექტურობა კი ხანმოკლე - აღმოჩნდება. ასევე, გამძლეობის თითქმის არცერთი *Sr* გენი ვერ უზრუნველყოფს გამძლეობას ერთდროულად ღეროს ჟანგას ყველა რასის მიმართ. მაგალითად, გამძლეობის გენების უმეტესობა მიმღებიანი აღმოჩნდა *Ug99* რასის მიმართ. განსაკუთრებით *Ug99* ვირულენტურია *Sr31*-ის მიმართ, რომელიც ეფექტური იყო მრავალი წლის მანძილზე ბევრ ქვეყანაში გავრცელებული ღეროს ჟანგას რასების მიმართ (Knott, 1989:59-65).

ცხრილი 2. ხორბლის ღეროს ჟანგასადმი გამძლეობის გენები

სახეობა	Sr გენები
<i>Triticum aestivum</i>	5, 6, 7a, 7b, 8a, 8b, 9a, 9b, 9f, 10, 15, 16, 18, 19, 20, 23, 28, 29, 30, 41, 42, 48, 49, McN, AC-Cadillac, Tmp, Sha, Huw234, ND643, Wld-1
<i>Triticum turgidum</i>	2, 9e, 9d, 9g, 11, 12, 13, 14, 17
<i>Triticum monococcum</i>	21, 22, 35
<i>Triticum araraticum</i>	40
<i>Aegilops comosa</i>	34
<i>Aegilops ventricosa</i>	38
<i>Aegilops speltoides</i>	32, 39, 47
<i>Aegilops tauschii</i>	33, 45, 46
<i>Thinopyrum elongatum</i>	24, 25, 26, 43
<i>Thinopyrum intermedium</i>	44
<i>Secale cereale</i>	27, 31, 50, 1A.1R

გამძლეობის გენების ეფექტურობა სხვადასხვაგვარი იყო სხვადასხვა პერიოდში, შესაბამისად, მათი გამოყენების ისტორიაც განსხვავებულია. ზოგიერთი ცალკეული გენი უზრუნველყოფდა ხორბლის გამძლეობას, ზოგიერთები კი, კომბინაციაში იცავდა მცენარეს დაავადებისაგან. გამძლეობის გენების დიდი უმრავლესობა რასასპეციფიკურია და თავის ეფექტს ავლენს მცენარის აღმონაცენის ან ზრდასრულ ფაზაში. მხოლოდ *Sr22*, *Sr26*, *Sr35* და *Sr50* გენები შეიცავს პოტენციალს იმისათვის, რომ წარმატებით იქნეს გამოყენებული არსებული რასების წინააღმდეგ ორივე ფაზაში. ბევრ ქვეყანაში გამძლეობის გენი - *Sr25*, რომელიც გამოყოფილი იყო *Thinopyrum elongatum*-დან, ხორბალს დიდი ხნის განმავლობაში, ნაწილობრივ ან სრულად იცავდა ღეროს ჟანგასაგან, მათ შორის Ug99 (TTKSK) რასისგანაც (Singh et.al,2006). შემდგომში გაიზარდა

ამ გენისამდი ვირულენტობის შემთხვევები. მაგალითად, ინდოეთში 2007 წელს იდენტიფიცირებული რასა PKTSC, ვირულენტური აღმოჩნდა *Sr25* და სხვა გამძლეობის გენების მიმართ (Jain et al., 2009:840). ამის შემდეგ შემცირდა *Sr25*-ის გამოყენება სელექციაში. ხოლო *Sr25* გენი *Sr2* გენთან კომბინაციაში, უფრო ეფექტური აღმოჩნდა.

1970-1980-იან წლებში გენი *Sr26* წარმატებით გამოიყენებოდა ავსტრალიაში (McIntosh et al., 1995). გენი *Sr22* და *Sr35* მიღებულია *Triticum monococcum*-დან და მდებარეობს ქრომოსომა 7AL და 3AL-ში. შესაბამისად, ორივე ძალიან ეფექტურია Uგ99 რასათა ჯგუფის წინააღმდეგ და შეიძლება გამოყენებული იქნეს ახალ ჯიშებში. მიუხედავად იმისა, რომ რასა Uგ99 არის ავირულენტური *Sr28*-ის მიმართ, სხვა რასები ცნობილია ვირულენტობით ამ გენის მიმართ. გენები *Sr33*, *Sr45* და *Sr46* მიღებულია *Aegilops tauschii*-დან, ხასიათდება საშუალო გამძლეობით. *Sr29*, *Sr32*, *Sr37*, *Sr 39*, *Sr40* და *Sr44* გენების ეფექტურობა ფართოდ არ არის შესწავლილი სხვადასხვა რასების მიმართ მსოფლიოში, ამიტომ, ის ფართოდ არ გამოიყენება სელექციაში. გამძლეობის გენი *Sr50*, რომელიც ადრე ცნობილი იყო, როგორც *SrR*, ხორბალში მიღებულია სამეფო ჭვავის ქრომოსომა 1BL.1RS და 1DL-დან. 1RS ეფექტურია რასა Uგ99 მიმართ (Mago et al., 2004:112-121) და გამოიყენება ავსტრალიის ხორბლის სელექციის პროგრამაში. გამძლეობის გენი, რომელიც დროებით აღნიშნულია, როგორც *SrCad*, გამოიყენებულია კანადის ხორბლის ჯიშებში: AC-Cadillac და Peace, რომელიც ხასიათდება საშუალო გამძლეობით Uგ99 რასათა ჯგუფის მიმართ (Hiebert et al., 2010:1083-1091).

საქართველოში გავრცელებული ღეროს ჟანგას პოპულაციაში მრავალი წლის მანძილზე არ დაფიქსირებულა *Sr 11*, *Sr 12*, *Sr 13*, *Sr 14*, *Sr 22*, *Sr 24*, *Sr 25*, *Sr 26*, *Sr 27*, *Sr 31*, *Sr 32*, *Sr 33*, *Sr 35* გენებისადმი ვირულენტური იზოლატები და დაბალი იყო *Sr 7a*, *Sr 7b*, *Sr 8a*, *Sr 8b*, *Sr 9b*, *Sr 21*, *Sr 36* (0,4-10%) გენებისადმი ვირულენტობა (Сихарулидзе и др. 2012).

მსოფლიოში *Sr2*, *Sr13*, *Sr22*, *Sr24*, *Sr25*, *Sr26*, *Sr27*, *Sr29*, *Sr 31*, *Sr32*, *Sr33*, *Sr34*, *Sr37*, *SrGt*, *SrWld-1* გენების მიმართ საშუალო ვირულენტობა არის დაბალი. თუმცა, *Sr13* არაეფექტურია დაბალი ტემპერატურის დროს, 18-20°C-ს ფარგლებში. *Sr29* და *Sr34* შეიძლება იყოს არაეფექტური მაღალი სიხშირის ინოკულუმის დროს. *Sr24*-ის მიმართ ვირულენტობა დაფიქსირებულია სამხრეთ აფრიკაში და მადაგასკარში (Le Roux et

al.,1987:1115-1119), *Sr25*-სა და *Sr27*-ის მიმართ, შესაბამისად, ინდოეთსა და ავსტრალიაში (McIntosh et al.,1983:61-69). *Sr26* მიმართ ვირულენტობა ფართოდ გავრცელებულია, თუმცა, არ დაფიქსირებულა ავსტრალიაში ფართოდ გავრცელებულ ჯიშ „იგლ“-ზე და მისგან წარმოებულ ჯიშებზე. *Sr5*, *Sr9e* და *Sr21* მიმართ ვირულენტობაც სხვადასხვა ინტენსივობით არის გავრცელებული (Roelfs et al,1992:2-69). მაგალითად, ღეროს ჟანგას ქართულ პოპულაციაში *Sr5*-დმი ვირულენტური იზოლატები მაღალი სიხშირითაა წარმოდგენილი, ხოლო *Sr9e* და *Sr21* გენებისადმი ვირულენტობა დაბალია (Dumbadze and Sikharulidze, 2016). ყაზახეთის პოპულაციაში კი ერთნაირად მაღალია *Sr5*, *Sr9e* და *Sr21* გენების შემცველი ხაზებისადმი ვირულენტობა (Kokhmetova et al., 2011:146-154).

ნობელის პრემიის ლაურიატის ნორმან ბორლაუგის ათი წლის მუხლჩაუხრელი შრომის შედეგად, იდენტიფიცირებული იქნა გამძლეობის გენი *Sr31*, რომელიც 30 წლის განმავლობაში საიმედოდ იცავდა ხორბალს ღეროს ჟანგასაგან, რამაც განაპირობა ხორბლის მოსავლის ზრდა. ამის შემდეგ, 1970-იან წლებში სწრაფად გავრცელდა ხორბლის ახალი ჯიშები და ღეროს ჟანგა ითვლებოდა, როგორც გამქრალი დაავადება. მაგრამ 1998 წელს ბორლაუგის მოსწავლემ უილიამ ვაგოირემ უგანდის სამხრეთ-დასავლეთში ახალი ჯიშების გამძლეობის გამოცდისას, აღმოაჩინა ღეროს ჟანგას სიმპტომები. ამის შემდეგ ხორბლის ღეროს ჟანგას ახალი რასები კვლავ გავრცელდა რამდენიმე ქვეყანაში და ხორბალი ისევ დარჩა დაუცველი (<http://www.economist.com/node/16481593>). ხორბლის ღეროს ჟანგას Ug99 რასა (TTKSK) წარმოადგენს დიდ საფრთხეს ხორბლის წარმოებაში ვინაიდან, ის ვირულენტურია ხორბლის ჯიშებისათვის, რომელიც შეიცავს ფართოდ გამოყენებულ გენს *Sr31*-ს.

2010-2011წლებში ნ.ი. ვავილოვის კოლექციიდან გამორჩეული იქნა ხორბლის ღეროს ჟანგას მიმართ გამძლე გენოტიპები. მათ ჰქონდათ გამძლე რეაქცია(0;) TTKSK რასის მიმართ, გამძლეობას განაპირობებდა გენები: *Sr9a*, *Sr17*, *Sr22*, *Sr24*, *Sr31*, *Sr36* და *Sr44* (Anisimova et al., 2010:37; Gainullin et al., 2013:191)

2008-2009 წლებში მექსიკაში, სადაც დაავადებების მიმართ ხორბლის დაახლოებით 4 ათასი ხაზი შეფასდა, მათგან გამორჩეული იქნა საუკეთესო 184. ამ ხაზებში დაავადების განვითარების ინტენსივობა შეადგენდა 0-30%-ს. მათში გამძლეობის

გენების გამოვლენა მოხდა DNA მარკერებით. მდგრადი გამძლეობა Ug99-ს მიმართ გამოწვეული იყო *Sr2*, *Sr25*, *Sr26*, *SrSha7*, *SrHuw234*, *SrTmp* - გენებით (Asghar et al., 2013:281).

ტაჯიკეთში სასელექციო მასალის შეფასების გზით, მინდვრის პირობებში, იდენტიფიცირებული იქნა გამძლეობის გენები: *Sr10* და *Sr31* (Rahmatov et al., 2013:325).

თურქეთში ახალი გამძლეობის წყაროების გამოსავლენად ხორბლისა და ეგილოფსის ორმოცდაორი სახეობა გამოიკადა ხორბლის ღეროს ჟანგას RTKTC რასის მიმართ და მხოლოდ *Ae. crasa* (TUR01433) აღმოჩნდა გამძლე (Akan et al., 2013:593).

ახლახან ჯიშ Webster-დან იდენტიფიცირებული იქნა Ug99 მიმართ გამძლეობის გენი, რომელიც დროებით აღინიშნა როგორც - *SrWeb*. დადგინდა, რომ ის არის ღეროს ჟანგას *Sr9* გამძლეობის გენის ლოკუსის ალელი და აღინიშნა, როგორც *Sr9h* შედარებითი კარტირებით და ალელიზმის ტესტით დადგინდა აგრეთვე, რომ გენი *SrWeb* წარმოდგენილია Ug99 გამძლე ჯიშ Gabo 56-შიც (Rouse et al., 2014 :1681–1688).

1.2.9. ხორბლის ღეროს ჟანგას კონტროლი

ხორბლის ღეროს ჟანგას კონტროლის რამდენიმე მეთოდი არსებობს: აგროტექნიკური, ქიმიური, ბიოლოგიური და სელექციური. ყველა ამ მეთოდის გამოყენებას საფუძვლად უდევს პათოგენის ბიოლოგიური, გენეტიკური და ეპიდემიოლოგიური თავისებურებების შესწავლა და მიღებული მონაცემების საფუძველზე ხორბლის ღეროს ჟანგასაგან დაცვის სტრატეგიის შემუშავება (Roelfs et.al; 1992: 29-31).

სელექციურ მეთოდს ანუ დაავადებისადმი გამძლე ჯიშების მიღებასა და წარმოებაში დანერგვას განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა, უპირატესობა და ფართო გამოყენება აქვს ღეროს ჟანგას კონტროლის მიზნით. გამძლე ჯიშების მიღება მეტად ხანგრძლივი და უწყვეტად მიმდინარე პროცესია, რადგან პათოგენის პოპულაციაში მუდმივად მიმდინარე ცვლილებები იწვევენ პათოგენის ახალი რასების წარმოქმნას, ისინი სახლდებიან მანამდე გამძლე ჯიშებზე და რამდენიმე წლის (5-10) შემდეგ იწვევენ უკვე მიმღები ჯიშის მოსავლის დიდ დანაკარგებს. აქედან გამომდინარე, ახალი გამძლე ჯიშების მიღების პროცესი მუდმივად წარმოებს მრავალრიცხოვანი და მრავალფეროვანი სასელექციო მასალის სკრინინგის გზით. მსოფლიოს თითქმის ყველა

ქვეყანაში არის შემუშავებული ეროვნული სასელექციო პროგრამები აგროეკოლოგიური პირობების, აგროტექნიკური სისტემებისა და კონკრეტული პათოგენის მოცემულ ტერიტორიაზე გავრცელება-განვითარების თავისებურებების გათვალისწინებით. სელექციური მეთოდის უარყოფითი მხარეა ის, რომ ჯიშმა შეიძლება მალე დაკარგოს გამძლეობის უნარი და აუცილებელი ხდება ქიმიური მეთოდის გამოყენება. ქიმიური მეთოდი დღეს ფართოდ გამოიყენება მთელ მსოფლიოში მიუხედავად იმისა, რომ იგი ძვირია და ეკოლოგიურად არასაიმედო. განსაკუთრებით კარგ შედეგს იძლევა ქიმიური პრეპარატების გამოყენება ღეროს ჟანგას ეპიფიტოტიის განვითარების დასაწყისში.

ასევე ეფექტურია აგროტექნიკური ხერხების გამოყენება დაავადების ნაწილობრივი კონტროლისთვის და მისი კომბინირება ქიმიურ და სელექციური მეთოდებთან.

თავი 2. კვლევის მასალები და მეთოდები

კვლევა მიმდინარეობდა ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიტოპათოლოგიისა და ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტის გამძლეობის გენეტიკის განყოფილებაში, სათბურისა და მინდვრის პირობებში. კვლევების მცირე ნაწილი განხორციელდა მარცვლოვანთა დაავადებების ლაბორატორიაში (მინესოტას უნივერსიტეტი, აშშ). კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევის *Puccinia graminis Pers.f.sp.tritici* საქართველოში გავრცელებული პოპულაცია.

საკვლევ მასალას წარმოადგენდა ხორბლის ღეროს ჟანგას *Puccinia graminis Pers.f.sp.tritici* რასობრივი შემადგენლობის შესწავლის მიზნით გამოყენებული ცალკეული გამძლეობის გენის მატარებელი ჯიშ-დიფერენციატორების და იზოგენური ხაზების საერთაშორისო ნაკრები, ხორბლის ადგილობრივი და ინტროდუცირებული სასელექციო მასალა, კერძოდ, ენდემური სახეობები, სახესხვაობები, ადგილობრივი ჯიშ-პოპულაციები, მიზნობრივი საერთაშორისო სანერგეები, კომერციული და პერსპექტიული ჯიშები და ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევი სოკოვანი მიკროორგანიზმის 350 მონოპუსტულოვანი ანუ მონოსპოროვანი იზოლატი.

ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევის განვითარების მონიტორინგსა და დაავადებული ნიმუშების შეგროვებას ვაწარმოებდით საქართველოს სხვადასხვა აგროეკოლოგიურ ზონაში: კოლხეთის დაბლობი, იმერეთის მაღლობი, შიდა ქართლის ვაკე, ქვემო ქართლის ვაკე, შიდა კახეთის ველი, გარე კახეთის ველი, მესხეთი, ჯავახეთი.

კვლევის ამოცანების შესასრულებლად მრავალი საერთაშორისო კლასიკური და თანამედროვე მეთოდი იქნა გამოყენებული, რომელთა მოკლე აღწერა ქვემოთ არის მოცემული.

2.1. ხორბლის ნათესების გამოკვლევა

ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელების არეალისა და ინტენსივობის, დაავადების განვითარების დონის დადგენისა და დაავადების ნიმუშების შეგროვების მიზნით, აუცილებელია ხორბლის ნათესების გამოკვლევა ხორბლის წარმოების ყველა ზონაში

(Yahyaoui et al.,2003:76-77). ასეთი გამოკვლევები ჩატარდა წინასწარ განსაზღვრული გეგმისა და მარშრუტის შესაბამისად და მოიცავდა ხორბლის ნათესების საერთო ფართობის თითქმის 10%-ს. ხორბლის ნათესი ფართობის გამოკვლევებს ვატარებდით მცენარეთა ვეგეტაციის განმავლობაში, განსაკუთრებით, დაავადების განვითარების კრიტიკულ ფაზებში. ხორბლის სასიცოცხლო ციკლის დინამიკა აღირიცხებოდა ზადოქსის მიხედვით (Zadoks et al.,1974:415-421), განვითარების შემდეგი ფაზების შესაბამისად: თესლის გაღივება, აღმოცენება, ბარტყობა, დათავთავება, ყვავილობა და სიმწიფე. სიმწიფის ფაზა იყოფა სამ ეტაპად: რძისებრი სიმწიფე, სანთლისებრი (ცვილისებრი) სიმწიფე და სრული სიმწიფე. ნათესი ფართობის დათვალიერება ხდებოდა დიაგნალური მიმართულებით. ვათვალიერებდით ნათესის მინდვრის კიდურა, შუალედურ და ცენტრალურ ნაწილებს, სადაც ხუთ სხვადასხვა წერტილში ვიკვლევდით მცენარეების ჯგუფს (15-20 მცენარეს), აღვრიცხავდით დაავადების ძირითად მაჩვენებლებს: გავრცელების სიხშირეს და განვითარების ინტენსივობას.

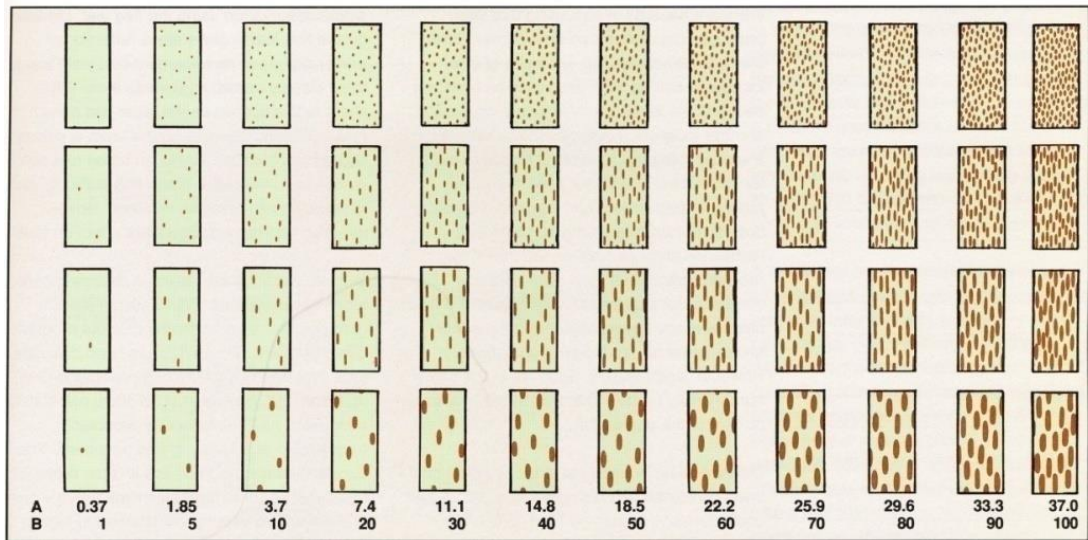
2.2. ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელებისა და განვითარების

ინტენსივობის განსაზღვრა

დაავადების გავრცელების ინტენსივობა - არის დაავადებული მცენარეების რიცხვი გამოხატული პროცენტებში და შეფარდებული გამოკვლეულ მცენარეთა საერთო რიცხვთან. დაავადების გავრცელების ინტენსივობა გამოითვლება შემდეგი ფორმულის მიხედვით: $P = \frac{n \cdot 100}{N}$; სადაც P არის დაავადების გავრცელება მინდორში (%), N - აღრიცხული მცენარეების საერთო რაოდენობა; n - დაავადებული მცენარეების რაოდენობა.

დაავადების განვითარების ინტენსივობის შეფასება კი ხდებოდა დაავადების სიმპტომებით დაფარული ზედა პირველი ფოთლის ფართობის მიხედვით (Yahyaoui et al., 2003:76-77). ამ დროს ვიყენებდით საყოველთაოდ აღიარებულ, პეტერსონის მიერ მოდიფიცირებულ ქობის საერთაშორისო სკალას (სურ.14), რომელშიც მოცემულია ამა თუ იმ დაავადების განვითარების ხარისხი პროცენტებში ან ბალებში (Peterson et

al.,1948:496-500). ინფექციურობის კოეფიციენტი (CI) გამოვთვალეთ მასპინძელი მცენარის რეაქციისა და დაავადების განვითარების ინტენსიურობის მიხედვით.



სურათი 14. პეტერსონის მიერ მოდიფიცირებული ქობის სკალა

დაავადების აღრიცხვის მეთოდის დამოკიდებულია გამომწვევის ბიოლოგიურ თავისებურებებზე და მის ორგანოტროპულ სპეციალიზაციაზე.

2.3. ნიმუშების შეგროვება

ხორბლის დაავადებული ფოთლებისა და ღეროების შეგროვება ხდებოდა ხორბლის ნათესი ფართობების მარშრუტული დათვალიერებისას. საწყისი ნიმუშების შეგროვება ხდებოდა ხორბლის საწარმოო და ჯიშთაგამოცდის ნაკვეთებზე, ასევე ბუნებაში გავრცელებული შუალედურ მასპინძელ მცენარე - კოჩახურზე.

ყველაზე მეტად მიღებულია 4-დან 10-მდე რაოდენობის ნიმუშის (75-100 მმ სიგრძის დაავადებული ღერო ან ფოთლი) შეგროვება. ერთი და იგივე ჯიშის ფართობიდან, მიუხედავად ფართობის სიდიდისა კი საკმარისია 3 ნიმუშის შეგროვება. მშრალი ნიმუშები უნდა დაიკეცოს, ნიმუშის უკეთ გასაშრობად სასურველია ღეროებს ხალთა მოვაცილოთ. შემდეგ ნიმუშები თავსდება თხელი პერგამენტის ქაღალდის კონვერტებში. დაუშვებელია შეგროვებული მასალის პლასტმასის, წყალგაუმტარ ან სხვა მძიმე ჩანთებში შენახვა, რათა არ მოხდეს მისი დატენიანება და ლპობა. დაავადებულ ნიმუშებს მცენარის საღი ნაწილები რაც შეიძლება მცირე რაოდენობით უნდა გაჰყვეს, რათა გამოირიცხოს ნიმუშების დატენიანება. თუ ნიმუშის აღებისას

ხდება ხორბლის ინფიცირებული თავთავის აღებაც, ის უნდა მოთავსდეს ცალკე ჩანთაში ან კონვერტში. თუ ნიმუშის აღებისას მცენარეები სველია, შეგროვებული მასალა უნდა მოთავსდეს საშრობ ქაღალდებს შორის ან გაშრეს ისინი ოთახის ტემპერატურაზე (18-25°C) (Gilchrist-Saavedra et al; 1997:1-2).

2.4. დაავადების გამომწვევის გამოყოფა

ნიმუშის აღებიდან 3-5 დღის განმავლობაში ხდებოდა მისგან სოკოს გამოყოფა. ამისათვის ხორბლის ინფიცირებული ნაწილები რამდენიმე საათით თავსდებოდა სველი ფილტრის ქაღალდით ამოფენილ პეტრის ჯამში. სპორების აღება ხდებოდა სკალპელით და სპორების წყლიანი სუსპენზიით ხორციელდებოდა ხორბლის 7-დღიანი აღმონაცენის დასენიანება. ინოკულაციიდან 7-10 დღის შემდეგ, იწყებოდა სპორების შეგროვება. საკვლევი აღმონაცენების ჟანგას სხვა სახეობით ან ნაცრით დასენიანების შემთხვევაში, ხდებოდა ღეროს ჟანგათი დაავადებული მონაკვეთების გამორჩევა და პათოგენის ხელმეორედ გამოყოფა მანამ, სანამ სუფთა სახით არ მიიღებოდა ღეროს ჟანგა (Browder, 1971:51).

2.5. ხორბლის აღმონაცენის მიღება

სოკოს კლონური კულტურის გამოყოფის, სპორების გამრავლებისა და ნიმუშების იმუნოლოგიური შეფასებისას გამოიყენებოდა ხორბლის აღმონაცენი, რომლის მისაღებადაც 8სმ დიამეტრის პლასტმასის ქოთნების შევსება ხდებოდა წინასწარ მომზადებული განოყიერებული მიწით და პინცეტით 0.8სმ სიღმეზე ითესებოდა 5-7ცალი გაღვივებული თესლი.

დანომრილი ქოთნები თავსდებოდა კიუვეტებზე (44x23სმ), რომელიც თავის მხრივ შევსებული იყო კნოპის საკვები ხსნარით. ამ მეთოდით დათესვიდან მე-6-8 დღეს მიიღებოდა ხორბლის ნორმალური აღმონაცენი.

2.6. მონოპუსტულოვანი იზოლატების მიღება

სოკოს პოპულაციის ვირულენტური სტრუქტურის შესასწავლად გამოიყენება კლონური კულტურები. კერძოდ, მონოეციალური და მონოურედინიალური იზოლატები მიიღებოდა ლიტერატურაში აღწერილი მეთოდის გამოყენებით (Newton et

al.,1932:1-60). კერძოდ, სუსტი სპოროვანი წყლის სუსპენზიით ხორბლის აღმონაცენის ინოკულაციიდან რამდენიმე დღეში ინფიცირებული აღმონაცენის ფოთოლზე გაფანტული ურედინიების გამოჩენისთანავე, თითოეულ ფოთოლზე რჩებოდა მხოლოდ ერთი ურედინია (ერთი პუსტულა) და ფოთოლი თავსდებოდა მინის მილში იზოლაციისათვის. მომწიფების შემდეგ, თითოეული ურედინია ფრთხილად, ლანცეტის მეშვეობით ცალ-ცალკე გადაიტანებოდა „საათის შუშაზე“, 2-3 წვეთ წყალში. მიღებული სუსპენზიით ხდებოდა ხორბლის აღმონაცენის დასენიანება. ცალკეული კლონებით (იზოლატებით) ინფიცირებული მცენარეები თავსდებოდა ცალკეულ მინის იზოლატორში.

2.7. სპორების შეგროვება

ინოკულაციიდან მე-7-10 დღეს, როგორც კი ურედინია გაარღვევს ეპიდერმისს, შესაძლებელია სპორების შეგროვება სპეციალურ იზოლატორში მოთავსებული მცენარეებიდან. მომწიფებული ურედინიებით დაფარული ფოთლის ფირფიტები რიგ-რიგობით თავსდება სინჯარაში და მის კედლებზე პინცეტის ფრთხილი დაკაკუნებით სპორები ჩაიბერტყება სინჯარაში. შემდეგ ხდება სინჯარის თავის დაცობა და ეტიკეტირება, მონოიზოლატის ნომრისა და შეგროვების თარიღის მითითებით. ყოველი კლონის ჩაფერთხვის წინ სპირტით ხდება ხელებისა და ინსტრუმენტების დამუშავება. სპორების შეგროვება შეიძლება სამ-ოთხჯერ, ინოკულაციიდან 15 დღის განმავლობაში (Roelfs et.al; 1992: 32). საკმარისი რაოდენობით სპორების შეგროვების შემდეგ ხდება დარჩენილი მცენარეების, ნიადაგისა და ქოთნების გაუვნებელყოფა ბიოუსაფრთხოების წესების შესაბამისად.

2.8. სპორების გადამრავლება ანუ ინოკულუმის დაგროვება

დეროს ჟანგას ინოკულუმს წარმოადგენს სოკო *P. graminis*-ის სპორები. ექსპერიმენტების დროს ინოკულუმი საჭიროა პათოგენის რასობრივი თუ ფენოტიპური სტრუქტურის და სასელექციო მასალების იმუნოლოგიური შეფასებისათვის. სპორების გადამრავლება ხდებოდა ძალიან მიმღებ ჯიშზე-მოროკოზე. მნიშვნელოვანია ინოკულუმის სისუფთავე და გამოყოფილი იზოლატების შენარჩუნება მთელი წლის განმავლობაში. მინდვრის ინოკულაციისათვის საჭიროა ინოკულუმის დიდი

რაოდენობა, რაც მოითხოვს დაავადებული ნიმუშებიდან დაავადების გამომწვევის გამოყოფას, გადამრავლებას და მისი ხანმოკლე თუ ხანგრძლივი დროით შენახვას.

ინოკულუმი შეიძლება შეგროვდეს პირდაპირ მინდორში, მაგრამ ეს არის ყოველთვის უცნობი პათოტიკების ნარევი, რაც არასასურველია. სათბურის პირობებში ზრდასრულ მცენარეებზე ინოკულუმის დაგროვებისას მნიშვნელოვანია მიმდებარე ჯიშების შერჩევა, იზოლაციის დაცვა, ტენის შენარჩუნება და სანიტარიის სტანდარტული წესების დაცვა (Roelfs et. al; 1992:31).

2.9. სპორების შენახვა

სპორების შენახვის მრავალი მეთოდი არსებობს შენახვის ვადის და სპორების რაოდენობის მიხედვით. ცდების მიმდინარეობისას სინჯარებში მოთავსებული სპორები ინახებოდა დესიკატორში ან დალუქული - ჰერმეტიკულად დახურულ სპეციალურ ჭურჭელში. ინფიცირებული გამშრალი ღეროს ან ფოთლის სახით ურედინიასპორების მაცივარში შენახვა შესაძლებელია რამდენიმე კვირის განმავლობაში. სპორების ორ თვეზე მეტი ხანგრძლივობით შენახვის წინ თავსდება სინჯარებით 96%-იანი გოგირდმჟავიანი ან კალციუმის ქლორიდიან ექსიკატორში სამი დღით, შემდეგ სპორები გადაგვქონდა მინის სპეციალურ ამპულაში ან პლასტმასის კონტეინერებში. ურედინიასპორების შენახვა ოთახის ტემპერატურაზე შეიძლება მოკლე დროით, რაც სპორების ტენიანობაზე არის დამოკიდებული. სპორების შენახვის პერიოდი იზრდება მისი გამოშრობისა და 20-30% ტენიანობის შენარჩუნების შემთხვევაში (Rowel 1984:291-332). უფრო მეტი ხნით შენახვის მიზნით მშრალ სპორებიან მინის ამპულებს ვლუქავდით სპირტქურის ალზე და ვინახავდით მაცივარში 4-8°C-ზე. ასეთი სახით სპორები შეიძლება შევინახოთ ერთი წლის განმავლობაში. შენახული სპორების განახლების დროს აუცილებელია მათი ნელი რეჰიდრატაცია სამი საათის განმავლობაში ვირულენტური თვისებების ამაღლების მიზნით (Roelfs et. al; 1992:34-35).

2.10. ინოკულაციის მეთოდები

სოკოს გამოსაყოფად და კლონების გადასამრავლებლად, 5-8 დღიანი ხორბლის აღმონაცენის ხელოვნურად დასენიანება ხდება სხვადასხვა მეთოდით. აღმონაცენის

ხელოვნურად დასენიანება შეიძლება მოხდეს მშრალი სპორების შეფრქვევით, სპორების ფუნჯის საშუალებით გადატანით მასპინძელ მცენარეზე, ზრდასრულ მცენარეებში ნემსით ინექციის და ინოკულუმის სუსპენზიის შესხურების გზით. მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია ინოკულაციის მიზანზე, საინოკულაციო მცენარეების რიცხვზე, არსებული ინოკულუმის რაოდენობაზე და გარემო პირობებზე. ინოკულაციის წინ აუცილებელია შენახული სპორების სიცოცხლისუნარიანობის შემოწმება. ამისათვის ბიომასალას ვათავსებდით წყლიან ექსიკატორში 15სთ-ის განმავლობაში ოთახის ტემპერატურაზე. შემდეგ მცირე რაოდენობით სპორას ვათავსებდით სასაგნე მინაზე, 1-2 წვეთ წყალში, ვაჩერებთ 20სთ-ის განმავლობაში და ვითვლიდით გაღივებულ სპორებს. წარმატებული ინოკულაციისთვის სასურველია მასალაში იყოს გაღივებული სპორები არანაკლებ 300-სა და სპორებს ჰქონდეს დიამეტრზე მეტი ღვივის სიგრძე. ინოკულაციის პერიოდში, არასაკმარისი ტენიანობის პირობებში შეიძლება მოხდეს სპორის გაღივება, მაგრამ არ მოხდეს მცენარის ინფიცირება (Stubbs et al. 1986:46).

სათბურის პატარა ცდებში ინოკულაცია ტარდებოდა ხელით. კერძოდ, მცენარის ინფიცირებული ნაწილიდან სკალპელით აფხევილი სპორები თავსდებოდა წყლიან სასაგნე მინაზე, შემდეგ ისევ სკალპელის დახმარებით სასაგნე მინიდან ხდებოდა სუსპენზიის რამდენიმე წვეთის აღება და ჯანსაღი ხორბლის ფოთლებზე გადატანა. შემდეგ ინფიცირებული მცენარეები თავსდებოდა ნოტიო კამერაში, სადაც ტენიანობა 90%-ს შეადგენდა. ინოკულაციის გავრცელებული მეთოდია სპორების წყლიანი სუსპენზიის შესხურება პულვერიზატორით ან სასხური აპარატის გამოყენებით. ამ დროს სპორებს ემატება დამატენიანებელი აგენტი-დისტილირებული წყალი და დეტერგენტი ტვინ 20. ეს უკანასკნელი აუცილებელია ფოთლის ზედაპირზე სპორების დიდი ხნით დამაგრებისათვის. შესხურება აღმონაცენის ან ზრდის ნებისმიერ ფაზაში რეკომენდებულია მოხდეს მინდორში გვიან საღამოს, ნამის ფორმირების შემდეგ (Rowell, 1984:317-318).

ჯიმ-დიფერენციატორებისა და იზოგენური ხაზების ნაკრების ინოკულაცია ტარდებოდა სათბურის პირობებში 1-2 ფოთლის ფაზაში კომპრესორის ხაზის პულვერიზატორით, ორკვირიანი კლონური კულტურის სუსპენზიის შესხურებით. სუსპენზიას ემატებოდა დეტერგენტ-Twin 20 ან Twin 60 (1-2 წვეთი 1ლ წყალზე).

მინდვრის პირობებში მოზრდილი მცენარების ინოკულაცია ზოგჯერ ტარდებოდა მშრალი სპორების ტალკთან ნარევის (1:40 ან 1:100) შეფრქვევითაც (Roelfs et. Al., 1992:36-42).

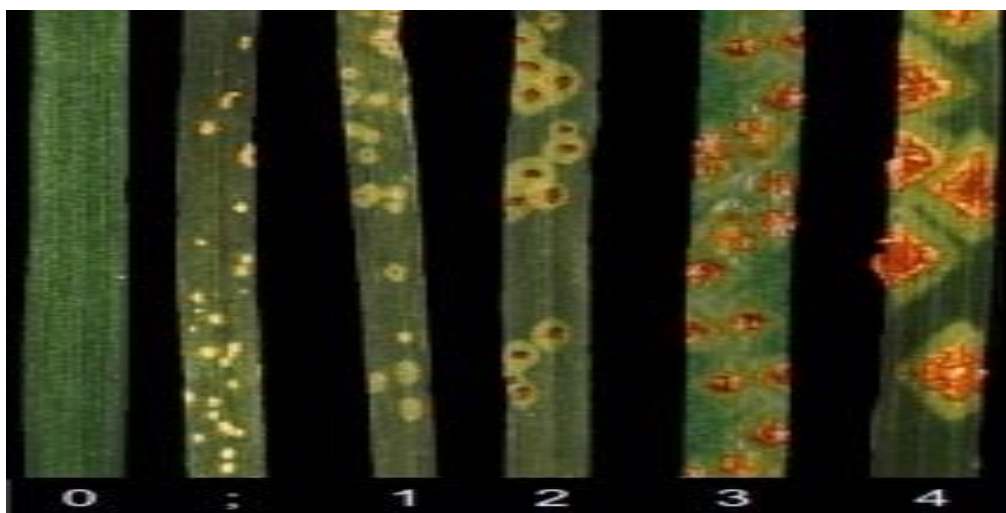
2.11. ღეროს ჟანგას ვირულენტობის გენური სტრუქტურის ანალიზი

ფიტოპათოლოგიური სოკოების ვირულენტობისა და მასპინძელი-მცენარის გამძლეობის მემკვიდრეობით გადაცემის კანონზომიერებათა გენეტიკური ანალიზის როგორც უკვე იყო აღნიშნული, საფუძვლად უდევს ამერიკელი მეცნიერის ფლორის ჰიპოთეზა „გენი გენზე“ (Flor, 1971:275-296), რომლის მიხედვითაც მცენარის გამძლეობის ყოველ გენს პათოგენის ავირულენტობის გენი შეესაბამება. სხვადასხვა პათოგენის შემთხვევაში სხვადასხვა მეთოდი გამოიყენება, თუმცა ყველა მათგანი ეფუძნება დიფერენციატორი მცენარეების საპასუხო რეაქციას პათოგენის მონოსპოროვანი იზოლატებით ინოკულაციაზე. რეაქციის ტიპების აღრიცხვა ხდება ბალებში სხვადასხვა საერთაშორისო სკალის მიხედვით. არსებობს როელფის (Roelfs et al, 1992:2-69), სტეკმანის (Stakman et al., 1962:5-50) სკალა, სადაც გამოიყოფა რეაქციის ტიპები: იმუნური, ძლიერ გამძლე, საშუალოდ გამძლე, ძლიერ მიმღები, საშუალოდ მიმღები და ჰეტეროგენული (ცხრ.3, სურ.15).

ცხრილი 3. რეაქციის ტიპის აღრიცხვა სტეკმანის სკალის მიხედვით

ინფექციის ტიპი	რეაქციის ტიპი	ინფექციის ტიპის აღწერა
0	იმუნური	არ არის ინფექცია
;	იმუნური	ჰიპერმგრძობიარე ნეკროზული ან ქლოროზული კვალი
1	ძალიან გამძლე	პატარა ზომის ურედინია ნეკროზით გარშემორტყმული
2	საშუალოდ გამძლე	მცირე და საშუალო ზომის ურედინია გარშემორტყმული ქლოროზით ან ნეკროზით - ე.წ მწვანე კუნძული

3	საშუალოდ მიმღები	საშუალო ზომის ურედინიები რომლებიც შეიძლება დაკავშირებული იყოს ქლოროზით
4	მიმღები	დიდი ზომის ურედინია ქლოროზების გარეშე
X	ჰეტეროგენული	სხვადასხვა ზომის ურედინიების გაფანტულად არსებობა ერთ ფოთოლზე
Y	ჰეტეროგენული	სხვადასხვა ზომის ურედინიების მოწესრიგებულად არსებობა, დიდი ზომის ურედინიები ფოთლის ფუძეზე
Z	ჰეტეროგენული	სხვადასხვა ზომის ურედინიების არსებობა, დიდი ზომის ურედინიები ფოთლის წვერზე



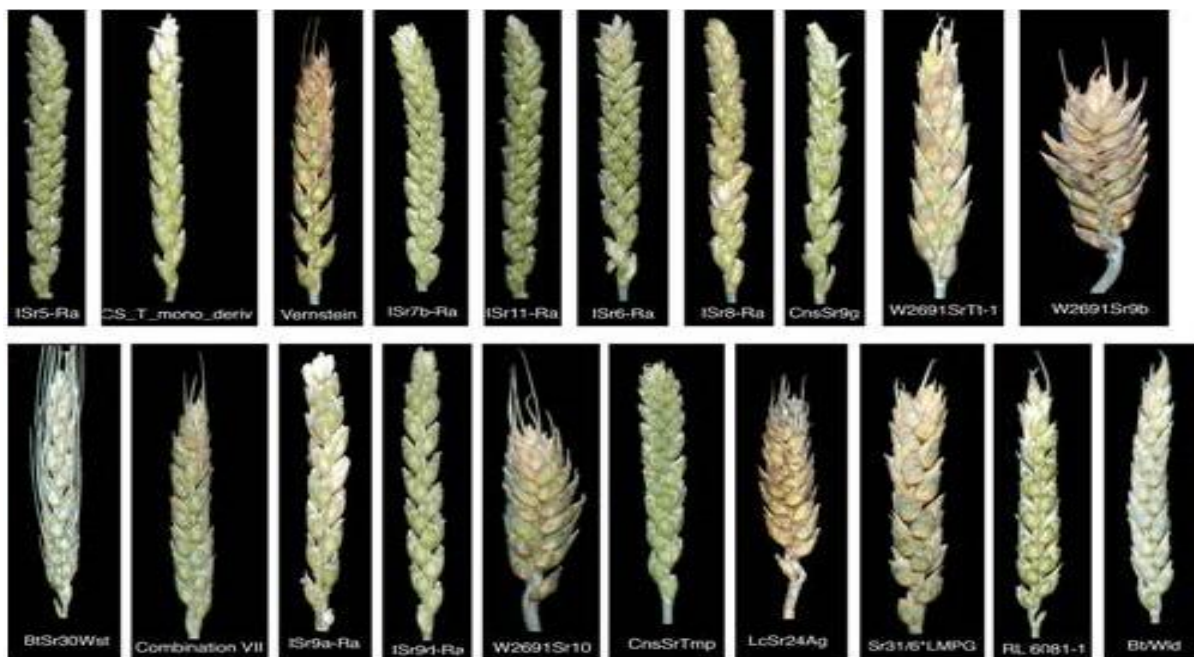
სურათი 15. ღეროს ჟანგას ინფექციის ტიპები

2.12. *Puccinia graminis Pers.f.sp.tritici*-ის რასების იდენტიფიკაციის მეთოდი

ღეროს ჟანგას გამომწვევის *Puccinia graminis Pers.f.sp.tritici* რასების იდენტიფიკაციის მიზნით გამოვიყენეთ ცალკეული გამძლეობის გენების შემცველი 20 იზოგენური ხაზისგან შედგენილი საერთაშორისო ნაკრები, (ცხრ.4 სურ.16): რომელიც დღეისათვის ფართოდ გამოიყენება მთელ მსოფლიოში.

ცხრილი 4. ხორბლის ღეროს ჟანგას საერთაშორისო დიფერენციატორების ნაკრები

N	დიფერენციატორები	გამპლეობის გენები
1	ISr5-Ra	<i>Sr 5</i>
2	CnS_o_deriv	<i>Sr 21</i>
3	Vernsatine	<i>Sr 9e</i>
4	ISr7b-Ra	<i>Sr 7b</i>
5	ISr11-Ra	<i>Sr 11</i>
6	ISr6-Ra	<i>Sr 6</i>
7	ISr8a-Ra	<i>Sr 8a</i>
8	CnSr9g	<i>Sr 9g</i>
9	W2691SrTt-1	<i>Sr 36</i>
10	W2691Sr9b	<i>Sr 9b</i>
11	BtSr30Wst	<i>Sr 30</i>
12	Combination VII	<i>Sr 17</i>
13	ISr9a-Ra	<i>Sr 9a</i>
14	ISr9d-Ra	<i>Sr 9d</i>
15	W2691Sr10	<i>Sr 10</i>
16	CnsSrTmp	<i>Sr Tmp</i>
17	LcSr24Ag	<i>Sr 24</i>
18	Sr31/6*LMPG	<i>Sr 31</i>
19	Trident	<i>Sr 38</i>
20	McNair 701	<i>Sr McN</i>



სურათი 16. ხორბლის ღეროს ჟანგას 20 დიფერენციალური ხაზი

რასების იდენტიფიკაცია ხორციელდება ჩრდილოეთ ამერიკული ნომენკლატურის საერთაშორისო სისტემის (ცხრ.5) გამოყენებით დიფერენციატორებზე ცალკეული იზოლატებისადმი საპასუხო რეაქციის აღრიცხვის შედეგად (Jin et al.,2008).

ცხრილი 5. ღეროს ჟანგას რასების იდენტიფიკაციის ჩრდილოეთ ამერიკული ნომენკლატურის საერთაშორისო სისტემა

Pgt კოდი	ქვენაკრები	ღეროს ჟანგას ინფექციის ტიპი			
		დიფერენციატორები			
1	5	21	9e	7b	
2	11	6	8a	9g	
3	36	9b	30	17	
4	9a	9d	10	Tmp	
5	24	31	38	McN	

B		დაბალი	დაბალი	დაბალი	დაბალი
C		დაბალი	დაბალი	დაბალი	მაღალი
D		დაბალი	დაბალი	მაღალი	დაბალი
F		დაბალი	დაბალი	მაღალი	მაღალი
G		დაბალი	მაღალი	დაბალი	დაბალი
H		დაბალი	მაღალი	დაბალი	მაღალი
J		დაბალი	მაღალი	მაღალი	დაბალი
K		დაბალი	მაღალი	მაღალი	მაღალი
L		მაღალი	დაბალი	დაბალი	დაბალი
M		მაღალი	დაბალი	დაბალი	მაღალი
N		მაღალი	დაბალი	მაღალი	დაბალი
P		მაღალი	დაბალი	მაღალი	მაღალი
Q		მაღალი	მაღალი	დაბალი	დაბალი
R		მაღალი	მაღალი	დაბალი	მაღალი
S		მაღალი	მაღალი	მაღალი	დაბალი
T		მაღალი	მაღალი	მაღალი	მაღალი

ღეროს ჟანგას პოპულაციის ფენოტიპური და გენოტიპური დიფერენციაციის რეალური და სრული სურათის მისაღებად ჯიშ-დიფერენციატორების პარალელურად იყენებენ, აგრეთვე, ხორბლის სხვა მონოგენური ხაზების ნაკრებს, სადაც წარმოდგენილია დღეისათვის იდენტიფიცირებული მნიშვნელოვანი ცალკეული გამძლეობის გენები. ამ ნაკრების საფუძველზე ხდება იდენტიფიცირებული პათოტიპების და ფენოტიპების ჩაწერა გრინის (Green,1981:33-39) ვირულენტობის

ფორმულის მიხედვით, სადაც წილადის მარცხენა მხარეს ავირულენტური გენებია მოცემული და მარჯვენა მხარეს - ვირულენტური გენები.

2.13. პათოგენის პოლიმორფიზმის შესწავლა მოლეკულური მარკერებით

2.13.1. ერთ-ნუკლეოტიდური პოლიმორფიზმის (SNP – single nucleotide polymorphism) გენოტიპირების მეთოდი.

უკანასკნელი ორი ათეული წლის განმავლობაში შექმნილია ცოცხალი ორგანიზმების დნმ-ის შესწავლის ახალი ტექნოლოგიები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება მცენარეთა ევოლუციის პროცესების შესასწავლად. დნმ-ის პოლიმორფიზმის დადგენის ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური მეთოდია ერთ-ნუკლეოტიდიანი პოლიმორფიზმების (SNP)-ის განსაზღვრა (Brookes, 1999:177-188). ამ შემთხვევაში ხდება დნმ-ის ჯაჭვზე აღნიშნული პოლიმორფიზმის ადგილის აღმოჩენა. ერთი და იგივე სახეობის ზოგიერთ პოპულაციაში, იშვიათად (1%-ზე ნაკლები სიხშირით) წერტილოვანი მუტაციების გამო, ადგილი აქვს დნმ-ის თანმიმდევრობაში ერთი ანოტოვანი ფუძის მეორეთი ჩანაცვლებას ანუ განსხვავებული ალელების წარმოშობას. SNP-ის სკრინინგი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს სხვადასხვა მულტიფაქტორულ პათოლოგიებისადმი ანუ მუტაციებისადმი მემკვიდრეობითი განწყობა და გაკეთდეს მოცემული ცვლილებებისადმი მოსალოდნელი პროგნოზი. SNP-ის, როგორც მოლეკულური მარკერის, გამოყენება მოსახერხებელია, რადგან მუტაციების დონე ძალიან დაბალია (თაობაზე 10^{-8}). მას შემდეგ, რაც შეიქმნა SNP-ის მდიდარი მონაცემთა ბაზა სხვადასხვა პათოლოგიებისთვის, მათ შორის, ხორბლის ღეროს ჟანგასთვისაც, ეს ტექნოლოგია ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ნიშნის გენოტიპირების მიზნით.

არსებობს SNP-ის აღმოჩენის სხვადასხვა მეთოდი (ფერმენტული, ქიმიური, ქრომატოგრაფიული, ფიზიკური და სხვა). (Бородина, 2016).

უკანასკნელ პერიოდში დნმ-ის თანმიმდევრობების გასაშიფრად მეცნიერებმა დაიწყეს Illumina (სექვენირების, გენოტიპირებისა და გენის ექსპრესიის შესასწავლი ხელსაწყოების კომპანია) სექვენატორების გამოყენება. ეს მეთოდი სწრაფია, მაგრამ აქაც მთავარ ნაკლს წარმოადგენს მხოლოდ ძალიან მოკლე ფრაგმენტების (არაუმეტეს 100 ნუკლეოტიდიანი) წაკითხვის შესაძლებლობა.

მეთოდი სამ სტადიას მოიცავს: ფრაგმენტების ბიბლიოთეკების შექმნა, კლასტერების გამოყოფა და საკუთრივ სექვენირება.

პირველ ეტაპზე, სექვენირებული გენომიდან ან ნებისმიერი სხვა წყაროდან მიღებული დნმ-ის ფრაგმენტების ბიბლიოთეკის შექმნა ხდება. დნმ-ის მოლეკულა ულტრაბგერების ან სპეციალური ფერმენტების მეშვეობით იშლება რამდენიმე ასეული თანმიმდევრობის სიგრძის შემთხვევით ფრაგმენტებად. ამ ფრაგმენტებიდან ექსპერიმენტატორის მიერ აირჩევა საჭირო სიგრძის ფრაგმენტები, რომელთა ორივე ბოლოზე სხვადასხვა ადაპტორული თანმიმდევრობის - პრაიმერების კოვალენტური მიერთება წარმოებს.

შემდეგ ეტაპზე, მიღებული ხსნარი გადაიტანება სპეციალურ მიკროჩიპზე. დნმ-მიკროჩიპები, ელექტრონული მიკროსქემის ანალოგიით შექმნილი ხელსაწყოა. მოლეკულურ ბიოლოგიაში მიკროჩიპები გამოიყენება გენის ექსპრესიისა და მუტაციების გამოვლენის მიზნით. მიკროჩიპები მზადდება მინის ან სილიკონისგან, რომელზეც ქიმიურად „მიკერებულია“ ადაპტორული თანმიმდევრობების (პრაიმერების) კომპლემენტური დნმ-ფრაგმენტები. აქ გენომური დნმ-ის უბნები ადაპტორული თანმიმდევრობების მეშვეობით ემაგრება დნმ-ის მოლეკულებს მიკროჩიპზე. დნმ-პოლიმერაზას კატალიზური აქტივობა ხელს უწყობს ყველა ამ ფრაგმენტის მეორე, კომპლემენტური ჯაჭვის აგებას, რომელიც უკვე კოვალენტურად იქნება დაკავშირებული პრაიმერთან. ისინი უკავშირდება ერთმანეთს და აიგება მეორე ჯაჭვი. ეს პროცესი რამდენჯერმე მეორდება, რის შემდეგაც დნმ-ის მოლეკულას მოკვეთენ ერთ-ერთი ტიპის პრაიმერს. ეს წარმოქმნის ერთი ტიპის ჯაჭვების შემცველ კლასტერებს. ამ თანმიმდევრული რეაქციების შედეგად, მიკროჩიპზე წარმოიქმნება მილიონობით ასეთი კლასტერი.

მესამე ეტაპზე კლასტერებს ემატება პრაიმერები (ადაპტორული თანმიმდევრობების კომპლემენტური) და ხდება მათი დაკავშირება. ამის შემდეგ ემატება დნმ-პოლიმერაზა და სპეციალურად მოდიფიცირებული ნუკლეოტიდები. თითოეული ნუკლეოტიდი ფლუორესცენტულად, სხვადასხვა ფერითაა მონიშნული. ამის შემდეგ ხდება სინთეზის ბლოკირება. ნუკლეოტიდები კომპლემენტურობის წესით უკავშირდებიან დნმ-ის მოლეკულას. შემდეგ კამერა ახდენს სკანირებას და ყოველ

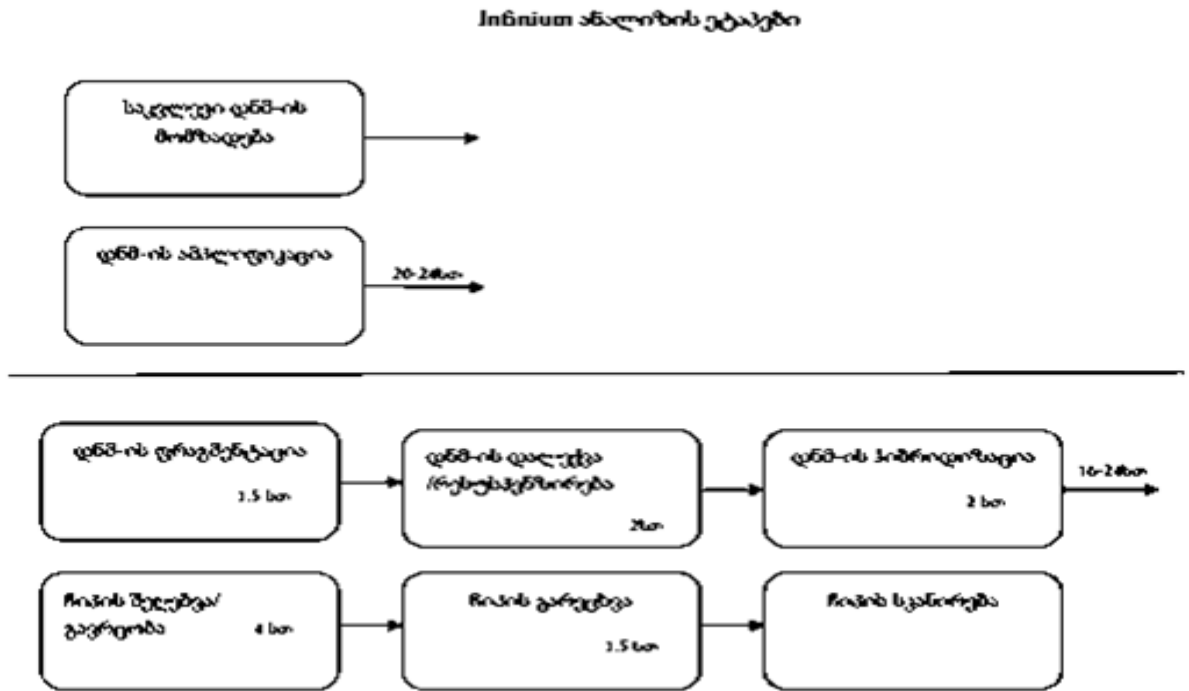
კლასტერში ჩნდება სპეციფიკური ფლუორესცენციული ნათება. ამ სპეციფიკური ნათებით შესაძლებელია იმის გარჩევა, თუ რომელი ნუკლეოტიდი ჩაერთვება პოლინუკლეოტიდურ ჯაჭვში. მომდევნო პროცედურა მოიცავს ნუკლეოტიდებიდან ფლუოროფორის მოხლეჩის რეაქციებსა და პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვის შემდეგი სინთეზის ბლოკირებას.

აღნიშნული პროცედურა კვლავ მეორდება. წარმოებს მიკროჩიპის სკანირება, რათა შესაძლებელი იყოს იმის განსაზღვრა, თუ რომელი ნუკლეოტიდი რომელ კლასტერს მიუერთდა და ა.შ. ამ გზით, ყოველ კლასტერში 100-მდე ნუკლეოტიდის სექვენირებაა შესაძლებელი. ასეთი კლასტერების რაოდენობა კი ასობით მილიონს შეადგენს. საბოლოო ჯამში, ათობით მილიარდი ნ.წ.-ის სექვენირება ხდება (ხუხუნიაშვილი, 2015:425-430)

წარმოდგენილ კვლევაში გამოყენებული იქნა კომპანია „Illumina“-ს მიერ შემუშავებული (Illumina, San Diego, CA) Infinium Assay მეთოდი და SNP-ის გენოტიპირება ღეროს ჟანგას პოპულაციაში განხორციელდა „Illumina“ სტანდარტული პროტოკოლის მიხედვით(support.illumina.com/content/dam/.../inf_hd_super_assay_ug_11322427_rev.c.pdf).

თავდაპირველად ამერიკელი კოლეგების ძალისხმევით, GoldenGate assay მეთოდის საფუძველზე შეიქმნა ხორბლის ღეროს ჟანგას ე.წ. BeadChip (PgtSNP 1.5k chip), რომელზეც ჩატვირთულია ღეროს ჟანგას ერთნუკლეოტიდური პოლიმორფიზმები (48-დან 3077). შემდგომში ეს ჩიპი გამდიდრდა მონაცემებით და ღეროს ჟანგას საქართველოში გავრცელებული პოპულაციის კვლევისას გამოყენებული იქნა Pgt SNP 3.0k chip. მიკროჩიპი შეიძლება შეიცავდეს ზონდების სახით წარმოდგენილ ათასობით დეზოქსი-ოლიგონუკლეოტიდებს, რომლებიც მიკროსკოპული წერტილების სახით არის დაჯგუფებული და ზონდი ჩამაგრებულია მინის მყარ საყრდენზე. კომპანია Illumina-ს მიერ დამზადებულ ჩიპებში ზონდი დამაგრებულია მძივის მსგავს კვარცის მიკროსკოპულ მარცვლებზე. ყოველი მარცვალი დაფარულია ათასობით სპეციფიკური ოლიგონუკლეოტიდური თანმიმდევრობების ასლებით, რომელთა საშუალებით ხდება საკვლევი დნმ-ის ჰიბრიდიზაცია.

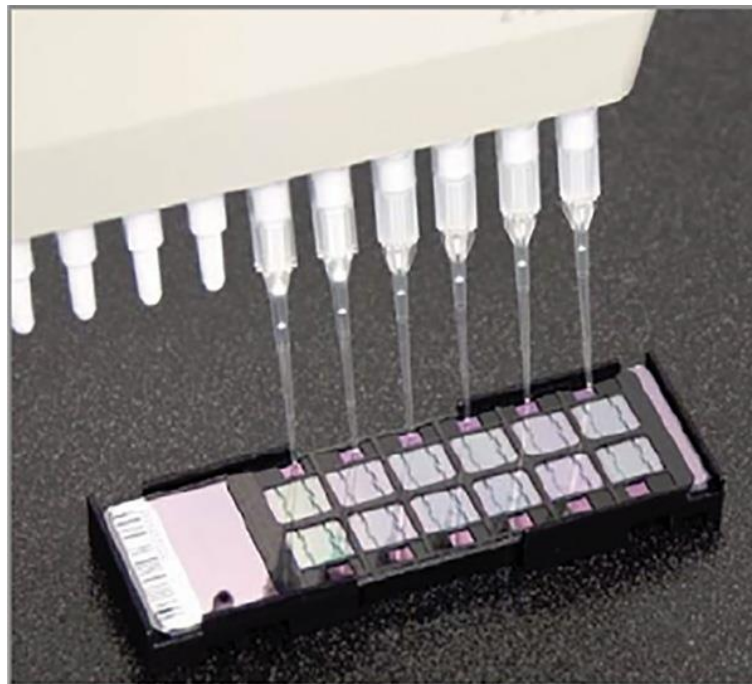
აღნიშნული მეთოდით კვლევა ტარდებოდა ეტაპობრივად (სურ.17): თავდაპირველად სპეციალური ნაკრების გამოყენებით მოხდა დნმ-ის გამოყოფა ცალკეული მონოურედინიალური იზოლატიდან არანაკლებ 200 მკლ ოდენობით; დნმ-ის ამპლიფიკაციისთვის მომზადება (დნმ-ის დენატურაცია და ნეიტრალიზაცია); დნმ-ის ამპლიფიკაცია (შედეგად მიიღება MSA1 ფირფიტა ამპლიფიცირებული დნმ-ით); დნმ-ის ფრაგმენტაცია ენზიმების გამოყენებით; დნმ-ის პრეციპიტაცია ანუ დალექვა იზოპროპანოლის გამოყენებით და დნმ-ის ფრაგმენტების ცენტრიფუგირება; დნმ-ის რესუსპენდირება საჰიბრიდიზაციო ბუფერში ანუ დნმ-ის ჰიბრიდიზაცია; დნმ-ის გადატანა სტანდარტულ ჩიპზე, სადაც ხდებოდა საკვლევი დნმ-ის ინკუბირება ჩიპის ზონდებთან (სურ.18).



სურათი 17. SNP ანალიზის ეტაპები

საკვლევ ნიმუშში ზონდის კომპლემენტარული თანმიმდევრობის არსებობისას, საკვლევ დნმ-ში ხდებოდა ამ კომპლემენტარული უბნების გენოტიპირება; ჩიპიდან არასპეციფიკური დნმ-ის გამორეცხვა, ჩიპის შეღებვა სპეციფიური ხსნარებით და ბოლოს ჰიბრიდული ნიმუშის ვიზუალიზაცია. კვლევის შედეგების დეტექცია ხდებოდა

სპეციალურ მოწყობილობაზე - iScan სკანერზე ლაზერის საშუალებით. BeadChip-ის დასკანერების შედეგად ლაზერი აღიზიანებს რა ნუკლეოტიდების ფლუოროფორს, იწვევდა სხვადასხვა ფერის ნათებას SNP-ის ლოკუსებში. წარმოქმნილი ფრუორესცენტული ნათების შედეგად ხდებოდა მაღალი რეზოლუციის გამოსახულების ჩაწერა. სპეციალური კომპიუტერული პროგრამა - GenoneStudio Genotyping Module-ის საშუალებით ავტომატურ რეჟიმში შესაძლებელი გახდა გენოტიპირების შედეგების ვიზუალიზაცია, აღრიცხვა და ანალიზი.



სურათი 18. საკვლევი დნმ-ის გადატანა BeadChip-ზე

2.14. მცენარეების იმონოლოგიური შეფასება

ზრდასრულ ფაზაში მცენარეთა გამძლეობის დონის შესწავლის მიზნით, გამოსაცდელ ნიმუშებს მინდორში ვთესავდით ინფექციურ და საკონტროლო ანუ ფუნგიციდით დაცულ დანაყოფზე 3-ჯერადი განმეორებით, როგორც 1 მეტრიან რიგებად, ისე ბლოკების სახით, რომელთა ფართობი 1 კვ. მეტრი და მეტია. თესვის ნორმა ერთ მეტრიან რიგში 100-130 თესლი იყო. ყოველი 10-20 ნომრის შემდეგ, ითესება ჯიში-სტანდარტი და სასიგნალო მიმღები ჯიში.

ინფექციური ფონი არის გამძლეობის სელექციის საფუძველი. წარმატებული ინოკულაციისათვის აუცილებელია შემდეგი ფაქტორები: მიმღებიანი მასპინძელი-მცენარე, ინფექციური მასალის ოპტიმალური რაოდენობა, ხელსაყრელი გარემო პირობები (ჰაერის ოპტიმალური ტემპერატურა და ტენიანობა). რადგან ბუნებრივი ინფექციური ფონის არსებობა მრავალ გარემო ფაქტორზეა დამოკიდებული, პირველ რიგში კი საწყისი ინოკულუმის არსებობაზე, ხშირად აღნიშნული მიზეზების გამო, ბუნებრივი ინფექცია არ არის. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია ხელოვნური ინფექციური ფონის შექმნა, რაც აჩქარებს სელექციის პროცესს (Аншилогова и др., 2000).

ინფექციური ფონის შექმნისას, ხელოვნურად ინფიცირებული საცდელი ნაკვეთები უნდა იყოს 10 კმ-ით დაშორებული საწარმოო ნათესებიდან და ტყის მასივით შემოსაზღვრული. ინფექციური ფონის შესაქმნელად აუცილებელია: საწყისი ინფექციური მასალა, ინოკულუმის დაგროვება და მცენარეთა ინოკულაცია. გამოსაცდელი სასელექციო მასალის ღეროს ჟანგას მიმართ გამძლეობის დონის დადგენის მიზნით, გამოყენებული ხელოვნური ინფექციური ფონი უნდა ასახავდეს საქართველოში გავრცელებული პათოგენის ბუნებრივი პოპულაციის ვირულენტურ სტრუქტურას (Гешеле, 1979:196).

ინოკულუმის მისაღებად გამოყენებული იქნა ინსტიტუტის კულტურათა კოლექციაში შენახული პათოტიპები. პათოგენთა ინოკულუმის დაგროვება მიმდინარეობდა სათბურის პირობებში, მარტ-აპრილის განმავლობაში, საცდელი დანაყოფის დასაავადებლად საჭირო რაოდენობის მიღებამდე. ინოკულუმის მისაღებად გამოყენებული იქნა ცალკეული დაავადებისადმი უნივერსალურად მიმღებიანი ჯიშის (მაროკო) აღმონაცენი, 1-2 ფოთლის ფაზაში. მინდორში ინოკულაცია ჩატარდა მაისის დასაწყისში, გვიან საღამოს, ძლიერი ნამის, 10-15°C ტემპერატურისა და 80% ფარდობითი ტენიანობის პირობებში.

ზოგიერთ შემთხვევაში ინოკულაცია ჩატარდა ჟანგების მშრალი სპორებისა და ტალკის ნარევის (1:100 შეფარდებით) შეფრქვევით და ზოგიერთი ექსპერიმენტისას გამოყენებული იქნა სპორებისა და დისტილირებული წყლის სუსპენზიის შესხურების წესი. ინოკულუმის დატვირთვა იყო 10-20 მგ/მ² სპორა. ნამის ხანგრძლიობა იყო 8 საათი (ტენის შენარჩუნების მიზნით ცდის დანაყოფი იხურებოდა პოლიეთილენით).

ინოკულაციიდან 15-20 დღის შემდეგ, აღრიცხული იქნა დაავადებების პირველი სიმპტომები და ყოველი 7-10 დღის შემდეგ ტარდებოდა დაავადების რეაქციის ტიპისა და განვითარების ინტენსივობის აღრიცხვა საერთაშორისო სკალის გამოყენებით (Knott, 1989:201, Roelfs et al,1992:2-69).

აღმონაცენის ფაზაში მცენარეთა გამძლეობის შეფასება ხდება სათბურის პირობებში 7-9 დღიანი ასაკის ხორბლის აღმონაცენის გამოყენებით, როცა პირველი ფოთოლი სრულად გაშლილია. ძირითადად აღმონაცენის ინოკულაციას ვატარებდით პათოგენის სპორებისა და დისტილირებული წყლის სუსპენზიის შესხურებით. სუსპენზიას ვამატებდით დეტერგენტ ტვინ-80 ან ტვინ-20-ს. ინოკულირებულ მცენარეებს ვათავსებდით ნოტიო კამერაში 24 საათის განმავლობაში და შემდეგ გადაგვქონდა სათბურში, ცალკეულ ბოქსებში სტელაჟებზე. კონტამინაციისგან დაცვის მიზნით, მცენარეებს ვათავსებდით სპეციალურ იზოლატორებში (Knott,1989:201). ინოკულირებულ მცენარეებზე დაავადების საპასუხო რეაქციის აღრიცხვა ხდებოდა ზემოთ აღწერილი სტეკმანის სკალის მიხედვით.

2.15. კვლევის შედეგების სტატისტიკური ანალიზი

2.15.1. პოპულაციური ცვალებადობის მაჩვენებლები

პათოგენის პოპულაციაში ვირულენტობის გენოფონდისა და მისი სტრუქტურული ცვლილებების შესახებ მსჯელობა შესაძლებელია ვირულენტობის გენების (გენოტიპების) სიხშირის, ხოლო შიდაპოპულაციური და პოპულაციებს შორის ცვალებადობაზე, პოლიმორფობისა (P) და პოპულაციის მრავალფეროვნების მაჩვენებლების (პათოტიპთა საშუალო სიხშირის) მიხედვით (Айала, 1984:40-51).

პოპულაციის ვირულენტობის ფაქტორის (f_v) განსაზღვრის მიზნით პოპულაციაში იდენტიფიცირებული ვირულენტური გენების ჯამი გაყოფილი იქნა გაანალიზებული კლონების რიცხვზე (Кашемирова и др. 1985:61-66).

ხორბლის ღეროს ჟანგას პოპულაციის ცვალებადობის რიგი მაჩვენებლები გამოვთვალეთ ჟივოტოვსკის მეთოდის გამოყენებით (Животовский, 1982:38-43). კერძოდ, შიდაპოპულაციური მრავალფეროვნების მაჩვენებელი ანუ პოპულაციაში იდენტიფიცირებული რასების საშუალო რაოდენობა გამოვიანგარიშეთ ფორმულით:

$$\mu = \left(\sum_{i=1}^m \sqrt{p_i} \right)^2$$

სადაც μ - გვიჩვენებს მორფების (რასების, პათოტიპების) საშუალო რიცხვს, P_1, P_2, \dots, P_i - მორფების სიხშირეებია, მორფების არათანაბარი განაწილებისას პოპულაციაში - $\mu < m$; მონოფორმიზმის დროს - $\mu = m$. მრავალფეროვნების მაჩვენებლის სტატისტიკური ცდომილება გამოვთვალეთ ფორმულით :

$$S_{\mu} = \frac{\mu(m-\mu)}{N}, \quad \text{სადაც } m - \text{მორფების რიცხვია, } N - \text{პოპულაციის ამონარჩევი.}$$

იშვიათი მორფების რიცხვი (h) პოპულაციაში განვსაზღვრეთ ფორმულით: $h = 1 - \frac{\mu}{m}$, ხოლო მისი ცდომილება - შემდეგი ფორმულით: $S_h = \frac{h(1-h)}{N}$. h იძლევა ახალ ინფორმაციას შიდაპოპულაციური მრავალფეროვნების ხასიათის შესახებ. მაშინ როცა μ -თი შეგვიძლია შევაფასოთ პოპულაციის მრავალფეროვნების ხარისხი, h მაჩვენებელი იძლევა ამ მრავალფეროვნების სტრუქტურის შეფასების საშუალებას.

გარდა ამისა, ღეროს ჟანგას პოპულაციის მრავალფეროვნების ხარისხის დასახასიათებლად გამოვთვალეთ გლისონის ინდექსი (Groth and Roelfs, 1987), რომელიც აგრეთვე, გვიჩვენებს პოპულაციაში იდენტიფიცირებული რასების რიცხვს და მიგვითითებს პოპულაციის მრავალფეროვნების შესაბამის დონეზე. გლისონის ინდექსი გამოითვლება ფორმულით: $H_G = (n-1)/\ln(N)$. ინდექსის მაქსიმალური მაჩვენებელი 1-ის ტოლია.

იმისათვის, რომ შეგვედარებინა საქართველოს სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონაში გავრცელებული პოპულაციები ერთმანეთთან, ყოველ ცალკეულ შემთხვევაში გამოვთვალეთ პოპულაციის მსგავსების მაჩვენებელი (ჟაკარდის კოეფიციენტი) ფორმულით: $J = \frac{C}{m_1 + m_2}$, სადაც C არის ორივე პოპულაციისთვის საერთო რასების რიცხვი, ხოლო m_1 და m_2 არის პირველ და მეორე პოპულაციაში იდენტიფიცირებული რასების რიცხვი.

პოპულაციის მსგავსების მაჩვენებელი გამოხატავს შესადარებელ პოპულაციებში საერთო მორფების სიხშირეს. J -ს მნიშვნელობა არ აღემატება 1-ს. იგი ტოლია 1-ის, როცა

შესადარებელი პოპულაციები იდენტურია. $R = 0$, როცა პოპულაციები არ შეიცავენ არც ერთ საერთო მორფს.

მიღებული მონაცემების ანალიზისთვის გამოვიყენეთ Genescan კომპიუტერული პროგრამა (Local Southern Method) (Applied Biosystems).

პათოგენის იზოლატების ვირულენტობა/ავირულენტობის არსებობა- არარსებობის აღრიცხვის საფუძველზე შეიქმნა 1/0 ბინარული მატრიცა. მსგავსება იზოლატებს შორის განისაზღვრა MVSP კომპიუტერული პროგრამის მეშვეობით. კლასტერული ანალიზის UPGMA მეთოდის (unweighted pair group method with arithmetic average) საშუალებით აგებული იქნა დენდროგრამა, რომელიც გამოხატავს გენეტიკური მსგავსების ხარისხს სხვადასხვა იზოლატების ფენოტიპებს შორის. ამ გზით პოპულაციებს შორის გამოვლენილი იქნა განხვავებული გენოტიპები, რაც გენოტიპური პოლიმორფიზმის გარკვეულ დონეზე მიუთითებს. მსგავსი ფენოტიპების მქონე იზოლატები ერთიანდება კლასტერებად. იდენტურად ითვლებოდა ის იზოლატები, რომელთა მსგავსების კოეფიციენტი $r_j \geq 0,82$.

2.15.2 პათოგენის მოლეკულური პოლიმორფიზმის შედეგების ანალიზი

საქართველოში გავრცელებული ხორბლის ღეროს ჟანგას პოპულაციაში წერტილოვანი ცვლილებების ანუ ერთ-ნუკლეოტიდიანი პოლიმორფიზმების გენოტიპირების შედეგების სტატისტიკური ანალიზი ჩატარდა სპეციალური კომპიუტერული პროგრამის - version 3.12; R Core Team, 2014 "Poppr" პაკეტის (Kamvar et al., 2014) გამოყენებით. NJ (Neighbor-Joining) ფილოგენეტიკური ხე აგებული იქნა ნეის გენეტიკური დისტანციის ინდექსის საფუძველზე (Nei, 1978:5983-5990; Saitou et al., 1987:406-425)). ნეის ინდექსი, როგორც წესი, ცვალებადობს 0-დან 1-მდე და გამოხატავს განსხვავებას შესადარებელ პოპულაციებს შორის. რაც უფრო ახლოა მიღებული სიდიდე 1-თან, მით უფრო განსხვავებულია შესადარებელი პოპულაციები. ფილოგენეტიკური ანალიზის სანდოობის ბუტსტრაპ (bootstrap) ინდექსი 75-100% ფარგლებში იყო.

თავი 3. კვლევის შედეგები და განხილვა

3.1. საქართველოში ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელება

2012-2015 წლებში

ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელების შესწავლის მიზნით, 2012-2015 წლებში ჩვენ მიერ სისტემატიურად ტარდებოდა ხორბლის ნათესი ფართობების გამოკვლევები საქართველოს ხუთ გეოგრაფიულ ზონაში (შიდა ქართლი, ქვემო ქართლი, კახეთი, მესხეთი, ჯავახეთი) (სურ.19). სულ ჩატარდა 15 საველე ექსპედიცია, რომელიც მოიცავდა 17 რაიონს (გორი, ქარელი, მცხეთა, დუშეთი, კასპი, ხაშური, ბორჯომი, მარნეული, გარდაბანი, დედოფლისწყარო, სიღნაღი, საგარეჯო, თელავი, ახალქალაქი, ახალციხე, ასპინძა და ადიგენი). ჟანგების გამოსავლენად განხორციელდა ფერმერული მეურნეობებისა და გზის პირებში არსებული კომერციული ნათესების და ჯიშთა გამოცდის სასელექციო ნაკვეთების ვიზუალური დათვალიერება.



სურათი 19. ხორბლის ნათესი ფართობების გამოკვლევა

სასელექციო ნაკვეთებზე წარმოდგენილი იყო სხვადასხვა წარმოშობის კომერციული და პერსპექტიული ჯიშები, დაწინაურებული და სელექციის საწყის ეტაპზე მყოფი ნიმუშები. მარცვლოვანთა ნაკვეთების დათვალიერების დროს

დადგენილი იქნა ღეროს ჟანგას გავრცელების არეალი, გავრცელების და განვითარების ინტენსიობა, შეგროვებული იქნა დაავადების ნიმუშები.

2012 წლის სავეგეტაციო პერიოდი არახელსაყრელი იყო როგორც ხორბლის, ისე ჟანგების განვითარებისათვის, განსაკუთრებით ურწყავ ადგილებში. ძალიან ცხელი, მშრალი ამინდის გამო, აპრილ-მაისის განმავლობაში ძალიან შეიზღუდა ჟანგების განვითარება. გამოკვლეული 62 მინდვრიდან მხოლოდ 30 მინდორზე აღინიშნა ღეროს ჟანგას განვითარება.

ივნისის შუა რიცხვებში ხორბლის და ქერის ნაკვეთები გამოკვლეული იქნა მეხორბლეობის ძირითად ზონაში-კახეთში და შიდა ქართლის ზონის რამდენიმე რაიონში (მარნეული, გორი, ქარელი, მცხეთა, დუშეთი). ხორბლის და ქერის მცენარეები იყო ცვილისებრ და სრული სიმწიფის ფაზაში. დუშეთში (სოფ. ბაზალეთი, ზღვის დონიდან 919მ) ღეროს ჟანგას რამდენიმე პუსტულა იყო განვითარებული ეპიზოდურად ხორბლის ჯიშის ბეზოსტაია-1-ის მცენარეებზე, ადრეული რძის სიმწიფის ფაზაში. ივნისის ბოლოს დათვალიერებული იქნა მარცვლოვანთა ნაკვეთები შიდა ქართლის (ხაშური, დუშეთი, გორი, კასპი,) და მესხეთის (ახალციხე, ასპინძა, ადიგენი) რაიონებში. მარცვლოვანთა ნაკვეთები მდებარეობდა ზღვის დონიდან 690-1148 მ სიმაღლეზე. მცენარეები იყო რძის და ცვილისებრი სიმწიფის დასაწყისის ფაზაში. ღეროს ჟანგა დაბალი (1-10%) და საშუალო ინტენსივობით (30%) იყო გავრცელებული მიმდებარე ჯიშებზე რძის სიმწიფის ფაზაში ახალციხისა და ხაშურის რაიონებში. ღეროს ჟანგას ძალიან მაღალი გავრცელება (80-100%) დაფიქსირდა ხაშურის, ადიგენის და ქარელის ხორბლის ერთეულ მინდორზე. უფრო მოგვიანებით, ივლისის ბოლოს ახალქალაქის რაიონში ღეროს ჟანგას განვითარება მხოლოდ ერთ მინდორში იქნა ნაპოვნი.

სხვადასხვა დროს გამოკვლეული იქნა სასელექციო სანერგეები მცხეთაში. ღეროს ჟანგას ერთი პუსტულა პირველად ნაპოვნი იქნა ჯიშ ლომთაგორა 126-ზე ივნისის შუა რიცხვებში. ხოლო შემდგომში, 8 და 15 ივლისს ჩატარებულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ ღეროს ჟანგამ ასევე დაავადა საქართველოს ჩანასახოვანი პლაზმის კოლექციის სხვა ნიმუშებიც დაბალი ხარისხით (1-5%). მხოლოდ ერთ ნიმუშზე (*pseudo erithrospermum A. Filat.*) იყო გავრცელების და განვითარების ინტენსივობა შედარებით მაღალი - 30% და 15% (ცხრ. 6).

ცხრილი 6. ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელება 2012წელს

გამოკვლევის ადგილი (ზონა, რაიონი, სოფელი)		განედი/ გრძედი	ზღ. დ. სიმაღლე (მ)	მასპინძ. მცენარე, ჯიში	გავრც./განვით. ინტენსივობა %
შიდა ქართლი	მცხეთა სოფ. წეროვანი	41.89317/ 044.70430	549	ლომთაგორა 126(PHL/VAN/Jagger)	1/1
	მცხეთა სოფ. წეროვანი	41.89317/ 044.70430	549	სელექც. სანერგე დედა × sgt-17 მწვანე	5/5
	მცხეთა სოფ. წეროვანი	41.89317/ 044.70430	549	თბილისური- 5(სელექც. სან)	1/10
	მცხეთა სოფ. წეროვანი	41.89317/ 044.70430	549	ხორბალიჯანგა ფხიანი	5/1
	მცხეთა სოფ. წეროვანი	41.89317/ 044.70430	549	ჯუჯა დუკატი	1
	მცხეთა სოფ. წეროვანი	41.89317/ 044.70430	549	დოლის პური 35- 4	ეპიზ.
	მცხეთა სოფ. წეროვანი	41.89317/ 044.70430	549	დოლურა	ეპიზ.
	მცხეთა სოფ. წეროვანი	41.89317/ 044.70430	549	pseudoerthrosper mum A. Filat.	30/15
	ხაშური სოფ. ტეზერი	41.97534/ 043.55418	708	ბეზოსტაია-1	10 /1
		ხაშური სოფ. ნაბახტევი	42.05476/ 043.68041	700	ბეზოსტაია-1
ხაშური სოფ. ადვისი		42.04892/ 043.69851	690	ბეზოსტაია-1	100/40
ხაშური სოფ. ცხრამუხა		41.98095/ 043.58324	708	ჯაგერი	5/5
დუშეთი სოფ.		42.07204/ 043.58324	919	ბეზოსტაია-1	ეპიზ./1

	ბაზალეთი	044.67637		(3 ჰა)	
	დუშეთი სოფ. ვარმისაანთკარი	42.07830/ 044.67655	897	ბეზოსტაია-1 (2 ჰა)	ეპიზ.
	დუშეთი, სოფ. გრიგოლიანთკარი	42.05218/ 044.66265	884	ჯაგერი (6 ჰა)	ეპიზ.
	გორი სოფ. რუისი	42.03267/ 043.94758	662	ჯაგერი (4 ჰა)	ეპიზ.
	ქარელი სოფ. აგარა	42.02859/ 043.77439	654	უცნობი (2 ჰა)	90/40
მესხეთი	ასპინძა სოფ. ძველი	41.59267/ 043.22617	1045	ქერი (4 ჰა)	ეპიზ.
	ახალციხე სოფ. პამაჯი	41.65791/ 043.02405	991	ქერი	ეპიზ.
	ახალციხე სოფ. პამაჯი	41.62320/ 042.90027	1148	ბეზოსტაია-1	1/1
	ახალციხე სოფ. ნაოხრები	41.59300/ 042.84838	1110	ბეზოსტაია-1	30/5
	ახალციხე სოფ. ვალე	41.63321/ 042.87689	1118	ქერი	1/1
	ახალციხე სოფ. ვალე	41.63556/ 042.87752	1116	ბეზოსტაია-1	ეპიზ.
	ადიგენი	41.64880/ 042.92426	1028	ბეზოსტაია-1	80/10
	ჯავახეთი	ახალქალაქი სოფ. დილისკა	41.41054/ 043.41020	1742	ბეზოსტაია-1

2013 წელს საქართველოს მეხორბლეობის ძირითად რეგიონებში გამოკვლეული იქნა საერთო ჯამში 58 ხორბლის და 12 ქერის მინდორი, რომელიც მოიცავდა კახეთს (დედოფლისწყარო, სიღნაღი, საგარეჯო - 9 მინდორი), ქვემო ქართლის რეგიონი (გარდაბანი, მარნეული, მცხეთა - 9 მინდორი), შიდა ქართლი (დუშეთი, გორი, კასპი, ხაშური - 33 მინდორი), სამცხე (ახალციხე, ადიგენი, ასპინძა - 9 მინდორი) და ჯავახეთი

(ახალქალაქი -5 მინდორი). გამოკვლეული მინდვრები მდებარეობდა ზღვის დონიდან 429 მეტრიდან 1739 მეტრამდე.

როგორც გამოკვლევის შედეგებმა (ცხრ.7) აჩვენა, 2013 წელს ღეროს ჟანგას გავრცელების და განვითარების ინტენსიობა ძალიან დაბალი (1%) იყო. გამოკვლეული 58 მინდვრიდან ღეროს ჟანგა აღმოჩნდა 7 მინდორში, დუშეთსა და ახალციხის რაიონში, სადაც ასევე ღეროს ჟანგას ეციოინფექცია აღმოჩენილი იქნა კოწახურის ბუჩქებზე. ახალქალაქში ერთ მინდორზე იყო ეპიზოდური გავრცელება.

აღსანიშნავია, რომ დიდი ფართობის კომერციული ნაკვეთები დამუშავებული იყო ფუნგიციდებით.

ცხრილი 7. ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელება 2013 წელს

გამოკვლეული ადგილი (ზონა, რაიონი)		განედი/ გრძედი	ზღ.დ. სიმაღლე (მ)	მასპინძ. მცენარე, ჯიში	ფაზა	გავრც./განვ. ინტენსივობ ა, %
კახეთი	სიღნაღი, 125კმ	41.65009/ 046.05264	219	ჯაგერი (2 ჰა)	რძის. სიმწ. დასას.	5/1
ქვემო ქართლი	მარნეული, ფირმა “ლომთაგორა”	41.47780/ 044.86761	429	სასელექ. ხაზი 13IWWTYTIR# 6R.	რძის. სიმწ.	1/1
	მარნეული სოფ. მარაბდა	41.51702/ 044.78442	503	ჯაგერი (14 ჰა)	ცვილ. სიმწ. დასაწ.	1/1
შიდა ქართლი	ხაშური სოფ. ალი	42.08703/ 043.65535	743	ბეზოსტაია-1 (1 ჰა)	რძის. სიმწიფე	1/1
	ხაშური სოფ. ალი	42.08384/ 043.65392	718	ვარძია (2 ჰა)	ცვილ. სიმწიფე	1/1
	ხაშური სოფ. ადვისი	42.07224/ 043.66214	716	ბეზოსტაია-1 (2 ჰა)	ცვილ. სიმწიფე	1/1
	ხაშური	42.06385/ 043.67482	715	ბეზოსტაია-1 (2 ჰა)	ცვილ. სიმწიფე	1/1
	ხაშური	42.03209/ 043.71419	681	ბეზოსტაია-1 (2ჰა)	ცვილ. სიმწიფე	1/1
	დუშეთი სოფ. ბაზალეთი	42.06723/ 044.67921	926	ბეზოსტაია 1 (10 ჰა)	ცვილ. სიმწ. დასაწ.	1/1

	დუშეთი სოფ.ჩანადინა რკარი	42.05205/ 044.68947	901	ქერი (13ა)	ცვილ. სიმწ. დასაწ.	1/1
	გორი სოფ. ციხისძირი	41.93971/0 44.51151	648	ჯაგერი (8 3ა)	ცვილ. სიმწ. დასაწ.	1/1
მესხეთი	ახალციხე სოფ. ვალე	41.63328/ 042.87606	1121	ბეზოსტაია-1	რძის სიმწ. დასას.	1/1
	ახალციხე სოფ. ვალე	41.63334/ 042.86846	1116	ბეზოსტაია-1	რძის სიმწ. დასას.	1/1
	ახალციხე	41.62083/ 042.85516	1121	ბეზოსტაია-1	რძის სიმწ. დასას.	1/1
ჯავახეთი	ახალქალაქი სოფ. დილისკა	41.42989/ 043.43360	1736	ბეზოსტაია-1 (63ა)	ფლაგი	ეპიზო- დური

2014 წლის მაისში, ივნისსა და ივლისში ჩატარდა 3 სამეცნიერო ექსპედიცია შიდა ქართლში, კახეთში, სამცხესა და ჯავახეთში. გამოკვლეული იქნა გარდაბნის, დუშეთის, ხაშურის, ბორჯომის, მარნეულის, გორის, ქარელის, ახალციხის, ადიგენის, ასპინძის და ახალქალაქის რაიონებში გზისპირას და ფერმერულ მეურნეობებში მდებარე ხორბლის და ქერის ნათესები. ხორბლის კომერციული ნათესების უმეტესი ნაწილი დაკავებული იყო ჯიშებით - ბეზოსტაია-1, ჯაგერი და ლომთაგორა 123 (ცხრ. 8).

ცხრილი 8. ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელება 2014 წელს

გამოკვლეული ადგილი (ზონა, რაიონი)		განედი/გრძედი	ზღ. დ. სიმაღლე (მ)	ხორბლის ჯიშები	ფაზა	გავრც./განვით. %
მესხეთი	ახალციხე სხვილისი	41.63556/0 42.87752	1116	ბეზოსტაია-1	რძის სიმწიფე	5/1
ქვემო ქართლი	მარნეული ლომთაგორა	41.51408/ 044.78808	501	ბეზოსტაია-1	ცვილ. სიმწ.დასაწყი	1/10
კახეთი	გარდაბანი სართიჭალა	41.71430/ 045.15165	761	ტანია	რძ. სიმწ. დასასრ.	50/40
	გარდაბანი სართიჭალა	41.71430/ 045.15165	758	მოროკო (სასელექ. სანერგე)	რძ. სიმწიფე	80/20

	გარდაბანი, სართიჭალა	41.71430/045.15165	760	სილა (1 ჰა)	რძ. სიმწ. დასასრ.	30/10
შიდა ქართლი	ხაშური სოფ. გომი	042.07129/043.66316	712	ბეზოსტაია-1	რძის სიმწიფე	5/5
	დუშეთი, სოფ. პირმისა ანთკარი	42.07125/044.67724	928	ბეზოსტაია-1 (0,5 ჰა)	რძ. სიმწ. ბოლო	1/1
	დუშეთი, სოფ. ჩანადირაან თკარი	42.05094/044.68536	898	ჯაგერი (1 ჰა)	რძის სიმწიფე	1/1
	ბორჯომი, დაბა წალვერი	41.80285/043.48660	1093	მოროკო (სასელექ. სანერგე)	რძ. სიმწ. დასასრ.	5/10
ჯავახეთი	ახალქალაქი სოფ. ვაჩიანი	41.41280/0043.42841	1731	ლომთაგორა 123, (4 ჰა)	ცვ. სიმწ. დასასრ.	80/50

როგორც ცხრილი 8-დან ჩანს, ივნისსა და ივლისში გამოკვლეული იქნა ხორბლის 18 მინდორი, მათგან 12 მინდორზე თითქმის თანაბარი ინტენსივობით იყო გავრცელებული ღეროს ჟანგა. მარნეულში შედარებით ადრე ვლინდება ჟანგები, მაგრამ კომპანია “ლომთაგორას“ ექსპერიმენტული და კომერციული ნათესების ფუნგიციდებით დამუშავების გამო, 7 ივნისს მხოლოდ 2 ნიმუშზე შეინიშნებოდა ღეროს ჟანგის სუსტი გავრცელება (1%). უფრო ფართო გავრცელებითა და განვითარების მაღალი ინტენსივობით გამოირჩეოდა გარდაბნის რაიონის სოფ. სართიჭალაში, 17 ივნისს გამოკვლეული მინდორები. ღეროს ჟანგის გავრცელება და განვითარება, შესაბამისად, 30-80%-დან და 20-50%-მდე ფარგლებში მერყეობდა. კომერციულ ჯიშ ტანიაზე ღეროს ჟანგა კერებად იყო გავრცელებული 50%-მდე, ზედა ფოთლებზე განვითარების ინტენსივობა 40%-ის ფარგლებში იყო. ჯიშ „სილა“-ზე გავრცელებისა და განვითარების ინტენსივობა 30% და 10% იყო, ხოლო სელექციურ სანერგეში ძალიან მიმღებ ჯიშ მოროკოზე 80% და 50%-ის ტოლი იყო იგივე მაჩვენებლები.

ხორბლის ღეროს ჟანგა დაბალი ინტენსივობით (5-20%) იყო გავრცელებული წალვერში, სასელექციო სანერგეების ზოგიერთ ნიმუშზე. ახალციხეში (დაბა ვალე, სოფ. წნისი, სოფ. სხვილისი) და ახალქალაქში (სოფ. ვაჩიანი) ღეროს ჟანგის გავრცელება 5-20% ფარგლებში ცვალებადობდა ჯიშ ლომთაგორა 123-ის კომერციულ ნაკვეთებზე.

2015 წლის ივნისსა და ივლისში მარნეულში (სოფ. თამარისი), მცხეთის რაიონში (სოფ. წილკანი), ხაშურში (სოფ. ტეზერი), ახალციხესა (სოფ. კლდე) და ახალქალაქში (სოფ. ვაჩიანი) ხორბლის მინდვრებზე ღეროს ჟანგა გავრცელებული იყო სხვადასხვა ინტენსივობით. კომერციულ ნაკვეთებზე დაავადების გავრცელებისა და განვითარების ინტენსიობა 1-10%/1-5%-ის ფარგლებში ცვალებადობდა. ივლისის ბოლოს ხორბლის ღეროს ჟანგა მაღალი ინტენსივობით (50%) გავრცელებული იყო სოფელ ვაჩიანში (ახალქალაქის რაიონი) ჯიმ ლომთაგორა 123 კომერციულ ნაკვეთზე. ძირითადად დაბალი (5-20%) იყო ღეროს ჟანგას გავრცელება საერთაშორისო სანერგეებზე წაღვერში, წილკანსა და მარნეულში (ცხრ.9).

ახალციხეში (სოფ. კლდე) ჯიშთა გამოცდის ნაკვეთზე, სადაც იცდებოდა 30 ადგილობრივი და შემოტანილი ჯიშები, ღეროს ჟანგა გავრცელებული იყო მიმღებ ჯიშებზე 1-დან 10%-მდე და ზედა ფოთოლზე დაავადების განვითარება 5-10% იყო. გამონაკლისს წარმოადგენდა რუსული, ზომიერდ მიმღები ჯიშები კრასნოდარის 99 და ჯიშები ფირუზა, რომლებზეც დაავადება გავრცელებული იყო 30-50%-ის ფარგლებში. ბოლნისის, ზესტაფონის და სამტრედიის (სოფ. დიდი ჯიხაიში) რაიონებში გამოკვლეულ ნაკვეთებზე ღეროს ჟანგა არ იყო განვითარებული.

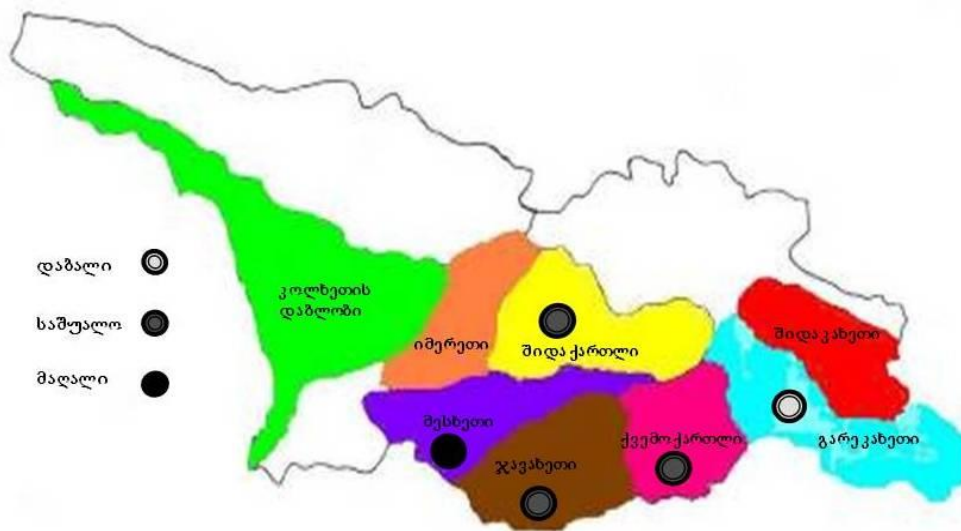
ცხრილი 9. ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელება 2015 წელს

გამოკვლეული ადგილი (ზონა, რაიონი)		განედი/ გრძედი	ზღ. დ. სიმაღ ლე (მ)	მასპინძ. მცენარე, ჯიშები	ფაზა	გავრც./ განვით %
შიდა ქართლი	ბორჯომი, დაბა წაღვერი	41.80285/0 43.48660	1093	მოროკო (საერთ. სანერგე)	რძის სიმწ. დასასრ.	5/10
	ხაშური სოფ. ტეზერი	41.97387/0 43.55426	715	ბეზოსტაია - 1	რძის სიმწიფე	5/5
	მცხეთა წილკანი	41.56148/ 044.40044	549	მოროკო (საერთ. „ხაფანგი“ სანერგე)	რძის სიმწიფე	10/5
ქვემო ქართლი	მარნეული სოფ. ლომთაგორა	41.51408/ 044.78808	501	ლომთაგორა 126	ცვ. სიმწიფ. დასაწყ.	1/5

მესხეთი	ახალციხე, სხვილისი	41.63556/0 42.87752	1116	ბეზოსტაია - 1	რძის სიმწიფე	5/10
ჯავახეთი	ახალქალაქი სოფ. ვაჩიანი	41.41280/0 043.42841	1734	ლომთაგორა 123	ცვ. სიმწ. დასაწყ.	50/30

ამრიგად, 2012-2015 წლებში სულ გამოკვლეული იქნა 224 ხორბლის მინდორი. აღმოჩნდა, რომ ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელების არეალი მოიცავდა ხუთივე გამოკვლეულ გეოგრაფიულ ზონას: შიდა ქართლი, ქვემო ქართლი, კახეთი, მესხეთი, ჯავახეთი. დაავადება ვერტიკალურად ვრცელდებოდა ბარში, ვლინდებოდა მაისის მე-2 ნახევარში და მთავრდება ხორბლის სიმწიფესთან ერთად, მთისწინეთსა და მთაში ღეროს ჟანგას პირველი სიმპტომები ჩნდებოდა ივნისის პირველ დეკადაში.

აღნიშნულ წლებში ხორბლის მინდვრების ღეროს ჟანგათი ინფიცირების შემთხვევების საშუალო მაჩვენებლების მიხედვით (ცხრ.10) ინფიცირებული მინდვრების რიცხვი მაღალი 64.7% იყო - მესხეთში, საშუალო მაჩვენებელი აღინიშნა - დანარჩენ გამოკვლეულ ზონაში: შიდა ქართლში, ქვემო ქართლსა და ჯავახეთში (სურ.20). მათ შორის, ყველაზე მეტი მინდორი დაავადდა შიდა ქართლში (35.2%). ამ ფაქტის ახსნა იმით შეიძლება, რომ ახალციხეში, ადიგენში, დუშეთში, ბორჯომის ხეობაში უხვადაა კოწახურის ბუჩქები, რაც ღეროს ჟანგას განვითარების წინაპირობას წარმოადგენს.



სურათი 20. ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელების არეალი და დონე

დაავადებული მინდვრების თითქმის თანაბარი რაოდენობა (25.4-26.7%) აღრიცხული იქნა ქვემო ქართლსა და ჯავახეთში. ყველაზე დაბალი (8.4%) იყო ინფიცირებული მინდვრების რიცხვი კახეთში.

ცხრილი 10. ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელება საქართველოს

სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონაში 2012-2015 წლებში

ღეროს ჟანგათი ინფიცირებული ხორბლის მინდვრების რაოდენობა, %						სულ
წლები	გეოგრაფიული ზონა					
	შიდა ქართლი	ქვემო ქართლი	კახეთი	მესხეთი	ჯავახეთი	
2012	57.1	33.3	7.1	85.7	50.0	45.6
2013	24.0	33.0	6.6	50.0	0	20.8
2014	31.3	16.7	20.0	42.9	16.7	23.2
2015	28.4	18.8	0	80.0	50.0	35.4
საშუალო	35.2	25.4	8.4	64.7	26.7	32.0

როგორც ცხრილი 10-დან ჩანს, მიუხედავად იმისა, რომ 2012 სავეგეტაციო პერიოდი არახელსაყრელი იყო როგორც ხორბლის, ისე ჟანგების განვითარებისათვის, სწორედ 2012 წელს დაფიქსირდა ღეროს ჟანგათი გამოკვლეული ხორბლის მინდვრების ინფიცირების ყველაზე მაღალი საშუალო მაჩვენებელი (45.6%), თუმცა დაავადების გავრცელების და განვითარების საშუალო ინტენსივობა დაბალი იყო (8.4% და 9.3%), განსაკუთრებით კი, კახეთში, ურწყავ ადგილებში (1%). 2012 წელს თითქმის ყველა გამოკვლეულ რაიონში მაღალი იყო ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურის საშუალო მაჩვენებელი, რომელიც მერყეობდა ზონების მიხედვით, 20-26°C ფარგლებში (<http://meteo.gov.ge/hydrometeorology>). აქედან გამომდინარე, ძალიან ცხელი, გვალვიანი ამინდის გამო აპრილ-მაისის განმავლობაში ძალიან შეიზღუდა ყვითელი და მურა ჟანგას განვითარება, რამაც გარკვეულწილად ხელი შეუწყო ღეროს ჟანგას განვითარებას (Sikharulidze et.al.,2015b). 2013 და 2014 წლებში თითქმის ერთნირი და წინა წელთან შედარებით დაბალი იყო, ღეროს ჟანგათი დაავადებული მინდვრების საშუალო რიცხვი

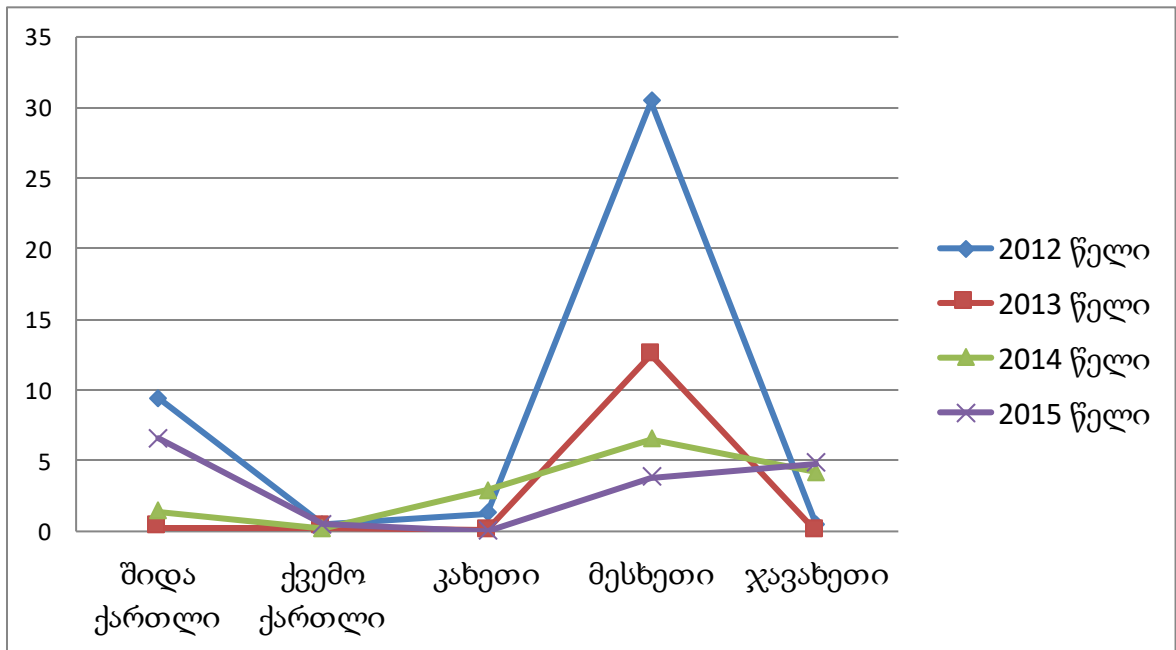
(20.8% და 23.2%, შესაბამისად.) ასევე, ძალიან დაბალი იყო დაავადების გავრცელების და განვითარების ინტენსივობის საშუალო მაჩვენებლები: შესაბამისად, 2.6% და 4.4% იყო 2013 წელს, 3.0% და 4.0% - 2014 წელს და 3.1 და 2.8 - 2015 წელს. დაავადების გავრცელების და განვითარების ყველაზე მაღალი საშუალო ინტენსივობა აღირიცხა მესხეთის ზონაში (30.4% და 35%) 2012 წელს, 12.5% და 14.4% - 2013 წელს, 6.5% და 7.1% - 2014 წელს და 3.8% და 3.0% - 2015 წელს (ცხრ.11).

ცხრილი 11. ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელების და განვითარების საშუალო ინტენსივობა, %.

გეოგრაფიული ზონა	2012 წელი		2013 წელი		2014 წელი		2015		
	გავრცელება, %	განვითარება, %	გავრცელება, %	განვითარება, %	გავრცელება, %	განვითარება, %	გავრცელება, %	განვითარება, %	საშუალო
შიდა ქართლი	9.4	8.5	0.3	1.6	1.4	3.1	6.6	5.5	4.5
ქვემო ქართლი	0.5	0.8	0.3	5	0.2	0.7	0.5	0.5	0.4
კახეთი	1.3	1.4	0.1	1	2.9	3.8	0	0	1.1
მესხეთი	30.4	35.0	12.5	14.4	6.5	7.1	3.8	3.0	13.3
ჯავახეთი	0.5	1	0	0	4.2	5.5	4.8	5.1	2.4
საშუალო	8.4	9.3	2.6	4.4	3.0	4.0	3.1	2.8	

ამრიგად, დიაგრამა 1 გვიჩვენებს, რომ კვლევის პერიოდში ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელების ინტენსივობის ყველაზე მაღალი საშუალო მაჩვენებელი დაფიქსირდა 2012 წელს, ხოლო ზონებს შორის მაღალი ინტენსივობით გამოირჩეოდა მესხეთის ზონა (დიაგ.1).

დიაგრამა 1. ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელების საშუალო ინტენსივობა, %.



2013-2014 წლებში ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელების დაბალი დონე, გარდა ნაკლებად ხელსაყრელი კლიმატური პირობებისა, შეიძლება იმითაც აიხსნას, რომ მარცვლოვანთა კომერციული ფართობების დიდი ნაწილი დამუშავებული იყო ფუნგიციდებით. ქერის ღეროს ჟანგას დაბალი გავრცელება (0.5-1%) აღირიცხა შიდა ქართლში, კახეთსა და მესხეთში. ქვემო ქართლსა და ჯავახეთში კი დაავადება არ იყო გავრცელებული (დუმბაძე... 2015:172-175).

ბოლო წლებში სხვადასხვა ქვეყანაში სხვადასხვაგვარი იყო ღეროს ჟანგას გავრცელების დონე. 2013 წელს ეთიოპიაში ლოკალურ ეპიდემიას ჰქონდა ადგილი, სადაც მანამდე გამძლე ჯიშ „დიგელუ“-ზე, ღეროს ჟანგას გავრცელების და განვითარების ინტენსივობა 100% უდრიდა. 2011-2013 წლებში, აფრიკის და აზიის 15 ქვეყანაში (ეგვიპტე, ეთიოპია, ლიბანი, სუდანი, თურქეთი და სხვა), გერმანიაში, დანიაში, შვეციაში დაავადება საშუალო ინტენსივობით იყო გავრცელებული (www.Globalrust.org). წინა წლებთან შედარებით, 2014 წელს ღეროს ჟანგა უფრო ფართოდ იყო გავრცელებული ირანში, მაგრამ დაბალი ინტენსივობით.

საქართველოს მსგავსად, ჩრდილოეთ კავკასიის სამხრეთ, ჩრდილოეთ და ცენტრალურ აგროკლიმატურ ზონებში აღნიშნული იყო ღეროს ჟანგას გავრცელებისა და განვითარების დაბალი (5% და 10%) დონე. (Синяк и др., 2015:70-71)

ხორბლის ღეროს ჟანგას ეციალური სტადიის გავრცელება. ჩატარებული ექსპედიციების შედეგად გამოვიკვლიეთ ხორბლის ღეროს ჟანგას შუამავალი მასპინძელი-მცენარის, კოწახურის - *Barberry vulgaris* ველურად მოზარდი ნარგაობები ახალციხეში, ადიგენში, ბორჯომში, დუშეთში (ზღვის დონიდან 686-1112 მ-ზე). კოწახურის ნარგაობაზე მეტ-ნაკლები ინტენსივობით ყველგან იქნა აღნიშნული, ღეროს ჟანგას ეციალური სტადიის განვითარება (ცხრ. 12).

ცხრილი 12. ხორბლის ღეროს ჟანგას ეციალური სტადიის

გავრცელება კოწახურზე.

ადგილ- მდებარეობა	განედი	გრძედი	სიმაღლე ზღვის დონიდან (მ)	თარიღი	დაავადების განვითარების ინტენსიობა, %
ახალციხე დაბა ვალე	41.62375	042.90289	1112	21.05.2013	100
ახალციხე სოფ. სხვილისი	41.63530	042.91993	1017	17.05.2014	100
ადიგენი	41.63924	043.03475	986	21.05.2013	80
ბორჯომი	41.77778	043.28769	889	21.05.2013	80
დუშეთი	42.05984	044.74114	684	23.05.2013	60

ამრიგად, 2012-2014 წლებში ჩატარებული ექსპედიციური გამოკვლევების შედეგად აღმოჩნდა, რომ ღეროს ჟანგა განვითარებული იყო როგორც ძირითად (ხორბალი, ქერი), ისე შუამავალ პატრონ მცენარეზე - კოწახურზე. ხორბლის ღეროს ჟანგა გვხვდებოდა თითქმის ყველა გეოგრაფიულ ზონაში და ყოველ წელს, სხვადასხვა ინტენსივობით. საშუალო მაჩვენებლების მიხედვით დაავადების გავრცელების და განვითარების დონე დაბალი იყო საქართველოში. დაავადებისათვის დამახასიათებელი ვერტიკალური ზონალობის მიხედვით გავრცელება ხელს უწყობს საწყისი ინფექციის ანუ ურედინიასტადიის შენარჩუნებას და ხელსაყრელ პირობებში მის დაგროვებას (Шавლიაშვილი, 1968:71-73).

მოცემულ თავში წარმოდგენილი კვლევა მიმდინარეობდა საერთაშორისო სასელექციო ცენტრის ICARDA-ს ფინანსური მხარდაჭერით.

თავი 4. ხორბლის ღეროს ჟანგას პოპულაციის რასობრივი და გენეტიკური მრავალფეროვნების იდენტიფიკაცია

4.1 ურედინოპოპულაციის რასობრივი და გენეტიკური სტრუქტურა

2012-2015 წლებში საქართველოს სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონაში, 14 რაიონში (ახალციხე, ადიგენი, ასპინძა, ახალქალაქი, გორი, დუშეთი, ქარელი, ხაშური, ბორჯომი, მცხეთა, სიღნაღი, თელავი, გარდაბანი, მარნეული) არსებული ხორბლის საწარმოო ნათესებიდან, ჯიშთა გამოცდის ნაკვეთებიდან და სელექციური საწარმოებიდან შევაგროვეთ 81 ურედინო ნიმუში. ნიმუშები აღებული იყო დაავადების გავრცელების მიხედვით სხვადასხვა სოფელში და სხვადასხვა ჯიშზე. ცალკეული ნიმუშიდან გამოვყავით 3-5 მონოსპოროვანი კლონური კულტურა. სულ გამოვყავით 350 იზოლატი (ცხრ.13).

ცხრილი 13. ხორბლის ღეროს ჟანგას ნიმუშებისა და იზოლატების რაოდენობა, 2012-2015წწ.

ნიმუშების აღების ადგილი	2012		2013		2014		2015	
	ნიმუში	იზოლატი	ნიმუში	იზოლატი	ნიმუში	იზოლატი	ნიმუში	იზოლატი
ახალციხე	6	24	6	26	3	12	6	24
ადიგენი	2	8	-	-	-	-	-	-
ახალქალაქი	1	5	2	8	2	20	3	16
წალვერი	2	12	-	-	2	6	2	10
ხაშური	4	10	6	20	2	8	2	10
გორი	1	6	1	5	-	-	-	-
ქარელი	1	6	-	-	-	-	-	-
მცხეთა	1	4	-	-	-	-	2	6
დუშეთი	5	16	6	24	3	12	-	-
სიღნაღი	1	6	1	5	-	-	-	-
თელავი	1	4	-	-	-	-	-	-
გარდაბანი	0	-	1	5	3	18	-	-
მარნეული	0	-	1	5	1	6	1	8
სულ	25	96	24	98	16	82	16	74

გამოყოფილი იზოლატების ვირულენტობის რასობრივი და პათოტიპური სტრუქტურა დადგენილი იქნა დიფერენციატორთა საერთაშორისო ნაკრებზე ცალკეული იზოლატით, ამ ნაკრების ინოკულაციის შედეგად მიღებული საპასუხო რეაქციების 5-ბალიანი სისტემით (ბალები-0,1,2,3,4) აღრიცხვის საფუძველზე (სურ. 21)



სურათი 21. ღეროს ჟანგას ცალკეულ იზოლატზე დიფერენციატორთა საპასუხო რეაქცია

2012 წელს 12 რაიონში ხორბლის ნათესების გამოკვლევისას შეგროვებული 25 ნიმუშიდან გამოყოფილი და გადამრავლებული იქნა ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევის 96 მონოსპოროვანი იზოლატი ანუ ურედინია.

რასობრივი სტრუქტურის იდენტიფიცირების შედეგად პოპულაციაში გამოვლენილი იქნა 20 რასა (ცხრ.14). მათ შორის ყველაზე მაღალი პროცენტული შემცველობით გავრცელებული იყო რასები: PRCTF (27.1%), PRCQP (16.6%) და PCHTF(11.4%). 8.3% და 7.3% სიხშირით გვხვდებოდა PRCQF და PKFTC რასები. 1 და 2 იზოლატით იყო წარმოდგენილი, იდენტიფიცირებული რასების დიდი ნაწილი (PTCSF, TRCQF, PRMQF, PTCSF, MRCQP, LRCQF, TKTTF, PRCTC, PHHTF, MRKTF, PCTTC, TFTSC, RRCQC, PCPSF, PRCTP, PTFTF, PCCJC, PRCTM, PRFTC, TRTQF, PRTQF). დომინანტური რასები - PRCTF, PRCQP, PCHTF და PRCQF მაღალვირულენტურია, რადგან შეიცავდნენ 13-14 ვირულენტობის გენს ანუ გაანალიზებული გამძლეობის გენების ნახევარზე მეტს. პოპულაციაში იშვიათად იყო წარმოდგენილი ყველაზე უფრო მაღალვირულეტური რასები TKKTF და TKTTF, რომლებიც შეიცავდნენ 18 და 17 ვირულენტობის გენს.

**ცხრილი 14. ხორბლის ღეროს ჟანგას რასების სიხშირე 2012 წლის
ურედინიოპოპულაციაში**

წელი	რასა	ავირულენტური/ვირულენტური გენები	რაოდ.	%
2012	PRCTF	21,8a,36,9b,30,24,31/5,9e,7b,11,6,9g, 17,10,9a,9d,Tmp,38,McN	26	27.1
	PRCQP	21,8a,36,9b,10,Tmp, 30,31/5,9e,7b,11,6, 9g, 17,9a,9d, 24,38,McN	16	16.6
	PCHTP	21,8a,11,6, 36,30,31/5,9e,7b,9g,9b,7,9a,9d, 10,Tmp, 24,38,McN	11	11.4
	PRCQF	21,8a,36,30,24, 9b,10,11,Tmp,31/5,9e,7b,6,9g, 17,9a,9d,38,McN	8	8.3
	PKFTC	21,9b,11,24,31,36, 38/5,9e,7b, 6,8a,9g, 30, 17, 9a,9d, 10, Tmp, McN	7	7.3
	PHCTF	21,11,8a,36,9b,30,24,31/5,9e,7b, 6, 9g, 17,9a,9d,10,Tmp,38,McN	4	4.2
	TRCQP	21,8a, 11,6, 36,30, 31/5,9e,7b, 9g, 9b, 17,9a,9d, 10, Tmp, 24,38,McN	3	3.1
	PRCTC	21,8a,36,9b,30,24,31,38/5,9e,7b,11,6, 9g, 17,9a,9d,10,Tmp,McN	2	2.0
	TKTTF	11,24,31/21,5,9e,7b,6,8a,9g,36,9b,30,17,9a,9d, 10,Tmp,38,McN	2	2.0
	MRCQP	21, 9e,9b, 8a, 30,36,10,31, Tmp/5, 7b, 6, 11,9g, 17, 9a,9d, 24, 38,McN	2	2.0
	PRMQF	21,8a, 9b,10,Tmp24,30,31/5,9e,7b,11,6, 9g, 36,17,9a,9d, 38,McN	2	2.0
	TRCQF	8a,36,9b,10,Tmp, 24,30,31/5,9e,7b,21, 11, 6, 9g, 17,9a,9d, 38,McN	2	2.0
	PRTQF	21, 8a, 24, 10, Tmp, 31/5 ,9e, 7b, 11, 9g, 6, 9b,36,17,30,9a,9d, 38,McN	2	2.0

	PTCTM	21, 8a, 36, 9b, 30, 38, 31/5, 9e, 7b, 11, 6, 9g, 17, 9a, 9d, 10, Tmp, 24, McN	2	2.0
	TRTQF	21, 8a, 10, Tmp, 24, 31/ 5, 9e, 7b, 21, 11, 6, 9g, 36, 9b, 30, 17, 9a, 9d, 38, McN	2	2.0
	PCPSF	21, 11, 6, 9b, 8a, 24, Tmp, 31 /5, 9e, 7b, 9g, 36, 30, 17, 9a, 9d, 10, 38, McN	1	1.0
	PRCTP	21, 24, 9b, 36, 30, 31, Tmp, 38/5, 9e, 7b, 11, 6, 8a, 9g, 17, 9a, 9d, 10, McN	1	1.0
	TKKTF	36, 24, 31/5, 21, 9e, 7b, 8a, 11, 6, 9g, 9b, 30, 17, 9a, 9d, 10, Tmp, 38, McN	1	1.0
	MRKTF	21, 9e, 8a, 24, 36, 31/5, 7b, 11, 6, 9g, 9b, 30, 17, 9a, 9d, 10, Tmp, 38, McN	1	1.0
	PHHTF	21, 11, 8a, 36, 30, 24, 31/5, 9e, 7b, 6, 9g, 9b, 17, 9a, 9d, 10, Tmp, 38, McN	1	1.0
სულ	20		96	

2012 წლის პოპულაციაში იდენტიფიცირებული პათოტიპების მიხედვით შეიძლება პოპულაციის გენური სტრუქტურის გაანალიზება. როგორც ცხრილი 15-დან ჩანს, გაანალიზებული იზოლატების დიდი უმრავლესობა ვირულენტური იყო გამძლეობის 19 გენის შემცველი დიფერენციატორის მიმართ. ეს გენებია: *Sr5*, *Sr7b*, *Sr9e*, *Sr6*, *Sr11*, *Sr8a*, *Sr9g*, *Sr9b*, *Sr9a*, *Sr9d*, *Sr10*, *Sr30*, *Sr36*, *Sr38*, *Sr17*, *Sr21*, *Sr36* *SrTmP*, *SrMcN*. ვირულენტობა დაბალი იყო *Sr8a*, *Sr9b* *Sr21* და *Sr36* გენებისადმი (9.5-13.5%). აღნიშნული მახასიათებელი პოპულაციაში არ იყო წარმოდგენილი მხოლოდ *Sr31* გენისადმი, ხოლო, *Sr24* და *Sr30* გენებისადმი ის მერყეობდა 31.3 – 40.5% ფარგლებში.

ცხრილი 15. ვირულენტური იზოლატების შეხვედრის სიხშირე
2012 წლის პოპულაციაში

გამძლეობის გენები	ვირულენტური იზოლატები	
	რაოდენობა	%
<i>Sr 5</i>	96	100
<i>Sr 6</i>	84	87.5
<i>Sr 7b</i>	96	100
<i>Sr 8a</i>	12	12.5
<i>Sr 9a</i>	96	100
<i>Sr 9b</i>	13	13.5
<i>Sr 9e</i>	93	96.8
<i>Sr 9d</i>	96	100
<i>Sr 9g</i>	96	100
<i>Sr 10</i>	59	61.6
<i>Sr 11</i>	69	71.9
<i>Sr 17</i>	96	100
<i>Sr 21</i>	10	10.4
<i>Sr 24</i>	39	40.5
<i>Sr 30</i>	16	31.3
<i>Sr 31</i>	0	0
<i>Sr 36</i>	9	9.5
<i>Sr 38</i>	85	88.5
<i>Sr TmP</i>	58	60.3
<i>Sr McN</i>	96	100

2013 წელს დაავადების ნიმუშებიდან გამოყოფილი და დიფერენციატორთა ნაკრებზე გაანალიზებული იქნა ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევის 98 მონოსპორიანი იზოლატი. იდენტიფიცირებული იყო 27 რასა, რომელიც შეიცავდა 10-18 ვირულენტობის გენს. რასები სხვადასხვა სიხშირით (1.02-21.4%) იყო წარმოდგენილი პოპულაციაში, სადაც პრევალირებდა რასები PRCQP(21.4%), PKFTC(10.2%), PRCTF(9.2), PKPTF(8.2%). ძალიან დაბალი სიხშირით იყო გავრცელებული TKFTF (5.1%), PRCTC(5.1%), PCHTP(4.1%), PTCTF(4.1%) რასები, ხოლო დანარჩენი გვხვდებოდა 1-2 იზოლატის შემთხვევაში (ცხრ.16).

ცხრილი 16. ხორბლის ღეროს ჟანგას რასების და პათოტიპების სიხშირე 2013წლის
ურედინიოპოპულაციაში

წელი	რასა	ავირულენტური/ვირულენტური გენები	რაოდენობა	%
2013	PRCQP	21,8a,36,30, 9b,10,11,Tmp, 31/ 5,9e,7b, 6, 9g, 17,9a,9d, 24,38,McN	21	21.4
	PKFTC	21, 11, 9b,24, 31 ,36, 38/5,9e,7b,6, 8a, 9g, 10, 17, 9a,9d, 30, Tmp,McN	10	10.2
	PRCTF	21,8a,36,9b,30,24,31/5,9e,7b,11,6,9g, 17, 10,9a,9d,Tmp,38,McN	9	9.2
	PRCQF	21,8a,36,9b, 10,Tmp, 30,31/5,9e, 7b,11,6, 9g, 17,9a,9d, 38,McN	9	9.2
	PKPTF	21, 11, 9b,24, 31/5,9e,7b,6, 8a, 9g, 10, 17, 9a,9d, 36, 30, Tmp, 38, McN	8	8.2
	PRCTC	21,8a,36,9b,30,24,31,38/5,9e,7b,11,6, 9g, 17,9a,9d, 10,Tmp,McN	5	5.1
	TKFTF	8a, 11,36, 24,31/21,5, 9e,7b, 6, 9g, 9b,30,17, 9a,9d, 10, Tmp, 38,McN	5	5.1
	PTCTF	21,36,9b,30,24,31/5,9e,7b,11,6, 8a,9g, 17,9a,9d, 10,Tmp,38,McN	4	4.1
	PCHTP	21,8a, 11,6, 36,30, 31/5,9e,7b, 9g, 9b, 17,9a,9d, 10, Tmp, 24,38,McN	4	4.1
	TKFTC	11, 9b,24, 31, 36, 38 /21, 5,9e, 7b,6, 8a, 9g, 10, 30,17, 9a,9d, Tmp, McN	3	3.0
	TRTQF	21,8a, 9b, 10,Tmp24,30,31/5,9e, 7b,11,6, 9g, 36,17,9a,9d, 38,McN	2	2.0
	PRCTP	21,8a,36,9b,30,31/5,9e,7b,11,6, 9g, 17,9a,9d, 10,Tmp, 24,38,McN	2	2.0
	PKPTC	21,11, 9b,24, 31, 38/ 5,9e, 7b,6, 8a, 9g, 10, 30, 36, 17, 9a,9d, Tmp, McN	2	2.0
	PRCQM	21,8a,36,30, 9b,10,11, Tmp, 31/ 5,9e,7b, 6, 9g, 17,9a,9d, 24,38,McN	1	1.0
	PRMQF	21,8a, 9b, 10,Tmp24,30,31/5,9e, 7b,11,6, 9g, 36,17,9a,9d, 38,McN	1	1.0
	PHHTF	21,11,8a,36,9b,30,24,31/5,9e,7b, 6, 9g, 17,9a,9d, 10,Tmp,38,McN	1	1.0
	MRCQP	21, 9e,9b, 8a, 30,36, 10,31 Tmp/5,7b, 6, 11,9g, 17, 9a,9d, 24, 38,McN	1	1.0

	MMKTF	21, 9e,8a, 6, 24, 36, 31/5, 7b, 11, 9g, 9b, 30,17,9a,9d, 10, Tmp,38,McN	1	1.0
	TRCQP	8a,36,9b, 10,Tmp, 24,30,31/21,5,9e, 7b,21, 11, 6, 9g, 17,9a,9d, 38,McN	1	1.0
	PMCQF	8a,36,9b, 6, 10,Tmp, 30,31/21,5,9e, 7b,21, 11, 9g, 17,9a,9d, 24,38,McN	1	1.0
	PTCTM	21, 36,9b,30, 38,31/5,9e,7b, 8a, 11,6, 9g, 17, 10, Tmp,9a,9d, 24,McN	1	1.0
	PRCTM	21,8a,36,9b,30, 31,38/5,9e,7b, 11, 6, 9g, 17,9a,9d, 10,Tmp, 24,McN	1	1.0
	TKTTF	11, 24, 31/5,9e,7b, 21,6, 8a, 9g, 9b,10, 17, 9a,9d, Tmp,30,36, 38,McN	1	1.0
	PHFTP	21,11,8a, 9b, 36, 31/5,9e,7b, 6, 9g, 30, 17,9a,9d, 10, Tmp, 24,38,McN	1	1.0
	PRFQM	21,8a, 9b, 36, 10,Tmp, 38, 31/5,9e, 7b,11,6, 9g, 30,17,9a,9d, 24,McN	1	1.0
	PRFRF	21,8a, 9b, 36, 10, 24, 31 /5,9e, 7b,11, 6, 9g, 30,17,9a,9d, Tmp,38, McN	1	1.0
	NCCTM	21, 6,7b, 30,36,11, 8a, 38,31/5, 9e,9b, 9g, 9a,9d, 10, Tmp, 17,24,McN	1	1.0
სულ	27		98	

2013 წელს 98-ვე იზოლატი ვირულენტური იყო ყველა გამძლეობის გენისადმი გარდა *Sr31* გენისა. მათ შორის: *Sr5*, *Sr6*, *Sr7b*, *Sr9g*, *Sr9e*, *Sr9a*, *Sr9d*, *Sr10*, *Sr11*, *Sr38*, *SrTmP*, *Sr17* და *SrMcN* გენებისადმი ვირულენტური იზოლატების რიცხვი ძალიან მაღალი იყო და 59.2-100%-ის ფარგლებში ცვალებადობდა. დაბალი ვირულენტობა (10.2-18.4%) აღინიშნა *Sr9b* და *Sr21* გენებისადმი. *Sr8a* და *Sr24* გენისადმი ვირულენტური იზოლატების პროცენტული შემცველობა პოპულაციაში შესაბამისად აღწევდა 28,6% და 35.7%-ს (ცხრ.17).

ცხრილი 17. ვირულენტური იზოლატების შეხვედრის სიხშირე 2013 წელს

გამძლეობის გენები	ვირულენტური იზოლატები	
	რაოდენობა	%
<i>Sr 5</i>	98	100
<i>Sr 6</i>	90	91.8
<i>Sr 7b</i>	94	95.9
<i>Sr 8a</i>	28	28.6
<i>Sr 9a</i>	97	99.0
<i>Sr 9b</i>	18	18.4
<i>Sr 9e</i>	83	84.7
<i>Sr 9d</i>	97	99.0
<i>Sr 9g</i>	98	100
<i>Sr 10</i>	62	65.3
<i>Sr 11</i>	64	65.3
<i>Sr 17</i>	98	100
<i>Sr 21</i>	12	12.4
<i>Sr 24</i>	35	35.7
<i>Sr 30</i>	60	61.2
<i>Sr 31</i>	0	0
<i>Sr 36</i>	49	50.0
<i>Sr 38</i>	78	79.6
<i>Sr TmP</i>	58	59.2
<i>Sr McN</i>	98	100

2014 წელს 82 იზოლატი გამოყოფილი იქნა 5 გეოგრაფიული ზონის 7 რაიონში აღებული ნიმუშებიდან. დადგენილი იქნა იზოლატების რასობრივი და გენური სტრუქტურა. იდენტიფიცირებული იყო 18 რასა, რომელიც შეხვედრის სხვადასხვა სიხშირით ხასიათდებოდა. რასების დიდი უმრავლესობა მაღალვირულენტური იყო, ისინი შეიცავდა 11-18 ვირულენტობის გენს. პოპულაციაში პრევალირებდა რასები PKPTF(35.4%), PKFTC(12.2%), PRCQP(8.5%) და TKPTF(7.3%). დაბალი სიხშირით (3.7%) იყო გავრცელებული PRCTF, TKFTF, TKTTF, PKTTF, TKFTC რასები, ხოლო დანარჩენები პოპულაციაში წარმოდგენილი იყო 1-2 იზოლატით. ასევე დაბალი სიხშირით იყო გავრცელებული, 17 და 16 ვირულენტობის გენის შემცველი ყველაზე მაღალვირულენტური რასა TKTTF და PKTTF. (ცხრ. 18).

**ცხრილი 18. ხორბლის ღეროს ჟანგას რასების სიხშირე 2014 წლის
ურედინიოპოპულაციაში**

წელი	რასა	ავირულენტური/ვირულენტური გენები	რაოდენობა	%
2014	PKPTF	21, 24, 31, Tmp/5,9e, 7b, 11, 6, 8a, 9g, 9b,10, 17, 9a,9d, 30,36, 38, McN	29	35.4
	PKFTC	21, 11, 9b,24, 31,36, 38/5,9e,7b,6, 8a, 9g, 10, 17, 9a,9d, 30, Tmp,McN	10	12.2
	PRCQP	21,8a,36,30,9b,10,11,Tmp,31/5,9e,7b, 6, 9g, 17,9a,9d, 24,38,McN	7	8.5
	TKPTF	11, 9b,24, 31/21, 5,9e, 7b,6, 8a, 9g, 10,36,30,17, 9a,9d, Tmp, 38,McN	6	7.3
	PRCQF	21,8a,36,9b,10,Tmp, 30,31/ 5,9e, 7b,11,6, 9g, 17,9a,9d, 38,McN	4	4.9
	PRCTF	21,8a,36,9b,30,24,31/5,9e,7b,11,6, 9g, 17,10,9a,9d,Tmp,38,McN	3	3.7
	TKFTF	11, 9b,24, 31, 36/21, 5,9e, 7b,6, 8a, 9g, 10, 30,17, 9a,9d, Tmp, 38, McN	3	3.7
	TKTTF	11, 24,31/21,5,9e,7b, 8a, 6, 9g, 36, 9b, 30,17,9a,9d, 10,Tmp, 38,McN	3	3.7
	PKTTF	21,11, 24,31/5,9e,7b, 8a, 6, 9g, 36, 9b, 30,17,9a,9d, 10,Tmp, 38,McN	3	3.7
	TKFTC	11, 9b,24, 31, 36, 38/21, 5,9e, 7b,6, 8a, 9g, 10, 30,17, 9a,9d, Tmp, McN	3	3.7
	PCHTP	21,8a, 11,6, 36,30, 31/5,9e,7b, 9g, 9b, 17,9a,9d, 10, Tmp, 24, 38, McN	2	2.4
	PRTSF	21,8a, 24,31, Tmp/5,9e,7b, 11, 6, 9g, 36,9b,30,17,9a,9d,10, 38, McN	2	2.4
	PKPTC	21, 24, 31, Tmp,38/5,9e,7b, 11, 6, 8a, 9g, 9b,10, 17, 9a,9d, 30,36, McN	2	2.4
	PKFTP	21, 31, 36 /5,9e,7b, 11, 6, 8a, 9g, 9b,10, Tmp, 17, 9a,9d, 30,24,38,McN	1	1.2
	TTRTF	24, 31, Tmp, 30/5, 21,9e,7b, 11, 6, 8a, 9g, 9b,10, 17, 9a,9d, 36, 38,McN	1	1.2
	TRTQF	8a, 10,Tmp,24, 31/21,5,9e, 7b,11,6, 9g, 30,36, 9b,17,9a,9d, 38,McN	1	1.2
	TRDSC	8a, 9b,10,Tmp,24, 36,38, 31/5,21,9e, 7b,11, 6,9g,30,9a,9d,10, McN	1	1.2
	TRTTF	8a, 24, 31/5, 21,9e,7b, 11, 6, 9g, 9b,10, 17, 9a,9d, 30,36, 38,Tmp,McN	1	1.2
სულ	18		82	

2014 წელს გაანალიზებული ყველა ურედინია ვირულენტური იყო 19 გამძლეობის გენისადმი და სხვადასხვა სიხშირით იყო გავრცელებული პოპულაციაში. ძალიან მაღალი ვირულენტობა იყო აღრიცხული გამძლეობის გენების უმრავლესობისადმი. დაბალი სიხშირით იყო გავრცელებული *Sr24* (12.2%) და *Sr9b* (14.4%) გენების შემცველი დიფერენციატორებისადმი ვირულენტური იზოლატები. ზომიერი ინტენსივობით გვხვდებოდა *Sr21* (20.7%) და *Sr11* (21.9%) გენებისადმი ვირულენტობა (ცხრ. 19).

ცხრილი 19. ვირულენტური იზოლატების შეხვედრის სიხშირე

2014 წლის პოპულაციაში

გამძლეობის გენები	ვირულენტური იზოლატები	
	რაოდენობა	%
<i>Sr 5</i>	82	100
<i>Sr 6</i>	80	97.6
<i>Sr 7b</i>	82	100
<i>Sr 8a</i>	62	75.6
<i>Sr 9a</i>	82	100
<i>Sr 9b</i>	12	14.6
<i>Sr 9e</i>	81	98.8
<i>Sr 9d</i>	82	100
<i>Sr 9g</i>	82	100
<i>Sr 10</i>	82	100
<i>Sr 11</i>	18	21.9
<i>Sr 17</i>	82	100
<i>Sr 21</i>	17	20.7
<i>Sr 24</i>	10	12.2
<i>Sr 30</i>	64	78.0
<i>Sr 31</i>	0	0
<i>Sr 36</i>	46	56.1
<i>Sr 38</i>	70	85.4
<i>Sr TmP</i>	82	100
<i>Sr McN</i>	82	100

2015 წლის პოპულაციიდან გამოყოფილი 74 იზოლატის რასობრივი სტრუქტურის იდენტიფიცირების შედეგად, დადგენილი იქნა 14 რასა. პოპულაციაში დომინირებდა შემდეგი რასები: TTRTF(16.2%), TKFTF(14.9%) PKPTF(12.2%) და PRCQP, TKPTF(9.5%). დაბალი იყო (4.1-5.4%) PRCTF, PCHTP, PKFTC, TKTTF,TKFTC რასების კონცენტრაცია (ცხრ. 20).

ცხრილი 20. ხორბლის ღეროს ჟანგას რასების სიხშირე 2015 წლის ურედინიოპოპულაციაში

წელი	რასა	ავირულენტური/ვირულენტური გენები	რაოდენობა	%
2015	TTRTF	24, 30,31/5,21,9e,7b, 8a,11,6, 9g, 17, 9b,10,9a,9d,Tmp, 36,38,McN	12	16.2
	TKFTF	9b,11,24,31,36/5,21,9e,7b, 6, 8a,9g, 30,10,17,9a,9d, Tmp,38,McN	11	14.9
	PKPTF	21, 11, 9b,24, 31,36/5,9e,7b,6, 8a, 9g, 10, 17, 9a,9d, 30, Tmp, 38McN	9	12.2
	PRCQP	21,8a,36,9b,10,Tmp, 30,31/5,9e, 7b, 11, 6, 9g, 17,9a,9d, 24,38,McN	7	9.5
	TKPTF	11, 9b, 24, 31, 36, 38/21,5,9e,7b,6, 8a, 9g, 30,17, 10, 9a,9d, Tmp, McN	7	9.5
	PKFTC	11, 9b,21, 24, 31, 36, 24,38/5,9e,7b, 6,8a,9g,30,17,9a,9d,10,Tmp, McN	6	8.2
	PKPTC	11, 9b,24, 31, 36, 38/21,5,9e,7b,6, 8a, 9g, 30,17, 10, 9a,9d, Tmp, McN	5	6.8
	PRCTF	21, 24, 9b, 36,30,31,Tmp,38/5,9e,7b, 11,6, 8a,9g, 17,9a,9d, 10, , McN	4	5.4
	TKTTF	21,11,8a,36,9b,30,24,31/5,9e,7b, 6, 9g, 17,9a,9d, 10,Tmp,38,McN	4	5.4
	PCHTP	21,8a, 11,6, 36,30, 31/5,9e,7b, 9g, 9b, 17,9a,9d, 10, Tmp, 24,38,McN	3	4.1
	TKFTC	21, 11, 9b,24, 31 ,36, 38/5,9e,7b,6, 8a, 9g, 10, 17, 9a,9d, 30, Tmp,McN	3	4.1
	TKKTF	21,11,8a,36,9b,30,24,31/5,9e,7b, 6, 9g, 17,9a,9d, 10,Tmp,38,McN	1	1.4
	PCKTF	21, 8a, 6,11,36, 24,31/5, 9e,7b, 9g, 9b,30,17, 9a,9d, 10, Tmp, 38,McN	1	1.4
	MRKTF	21, 9e,8a,24, 36, 31/5, 7b, 11,6, 9g, 9b, 30,17,9a,9d, 10, Tmp,38,McN	1	1.4
სულ	14		74	

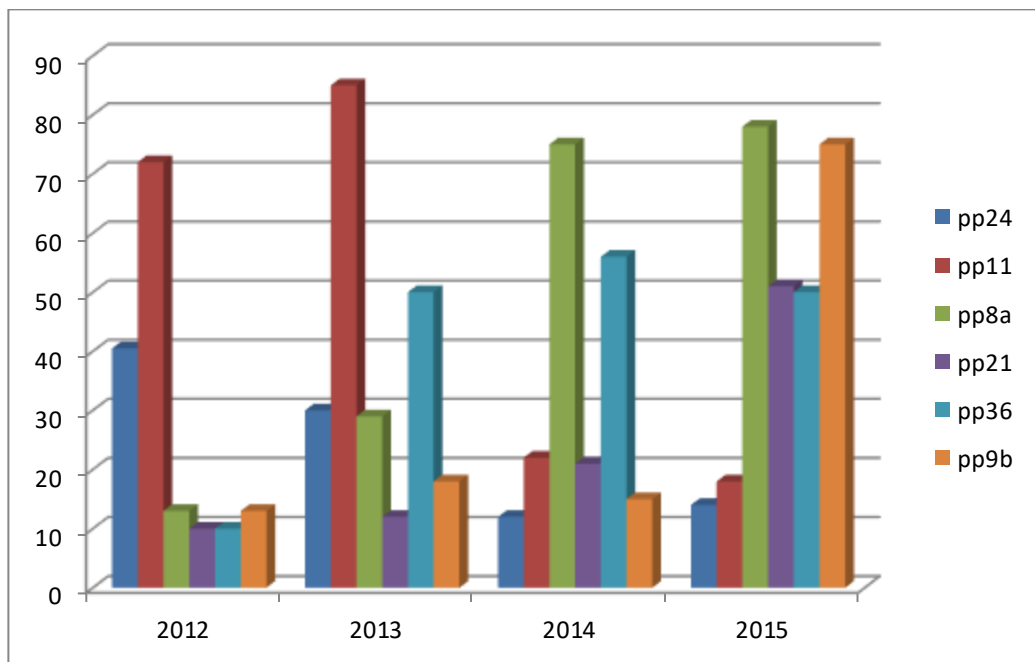
2015 წელს გაანალიზებული იზოლატების დიდი უმრავლესობა (78,4-დან 100%-მდე) ვირულენტური იყო შესწავლილი გამძლეობის გენების უმეტესი ნაწილისადმი. *Sr24* და *Sr11* გენებისადმი ვირულენტობა შეადგენდა შესაბამისად - 13.4%, და 17.6 %. წინა წლებთან შედარებით ძალიან გაიზარდა *Sr21* გამძლეობის გენისადმი ვირულენტური იზოლატების რიცხვი. ასევე, უფრო მაღალი იყო *Sr8a* და *Sr9b* გენებისადმი ვირულენტობა. შემცირდა *Sr11* და *Sr24* გენებისადმი ვირულენტური იზოლატების რაოდენობა. არ აღრიცხულა *Sr 31* გენისადმი ვირულენტობა (ცხრ. 21).

ცხრილი 21. ღეროს ჟანგას ვირულენტური იზოლატების შეხვედრის სიხშირე 2015 წელს

გამძლეობის გენები	ვირულენტური იზოლატები	
	რაოდენობა	%
<i>Sr 5</i>	74	100
<i>Sr 6</i>	70	94.5
<i>Sr 7b</i>	74	100
<i>Sr 8a</i>	58	78.4
<i>Sr 9a</i>	74	100
<i>Sr 9b</i>	56	75.6
<i>Sr 9e</i>	73	98.6
<i>Sr 9d</i>	74	100
<i>Sr 9g</i>	74	100
<i>Sr 10</i>	67	90.5
<i>Sr 11</i>	13	17.6
<i>Sr 17</i>	74	100
<i>Sr 21</i>	38	51.4
<i>Sr 24</i>	10	13.5
<i>Sr 30</i>	34	45.9
<i>Sr 31</i>	0	0
<i>Sr 36</i>	37	50.0
<i>Sr 38</i>	63	85.1
<i>Sr TmP</i>	67	90.5
<i>Sr McN</i>	74	100

გამოკვლევის წლების მიხედვით, ვირულენტობის გენების შეხვედრის სიხშირის ანალიზის შედეგად აღმოჩნდა, რომ ვირულენტობის გენების უმრავლესობის სიხშირე არსებითად არ შეცვლილა და ყველა წელს თითქმის ერთნაირი იყო. მნიშვნელოვნად გაიზარდა ზოგიერთი ვირულენტობის გენის შემცველობა 2015 წლისთვის. 2015 წლისთვის *Sr9b* გამძლეობის გენისადმი ვირულენტური იზოლატების სიხშირე გაიზარდა 13.5%-დან 75.6%-მდე, *Sr21* გენისადმი ვირულენტური იზოლატების სიხშირე გაიზარდა 10.4%-დან 51.4%-მდე. ასევე, გაიზარდა *Sr8a* (12.5-78.4%) და *Sr36* (10%-50%) გენებისადმი ვირულენტობაც. ხოლო *Sr24* და *Sr11* გენებისადმი ვირულენტობა შემცირდა, შესაბამისად, 40.5%-დან 13.5%-მდე და 85%-დან 17.6%-მდე (დიაგრამა 2).

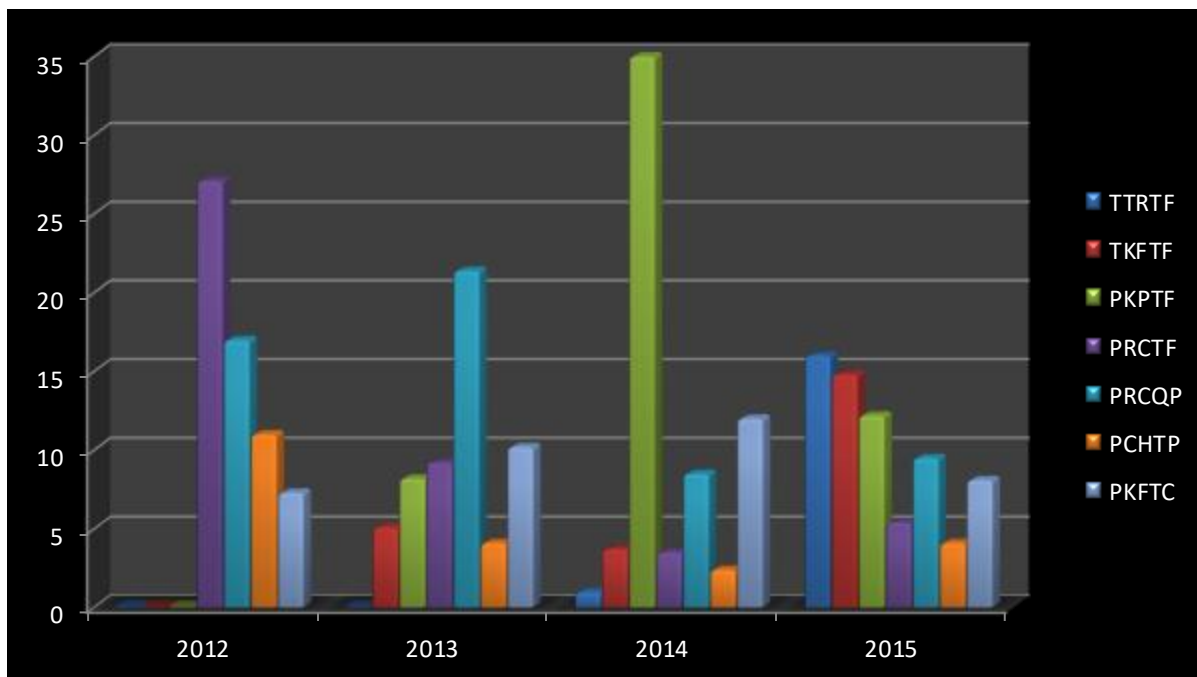
დიაგრამა 2. ცვლადი სიხშირის ვირულენტობის გენების დინამიკა წლების მიხედვით



ოთხწლიანი კვლევის განმავლობაში პათოგენის პოპულაციაში იდენტიფიცირებული რასობრივი სტრუქტურის ერთმანეთთან შედარების შედეგად აღმოჩნდა, რომ 2012 და 2014 წლებში ღეროს ჟანგას პოპულაციაში დომინირებული რასები PRCTF და PKPTF უფრო მაღალი სიხშირით (35% და 27%) იყო წარმოდგენილი, ვიდრე 2013 და 2015 წლებში იდენტიფიცირებული დომინანტი რასები: PRCQP(21%) და TTRTF(16%). ყოველ წელს თითქმის თანაბრად და შედარებით მაღალი სიხშირით იყო გავრცელებული რასა PRCQP. ყველაზე მაღალი ინტენსივობით კი იგი იყო გავრცელებული 2013

წელს. როგორც დიაგრამა 3-დან ჩანს, PRCTF, PRCQP და PCHTP რასების სიხშირე შემცირდა, ხოლო რასა TKFTF-ის რაოდენობა გაიზარდა. 2015 წლის პოპულაციაში პრევალირებდა მანამდე იშვიათი რასები TTRTF და TKFTF, რაც შეიძლება აიხსნას აღნიშნული რასების ეკოლოგიური თავისებურებებით და პოპულაციაზე მოქმედი ბუნებრივი გადარჩევის სხვადასხვა ფაქტორებით.

დიაგრამა 3. რასების დინამიკა წლების მიხედვით



ცხრილი 22. ხორბლის ღეროს ჟანგას ურედიინოპოპულაციის ვირულენტობის და ცვალებადობის მაჩვენებლები

გამოკვლევის წლები	პოპულაციის ცვალებადობის ხარისხის მაჩვენებლები				
	Fv	P	μ	h	H _G
2012	12.7	0.6	14.7±0.8	0.27±0.05	0.19
2013	13.4	0.7	20.2±1.4	0.25±0.14	0.26
2014	14.6	0.5	13.5±0.8	0.25±0.05	0.21
2015	14.9	0.6	12.5±0.5	0.11±0.04	0.18

როგორც ცხრილი 22-დან ჩანს, ერთნაირად მაღალვირულენტური აღმოჩნდა ღეროს ჟანგას პოპულაცია 2014 ($F_v=14.6$) და 2015 წელს ($F_v=14.9$). ყველაზე მაღალი პოლიმორფობა $P=0.7$ და შესაბამისად, ყველაზე მაღალი გენეტიკური მრავალფეროვნება ($H_G=0.26$; $\mu=20.2\pm 1.4$) აღირიცხა 2013 წელს. მიუხედავად იმისა, რომ 2013 წლის პოპულაცია უფრო მაღალი მრავალფეროვნების დონით გამოირჩევა, ვიდრე 2012 ($H_G=0.19$; $\mu=14.7\pm 0.8$) და 2014 წლის ($H_G=0.21$; $\mu=13.5\pm 0.8$) პოპულაცია, იშვიათი რასების წილი ($h=0.27\pm 0.05$, $h=0.25\pm 0.14$, $h=0.25\pm 0.14$) სამივე წელს თითქმის ერთნაირი იყო.

საქართველოს გეოგრაფიულ ზონებში გავრცელებული პათოგენის ვირულენტობის გენების და რასების გაანალიზების შედეგად აღმოჩნდა, რომ მესხეთის პოპულაციაში იდენტიფიცირებული 19 რასიდან ძირითადად გავრცელებული იყო რასები: PRCQP (20.2%), TKFTF (15%) და PRCTF (12.8%). 6.4-7.4%-ის ფარგლებში იცვლებოდა სამი რასის (PKPTF, PRCQF, TKTTF) შეხვედრის სიხშირე. 4.2%-ის ტოლი იყო PHCTF, TPKPTF, PRCTC და TTRTF შემცველობა პოპულაციაში. ძალიან დაბალი ინტენსივობით (1-2.1) იყო გავრცელებული დანარჩენი 7 რასა (ცხრ. 23).

ცხრილი 23. ხორბლის ღეროს ჟანგას რასების სიხშირე 2012-2015 წლებში მესხეთის ზონაში გავრცელებულ ურედინიოპოპულაციაში

ზონა	რასა	ავირულენტური/ვირულენტური გენები	გაანალიზებული იზოლატების რაოდენობა	
			ცალი	%
მესხეთი-ახალციხე	PRCQP	21,8a,36,9b,10,Tmp, 30,31/5,9e,7b,11,6, 9g, 17,9a,9d, 24,38,McN	19	20.2
	TKFTF	11, 9b,36,24,31/21,5,9e,7b, 6, 8a, 9g, 30,17,9a,9d, 10,Tmp,38,McN	14	15.0
	PRCTF	21,8a,36,9b,30,24,31/5,9e,7b,11,6, 9g, 17, 10,9a,9d,Tmp,38,McN	12	12.8
	PRCQF	21,8a,36,30,24, 9b,10,11,Tmp, 31/5,9e,7b, 6, 9g, 17,9a,9d, 38,McN	7	7.4
	PKPTF	11, 9b, 21, 24,31/5,9e,7b, 6, 8a, 9g, 30, 36,17,9a,9d, 10,Tmp,38,McN	7	7.4
	TKTTF	11, 24,31/21,5,9e,7b, 6, 8a, 9g, 36, 9b,30,17,9a,9d, 10,Tmp,38,McN	6	6.4
	PHCTF	21,11,8a,36,9b,30,24,31/5,9e,7b, 6, 9g,	4	4.2

		17,9a,9d, 10,Tmp,38,McN		
	PRCTC	21,8a,36,9b,30,24,31,38/5,9e,7b, 11 , 6, 9g, 17,9a,9d, 10,Tmp,McN	4	4.2
	TTRTF	30,24,31/5, 21,9e,7b, 11, 8a,6, 9g, 36,9b,17,9a,9d, 10,Tmp, 38, McN	4	4.2
	TKPTF	11, 9b, 24,31/5, 21,9e,7b, 6, 8a, 9g, 30, 36,17,9a,9d, 10,Tmp,38,McN	3	3.2
	PHHTF	21,11,8a,36, 30,24,31/5,9e,7b, 6, 9g, 9b,17,9a,9d, 10,Tmp,38,McN	2	2.1
	PTCTF	21,36,9b,30,24,31/5,9e,7b,11,6, 8A,9g, 17,9a,9d, 10,Tmp,38,McN	2	2.1
	PKPTC	21, 8a, 36,9b, 31/5,9e,7b, 11,6, 9g, 30,17,9a,9d, 10,Tmp, 24,38,McN	2	2.1
ადიგენი	MRCQP	21, 9e,9b, 8a, 30,36, 10,31 Tmp/5, 7b, 6, 11,9g, 17, 9a,9d, 24, 38,McN	2	2.1
	TRTQF	21,8a, 10,11,Tmp, 31/ 5,9e,7b, 6, 9g, 36,30, 9b,17,9a,9d, 24,38,McN	1	1.0
ახალციხე	PRCQM	21,8a,36,30, 9b,10,11, Tmp, 31/5,9e,7b, 6, 9g, 17,9a,9d, 24,38,McN	2	2.1
	TKKTF	21, 8a, 11,6, 9a, 10,36,9b,30,24,31/5,9e,7b, 9g, 17, 9d, Tmp,38,McN	1	1.0
	TRTTF	8a, 24,31/5,21,9e,7b,11,6, 9g, 30,36,9b,17, 9a, 9d,10,Tmp,38,McN	1	1.0
	PMCQF	21, 6, 8a,36,30, 9b,10, Tmp, 24,31/ 5,9e,7b, 11,9g, 17,9a,9d, 38,McN	1	1.0
სულ	19		94	

მესხეთის პოპულაციაში უმრავლეს შემთხვევაში გავრცელებული იყო *Sr5*, *Sr6*, *Sr7b*, *Sr9a*, *Sr9e*, *Sr9d*, *Sr9g*, *Sr10*, *Sr11*, *Sr17*, *Sr21*, *Sr38*, *SrTmp*, *SrMcN* გენების შემცველი ხაზებისადმი ვირულენტური იზოლატები (58.5-100%). 10.6%-დან 18.1-24,5% ფარგლებში ცვალებადობდა *Sr9b*, *Sr36*, *Sr21* და *Sr24* გენებისადმი ვირულენტური იზოლატების რაოდენობა. ზომიერი იყო *Sr30* (38%) და *Sr8a* (40%) გენებისადმი ვირულენტობა. *Sr31* გენისადმი ვირულენტობა არც მესხეთის პოპულაციაში ყოფილა დაფიქსირებული (ცხრ.24).

ცხრილი 24. ვირულენტური იზოლატების შეხვედრის სიხშირე
მესხეთის პოპულაციაში

გამძლეობის გენები	ვირულენტური იზოლატები	
	ცალი	%
<i>Sr 5</i>	94	100
<i>Sr 6</i>	94	100
<i>Sr 7b</i>	94	100
<i>Sr 8a</i>	38	40.4
<i>Sr 9a</i>	94	100
<i>Sr 9b</i>	17	18.1
<i>Sr 9e</i>	92	97.9
<i>Sr 9d</i>	94	100
<i>Sr 9g</i>	94	100
<i>Sr 10</i>	62	65.9
<i>Sr 11</i>	50	53.2
<i>Sr 17</i>	94	100
<i>Sr 21</i>	31	22.3
<i>Sr 24</i>	23	24.5
<i>Sr 30</i>	36	38.3
<i>Sr 31</i>	0	0
<i>Sr 36</i>	19	20.2
<i>Sr 38</i>	86	94.5
<i>Sr TmP</i>	62	65.9
<i>Sr McN</i>	94	100

ჯავახეთის ზონიდან გამოყოფილი 49 იზოლატის ვირულენტური თვისებების შესწავლის შედეგად იდენტიფიცირებული იქნა 10 რასა, რომელთაგან პოპულაციაში დომინირებდა რასა PKFTC(30.6%). მომდევნო უფრო გავრცელებული რასები იყო: TKFTC(18.4%) და PKPTF(16.3%). ერთნაირი იყო რასების TPKPTF და TKTTF შეხვედრის სიხშირე(8.1%); დანარჩენი რასები იშვიათად გვხვდებოდა(2.0-6,1%) (ცხრ. 25).

**ცხრილი 25. ხორბლის ღეროს ჟანგას რასების სიხშირე 2012-2015 წლებში
ჯავახეთში გავრცელებულ ურედინიოპოპულაციაში**

ზონა	რასა	ავირულენტური/ვირულენტური გენები	განალიზებული იზოლატების რაოდენობა	
			ცალი	%
ჯავახეთი ახალქალაქი	PKFTC	21, 11, 9b,24, 31, 36, 38/5,9e, 7b,6, 8a, 9g, 10, 30,17, 9a,9d, Tmp, McN	15	30.6
	TKFTC	36,9b, 24, 31, 38/21,5, 9e,7b, 11, 6, 8a,9g, 30,17,9a,9d, 10,Tmp, McN	9	18.4
	PKPTF	9b,21, 24, 31/5,9e,7b, 11, 6, 8a, 9g, 10, 17, 9a,9d, Tmp,30,36, 38,McN	8	16.3
	TKTTF	11,24,31/5,21,9e,7b, 6, 8a,9g, 9b,36, 30,10,17,9a,9d, Tmp,38,McN	4	8.1
	TKPTF	9b,21, 24, 31/5,9e,7b, 11, 6, 8a, 9g, 10, 17, 9a,9d, Tmp,30,36, 38,McN	4	8.1
	TKFTF	11, 9b, 24, 31 ,36/5,9e,7b,6, 8a, 9g, 10, 17, 9a,9d, 30, Tmp, 38 ,McN	3	6.1
	TTRTF	30,24,31/5,9e,7b, 21,8a,11, 6, 9g, 36,9b,17, 10,9a,9d,Tmp,38,McN	2	4.0
	PRCQP	21,8a,36,9b, 10,Tmp, 30,31/ 5,9e,7b,11,6, 9g, 17,9a,9d, 24,38,McN	2	4.0
	PKFTP	21,11, 9b, 36, 31/5, 9e,7b, 6, 8a,9g, 30, 17,9a,9d, 10,Tmp, 24, 38, McN	1	2.0
	TRDSC	8a,36,24,38, Tmp/5,21,9e,7b, 11,6, 9g,30, 9a,9d,10, McN	1	2.0
სულ	10		49	

ჯავახეთის პოპულაციაში განალიზებული ყველა 49-ვე იზოლატი ვირულენტური აღმოჩნდა 9 გამძლეობის გენის (*Sr5, Sr6, Sr7b, Sr9a, Sr9d, Sr9g, Sr9e, Sr17, SrMcN*) მატარებელი დიფერენციატორისადმი. ასევე, ძალიან მაღალი ვირულენტობა (87,8%-91,8%) დაფიქსირდა *Sr8a, Sr10, SrTmp* და *Sr30*-ის მიმართ. 6.1-14.4% ფარგლებში

მერყეობდა *Sr24*, *Sr11* და *Sr9b* გენებისადმი ვირულენტობა. *Sr21* და *Sr36* გენის შემცველი ხაზის მიმართ ვირულენტობა 50%-მდე იყო. *Sr31* გენის შემცველი დიფერენციატორის მიმართ ვირულენტური იზოლატი არც ჯავახეთის პოპულაციაში იქნა დაფიქსირებული (ცხრ. 26).

ცხრილი 26. ვირულენტური იზოლატების შეხვედრის სიხშირე ჯავახეთის პოპულაციაში

გამმლეობის გენები	ვირულენტური იზოლატები	
	ცალი	%
<i>Sr 5</i>	49	100
<i>Sr 6</i>	49	100
<i>Sr 7b</i>	49	100
<i>Sr 8a</i>	47	95.9
<i>Sr 9a</i>	49	100
<i>Sr 9b</i>	7	14.4
<i>Sr 9e</i>	49	100
<i>Sr 9d</i>	49	100
<i>Sr 9g</i>	49	100
<i>Sr 10</i>	47	95.9
<i>Sr 11</i>	5	8.2
<i>Sr 17</i>	49	100
<i>Sr 21</i>	23	46.9
<i>Sr 24</i>	3	6.1
<i>Sr 30</i>	45	91.8
<i>Sr 31</i>	0	0
<i>Sr 36</i>	24	48.9
<i>Sr 38</i>	25	51.0
<i>Sr TmP</i>	47	95.9
<i>Sr McN</i>	49	100

2012-2015 წლებში შიდა ქართლის პოპულაციაში იდენტიფიცირებული იქნა 27 რასა. მათგან დომინირებდა სამი - PRCQP(20.0%), PRCTF(14.7%), PCHTP(13.3%); 2.6-9.3% ფარგლებში მერყეობდა TRCQP, PTCTF, TKPTF, TTRTF, PRCQF და PKPTF რასების შეხვედრის სიხშირე. დანარჩენი 16-ის სიხშირე 0.6-2.6% ფარგლებში ცვალებადობდა (ცხრ. 27).

ქართლში გავრცელებულ ურედინიოპოპულაციებში

ზონა	რასა	ავირულენტური/ ვირულენტური გენები	ვირულენტური იზოლატები	
			ცალი	%
შიდა ქართლი, დუშეთი	PRCQP	21,8a,36,9b, 10,Tmp, 30,31/5,9e,7b,11,6, 9g, 17,9a,9d, 24,38,McN	30	20.0
ხაშური	PRCTF	21, 24, 9b, 36,30,31,Tmp,38/5,9e,7b, 11,6, 8a,9g, 17,9a,9d, 10, McN	21	14.7
	PCHTP	21,8a, 11,6, 36,30, 31/ 5,9e,7b, 9g, 9b, 17,9a,9d, 10, Tmp, 24,38,McN	20	13.3
ხაშური	PRCQF	21,8a,36,9b, 10,Tmp, 30,31/5,9e, 7b,11,6, 9g, 17,9a,9d, 38,McN	14	9.3
	PKPTF	21,11,9b,24,31/5,9e,7b,6,8a,9g,36,30,17, 9a, 9d, 10, Tmp,38,McN	11	7.3
	TKPTF	11,9b,24,31/5,21,9e,7b,6,8a,9g,36,30,17, 9a,9d,10,Tmp,38, McN	7	4.7
	TTRTF	30,9b/5,21,9e,24,31,7b,11,6,8a,9g,36,9b,1 7, 9a, 9d,10,Tmp,38,McN	7	4.7
	TRCQP	8a,36,9b, 10,Tmp, 24,30,31/21,5,9e, 7b,21, 11, 6, 9g, 17,9a,9d, 38,McN	4	2.6
	PTCTF	21, 11,36, 24,31/5, 9e,7b, 6, 8a,9g, 9b,30,17, 9a,9d, 10, Tmp, 38,McN	4	2.6
ბორჯომი, წალკერი	MRKTF	21, 9e,8a,24, 36, 31/5, 7b, 11,6, 9g, 9b, 30,17,9a,9d, 10, Tmp,38,McN	3	2.0
	PTCTM	21, 11,36, 31,38/5, 9e,7b, 6, 8a,9g, 9b,30,17, 9a,9d, 10, Tmp, 24,McN	3	2.0
დუშეთი	PRMQF	21,8a, 9b, 10,Tmp24,30,31/5,9e,7b,11,6, 9g, 36,17,9a,9d, 38,McN	3	2.0
	TRTQF	21,8a, 9b, 10,Tmp24,30,31/5,9e, 7b,11,6, 9g, 36,17,9a,9d, 38,McN	3	2.0
	PRCTP	21,8a,36,9b, 30,31/5,9e,7b,11,6, 9g, 17,9a,9d, 10,Tmp, 24,38,McN	3	2.0
	PRCTC	21,8a,36,9b, 30,31,24,38/5,9e,7b,11,6, 9g, 17,9a,9d, 10,Tmp, McN	2	1.3
	TRCQF	8a,36,9b, 10,Tmp, 30,31/21,5,9e, 7b,21, 11, 6, 9g, 17,9a,9d, 24,38,McN	2	1.3
	TKFTF	11, 9b,36,24,31/5,9e,7b,21,6,8a,9g,30,17,	2	1.3

		<i>9a,9d,10,Tmp, 38,McN</i>		
	PRTQF	<i>21, 9b, 10,Tmp, 36, 24,31/5,9e, 7b,11,6, 8a, 9g, 30,17,9a,9d, 38,McN</i>	2	1.3
	MRCQP	<i>21, 9e,9b, 8a, 30,36, 10,31 Tmp/5, 7b, 6, 11,9g, 17, 9a,9d, 24, 38,McN</i>	1	0.6
	TKKTF	<i>11,36,24,31/5,21,7b,9e,6,8a,9g, 9b,30,17,9a, 9d, 10, Tmp,38,McN</i>	1	0.6
	PCPSF	<i>21, 11,6, 9b, 8a, Tmp, 24, 31/5,9e,7b, 9g, 36, 30, 17,10, 9a,9d, 38,McN</i>	1	0.6
	PHFTP	<i>21,11,8a, 9b,36, 31/5,9e,7b, 6, 9g, 30, 17, 9a, 9d, 10,Tmp,38, 24,McN</i>	1	0.6
	PCKTF	<i>21, 11, 6, 8a, 36, 24, 31/5, 9e,7b, 9g, 9b, 30,17, 9a,9d, 10, Tmp, 38,McN</i>	1	0.6
	PRFQM	<i>21,8a, 9b, 10,Tmp, 36,38, 31 /5,9e, 7b,11,6, 9g, 30,17,9a,9d, 24,McN</i>	1	0.6
	PRFRF	<i>21, 36,9b, 10,24,31/5,9e,7b,11,6, 8a,9g, 30,17,9a,9d, Tmp, 38,McN</i>	1	0.6
	MMKTF	<i>21, 9e, 6, 8a,24, 36, 31,38/ 5, 7b, 11, 9g, 9b, 30,17,9a,9d, 10, Tmp, McN</i>	1	0.6
	NCCTM	<i>21, 6, 7b, 11, 8a, 9b, 30, 36, 31,38/5, 9e, 9g, 17,9a,9d, 10, Tmp, 24, McN</i>	1	0.6
სულ	27		150	

შიდა ქართლის პოპულაციაში გამძლეობის გენებისადმი *Sr5, Sr17, Sr9a, Sr9d, Sr9g, SrMcN* ვირულენტური იზოლატების შეხვედრის სიხშირე 100% იყო. მხოლოდ *Sr31* გენის მიმართ არ იყო ნაპოვნი ვირულენტური იზოლატები. ძალიან მაღალი სიხშირით იყო წარმოდგენილი პოპულაციაში გამძლეობის გენების *Sr6, Sr7b, Sr9e, Sr10, Sr11, Sr38, SrTmp* მატარებელი ხაზებისადმი ვირულენტური იზოლატების რიცხვი (56.7-94.7%). ყველაზე დაბალი სიხშირით იყო გავრცელებული *Sr21* გენისადმი (17.3%) და *Sr30, Sr8a, Sr36* და *Sr9b* გენებისადმი ვირულენტური იზოლატები (21.3%, 22%, 22.7%, და 24.7%) (ცხრ.28).

ცხრილი 28. ვირულენტური იზოლატების შეხვედრის სიხშირე
შიდა ქართლის პოპულაციაში

გამძლეობის გენები	ვირულენტური იზოლატები	
	ცალი	%
<i>Sr 5</i>	150	100
<i>Sr 6</i>	123	82.3
<i>Sr 7b</i>	142	94.7
<i>Sr 8a</i>	33	22.0
<i>Sr 9a</i>	150	100
<i>Sr 9b</i>	37	24.7
<i>Sr 9e</i>	142	94.7
<i>Sr 9d</i>	150	100
<i>Sr 9g</i>	150	100
<i>Sr 10</i>	90	60.0
<i>Sr 11</i>	99	66.0
<i>Sr 17</i>	150	100.0
<i>Sr 21</i>	26	17.3
<i>Sr 24</i>	62	41.3
<i>Sr 30</i>	32	21.3
<i>Sr 31</i>	0	0
<i>Sr 36</i>	34	22.7
<i>Sr 38</i>	146	97.3
<i>Sr TmP</i>	89	59.3
<i>Sr McN</i>	150	100

ქვემო ქართლის ზონაში გაანალიზებული იქნა იზოლატების მცირე რიცხვი და პოპულაციაში იდენტიფიცირდა 4 რასა. მათგან პრევალირებდა ორი რასა: PKPTC (41.2%) და PKPTF (35.3). 4 იზოლატით იყო წარმოდგენილი PKFTC და 2 იზოლატით - PRCTF რასა (ცხრ. 29).

**ცხრილი 29. ხორბლის ღეროს ჟანგას რასების სიხშირე 2012-2015 წლებში ქვემო ქართლში
გავრცელებულ ურედინოპოპულაციაში**

ზონა	რასა	ავირულენტური/ვირულენტური გენები	განალიზებული იზოლატების რაოდენობა	
			ცალი	%
ქვემო ქართლი	PKPTC	21, 11, 9b, 24, 31, 38/5, 9e, 7b, 6, 8a, 9g, 10, 17, 9a, 9d, 36, 30, Tmp, McN	7	41.2
მარნეული	PKPTF	21, 11, 9b, 24, 31/5, 9e, 7b, 6, 8a, 9g, 10, 17, 9a, 9d, 30, 36, Tmp, 38McN	6	35.3
	PKFTC	21, 11, 9b, 24, 31, 36, 38/5, 9e, 7b, 6, 8a, 9g, 10, 17, 9a, 9d, 30, Tmp, McN	4	21.1
	PRCTF	21, 24, 9b, 36, 30, 31, Tmp, 38/5, 9e, 7b, 11, 6, 8a, 9g, 17, 9a, 9d, 10, McN	2	11.8
სულ	4		19	

როგორც ცხრილი 30-დან ჩანს, ქვემო ქართლის პოპულაციაში იდენტიფიცირებული იქნა ვირულენტობა გამძლეობის 16 გენისადმი. მათგან, *Sr9b, Sr21, Sr24, Sr31* გენების შემცველი ხაზებისადმი ვირულენტური არც ერთი იზოლატი იყო. მათი უმრავლესობი-სადმი (*Sr5, Sr6, Sr7b, Sr9a, Sr8a, Sr9e, Sr9d, Sr9g, Sr10, Sr17, Sr30, Sr36, SrTmp, SrMcN*) დაფიქსირებული ვირულენტობა ძალიან მაღალი იყო 68.4-100%. ყველაზე დაბალი იყო (10.5%) *Sr11* გენისადმი ვირულენტობის სიხშირე.

**ცხრილი 30. ვირულენტური იზოლატების შეხვედრის სიხშირე
ქვემო ქართლის პოპულაციაში**

გამძლეობის გენები	ვირულენტური იზოლატების	
	ცალი	%
<i>Sr 5</i>	19	100
<i>Sr 6</i>	17	89.5
<i>Sr 7b</i>	19	100
<i>Sr 8a</i>	17	89.5
<i>Sr 9a</i>	19	100
<i>Sr 9b</i>	0	0

<i>Sr 9e</i>	19	100
<i>Sr 9d</i>	19	100
<i>Sr 9g</i>	19	100
<i>Sr 10</i>	19	100
<i>Sr 11</i>	2	10.5
<i>Sr 17</i>	19	100
<i>Sr 21</i>	0	0
<i>Sr 24</i>	0	0
<i>Sr 30</i>	17	89.5
<i>Sr 31</i>	0	0
<i>Sr 36</i>	13	68.4
<i>Sr 38</i>	8	42.1
<i>Sr Tmp</i>	19	100
<i>Sr McN</i>	19	100

კახეთში გავრცელებული *Puccinia graminis* პოპულაცია 5 რასით იყო წარმოდგენილი. პოპულაციაში ძირითადი ადგილი უჭირავს PKFTC(36.8%) და PKPTF(34.2%) რასებს. PRCTF – 15.8%-ით იყო გავრცელებული. შედარებით დაბალი იყო PKTTF და PRTSF რასების სიხშირე (7.9 და 6%) (ცხრ. 31).

ცხრილი 31. ხორბლის ღეროს ჟანგას რასების სიხშირე 2012-2015 წლებში კახეთის ზონაში გავრცელებულ ურედინიოპოპულაციაში

ზონა	რასა	ავირულენტური/ ვირულენტური გენები	ვირულენტური იზოლატები	
			ცალი	%
კახეთი სილნალი	PKFTC	21, 9b, 11, 24, 31,36, 38/5,9e,7b, 6,8a,9g, 30, 17, 9a,9d, 10, Tmp, McN	14	36.8
გარდაბანი	PKPTF	21, 9b,24, 31/5,9e,7b, 11, 6, 8a, 9g, 10, 17, 9a,9d, Tmp,30,36, 38,McN	13	34.2
თელავი	PRCTF	21,8a,24, 9b,31/ 5,9e,7b, 11,6, 9g, 36,30,17,9a,9d, 10, Tmp,38,McN	6	15.8
გარდაბანი	PKTTF	21, 11,24,31/5,9e,7b,8a,6,9g,9b,10, 30,17, 9a,9d, 36, Tmp,38,McN	3	7.9
სილნალი	PRTSF	21,8a,Tmp,24,31/5,9e,7b,11,6,9g, 36,9b,30,17,10,9a,9d, 38,McN	2	6.0
სულ	5		38	

ცხრილი 32 გვიჩვენებს, რომ საკმაოდ მაღალვირულენტური აღმოჩნდა კახეთის პოპულაცია. რადგან აქ გაანალიზებული გამძლეობის 20 გენიდან 18 მათგანისადმი აღირიცხა ვირულენტობა. პოპულაციაში მუდმივად გვხვდებოდა *Sr5*, *Sr9a*, *Sr9d*, *Sr9g*, *Sr10*, *Sr17*, *SrMcN* გენების მიმართ ვირულენტური იზოლატები (100%). ძალიან მაღალი იყო *Sr8a*, *Sr6*, *Sr7b*, *Sr9e*, *Sr30*, *Sr38*, *SrTmp* გენებისადმი ვირულენტური იზოლატების კონცენტრაცია პოპულაციაში (63.2-92.1%).

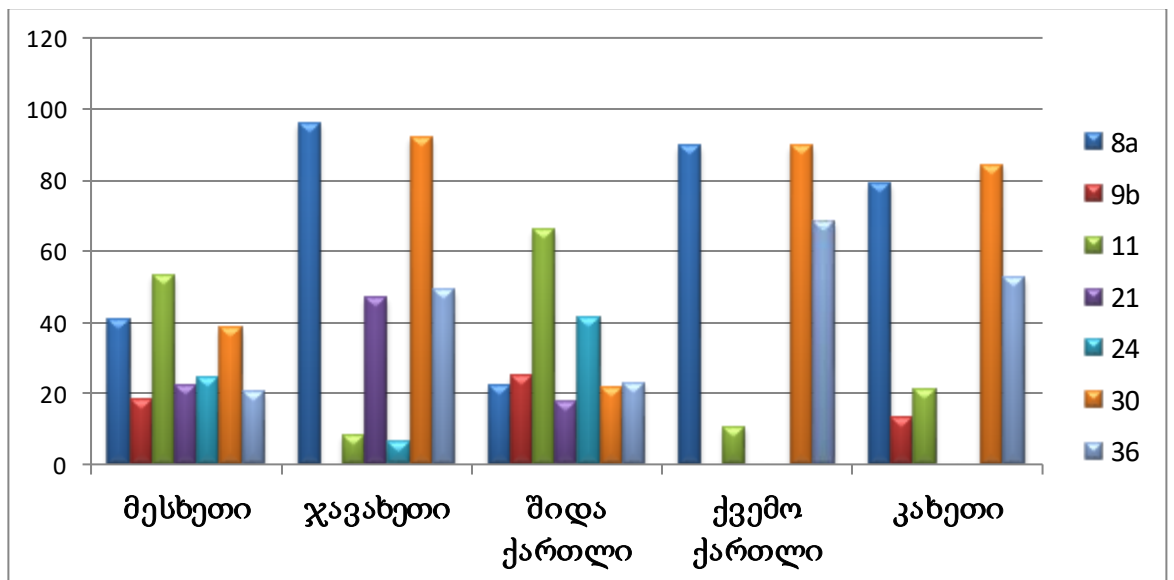
**ცხრილი 32. ვირულენტური იზოლატების შეხვედრის სიხშირე
კახეთის პოპულაციაში**

გამძლეობის გენები	ვირულენტური იზოლატები	
	ცალი	%
<i>Sr 5</i>	38	100
<i>Sr 6</i>	30	78.9
<i>Sr 7b</i>	38	100
<i>Sr 8a</i>	30	78.9
<i>Sr 9a</i>	38	100
<i>Sr 9b</i>	5	13.2
<i>Sr 9e</i>	38	100
<i>Sr 9d</i>	38	100
<i>Sr 9g</i>	38	100
<i>Sr 10</i>	38	100
<i>Sr 11</i>	8	21.1
<i>Sr 17</i>	37	97.3
<i>Sr 21</i>	0	0
<i>Sr 24</i>	0	0
<i>Sr 30</i>	32	84.2
<i>Sr 31</i>	0	0
<i>Sr 36</i>	20	52.6
<i>Sr 38</i>	24	63.2
<i>Sr TmP</i>	27	71.1
<i>Sr McN</i>	38	100

სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონაში გავრცელებული ზოგიერთი ვირულენტური გენების და დომინირებული რასების ერთმანეთთან შედარებისას აღმოჩნდა, რომ *Sr21*

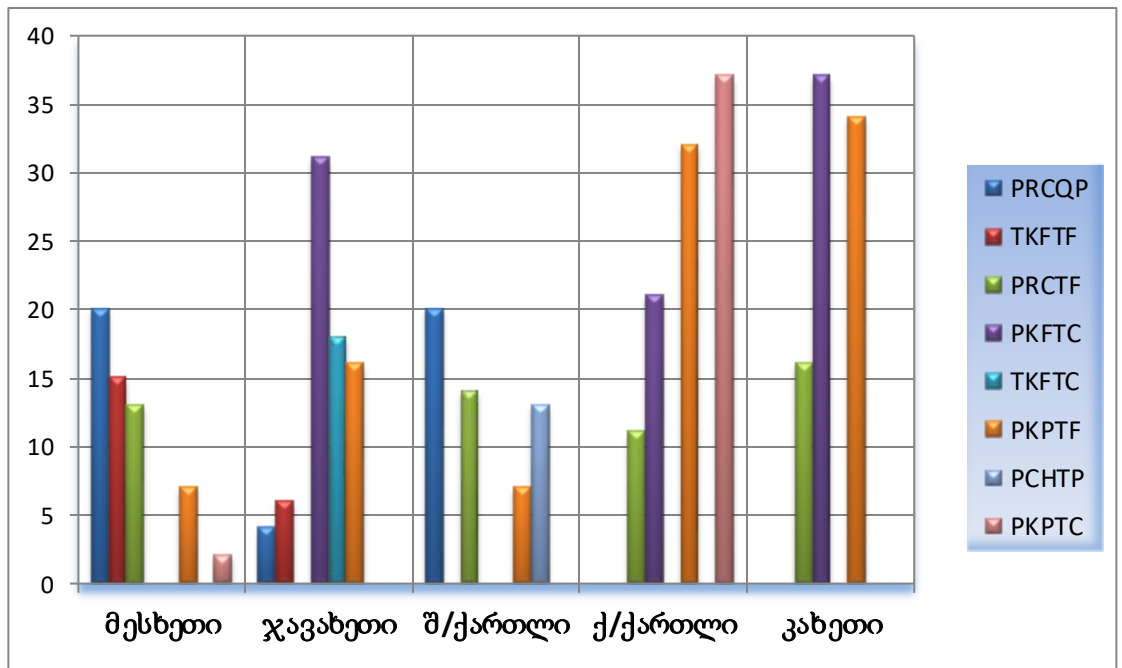
გენის მიმართ ვირულენტობა მაღალი ინტენსივობით მხოლოდ ჯავახეთში იყო გავრცელებული. ყველა ზონაში მაღალი ეფექტურობით გამოირჩეოდა გამძლეობის გენი - *Sr9b*, ხოლო *Sr24* გენისადმი ვირულენტობა მხოლოდ მესხეთსა (24.5%) და შიდა ქართლში (41%) იქნა აღრიცხული. გამძლეობის გენების *Sr8a*, *Sr30* და *Sr36* მიმართ ვირულენტური იზოლატები ძალიან მაღალი სიხშირით იყო გავრცელებული თითქმის ყველა ზონაში. მაღალი ვირულენტობით ანუ ვირულენტური გენის მაღალი რიცხვით გამოირჩეოდა მესხეთის და ჯავახეთის ზონა (დიაგრამა 4).

დიაგრამა 4. ცვლადი სიხშირის ვირულენტობის გენების წარმომადგენლობა გეოგრაფიული ზონების მიხედვით



როგორც დიაგრამა 5-დან ჩანს, ყველა ზონაში გავრცელებული რასაა PKPTF, ამასთან, იგი ქვემო ქართლსა და კახეთში მეორე ადგილზე იყო გავრცელების სიხშირით. რასა PRCQP დომინირებდა მესხეთსა და შიდა ქართლში, დაბალი იყო მისი სიხშირე(4%) ჯავახეთში, ხოლო დანარჩენ ზონაში კი - საერთოდ არ გამოვლინდა. რასა PRCTF თითქმის ერთნაირი სიხშირით იყო გავრცელებული ყველა ზონაში ჯავახეთის გარდა, სადაც ის არ აღრიცხულა. რასა PKPTC მხოლოდ ქვემო ქართლში იყო გავრცელებული და მას გაბატონებული ადგილი ეჭირა (37%).

დიაგრამა 5. დომინირებული რასების გავრცელება გეოგრაფიული ზონების მიხედვით



ცალკეული გეოგრაფიული ზონაში (მესხეთი, ჯავახეთი, შიდა ქართლი, ქვემო ქართლი, კახეთი) გავრცელებული ღეროს ჟანგას პოპულაციების ვირულენტობის და ცვალებადობის დონის დადგენის მიზნით გამოთვლილი ძირითადი მაჩვენებლების (F_v - ვირულენტობის ფაქტორი, P - პოლიმორფობა, μ - რასების ანუ პათოტიპთა საშუალო რიცხვი, h - იშვიათი რასების რიცხვი) მიხედვით, შედარებით მაღალი ვირულენტობით გამოირჩეოდა ჯავახეთის პოპულაცია, რომელშიც საშუალოდ ვირულენტობის 14 გენი აღირიცხა. ყველაზე მაღალი გენეტიკური მრავალფეროვნების კოეფიციენტი და პოპულაციაში იდენტიფიცირებული პათოტიპების საშუალო რიცხვი გამოვლინდა შიდა ქართლისა ($H_G - 0.19$; $\mu - 18.5 \pm 1$) და მესხეთის ($H_G - 0.19$; $\mu - 15.1 \pm 0.8$) პოპულაციაში. პათოტიპების ყველაზე უფრო დაბალი საშუალო რაოდენობა დაფიქსირდა კახეთსა ($H_G - 0.11$; $\mu - 4.0 \pm 0.3$) ქვემო ქართლის პოპულაციაში ($H_G - 0.16$; $\mu - 3.2 \pm 0.3$) (ცხრ. 33).

ცხრილი 33. ხორბლის ღეროს ჟანგას ურედინიოპოპულაციის ვირულენტობის და ცვალებადობის მაჩვენებლები გეოგრაფიული ზონების მიხედვით

გეოგრაფიული ზონა	ურედინიოპოპულაციის ცვალებადობის მაჩვენებლები				
	Fv	P	μ	h	H _G
მესხეთი	13.5	0.6	15.1±0.8	0.8±0.04	0.19
ჯავახეთი	14.6	0.5	6.3±0.7	0.4±0.06	0.18
შიდა ქართლი	13.0	0.7	18.5±1	0.5±0.04	0.19
ქვემო ქართლი	13.8	0.3	3.2±0.3	0.2±0.09	0.16
კახეთი	13.6	0.4	4.0±0.3	0.2±0.06	0.11

სხვადასხვა გეოგრაფიული ზონის პოპულაციებს შორის რასობრივი ანუ პათოტიპური მსგავსების დასადგენად გამოთვლილი იქნა ჯაკარდის მსგავსების კოეფიციენტი, რომლის საფუძველზე შეიქმნა სხვადასხვა გეოგრაფიული ზონის პოპულაციებს შორის მსგავსების მატრიცა (ცხრ. 34) და აგებული იქნა დენდროგრამა (სურ.22).

ცხრილი 34. სხვადასხვა გეოგრაფიული ზონის პოპულაციებს შორის მსგავსების მატრიცა

გეოგრაფიული ზონები	კახეთი	ქვემო ქართლი	ჯავახეთი	შიდა ქართლი	მესხეთი
კახეთი	1				
ქვემო ქართლი	0.5	1			
ჯავახეთი	0.167	0.182	1		
შიდა ქართლი	0.069	0.111	0.167	1	
მესხეთი	0.105	0.111	0.316	0.4	1

დენდროგრამიდან ჩანს, რომ რასობრივი შემადგენლობის მიხედვით უფრო მეტი მსგავსება იყო კახეთისა და ქვემო ქართლის (0.50) პოპულაციებს შორის. ასევე, შედარებით მსგავსია შიდა ქართლის და მესხეთის (0.40) პოპულაციები. განცალკევებულ შტოს ქმნის ჯავახეთის პოპულაცია, რომელიც ოდნავ დაშორებულია დანარჩენი პოპულაციებისაგან.

ცხრილი 35. ხორბლის ღეროს ჟანგას რასების სიხშირე *P.graminis*

ურედინიოპოპულაციაში 2012-2015 წლებში

№ რასა	ვირულენტობის ფორმულა (ავირულენტური/ვირულენტური გენები)	იზოლატები		
		ცალი	%	
1	PRCQP	21,8a,36,30, 9b,10,11,Tmp,31/ 5,9e,7b, 6, 9g, 17,9a,9d, 24,38,McN	51	14.5
2	PKPTF	21, 9b, 11, 24, 31,36, 38/5,9e,7b, 6,8a,9g, 30, 17, 9a,9d, 10, Tmp, McN	46	13.1
3	PRCTF	21,8a,36,9b,30,24,31/5,9e,7b,11,6, 9g, 17, 10, 9a, 9d, Tmp, 38,McN	42	12.0
4	PKFTC	11, 9b,24, 31, 36, 38/21,5,9e,7b,6, 8a, 9g, 30,17, 10, 9a, 9d, Tmp, McN	33	9.4
5	PRCQF	21,8a,36,9b,10,Tmp, 30,31/5,9e, 7b,11,6, 9g, 17,9a,9d, 38,McN	21	6.0
6	PCHTP	21,8a, 11,6, 36,30, 31/5,9e,7b, 9g, 9b, 17,9a,9d, 10, Tmp, 24,38,McN	20	5.7
7	TKFTF	11,24,31/5,21,9e,7b, 6, 8a,9g, 9b, 36,30,10,17,9a,9d, Tmp,38,McN	19	5.4
8	TKPTF	11,24,31/5,21,9e,7b, 6, 8a,9g, 9b, 36,30,10,17,9a,9d, Tmp,38,McN	13	3.7
9	TTRTF	30,24,31/5,21,9e,7b,11,6,8a,9g,36,9b,17,9a, 9d, 10, Tmp, 38,McN	13	3.7
10	TKTTF	11, 9b,24, 31, 38/5,21,7b, 9e,6,8a,9g,9b,30, 36, 17, 9a, 9d, 10,Tmp,38,McN	10	2.9
11	PKPTC	21, 11, 9b,24, 31,38/5,9e,7b,6, 8a, 9g, 10, 17, 9a,9d, 36, 30, Tmp,McN	9	2.6
12	TKFTC	11, 9b,24, 31, 36, 38/21,5,9e,7b,6, 8a, 9g, 30,17, 10, 9a, 9d, Tmp, McN	9	2.6
13	PRCTC	21,8a,36,9b,30,24,31,38/5,9e,7b,11,6, 9g, 17, 9a,9d, 10, Tmp,McN	6	2.0
14	PTCTF	21,36,9b,30,24,31/5,9e,7b,11,6, 8a,9g, 17,9a,9d, 10,Tmp, 38,McN	5	1.4
15	TRTQF	21,8a, 10,Tmp, 24, 31/5,9e,7b,21, 11, 6, 9g, 36,9b,30, 17,9a,9d, 38,McN	5	1.4
16	TRCQP	21,8a, 11,6, 36,30, 31/5,9e,7b, 9g, 9b, 17,9a,9d, 10, Tmp, 24,38,McN	4	1.1
17	PHCTF	21,11,8a,36,9b,30,24,31/5,9e,7b,6, 9g, 17,9a,9d, 10, Tmp, 38,McN	4	1.1

18	PRCTP	21, 8a, 36,9b, 31/5,9e,7b, 11,6, 9g, 30,17,9a,9d, 10,Tmp, 24,38,McN	3	0.9
19	PRMQF	21,8a, 9b,10,Tmp24,30,31/5,9e, 7b,11,6, 9g, 36,17,9a,9d, 38,McN	3	0.9
20	PTCTM	21,36,9b,30, 31/5,9e,7b,11,6,8a,9g, 17,9a,9d, 10,Tmp,38, 24,McN	3	0.9
21	MRCQP	21, 9e,9b, 8a, 30,36, 10,31, Tmp/5, 7b, 6, 11,9g, 17, 9a,9d, 24, 38,McN	3	0.9
22	PKTTF	21, 11, 24, 31/5, 9e, 7b, 6, 8a, 9g, 36, 9b, 30, 17, 38, McN	3	0.9
23	PHHTF	21,11,8a,36,30,24,31,38/5,9e,7b, 6, 9g, 9b, 17, 9a, 9d, 10,Tmp,38,McN	2	0.6
24	TRCQF	8a,36,9b,10,Tmp, 30,31/21,5,9e, 7b,21, 11, 6, 9g, 17,9a,9d, 24,38,McN	2	0.6
25	PRTQF	21, 8a,10,Tmp,24,31/5, 9e,7b, 11,6, 9g, 9b,36,30, 17,9a,9d, 38,McN	2	0.6
26	MRKTF	21, 9e,8a,24, 36, 31/5,7b, 11,6, 9g, 9b, 30,17,9a,9d,10, Tmp,38,McN	2	0.6
27	PRTSF	21,8a, Tmp,24,31/5,9e,7b,11, 6, 9g, 36,9b,30,17, 10,9a,9d, 38,McN	2	0.6
28	TKKTF	11,9b,24,36,31/5,21,7b,9e,6,8a,9g,9b,30,17, 9a, 9d,10,Tmp, 38,McN	2	0.6
29	PRCQM	21,8a,36,30, 9b,10,11,Tmp,31/5,9e,7b, 6, 9g, 17,9a,9d, 24,38,McN	1	0.3
30	PCKTF	21, 11, 6, 8a, 36,24, 31/5,9e,7b, 9g, 9b,10, 17, 9a,9d, 30, Tmp,38,McN	1	0.3
31	MMKTF	21, 9e,8a, 6, 24, 36, 31/5, 7b, 11, 9g, 9b, 30,17,9a,9d, 10, Tmp, 38,McN	1	0.3
32	PRFQM	21, 8a, 9e,11, 9b,10, 24, 30, 36, Tmp, 31/5, 7b, 6,9g, 17, 9a,9d, 38,McN	1	0.3
33	PKFTP	21, 11, 9b, 31,36/5,9e,7b,6, 8a, 9g, 10,17, 9a,9d, 30, Tmp, 24, 38, McN	1	0.3
34	PRFRF	21, 8a, 9e,11, 9b,10, 24, 30, 36, Tmp, 31/5,9e,7b,11,6, 9g,30,17,9a,9d,Tmp,38,McN	1	0.3
35	PHFTP	21,8a,11,9b,10,36,Tmp,31/5,9e,7b,6,9g,30, 17,9a,9d,10, Tmp,24,38,McN	1	0.3
36	PMCQF	21,11,8a, 36, 30, 9b, 10,Tmp, 24,31/5,9e,7b, 6, 9g, 17, 9a, 9d, 38, McN	1	0.3
37	PRCTM	21,36,9b,30, 38,31/5,9e,7b,11,6, 9g,	1	0.3

		17,9a,9d, 10,Tmp, 24, McN		
38	PCPSF	21, 11,6, 9b, 8a, 24, Tmp, 31/5, 9e, 7b, 9g, 36,30,17,9a, 9d, 10, 38, McN	1	0.3
39	TRDSC	36,9b,30, Tmp,24, 38,31/5,21,9e,7b,11,6,9g,30,9a,9d, 10, McN	1	0.3
40	NCCTM	21, 7b,11,6, 8a, 36,30, 9b/5,9e, 9g,17, 9a,9d, 10, Tmp, 24, 38	1	0.3
41	TRTTF	11, 9b,24, 31/5,21,7b, 9e,6,8a,9g,9b,30, 36,17,9a,9d, 10,Tmp,38,McN	1	0.3
სულ			350	

2012-2015 წლების კვლევის შედეგების ანალიზით გამოვლინდა 12 გამძლეობის გენის (*Sr5*, *Sr6*, *Sr7b*, *Sr9a*, *Sr9d*, *Sr9e*, *Sr9g*, *Sr10*, *Sr17*, *Sr38*, *SrTmp*, *SrMcN*) მიმართ ვირულენტური იზოლატების ძალიან მაღალი 75.7-100% რიცხვი. ასევე, მაღალი იყო *Sr3d*(40,3%), *Sr8a* (45.7%), *Sr3d*(49.7%) და *Sr11*(52.3%) გამძლეობის გენებისადმი ვირულენტური იზოლატების კონცენტრაცია პოპულაციაში. გაანალიზებული იზოლატების 28,3% ვირულენტური იყო *Sr9b*-დმი, 26.9% - *Sr24* და 22.1% - *Sr21* გამძლეობის გენისადმი. კვლევის მანძილზე არ დაფიქსირებულა მხოლოდ *Sr31*-დმი ვირულენტობა (ცხრ.36).

**ცხრილი 36. ვირულენტური იზოლატების სიხშირე *P.graminis*
ურედინიოპოპულაციაში
2012-2015 წლებში**

გამძლეობის გენები	ვირულენტური იზოლატები	
	ცალი	%
<i>Sr 5</i>	350	100.0
<i>Sr 6</i>	324	92.6
<i>Sr 7b</i>	348	99.4
<i>Sr 8a</i>	160	45.7
<i>Sr 9a</i>	348	99.4
<i>Sr 9b</i>	99	28.3

<i>Sr 9e</i>	330	94.3
<i>Sr 9d</i>	348	99.4
<i>Sr 9g</i>	350	100.0
<i>Sr 10</i>	270	77.1
<i>Sr 11</i>	187	52.3
<i>Sr 17</i>	350	100.0
<i>Sr 21</i>	77	22.0
<i>Sr 24</i>	94	26.9
<i>Sr 30</i>	174	49.7
<i>Sr 31</i>	0	0
<i>Sr 36</i>	141	40.3
<i>Sr 38</i>	296	84.6
<i>Sr TmP</i>	265	75.7
<i>Sr McN</i>	350	100.0

ხორბლის ღეროს ჟანგას ურედინიოპოპულაციის ვირულენტური, რასობრივი და პათოტიპური სტრუქტურის სტატისტიკური ანალიზის მიხედვით, 2012-2015 წლებში პოპულაციაში მაღალი პოლიმორფობის პირობებში იდენტიფიცირებული იყო საშუალოდ 14 ვირულენტობის გენი ($F_v = 13.9$) და 31 რასა ($\mu = 31.2 \pm 0.9$). იშვიათი რასების წილი ($h = 0.24 \pm 0.02$) პოპულაციის 26.3% შეადგენდა, პოპულაციის მრავალფეროვნების დონე დაბალია (გლისონის ინდექსი ($H_G = 0.11$)) (ცხრ. 37).

ცხრილი 37. ხორბლის ღეროს ჟანგას ურედინიოპოპულაციის ვირულენტობის დონე და ცვალებადობის მაჩვენებლები

ურედინიოპოპულაციის ვირულენტობის და ცვალებადობის მაჩვენებლები				
ვირულენტობის ფაქტორი, F_v	პოლიმორფობა, P	პათოტიპების საშუალო რიცხვი, μ	იშვიათი რასების წილი, h	მრავალფეროვნების მაჩვენებელი, H_G
13.9	0.7	31.2 ± 0.9	0.24 ± 0.02	0.11

ამრიგად, 2012-2015 წლებში საქართველოს სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონაში გავრცელებული ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევის *P.graminis* ურედინიოპოპულაცია მაღალი ვირულენტობით ხასიათდებოდა. შესწავლილი 20 გამძლეობის გენიდან მასში აღრიცხული იქნა 19 გამძლეობის გენისამდი ვირულენტობა. ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ ხორბლის ღეროს ჟანგას პოპულაციაში არ იქნა იდენტიფიცირებული *Sr31* გამძლეობის გენის შემცველი დიფერენციატორისადმი (იზოგენური ხაზი *Sr31/6*LMPG*) ვირულენტობა. ეს უკანასკნელი პირველად 1999 წელს აღრიცხული იქნა უგანდაში (Pretorius, et al. 2000:203) და მომდევნო წლებში მეზობელ ქვეყნებშიც გავრცელდა. BGRI მონაცემების თანახმად *Sc99* რასის მოძრაობის ტრაექტორიის გათვალისწინებით საქართველო მაღალი რისკის ქვეყნების რიცხვს მიეკუთვნება (Anonymous, 2008). ამჟამად, მსოფლიოში გავრცელებული *Sc99* რასის 12 ვარიანტიდან არც ერთი არ არის იდენტიფიცირებული ღეროს ჟანგას საქართველოში გავრცელებულ პოპულაციაში.

4.2 ეციოპოპულაციის რასობრივი და გენეტიკური სტრუქტურა

როგორც უკვე ზემოთ იყო აღნიშნული, ჩვეულებრივი კოწახური (*Barberry vulgaris* L.) არის ხორბლის ღეროს ჟანგას შუამავალი მასპინძელი-მცენარე, რომელზეც პათოგენი სქესობრივ ანუ ეციალურ სტადიას გადის. ეს დასკვნა ო.წიქარიძის მიერ გაკეთდა გასული საუკუნის 60-იან წლებში (Цикаридзе, 1970), ხოლო უფრო მოგვიანებით, საერთაშორისო თანამშრომლობის ფარგლებში ეს ფაქტი დადასტურებული იქნა მოლეკულური მარკერებით ეციო- და ურედინიო-პოპულაციის შესწავლის შედეგად (Justesen et.al.,2013).

2013-2014 წლებში საქართველოს სხვადასხვა ზონაში გავრცელებული კოწახურის ველური ნარგაობა გამოვიკვლიეთ და შევადარეთ ეციო ნიმუშები - დუშეთში, ახალციხესა და ბორჯომში. ნიმუშებიდან გამოვყავით 48 იზოლატი, მათგან დუშეთის პოპულაციიდან გამოვყავით - 16 იზოლატი, ახალციხის პოპულაციიდან - 24 და ბორჯომიდან - 8 იზოლატი (ცხრ.38).

**ცხრილი 38. სხვადასხვა ზონაში შეგროვილი ეციონიმუშებიდან
გამოყოფილი იზოლატები**

გეოგრაფიული ზონა	რაიონი	იზოლატების რაოდენობა		
		2013	2014	სულ
მესხეთი	ახალციხე, ვალე	14	10	24
შიდა ქართლი	დუშეთი, სოფ.ბაზალეთი	8	8	16
	ბორჯომი	8	0	8
სულ		30	18	48

48 იზოლატით 20 იზოგენური ხაზის ინოკულაციის შედეგად, შესაძლებელი გახდა 21 რასის იდენტიფიცირება (ცხრ.39) მათგან, ახალციხის პოპულაციაში 12 რასა იქნა დადგენილი, დუშეთის პოპულაციაში - 6 რასა და ბორჯომში - 3 რასა. მათგან ყველაზე მეტი სიხშირით გავრცელებული იყო PRCQP და PKPTF (12.5%) რასები, მას მოჰყვებოდა TTRTF, TTKTF, ხოლო რასების დიდი ნაწილი (11) ერთეული იზოლატით იყო წარმოდგენილი.

ცხრილი 39. რასების სიხშირე ეციოპოპულაციაში 2013-2014 წლებში

რაიონი	რასები	ავირულენტური/ ვირულენტური გენები	ვირულენტური იზოლატების სიხშირე	
			ცალი	%
ახალციხე	<i>PRCQP</i>	<i>21, 8a,36,30, 9b,10, Tmp, 31/ 5,9e,7b, 6, 11, 9g, 17,9a,9d, 24,38,McN</i>	6	12.5
	<i>PKPTF</i>	<i>21, 11, 31,24,38/ 5,9e,7b, 6, 9g, 8a,36,30, 9b,10,17,9a,9d, Tmp, McN</i>	6	12.5
	<i>TTKTF</i>	<i>11,24,31/5,21,9e,7b, 6, 8a,9g, 9b, 36, 30, 10, 17, 9a,9d, Tmp,38,McN</i>	4	8.3
	<i>TTRTF</i>	<i>11, 31,24/ 5,9e,7b, 6, 9g, 8a, 21,30, 9b, 10, 17,9a,9d, 36,38,Tmp, McN</i>	4	8.3
დუშეთი	<i>PCHTP</i>	<i>21,8a, 11,6, 36,30, 31/ 5,9e,7b, 9g, 9b, 17, 9a, 9d, 10, Tmp, 24,38,McN</i>	3	6.2
	<i>PRCQP</i>	<i>21, 8a,36,30, 9b,10, Tmp, 31/ 5,9e,7b, 6, 11,</i>	1	2.1

		<i>9g, 17,9a,9d, 24,38,McN</i>		
ბორჯომი	<i>TKFTC</i>	<i>9b, 11, 24, 31,36, 38/5,9e,7b, 6,8a,9g, 21,30, 17, 9a,9d, 10, Tmp, McN</i>	3	6.2
ახალციხე	<i>TKFTF</i>	<i>11, 31,24,36/5,9e,7b, 6, 9g, 8a, 21,30, 9b, 10, 17,9a,9d, 38,Tmp, McN</i>	3	6.2
	<i>TKPTF</i>	<i>11, 9b,31,24 / 5, 9e,7b, 6, 9g, 8a, 21,30, 10, 17, 9a,9d, 36,38,Tmp, McN</i>	2	4.1
	<i>TRCQP</i>	<i>21,8a, 11,6, 36,30, 31/5,9e,7b, 9g, 9b, 17, 9a, 9d, 10, Tmp, 24,38,McN</i>	2	4.1
დუშეთი	<i>PRCQF</i>	<i>21,8a,36,9b,10,Tmp, 30,31/5,9e, 7b,11,6, 9g, 17,9a,9d, 38,McN</i>	2	4.1
	<i>PRCTF</i>	<i>21,8a,36,9b,30,24,31/5,9e,7b,11,6, 9g, 17, 10, 9a,9d,Tmp,38,McN</i>	1	2.1
	<i>PHCTF</i>	<i>21, 11,8a,36,9b, 30, 24,31/5,9e,7b, 6, 9g, 17, 10, 9a,9d,Tmp,38,McN</i>	1	2.1
	<i>PRTSF</i>	<i>21,8a, Tmp,24,31/5,9e,7b,11, 6, 9g, 36, 9b, 30,17,10,9a,9d, 38,McN</i>	1	2.1
	<i>PKTTF</i>	<i>21,11, 31,24/5,9e,7b, 6, 9g, 8a, 21,30, 9b , 10, 17, 9a,9d, 36,38,Tmp, McN</i>	1	2.1
	<i>TKPTF</i>	<i>11, 9b,31,24 /5,9e,7b, 6, 9g, 8a, 21,30, 10, 17, 9a,9d, 36,38,Tmp, McN</i>	1	2.1
ახალციხე	<i>PKFTC</i>	<i>21, 9b, 11, 24, 31,36, 38/5,9e,7b, 6,8a,9g, 30, 17, 9a,9d, 10, Tmp, McN</i>	1	2.1
	<i>PKPTC</i>	<i>21, 11, 9b,31,24,38/5,9e,7b, 6, 9g, 8a, 30, 10, 17, 9a,9d, 36,Tmp, McN</i>	1	2.1
	<i>PRCTC</i>	<i>21,8a,36,9b,30,24,31,38/5,9e,7b,11,6, 9g, 17,9a,9d,10,Tmp,McN</i>	1	2.1
	<i>TKKTF</i>	<i>11, 31,24, 36/5,9e,7b, 6, 9g, 8a, 21,30, 9b , 10, 17, 9a,9d, 38,Tmp, McN</i>	1	2.1
	<i>TKTTP</i>	<i>11, 31,24/5,9e,7b, 6, 9g, 8a, 21,30, 9b , 10, 17, 9a,9d, 36,38,Tmp, McN</i>	1	2.1
ბორჯომი	<i>TRTTF</i>	<i>8a, 31,24/5,9e,7b, 6, 9g, 11, 21,30, 9b, 10, 17, 9a,9d, 36,38,Tmp, McN</i>	1	2.1
	<i>PRCQM</i>	<i>21,8a,36,30, 9b,10, Tmp, 31,38/5,9e,7b, 6, 11,9g, 17,9a,9d, 24, McN</i>	1	2.1
			48	

როგორც წესი, ეციოპოპულაცია გამოირჩევა მაღალი მრავალფეროვნებით, რაც წარმოდგენილი კვლევის შემთხვევაშიც დადასტურდა. სტატისტიკური ანალიზის თანახმად, 2013-2014 წლების ეციოპოპულაციის მრავალფეროვნების მაჩვენებელი, გლისონის ინდექსი ($H_c = 0.41$) და რასების ანუ პათოტიპების საშუალო რიცხვი

($\mu=17.1\pm 1.2$) უფრო მაღალია, ვიდრე ურედინიოპოპულაციის. მაღალი იყო იშვიათი რასების წილიც - $h=0.19\pm 0.05$. ჩვენი კვლევის მსგავსად, 1964-1966 წლებში, საქართველოში გავრცელებული ხორბლის ღეროს ჟანგას ეციოპოპულაციის შესწავლისას გამოვლინდა ისეთი რასები, რომლებიც სხვა რეგიონში არ იყო მანამდე აღრიცხული. ეს რასები, სავარაუდოდ, წარმოიქმნა კოწახურზე განვითარებული სოკოს ეციალურ სტადიაზე სქესობრივი პროცესის შედეგად და გადავიდა ურედინიოპოპულაციაშიც (Коновалова и др., 1969:221-223).

ცხრილი 40. ვირულენტური გენების სიხშირე ეციოპოპულაციაში

ვირულენტობის გენები	იზოლატები	
	რაოდენობა	%
<i>Sr 5</i>	48	100
<i>Sr 6</i>	44	91.7
<i>Sr 7b</i>	48	100
<i>Sr 8a</i>	27	56.3
<i>Sr 9a</i>	48	100
<i>Sr 9b</i>	17	45.4
<i>Sr 9e</i>	48	100
<i>Sr 9d</i>	48	100
<i>Sr 9g</i>	48	100
<i>Sr 10</i>	37	77.1
<i>Sr 11</i>	22	45.8
<i>Sr 17</i>	48	100
<i>Sr 21</i>	23	47.9
<i>Sr 24</i>	14	29.2
<i>Sr 30</i>	23	47.9
<i>Sr 31</i>	0	0
<i>Sr 36</i>	21	43.8
<i>Sr 38</i>	40	83.3
<i>Sr Tmp</i>	36	75.0
<i>Sr McN</i>	48	100

ეციოიზოლატების გენეტიკური სტრუქტურის გაანალიზების შედეგად აღმოჩნდა, რომ ეციოპოპულაცია მაღალვირულენტურია და ურედინიოპოპულაციის მსგავსად შეიცავს 19 გამძლეობის გენისადმი (*Sr5, Sr6, Sr7b, Sr8a, Sr9a, Sr9b, Sr9e, Sr9d, Sr 9g, Sr10, Sr11, Sr17, Sr21, Sr24, Sr30, Sr36, Sr 38, SrTmp, SrMcN*) ვირულენტურ იზოლატებს. ვირულენტური გენების დიდი უმრავლესობა მაღალი პროცენტული (45-100%) შემცველობით ხასიათდებოდა, მხოლოდ *Sr24* გამძლეობის გენისადმი ვირულენტური იზოლატების სიხშირე იყო შედარებით დაბალი (29.2%). *Sr31* გამძლეობის გენისადმი ვირულენტური პათოტიპი არც ხორბლის ღეროს ჟანგას ეციოპოპულაციაში დაფიქსირებულა. ეციოპოპულაციის მრავალფეროვნების მაჩვენებელი უფრო მაღალი იყო, ვიდრე ურედინიოპოპულაციის მრავალფეროვნება. ერთი და ორი იზოლატით წარმოდგენილი რასების წილი პოპულაციაში 31.2%-ს შეადგენდა.

თავი 5. ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევის *Puccinia graminis f.sp. tritici*-ის პოპულაციის მრავალფეროვნების შესწავლა მოლეკულური მარკერების გამოყენებით

კვლევის კლასიკური მეთოდის გარდა, ჩვენს მიერ გამოყენებული იქნა მოლეკულური ბიოლოგიის თანამედროვე პოლიმერაზა ჯაჭვური რეაქციის მეთოდი-ერთნუკლეოტიდური პოლიმორფიზმის (SNP) გენოტიპირება, რომელმაც საშუალება მოგვცა შეგვესწავლა ხორბლის ღეროს ჟანგას გამომწვევი სოკოვანი მიკროორგანიზმის მოლეკულური პოლიმორფიზმი. ღეროს ჟანგას პოპულაციის SNP-ის ანალიზი ჩატარდა მინესოტას უნივერსიტეტის მარცვლოვანთა დაავადებების ლაბორატორიაში (აშშ) მათ მიერ დაფინანსებული სტაჟირების ფარგლებში.

სულ 102 მონოურედინიალური იზოლატი იქნა გენოტიპირებული PgtSNP 3.0kChip - ჩიპის გამოყენებით. მათ შორის 44 იზოლატი იყო 2013 წლის კოლექციიდან, 28 იზოლატი - 2014 წლის კოლექციიდან, ხოლო 30 - 2015 წლის კოლექციიდან. მათი დიდი უმრავლესობა (20) წარმოადგენდა TKFTF რასას, 18 - PKPTF რასას, 16 - TTRTF რასას, 12 იზოლატი - PRCQP რასას, 5 იზოლატი - PTCTF რასას. 3-3 იზოლატით იყო წარმოდგენილი რასები: PKPTC, PRCTC, PRCTM, 2 იზოლატით - MMKTF, MRCQF, MRCQP, PHHTC, PMCQF რასები და 1 იზოლატით - NCCTM, PFHTP, PRCQF, PRCQM, PRFQM, PRFTF, PTCTM, TRTQF, TRDSC რასები. თითოეული იზოლატიდან გამოყოფილი და გაფილტრული დნმ-ის 2825 იქნა გაანალიზებული. დნმ-ის 24 ნიმუში, რომლებშიც არ მოხდა დუბლირება, ამოღებული იქნა ანალიზიდან და ისინი შემდგომი კვლევის ობიექტს წარმოადგენენ. ეს ნიმუშები მოცემულია ცხრილი 41-ში და აღნიშნულია „ND“ -თი.

როგორც წესი, ყოველ 1000 ლოკუსზე წარმოქმნილი წერტილოვანი ცვლილებებით მსჯელობენ პოპულაციების გენეტიკურ განსხვავებაზე. SNP ცვლილებების საშუალო რიცხვი 2.3-282.5 ფარგლებში იყო. PgtSNP 3.0kChip ჩიპზე აღრიცხული SNP ცვლილებების საფუძველზე გამოთვლილი იქნა გენეტიკური დისტანციის მაჩვენებელი - Nei-ის ინდექსი, როგორც კლადების შიგნით, ისე კლადებს შორის. მიღებული მონაცემების საფუძველზე აგებული იქნა NJ ფილოგენეტიკური ხე (სურ. 23), სადაც საკვლევმა იზოლატებმა სხვადასხვა კლასტერები შექმნა, რომლებიც ერთმანეთისგან

უმნიშვნელოდ იყვნენ დაცილებული. კლასტერები კლადების სახით გაერთიანდა. კერძოდ, 78 იზოლატი 2 ძირითად ჯგუფში გაერთიანდა: 1. ე.წ. „ახალი ჯგუფი“ (New group) 2. III და IV კლადი (ბუტსტრაპის ინდექსი - 75-100%). კლადების შიგნით იზოლატებს შორის გენეტიკური დისტანცია იყო:

- Clade III - 0.000
- Clade IV-A - 0.000-0.001
- Clade IV-B - 0.000-0.002

ხოლო კლადების იზოლატებს შორის გენეტიკური დისტანცია იყო:

- III & IV-A 0.143-0.144
- III & IV-B 0.140-0.141
- IV-A & IV-B 0.091-0.094

გენეტიკური დისტანციის მაჩვენებლების მიხედვით, კლადების შიგნით იზოლატებს შორის განსხვავება ძალიან უმნიშვნელოა. III კლადის იზოლატებში ცვლილება არ დაფიქსირებულა და შესაბამისად, მათ შორის განსხვავება არ არის, რაზეც Nei-ის ინდექსიც - 0.000 მიუთითებს, ძალიან უმნიშვნელო ცვლილება იქნა ნაპოვნი და IV-A და IV-B კლადების იზოლატებს შორისაც (Nei-ის ინდექსი 0.000-0.002).

III კლადისა და IV-A – IV-B კლადების იზოლატებს შორისაც გენეტიკური დისტანციის მაჩვენებელი მერყეობს 0.140-0.144 ფარგლებში, რაც შედარებით უფრო მეტ განსხვავებაზე მიუთითებს, ვიდრე ეს არის IV კლადის ქვეკლადებში IV-A – IV-B შემავალ იზოლატებს შორის - 0.091-0.094. აქედან გამომდინარე, ღეროს ჟანგას „ქართული“ პოპულაციის მოლეკულური პოლიმორფიზმის საშუალო მაჩვენებელი 0.110-0.141 ფარგლებშია. ღეროს ჟანგას გამომწვევის SNP ცვლილებების ანალიზის შედეგები სრულ შესაბამისობაშია პათოგენის რასობრივი და პათოტიპური სტრუქტურის ანალიზის შედეგებთან, რომელთა მიხედვით, ღეროს ჟანგას გენეტიკური მრავალფეროვნება დაბალია ($H_c=0.11$).

როგორც 41-ე ცხრილიდან და 23-ე სურათიდან ჩანს, „ახალი ჯგუფი“ (NG) შეიცავს 2013 წლის კოლექციის 15 რასით წარმოდგენილ 37 იზოლატს და ერთი რასით წარმოდგენილ, 2014 წლის 2 იზოლატს. „ახალი ჯგუფი“-ის იზოლატები თავის მხრივ 12 ქვეჯგუფად დაიყო.

III კლადში შედის 11 იზოლატი (2014 წლის 2 და 2015 წლის 9 იზოლატი), რომლებიც ერთ რასას - TTRTF წარმოადგენენ. IV კლადში გაერთიანებულია 28

იზოლატი, მათგან ერთი - 2013 წლის კოლექციიდან იყო (რასა PTCTF), 13 იზოლატი - 2014 წლის კოლექციიდან (TKPTF და PKPTF რასა) და 14 - 2015 წლის კოლექციიდან (რასები PKPTF, TKFTF). IV კლადის იზოლატები 3 ქვეკლადში გაერთიანდა (16 იზოლატი - IV-C-ში; 9 – IV-B-ში, 2- IV-A.1-ში).

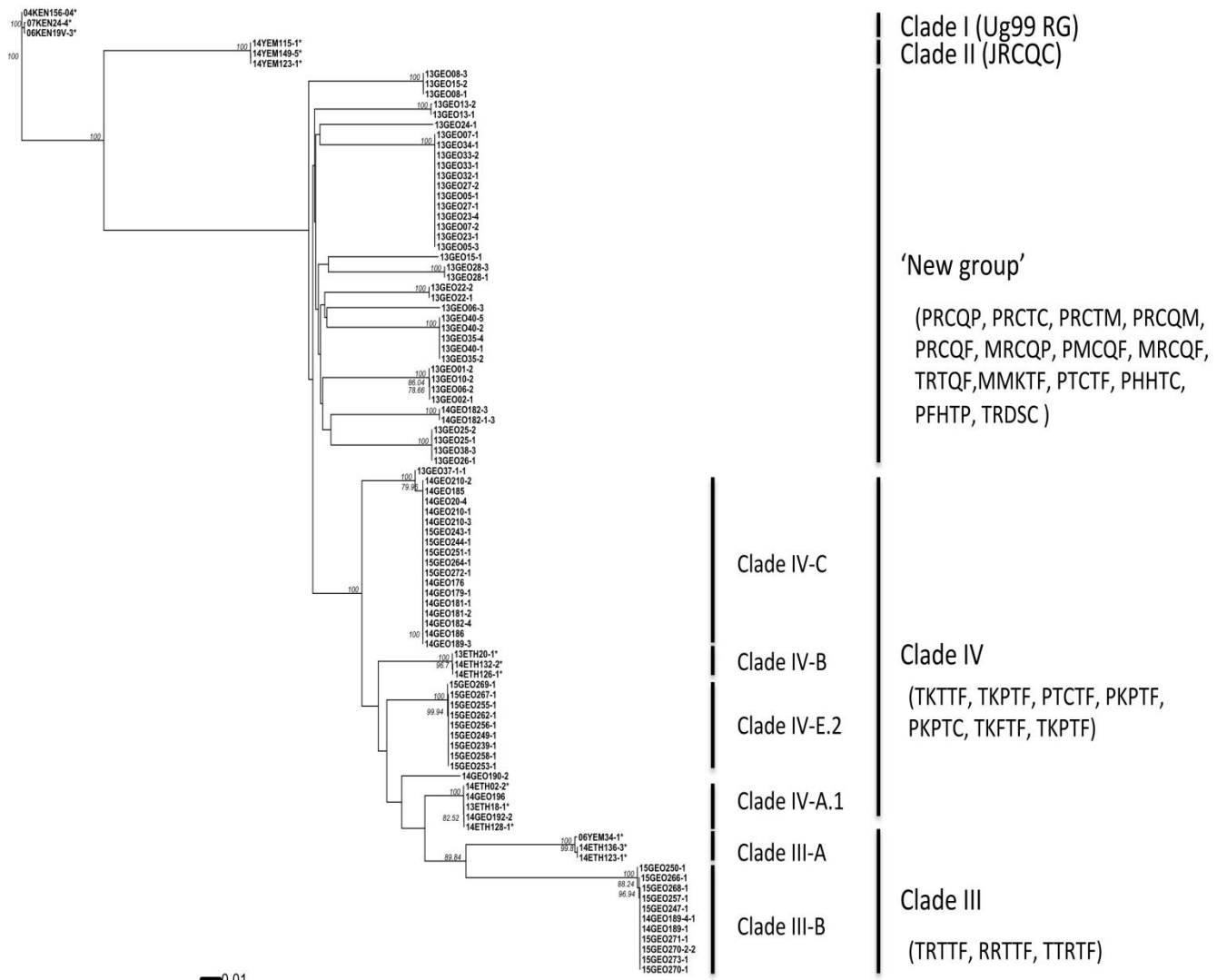
მიღებული შედეგების მიხედვით 39 იზოლატმა შექმნა „ახალი ჯგუფი“ და ისინი უფრო მეტი გენეტიკური და ფენოტიპური მრავალფეროვნებით გამოირჩეოდა, ვიდრე III და IV კლადში გაერთიანებული 28 იზოლატი. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ისინი „ახალი ჯგუფის“ შიგნით რამდენიმე ქვეჯგუფში აღმოჩნდნენ. ყველაზე უფრო მრავალრიცხოვანი იყო ქვეჯგუფი NG04, რომელიც 2 რასის (PRCQP, MRCQP) 12 იზოლატით იყო წარმოდგენილი, ქვეჯგუფი NG09 შეიცავდა 2 რასის (PRCTC, PRCTM) 5 იზოლატს, ქვეჯგუფი NG10 – 3 რასის (PRFQM, PRCQF PRCQM) 4 იზოლატს, ქვეჯგუფი NG12- PTCTF რასის 4 იზოლატს, ქვეჯგუფი NG01 შეიცავდა სამი რასით (MMKTF, PRCTF PRCTC) წარმოდგენილ 3 იზოლატს, ქვეჯგუფი NG06 შეიცავდა 2 იზოლატს: 13GEO28-1 და 13GEO28-3 ორი განსხვავებული რასით: PFHTP, NCCTM. ერთი PHHTC რასით წარმოდგენილი 2 იზოლატი მოხვდა ქვეჯგუფ NG01-ში, ასევე, ერთი უნიკალური რასის (TRDSC) მომცემი 2 იზოლატი: 14GEO182-1 და 14GEO182-3 NG11- ქვეჯგუფში გაერთიანდა. თითო იზოლატით იყო წარმოდგენილი ქვეჯგუფები: NG03 (13GEO24-1, რასა PMCQF), NG05 (13GEO15-1, რასა MMKTF) და NG08 (13GEO06-3, რასა TRTQF). „ახალი ჯგუფის“ იზოლატების პოლიმორფული სტრუქტურა მიუთითებს იმაზე, რომ საქართველოში გავრცელებული ღეროს ჟანგას ურედინიაპოპულაციაში გავრცელებულია შუამავალი მასპინძელი მცენარეზე ანუ ეციოპოპულაციაში წარმოქმნილი რასებიც.

ცხრილი 41. ღეროს ჟანგას 102 იზოლატის ფილოგენეტიკური ანალიზი

№	იზოლატი	რასა	Clade	№	იზოლატი	რასა	Clade
1	13GEO15-2	MMKTF	NG01	42	13GEO23-4	PRCQP	NG04
2	13GEO15-1	MMKTF	NG05	43	13GEO27-2	PRCQP	NG04
3	13GEO22-1	MRCQF	NG07	44	13GEO32-1	PRCQP	NG04
4	13GEO22-2	MRCQF	NG07	45	13GEO33-1	PRCQP	NG04
5	13GEO27-1	MRCQP	NG04	46	13GEO33-2	PRCQP	NG04
6	13GEO02-1	MRCQP	NG10	47	13GEO34-1	PRCQP	NG04
7	13GEO28-3	NCCTM	NG06	48	13GEO08-1	PRCTC	NG01
8	13GEO28-1	PFHTP	NG06	49	13GEO35-2	PRCTC	NG09

9	13GEO13-1	PHHTC	NG02	50	13GEO35-4	PRCTC	NG09
10	13GEO13-2	PHHTC	NG02	51	13GEO15-3	PRCTF	(ND)
11	14GEO188-1-2	PKPTC	(ND)	52	13GEO08-3	PRCTF	NG01
12	14GEO210-2	PKPTC	IV-C	53	13GEO40-1	PRCTM	NG09
13	15GEO264-1	PKPTF	IV-C	54	13GEO40-2	PRCTM	NG09
14	14GEO179-2	PKPTF	(ND)	55	13GEO40-5	PRCTM	NG09
15	14GEO182-2	PKPTF	(ND)	56	13GEO06-2	PRFQM	NG10
16	14GEO189-2	PKPTF	(ND)	57	13GEO37-2	PRFTF	(ND)
17	14GEO191	PKPTF	(ND)	58	13GEO37-1-1	PTCTF	IV-C
18	14GEO194	PKPTF	(ND)	59	13GEO25-1	PTCTF	NG12
19	14GEO195	PKPTF	(ND)	60	13GEO25-2	PTCTF	NG12
20	14GEO176	PKPTF	IV-C	61	13GEO26-1	PTCTF	NG12
21	14GEO179-1	PKPTF	IV-C	62	13GEO38-3	PTCTF	NG12
22	14GEO181-1	PKPTF	IV-C	63	13GEO01-1	PTCTM	(ND)
23	14GEO181-2	PKPTF	IV-C	64	14GEO190-1	TKFTF	(ND)
24	14GEO182-4	PKPTF	IV-C	65	15GEO240-1	TKFTF	(ND)
25	14GEO185	PKPTF	IV-C	66	15GEO246-1-1	TKFTF	(ND)
26	14GEO186	PKPTF	IV-C	67	15GEO254-1	TKFTF	(ND)
27	14GEO189-3	PKPTF	IV-C	68	15GEO263-1-1	TKFTF	(ND)
28	15GEO243-1	PKPTF	IV-C	69	14GEO190-2	TKFTF	IV
29	15GEO244-1	PKPTF	IV-C	70	15GEO239-1	TKFTF	IV-E.2
30	15GEO251-1	PKPTF	IV-C	71	15GEO249-1	TKFTF	IV-E.2
31	15GEO272-1	PKPTF	IV-C	72	15GEO255-1	TKFTF	IV-E.2
32	13GEO24-2-2	PMCQF	(ND)	73	15GEO256-1	TKFTF	IV-E.2
33	13GEO24-1	PMCQF	NG03	74	15GEO258-1	TKFTF	IV-E.2
34	13GEO01-2	PRCQF	NG10	75	15GEO262-1	TKFTF	IV-E.2
35	13GEO10-2	PRCQM	NG10	76	15GEO269-1	TKFTF	IV-E.2
36	13GEO23-3	PRCQP	(ND)	77	15GEO267-1	TKKTF	IV-E.2
37	13GEO05-1	PRCQP	NG04	78	14GEO192-1	TKPTF	(ND)
38	13GEO05-3	PRCQP	NG04	79	15GEO245-1	TKPTF	(ND)
39	13GEO07-1	PRCQP	NG04	80	14GEO192-2	TKPTF	IV-E.1
40	13GEO07-2	PRCQP	NG04	81	14GEO196	TKPTF	IV-E.1
41	13GEO23-1	PRCQP	NG04	82	14GEO210-4	TKPTF	IV-C
83	15GEO253-1	TKPTF	IV-E.2	93	15GEO247-1	TTRTF	III-B
84	14GEO182-1-3	TRDSC	NG11	94	15GEO250-1	TTRTF	III-B
85	14GEO182-3	TRDSC	NG11	95	15GEO257-1	TTRTF	III-B
86	13GEO06-3	TRTQF	NG08	96	15GEO266-1	TTRTF	III-B
87	14GEO189-4-2	TTRTF	(ND)	97	15GEO268-1	TTRTF	III-B
88	14GEO189-4-3	TTRTF	(ND)	98	15GEO270-1	TTRTF	III-B
89	15GEO241-1-1	TTRTF	(ND)	99	15GEO270-2-2	TTRTF	III-B
90	15GEO241-1-2	TTRTF	(ND)	100	15GEO271-1	TTRTF	III-B
91	14GEO189-1	TTRTF	III-B	101	15GEO273-1	TTRTF	III-B
92	14GEO189-4-1	TTRTF	III-B	102	15GEO242-1	TTRTF+	(ND)

სურათი 23. *Puccinia graminis f. sp. tritici* იზოლატების SNP ლოკუსების
ფილოგენეტიკური ანალიზი



ერთი და იგივე რასის შიგნით, ღეროს ჟანგას იზოლატებს შორის უმნიშვნელო გენეტიკური ვარიაციები აღმოჩენილი იქნა II – III კლადში. კერძოდ, ერთი და იგივე რასის (MMKTF) მატარებელი 2 იზოლატის 13GEO15-2(NG01) და 13GEO15-1(NG05) შიგნით გამოვლინდა უმნიშვნელო განსხვავება, იზოლატები 13GEO27-1 და 13GEO02-1 (რასა MRCQP) ასევე სხვადასხვა ქვეჯგუფში (NG04 და NG10) აღმოჩნდნენ. აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ სხვადასხვა წლის კოლექციის იზოლატები, რომლებიც ერთი და იგივე რასით იყვნენ წარმოდგენილი, ერთ კლადში გაერთიანდნენ.

ამგვარად, საკვლევი ნიმუშების ფილოგენეტიკური ანალიზის შედეგების თანახმად, შეიძლება ითქვას, რომ საქართველოში ღეროს ჟანგას ერთიანი პოპულაცია არსებობს. მიუხედავად იმისა, რომ მოლეკულური მარკერებით პოპულაციის მრავალფეროვნების კვლევისას უმნიშვნელო დისტანციით გამოიყო პოპულაციის ორი ნაწილი. იზოლატების ერთი ნაწილი „ახალი ჯგუფში“ გაერთიანდა და მე-2 ნაწილი - III და IV კლადში აღმოჩნდა. ეს დასკვნა მსგავსია ლ. სმირნოვას მოსაზრებისა ამიერკავკასიაში გავრცელებული ხორბლის ღეროს ჟანგას პოპულაციის ერთიანობის თაობაზე (Смирнова, 1989:405-407).

აქვე შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ღეროს ჟანგას პოპულაციის ე.წ. „ახალ ჯგუფში“ გაერთიანებული იზოლატები, რომლებიც გამოირჩევიან პოლიმორფიზმის უფრო მაღალი დონით, სქესობრივი ჰიბრიდიზაციის შედეგად არის წარმოქმნილი, ხოლო III და IV კლადში გაერთიანებული პოპულაციის ნაწილი, ძირითადად ვეგეტატიური გზით მიღებული იზოლატებით იყო წარმოდგენილი.

ფილოგენეტიკური ანალიზიდან ასევე ჩანს, რომ ერთი და იგივე III კლადში გაერთიანდნენ ერთი რასით (TTRTF) წარმოდგენილი იზოლატები, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავდებიან წარმოშობით (იზოლატები გამოყოფილი იყო სამი სხვადასხვა გეოგრაფიული ზონიდან და ხორბლის ოთხი ჯიშიდან). გარდა ამისა, 2014-2015 წლების კოლექციის იზოლატების მოლეკულური მარკერებით დახასიათებისას ისინი ერთი და იგივე IV კლადში აღმოჩნდნენ, მიუხედავად ამ იზოლატების განსხვავებული გეოგრაფიული წარმოშობისა (გამოყოფილია ხუთი ზონიდან) და რასობრივი შემადგენლობისა (შვიდი რასით წარმოდგენილი).

მიღებული შედეგები იმაზე მეტყველებს, რომ ეკოლოგიურმა პირობებმა და ჯიშმა ვერ მოახდინა მნიშვნელოვანი ზეგავლენა საქართველოში ხორბლის ღეროს ჟანგას პოპულაციის ვირულენტური და გენეტიკური სტრუქტურის ჩამოყალიბებაზე. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ პათოგენის პოპულაციის ჩამოყალიბების პროცესში ჯიშის ფაქტორი მნიშვნელოვანია მაშინ, როცა კონკრეტულ კომერციულ ჯიშს ძალიან დიდი ფართობი უჭირავს და კონკრეტულ რეგიონში კომერციულ ჯიშთა გენეტიკურ მრავალფეროვნებას აქვს ადგილი (Кривченко, 1984). საქართველოში კი, სულ 50-60 ათას 3ა-ზე იყო დათესილი ხორბალი. ჩვენ მიერ გამოკვლეული იქნა აღნიშნული ფართობის დაახლოებით 5%. დიდ ფართობებზე დათესილი იყო ძველი რუსული ჯიშ ბეზოსტაია-1, რომელიც *Sr5* გამძლეობის გენს შეიცავს და მის საფუძველზე მიღებული სხვა რუსული ჯიშები (კრასნოდარსკაია 99, სილა, ტანია), რომელთაც ერთნაირი გენოტიპი გააჩნიათ. 2013 წელს შემოტანილ ამერიკულ ჯიშ ჯაგერს, რომელიც შეიცავს *Sr38* (Turner et. al., 2016), დიდი ფართობები ეჭირა ზოგიერთ ზონაში. როგორც საქართველოში გავრცელებული ღეროს ჟანგას პოპულაციის ვირულენტობის გენეტიკური ანალიზიდან ჩანს, აღნიშნული *Sr5* და *Sr38* გენებისადმი ვირულენტური იზოლატების სიხშირე ძალიან მაღალი იყო (85%). ჩვენ მიერ გამოკვლეულ ჯიშთა გამოცდის ნაკვეთებსა და სასელექციო სანერგეებში მრავალგვარი გენოტიპი იყო წარმოდგენილი, თუმცა ცალკეული არაუმეტეს 3-5 კვ. მეტრის ფართობზე იყო დათესილი და სავარაუდოდ, საბოლოო ჯამში, არსებული გენეტიკური მრავალფეროვნება ვერ მოახდენდა მნიშვნელოვან ზემოქმედებას პათოგენის პოპულაციის გენეტიკურ სტრუქტურაზე.

მასასადამე, ხორბლის ღეროს ჟანგას საქართველოში გავრცელებული პოპულაციის გენეტიკური და მოლეკულური ანალიზის შედეგები კიდევ ერთხელ ადასტურებს, რომ მასპინძელი-მცენარის ჯიშის და გეოგრაფიული ზონის არ შეიძლება განვიხილოთ, როგორც პათოგენის პოპულაციაზე ზემოქმედების ძირითადი ფაქტორი და შესაბამისად, გენეტიკური ცვლილებების მთავარი წყარო. ვფიქრობთ, რომ საქართველოში ღეროს ჟანგას პოპულაციაში არსებული მრავალფეროვნება განპირობებულია საქართველოში კოჩახურის, ხორბლის ღეროს ჟანგას შუამავალი მასპინძელი-მცენარის არსებობით და მათზე მიმდინარე სქესობრივი ჰიბრიდიზაციის შედეგად. ეს მოსაზრება

ჯერ კიდევ გასულ საუკუნეში იქნა გამოთქმული ო. წიქარიძის მიერ საქართველოში ღეროს ჟანგას განვითარების თავისებურებების შესწავლის მიზნით ჩატარებული პირველი კვლევების შედეგად (Цикаридзе, 1970).

როგორც ცნობილია, კონკრეტულ რეგიონში ახალი რასების გამოჩენის კიდევ ერთი წყარო არის ქარის ნაკადები, რაც პათოგენის ბიოლოგიური და ეპიდემიოლოგიური თავისებურებებით არის განპირობებული (Borlaug, 2005:5). წინა წლებში (2004-2010წწ.) ჩატარებული კვლევების მიხედვით, საქართველოს ტერიტორიაზე გავრცელებული ღეროს ჟანგას პოპულაციაში დომინირებდნენ რასები PRFTC, PCFHC, LCFHC (Sikharulidze et al, 2013). ხოლო 2013-2015 წლების განმავლობაში აღმოჩენილი იქნა ისეთი ახალი რასები, რომლებიც სხვა ქვეყნებშიც არის გავრცელებული. მაგალითად, რასა TKTTF, რომელსაც ეთიოპიაში გაბატონებული ადგილი უჭირავს (Oliveira et al, 2015:917-928), ადრე არ იყო აღნიშნული ღეროს ჟანგას „ქართულ“ პოპულაციაში, ახლა კი მას პოპულაციის 3% უჭირავს. აღნიშნულ რასა ბოლო წლებში აღმოჩენილი იქნა თურქეთში (Mert et al, 2012:107-120), ერაყსა და აზერბაიჯანში (http://rusttracker.cimmyt.org/?page_id=1202).

5.1. „ქართული“ და რეფერალური იზოლატების

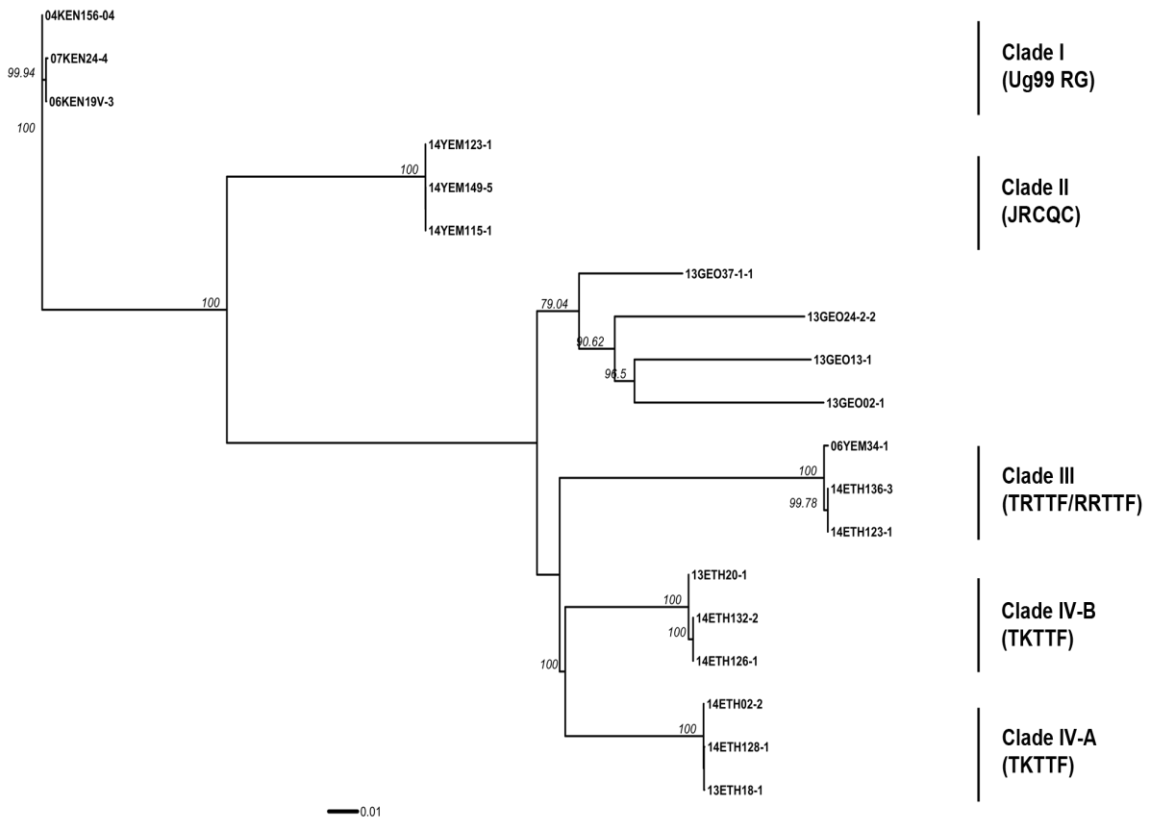
შედარებითი ანალიზი.

ფილოგენეტიკურმა ანალიზმა აჩვენა, რომ TKTTF რასის იზოლატებმა შექმნეს უნიკალური კლადი, რომელიც ძალიან განსხვავდება დანარჩენი კლადებისაგან. შესაძლოა ეს ახალი რასები სხვა რეგიონებიდან არის შემოსული ან ადრეც იყო პოპულაციაში ძალიან დაბალი სიხშირით და აქამდე არ იქნა აღმოჩენილი. ამ მოსაზრების დასადასტურებლად ახალი კვლევების ჩატარება იქნება საჭირო, მიუხედავად იმისა, რომ ზოგიერთი ქართული წარმოშობის იზოლატისა და ეთიოპიის, იემენის, კენიის პოპულაციებიდან გამოყოფილი რეფერალური იზოლატების შედარებითი ანალიზი გაკეთდა მარცვლოვანთა დაავადებების ლაბორატორიაში (CDL).

ამერიკელი კოლეგების დახმარებით შესაძლებელი იქნა საქართველოში გავრცელებული *Puccinia graminis* იზოლატების და CDL-ის კოლექციაში არსებული რეფერალური იზოლატების შედარებითი ანალიზი. რეფერალური იზოლატები

წარმოდგენილი იყო ეთიოპიაში, იემენში და კენიაში გავრცელებული ღეროს ჟანგას პოპულაციიდან გამოყოფილი Sg99 რასის ჯგუფის იზოლატებით. ფილოგენეტიკური ანალიზის თანახმად (სურ. 23^ა), კენიური წარმოშობის 3 იზოლატი (04KEN154-04, 07KEN24-4, 06KEN19V-3) გაერთიანდა I კლადში, ხოლო 3 იემენური იზოლატი (14YEM115-1, 14YEM49-5, 14YEM123-1), რომლებიც წარმოადგენს RCQC რასას, აღმოჩნდა II კლადში. ისინი ძალიან განსხვავდებიან ქართული წარმოშობის იზოლატებისაგან (Nei-ის ინდექსი 0.4). რაც შეეხება ეთიოპურ იზოლატებს, მათ აღმოჩნდათ უფრო მეტი საერთო ქართულ იზოლატებთან. კერძოდ, IV კლადში აღმოჩნდა ექვსი ეთიოპური იზოლატი: 13ETH120-1, 14ETH132-2, 14ETH128-1, 14ETH02-2, 13ETH18-1, 14ETH128-1. თუმცა, მათგან პირველი სამი იზოლატი გაერთიანდა IV კლადის IV-B ქვეჯგუფში, ხოლო შემდგომი სამი იზოლატი (14ETH02-2, 13ETH18-1, 14ETH128-1) მოხვდა IV კლადის IV-A.1 ქვეჯგუფში სამი ქართული იზოლატის (14GEO190-2, 14GEO192-2, 14GEO196) გვერდით (სარწმუნოების ბუტსტრაპ ინდექსით 82.5). III კლადში გაერთიანდა თერთმეტი „ქართული“ იზოლატი, ორი ეთიოპიური (14ETH136-3, 14ETH123-1) და ერთი იემენური (06YEM34-1) იზოლატი, მაგრამ ისინი აღმოჩნდნენ სხვადასხვა ქვეჯგუფში. კერძოდ, III-A კლადში გაერთიანდნენ ეთიოპური (14ETH136-3, 14ETH123-1 და იემენური იზოლატები (06YEM34-1), ხოლო III-B კლადში - ქართული წარმოშობის იზოლატები (14GEO189-4-1, 14GEO189-1, 15GEO247-1, 15GEO247-1, 15GEO250-1, 15GEO257-1, 15GEO266-1, 15GEO268-1, 15GEO270-1, 15GEO270-2-2, 15GEO273-1), რომლებიც, თავის მხრივ, უმნიშვნელოდ განსხვავდებიან ერთმანეთისგან (ბუტსტრაპ ინდექსი 88.24-99.24).

სურათი 23^ა. *Puccinia graminis* f. Sp. *Triticici* ქართული და სხვა წარმოშობის იზოლატების SNP ლოკუსების NJ ფილოგენეტიკური ხე.



როგორც ფილოგენეტიკურმა ანალიზმა აჩვენა, ღეროს ჟანგას „ქართულ“ პოპულაციასა და ეთიოპიურ პოპულაციებს შორის უმნიშვნელო მსგავსება აღმოჩნდა (Nei-ის ინდექსი 0.001) და მათში ერთი და იგივე (TKTTF, TTRTF) რასები დაფიქსირდა. აქედან გამომდინარე, შეიძლება დავუშვათ, რომ აღნიშნული რასები საქართველოს ტერიტორიაზე ქარის ნაკადების საშუალებით გავრცელდა, თუმცა დღეისათვის მათი სიხშირე ხორბლის ღეროს ჟანგას ქართულ პოპულაციაში უმნიშვნელოა.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, 2013 წლის ღეროს ჟანგას კოლექცია, კერძოდ, 35 იზოლატი, რომელმაც ერთ-ნუკლეოტიდიანი პოლიმორფიზმების გენოტიპირებისას ე.წ. „ახალი ჯგუფი“ (New group) შექმნა, განსხვავდება სხვა კლადებში გაერთიანებული კოლექციებისგან და მის შიგნით გამოკვეთილი ქვეჯგუფები პირდაპირ კორელაციაშია პათოგენის პოპულაციის რასების ფენოტიპებთან. აქედან გამომდინარე, კიდევ ერთხელ

დასტურდება, რომ სწორედ სქესობრივი ჰიბრიდიზაცია არის ღეროს ჟანგას ქართული პოპულაციის პოლიმორფიზმის საფუძველი. თუმცა საქართველოში გავრცელებული ხორბლის ღეროს ჟანგას პოპულაციაზე მოქმედი სხვა ფაქტორების სიღრმისეული შესწავლა, მასპინძელ-მცენარესა და პათოგენს შორის არსებული ურთიერთდამოკიდებულების რიგი ასპექტების დადგენა და ე.წ. „ახალი ჯგუფის“ იზოლატების მოლეკულური მარკერებით დეტალური შესწავლა მომავალი კვლევებისა და ამერიკელ კოლეგებთან თანამშრომლობის გაგრძელების მნიშვნელოვანი ობიექტია.

თავი 6. ღეროს ჟანგასადმი ხორბლის გამძლე გენოტიპების სკრინინგი

6.1. ადგილობრივი სასელექციო მასალის ღეროს ჟანგასადმი

გამძლეობის დონის შეფასება

აგრარული უნივერსიტეტის ლომოურის მიწათმოქმედების ინსტიტუტის სელექციონერების მიერ მოწოდებული სასელექციო მასალა (50 ნიმუში) გამოვცადეთ ხელოვნურ ინფექციურ ფონზე როგორც ხორბლის ღეროს ჟანგას პოპულაციის რასების ნარევის მიმართ სათბურში, აღმონაცენის ფაზაში და მინდვრის პირობებში, ზრდასრულ ფაზაში. გამოსაცდელი მასალა წარმოდგენილი იყო საკონტროლო ჯიშით - ბეზოსტაია 1, ხორბლის 12 სახეობითა და ქვესახეობით, 9 ადგილობრივი ჯიშით, 7 ინტროდუცირებული პერსპექტიული ჯიშით და სხვადასხვა საერთაშორისო სანერგეებიდან ბოლო 5 წლის განმავლობაში გამორჩეული 21 ნიმუშით. გამოსაცდელი მასალის ღეროს ჟანგას მიმართ გამძლეობის დონის დადგენის მიზნით, გამოყენებული ინოკულუმი ანუ ხელოვნური ინფექციური ფონი ასახავდა საქართველოში გავრცელებულ პათოგენთა ბუნებრივი პოპულაციის ვირულენტურ სტრუქტურას (სურ.24). მცენარეების რეაქციის ტიპისა და დაავადების განვითარების ინტენსიობის საფუძველზე დადგენილი იქნა გამოსაცდელი გენოტიპების გამძლეობის დონე.



სურათი 24. დაავადების აღრიცხვა გამოსაცდელ ნიმუშებზე

ჩატარებული ცდის შედეგად გამოვლენილი იქნა პათოგენის პოპულაციის მიმართ ეფექტური გამძლეობის წყაროები აღმონაცენის და ზრდასრულ ფაზაში (ცხრ.42). კერძოდ, ტესტირებული ნიმუშების 40% გამძლე იყო ღეროს ჟანგას მიმართ.

კერძოდ, სახეობები: *Tr.monococcum* (Var.laetissimum Korn), *Tr.tomopheevi* (ar.tipicum Shuk-var.viticulosum Shuk), *Tr.georgicum* (Var.chvamlicum Supat, *Tr. Dicoccum* (Var.farrum), *Tr.ibericum Men* (Var.fuliginosum Shuk), *Tr.ibericum Men* (Var.stramineum zhuk), *Tr. Macha Dek et Men* (Var.megrelicum Men), *Tr. Spelta Dek et Men* (Var.dekaprelevichi Dorof), ჯიშები - ხულუგო, ლომთაგორა 155, საული 9, ლომთაგორა 123 გამძლე (R) და საშუალოდ გამძლე (MR) იყო. საშემოდგომო ხორბლის საერთაშორისო სანერგედანაც გამოირჩა რამდენიმე გამძლე ნიმუში: (BTZ-18FAWWON-IRR-149, 18FAWWON-SA-49, Sunco/pastor-19FAWWON, SRMA/tui//babax/ 3JGR-11LR-Res-132), ხოლო ჯიშებმა: ლომთაგორა 107(60 MR-MS), ლომთაგორა 109(40MR-MS), ლომთაგორა 149(40MR-MS) შერეული რეაქცია გამოავლინეს ზრდასრულ ფაზაში, ხოლო აღმონაცენის ფაზაში გამძლენი იყვნენ. თბილისიური 5, დოლის პური 35/4, ლაგოდეხის გრძელთავთავა, კორბოულის დოლის პური, ახალციხის წითელი დოლი, თეთრი იფელი, ვარძია, სომნეზ, ლომთაგორა 107(60MS), ლომთაგორა 109(40MS), ლომთაგორა 126(40MS), ლომთაგორა 149(30MS) მიმღები და საშუალოდ მიმღები (MS) აღმოჩნდა ღეროს ჟანგასადმი. საკონტროლო ჯიშ ბეზოსტაია 1-ზე დაავადების განვითარების ინტენსივობა 80% იყო (Sikharulidze et.al.2015).

ცხრილი 42. ხორბლის ღეროს ჟანგას ქართული პოპულაციისადმი ეფექტური გამძლეობის წყაროები აღმონაცენის და ზრდასრულ ფაზაში

#	სახეობა/ჯიში	სახესხვაობა	რეაქციის ტიპი ზრდასრულ ფაზაში	რეაქციის ტიპი აღმონაცენის ფაზაში
1	<i>Tr.monococcum</i>	<i>Var.laetissimum Korn</i>	R	R
2	<i>Tr.tomopheevi</i>	<i>Var.tipicum Shuk-var.viticulosum Shuk</i>	R	MR
3	<i>Tr. Dicoccum</i>	<i>Var.farrum</i>	R	MR
4	<i>Tr.ibericum Men</i>	<i>Var.fuliginosum Shuk</i>	R	MR
5	<i>Tr.ibericum Men</i>	<i>Var.stramineum zhuk</i>	R	MR
6	<i>Triticum macha Dek et Men</i>	(<i>Var.megrelicum Men</i>)	5MR	MR
7	<i>Tr. Spelta Dek et Men</i>	<i>Var.dekaprelevichi Dorof</i>	50MR	MR
8	<i>Triticum macha Dek et Men</i>	<i>Var.colchicum Dek et Men</i>	5MR	MR

9	<i>Tr.compactum</i> Host	<i>Var.icterinum</i> Al.	20MR	MR
10	ხულუგო	<i>Tr.aestivum</i> <i>var.lutescence</i>	40MR	MR
11	საული 9	<i>Tr.aestivum</i>	60MR	MR
12	ლომთაგორა 123	<i>Tr.aestivum</i>	80MR	R
13	ლომთაგორა 155	<i>Tr.aestivum</i>	80MR	R
14	ლომთაგორა 109	<i>Tr.aestivum</i>	40 MR-MS	R
15	ლომთაგორა 149	<i>Tr.aestivum</i>	40 MR-MS	R
16	ლომთაგორა 107	<i>Tr.aestivum</i>	60 MR -MS	R
17	BTZ-18FAWWON-IRR-149	<i>Tr.aestivum</i> <i>var.lutescence</i>	R	MR
18	Unknown pedigree-2-18FAWWON-SA-49	<i>Tr.aestivum</i>	60MR	MR
19	DBDI-2WWSRRN-34	<i>Tr.aestivum</i>	20MR	R
20	Dorade/altay2000/4/Bez/Nad//LZM(es85.24)3/F900k –aalr-res-5	<i>Tr.aestivum</i>	50MR	MR
21	Haurani/aeg taushi/cham6/6/mz//cno67/3/lfn/4/ant/5/Attila-19FAWWON	<i>Tr.aestivum</i> <i>var.lutescence</i>	60MR	R
22	Sunco/pastor-19FAWWON	<i>Tr.aestivum</i>	60MR	R
23	SRMA/tui//babax/3JGR-11LR-Res-132	<i>Tr.aestivum</i> <i>var.ferrugineum</i>	5MR	5R
24	Collection #302	<i>Tr.aestivum</i>	R	R
25	Collection #202	<i>Tr.aestivum</i> <i>var.ferrugineum</i>	R	MR

6.2. ხორბლის ადგილობრივი გენოტიპების გამოცდა Sg99 რასის მიმართ

ხორბლის ადგილობრივი გენოტიპების 20 ნიმუში გამოცდილი იქნა აშშ მინესოტას უნივერსიტეტის მარცვლოვანთა დაავადებების ლაბორატორიაში, მაღალვირულენტური Sg99 რასათა ჯგუფის 4 ვარიანტის მიმართ (ცხრ. 43). მათ შორის 3 იზოლატი 04KEN156/04 (რასა TTKSK), 06KEN19V3 (რასა TTKST), 07KEN24-4 (რასა TTKSK) კენიური წარმოშობისაა და ერთი იზოლატი 06YEM34-1 (რასა TRTTF) იემენის

პოპულაციიდანაა გამოყოფილი. დაავადებაზე ნიმუშების რეაქციის ტიპის აღრიცხვის შედეგების მიხედვით გამოცდილი 9 სახეობიდან 7 სახეობა -*Tr.monococcum* (*Var.laetissimum* Korn), *Tr.tomopheevi* (*Var.tipicum* Shuk-*var.viticulosum* Shuk), *Tr.ibericum* Men (*Var.fuliginosum* Shuk), *T. Dicoccum*(*var.faruum*), *Tr. Macha Dek et Men* (*Var.megrelicum* Men), *Tr. Macha Dek et Men* (*Var.palaeo-imereticum* Men) და *Tr. Macha Dek et Men* (*Var.cochicum* Dek et Men.) აღმონაცენის ფაზაში გამძლე იყო Sg99-ის სამივე კენიური რასის მიმართ. *Tr.ibericum* Men (*Var.stramineum* zhuk) და *T. Georgicum* Dekapr (კოლხური ასლი) მიმღები აღმოჩნდა. იემენური წარმოშობის რასის მიმართ ყველა სახეობა საშუალოდ მიმღები იყო, გარდა ერთი სახეობისა (*T.macha* Var. *Megrelicum* Dek et Men.) ძველი ქართული ჯიშები (ახალციხის წითელი დოლი, თეთრი იფქლი, ვარძია, აღმასი) მიმღები იყო ოთხივე რასის მიმართ, ხოლო საერთაშორისო სანერგეებიდან გამორჩეული პერსპექტიული ჯიშები - ლომთაგორა 107, ლომთაგორა 109, ლომთაგორა 149, ლომთაგორა 123, ლომთაგორა 155, ლომთაგორა 126-ის გარდა, გამძლე აღმოჩნდა Sg99 ყველა რასისადმი (Dumbadze et.al., 2014). გამძლე პერსპექტიული ჯიშების (ლომთაგორა 107, ლომთაგორა 109, ლომთაგორა 149, ლომთაგორა 123, ლომთაგორა 155) გამოვლენა მნიშვნელოვანი მონაპოვარი და დაავადების კონტროლის ეფექტურია საშუალებაა ქვეყანაში Sg99 რასის წარმოშობის შემთხვევაში.

ცხრილი 43. ხორბლის სახეობებისა და ადგილობრივი ჯიშების გამძლეობის დონის შეფასება Sg99 მიმართ

ნიმუშები	იზოლატები							
	04KEN156/04		06KEN19V3		07KEN24-4		06YEM34-1	
	Sg99 რასის ვარიანტები							
	TTKSK		TTKST		TTTSK		TRTTF	
	რეაქც. ტიპი (ბალი)	გამძლ. დონე	რეაქც. ტიპი (ბალი)	გამძლ. დონე	რეაქც. ტიპი (ბალი)	გამძლ. დონე	რეაქც. ტიპი (ბალი)	გამძლ. დონე
<i>T.monococcum</i> L. (გვაწა ზანდური)	1	R	1;	R	1;	R	3	MS
<i>T.timopheevi</i> Zhuk (ჩელტა ზანდური)	;1	R	;	R	;	R	3+	MS
<i>T. georgicum</i> Dekapr (კოლხური ასლი)	4	S	3+	MS	3	MS	3+	MS
<i>T. dicoccum</i> (ასლი)	1;	R	1;	R	;	R	2/3	MR-

								MS
T.ibericum MenVar. Fuliginosum (დოკა)	0;	R	0;	R	0	R	3-	MS
T.ibericum Men Var. stramineum (დოკა)	2+3	MS	2-3;	MS	2,3	MS	3;	MS
T.macha Var.cochicum Dek et Men. (მახა)	2	MR	2	MR	2	MR	3	MS
T.macha Var. megrelicum Dek et Men. (მახა)	2+	MR	2+	MR	2	MR	2+	MR
T.macha Var. palaeo-imereticum Dek et Men. (მახა)	2+	MR	2+	MR	2+	MR	2+3	MR-MS
ახალციხის წითელი დოლი	3+	MS	3+	S	3	S	3+	MS
თეთრი იფქლი	3+	S	4	MS	4	MR	4	S
ვარძია	4	S	3+	MS	2+	MS	3+	MS
ალმასი	4	S	3+	S	3+	S	3-1;	MS
საული 9	4	R	4	R	4	R	2+	MR
ლომთაგორა 123	0	R	0	R	0	R	0	R
ლომთაგორა 109	0	R	0	R	0	R	0	R
ლომთაგორა 149	0	MS	0	MS	0	MS	0	R
ლომთაგორა 126 (PEHLIVAN/JAGGER)	3+	R	3	R	3+	R	2	MR-MS
ლომთაგორა 155 (BEZ/SDV1/5/338-K1-1//TJB368.251)	0	R	0	R	0	R	0	R
ლომთაგორა 107-CUPRA-1/CROC1/AE SQUAROSA	0	R	0	R	0	R	0	R

ცნობილია, რომ ქართული ჯიშ-პოპულაციები და ენდემური სახეობები ფართოდ გამოიყენებოდა ხორბლის სელექციაში საქართველოსა და მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში (Dekaprevich,1961:17-30; Тыришкин и др. 2011:38-43). მაგალითად, *Tr.timopheevi*, *Tr. macha* და *Tr.monococcum* ცნობილია როგორც მრავალი სოკოვანი დაავადებისადმი საუკეთესო გამძლეობის წყაროები და მათ საფუძველზე შექმნილია ბევრი კარგი ჯიში (Tomerlin et. al., 1984:10-13; McIntosh et. al.,1971:240-248; Brown-Guerda et al,1996:923-933). *Tr.ibericum* წარმოადგენს ყვითელი და მურა ჟანგასადმი გამძლეობის წყაროს

(დეკაპრელევიჩი...1976:689-691). ქართული სელექციის მრავალი ჯიში (ვარძია, ბაგრატიონი, მუხრანი, დედა, მოწინავე) მიღებული იქნა ადგილობრივი ჯიშ-პოპულაციების (დიკა, ხულუგო, დოლის პური) მონაწილეობით (ნასყიდაშვილი...1983).

მიღებული კვლევის შედეგები ძალიან მნიშვნელოვანი და სასარგებლოა როგორც ადგილობრივი, ისე საერთაშორისო სასელექციო პროგრამებისათვის რასა-სპეციფიკური და საველე გამძლეობის წყაროების გამოვლენისა და მათი სელექციურ პროცესში ჩართვის მიზნით.

6.3 ინტროდუცირებული სასელექციო მასალის ღეროს ჟანგასადმი

გამძლეობის დონის შეფასება

2000 წლიდან ფიტოპათოლოგიის და ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტი აქტიურად ჩაერთო საშემოდგომო ხორბლის გაუმჯობესების საერთაშორისო ქსელში და წარმატებული თანამშრომლობა აქვს ხორბლის გაუმჯობესების საერთაშორისო ცენტრთან (CIMMYT) და მშრალი რეგიონების სასოფლო-სამეურნეო კვლევის საერთაშორისო ცენტრთან (ICARDA). ამ ქსელში გაერთიანებულ ორგანიზაციებს, მათ შორის ფიტოპათოლოგიის და ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტის გამძლეობის გენეტიკის განყოფილებას, აღნიშნული საერთაშორისო სასელექციო ცენტრებიდან მიეწოდებოდათ გაუმჯობესებული სასელექციო მასალა, რომელიც წარმოდგენილი იყო სუფთა ხაზებამდე მიყვანილი ჰიბრიდული ფორმებით და პერსპექტიული ან უკვე დარაიონებული ჯიშებით. სათესლე მასალა იგზავნებოდა სანერგების სახით გარკვეული გარემო პირობების ან კონკრეტული სასოფლო-სამეურნეო სისტემის პირობებში გამოცდის მიზნით.

2013-2014 წლებში ხორბლის ღეროს ჟანგას ქართული პოპულაციის მიმართ ხელოვნურ ინფექციურ ფონზე გამოვცადეთ CYMMIT-ის სელექციონერების მიერ მოწოდებული გამორჩეული, დაწინაურებული სასელექციო მასალა - საშემოდგომო ხორბლის ღეროს ჟანგას მიმართ გამძლე მე-4 საერთაშორისო სანერგე (4th International Winter Wheat Stem Rust Resistant Nursery), რომელიც წარმოდგენილი იყო ღეროს ჟანგასადმი გამძლე საშემოდგომო ხორბლის დაწინაურებული 85 გენოტიპით.

ჩატარებული ცდის შედეგად 15-მა გენოტიპმა აჩვენა გამძლე (R) რეაქცია, რომელთაგან 10 ნიმუში (T03/17, TAM-107/T21, SD92107-2/SD99W042, KS95U522/TX95VA0011) F1/JAGGER, AR800-1-3-1/NW97S320, FL9547/NC00-14622, FL9547/TX00D1626, TAM 302/KS93U450, MCCORMICK/TREGO, NC00-14622/2137) არის ამერიკული სელექციის, 4 ნიმუში - (TAM200/KAUZ//GOLDMARK/3/BETTY, KS920709-B-5-1-1/BURBOT-4, SOMNEZ, TAM200/KAUZ/4/BEZ/ NAD// KZM (ES85.24)/3/ F900K) - თურქული და ერთი ჯიში „აფინა“ - რუსული წარმოშობის. 39-მა ნიმუშმა (T07/08, T07/09, T08/02, T08/01, T08/02, T08/04, CAKET/PEHLIVAN, ID800994.W/ VEE//PIOPIO/3/MNCH/4/FDL4/KAUZ, PBI1013.13.3/3233.35/ 3/STAR//KAUZ/STAR, DULGER-1//VORONA/ BAU, ZANDER-17/3/YE2453/KA//1D13.1/MLT, 55-1744/7C//SU/ RDL/3 /CROW/4/MILAN/5/ITOR, 1D13.1/MLT//TUI/3/S?NMEZ/4/ATAY/GALVE Z87, TAM107//ATAY/GALVEZ87, HBF0290/X84W063-9-39-2//ARH/3/LE2301, STAR/ BWD/3 /PRL/VEE#6//CLMS, FRTL//AGRI/NAC/3/KALYOZ-17, CV.RODINA/AE.PELTOIDES10KR, TAM107//ATAY/ GALVEZ87, 06393GP1) გამოავლინა საშუალოდ გამძლე (MR) რეაქცია. გამძლე გენოტიპების დიდ უმრავლესობას ჰქონდა ინფექციურობის კოეფიციენტის (C.I. 0.2-0.5) და AUDPC-ს (10-ზე ნაკლები) დაბალი მაჩვენებლები და ისინი ხასიათდებიან როგორც ღეროს ჟანგასადმი მაღალი გამძლეობის მქონე გენოტიპები. 15-მა ნიმუშმა აჩვენა შერეული რეაქცია MR-MS, ხოლო დანარჩენი 17 ნიმუში იყო საშუალოდ მიმღები დაავადებისადმი (ცხრ. 44).

ცხრილი 44. 4th IWWSRR სანერგის ნიმუშების რეაქცია ღეროს ჟანგას ქართული პოპულაციისადმი

N	შეჯვარება	წარმოშობა (ქვეყანა)	ფინალური საპასუხო რეაქცია	საშუალო CI	AUDPC	Raudpc
1	TAM-107/T21	US-Trio	R	0.2	3.0	0.5
2	SD92107-2/SD99W042	US-SDSU	R	0.2	3.1	0.5
3	KS95U522/TX95VA0011)F1/JAGGER	US-AgriProSouth	R	0.2	2.3	0.4
4	AFINA	RUS	R	0.2	3.1	0.5
5	TAM200/KAUZ/4/BEZ/NAD//KZM (ES85.24)/3/F900K	TCI	R	1.4	18.3	3.2
6	AR800-1-3-1/NW97S320	US-NC	R	0.2	2.3	0.4

7	FL9547/NC00-14622	US-NC	R	0.2	2.7	0.5
8	FL9547/TX00D1626	US-NC	R	0.06	2.3	0.4
9	TAM 302/KS93U450	US-NC	R	0.06	2.3	0.4
0	MCCORMICK/TREGO	US-NC	R	0.06	2.3	0.4
11	NC00-14622/2137	US-NC	R	0.06	2.3	0.4
12	SOMNEZ	TR	R	0.2	3.0	0.5
13	T03/17	SA	R	0.2	3.0	0.5
14	KS920709-B-5-1-1/BURBOT-4	TCI	R	0.3	4.2	0.8
15	TAM200/KAUZ//GOLDMARK/3/BETTY	TCI	R	1.8	19.0	3.4
16	REMESLINA	UKR-MIR	5MR	1.4	24.4	4.3
17	SERI	MX	15MR	3.5	55.4	9.8
18	T07/05	SA	10MR	4.1	63.1	11.2
19	T07/08	SA	5MR	0.2	10.2	1.8
20	T07/09	SA	5MR	0.3	5.3	1.0
21	T08/01	SA	5MR	0.3	5.3	1.0
22	T08/02	SA	5MR	0.5	6.8	1.2
23	T08/04	SA	5MR	0.3	5.3	1.0
24	T08/05	SA	MR	2.8	47.4	8.4
25	PYN/PARUS/3/VPM/MOS83-11-4-8//PEW/4/BUEGİL	TCI	MR	0.2	3.9	0.7
26	ID800994.W/VEE//PIOPIO/3/MNCH/4/FDL4/KAUZ	TCI	MR	0.2	3.9	0.7
27	PBI1013.13.3/3233.35/3/STAR//KAUZ/STAR	MX-TCI	MR	0.2	3.9	0.7
28	LOV26/LFN/SDY(ES84-24)/3/SERI/4/FDL49../5/LAGOS-6	TCI	30MR	5.5	79.4	14.1
29	TAST/SPRW//BLL/3/NWT/4/55.1744/MEX67.1//NO57/3/ATTILA	TCI	30MR	5.3	78.0	0.9
30	DULGER-1//VORONA/BAU	TCI	MR	0.2	3.9	0.7
31	CAKET/PEHLIVAN	TCI	MR	0.2	2.3	0.5
32	551744/7C//SU/RDL/3/CROW/4/MILAN/5/ITOR	URG-TCI	MR	0.2	3.1	0.5
33	1D13.1/MLT//TUI/3/S?NMEZ/4/ATAY/GALVEZ87	TCI	MR	0.2	3.1	0.5
34	HBF0290/X84W063-9-39-2//ARH/3/LE2301	URG-TCI	MR	0.2	3.9	0.5
35	DULGER-1//VORONA/BAU	TCI	MR	0.2	3.1	0.5
36	ABI 86*3414/X84W063-9-39-2//KARL92/3/CAMPION/4/BUEGİL-13	TCI	10MR	2.1	32.4	0.5
37	CMH83.2517/6/CMH73.A.329//CMH72-428/MOROCCO/3/BDFN/4/TEMU36-77/5/MAQUI/CANELO//MAITEN/PATAGUAINIA/7/CEP 27'S"/CRDN//EMB 27	URG-TCI	5MR	0.9	11.7	0.9
38	KUKUNA/TAM200//PICAREL-1	TCI	20MR	2.9	36.1	0.5
39	LAGOS-11/ESKINA-3//ATAY/GALVEZ87	TCI	5MR	2.1	31.7	0.4

40	STAR/BWD/3/PRL/VEE#6//CLMS	URG-TCI	10MR	0.2	3.9	0.7
41	OK81306/MERCAN-2	TCI	90MR	12.1	147.0	26.1
42	ZANDER-17/3/YE2453/KA//1D13.1/MLT	TCI	5MR	0.2	2.3	0.2
43	OK81306/MERCAN-2	TCI	10MR	2.8	47.8	4.2
44	RINA-6/4/BEZ/NAD//KZM (ES85.24)/3/F900K	TCI	20MR	4.0	62.0	11.0
45	RINA-6/4/BEZ/NAD//KZM (ES85.24)/3/F900K	TCI	20MR	4.0	62.0	11.0
46	TRAKIA//MAGA74/MON/3/SHAHÍ /4/EBVD99-1	IR	30MR	6.7	108.0	19.2
47	RINA-6/4/BEZ/NAD//KZM (ES85.24)/3/F900K	TCI	20MR	5.3	92.0	16.4
48	06393GP1	RO	MR	0.6	8.3	1.5
49	CV. RODINA/AE.SPELTOIDES (10KR)	RUS	MR	0.2	3.9	0.7
50	ETA/K-62905=ESTER	RUS	20MR	5.3	47.0	8.4
51	CV. RODINA/AE.SPELTOIDES 10KR)	RUS	50MR	8.7	117.0	20.8
52	CV. RODINA/AE.SPELTOIDES(10KR)	RUS	10MR	4.0	69.0	12.3
53	OR2060395	US-OR	30MR	4.1	49.5	8.8
54	OR2070182H	US-OR	10MR-5MS	2.7	39.0	6.9
55	OR2080156H	US-OR	10MR-1MS	1.4	18.3	3.3
56	CV. RODINA/AE.SPELTOIDES(10KR)	RUS	5MR-MS	2.2	36.6	6.5
57	CV. RODINA/AE.SPELTOIDES(10KR)	RUS	30MR-5MS	8.0	117.0	20.8
58	CV. RODINA/AE.SPELTOIDES(10KR)	RUS	20MR-5MS	4.7	63.0	11.2
59	CV. RODINA/AE.SPELTOIDES(10KR)	RUS	30MR-5MS	8.2	119.1	21.2
60	RINA-6/4/BEZ/NAD//KZM (ES85.24)/3/F900K	TCI	20MR-10MS	5.3	78.0	13.8
61	VORONA/HD2402//STEKLOVIDNAYA 24	TCI	5MR-5MS	2.7	317.0	56.4
62	TAM107//ATAY/GALVEZ87	TCI	5MR-1MS	0.5	6.8	0.08
63	SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/4/B URBOT-4/5/BOEMA	TCI	20MR-1MS	6.9	110.8	1.2
64	X84W063-9-18/U1324-25-1-4- 4//K92/3/LE 2301	URG-TCI	10MR-1MS	4.1	63.4	0.7
65	B 10/B. ARRIERO	URG-TCI	10MR-1MS	3.2	48.6	0.6
66	RANA96/GANSU-3	TCI	10MR-20MS	8.7	124.0	1.5
67	FRTL//AGRI/NAC/3/KALYOZ-17	TCI	5MR-MS	1.3	18.0	3.2
68	FRTL//AGRI/NAC/3/KALYOZ-17	TCI	5MR -1MS	0.3	4.7	0.8
69	BEZOSTAYA	RUS	60MS	21.6	314.8	60.0
70	MOROCCO		80S	38.3	562.5	-
71	SULTAN	TR	70MS	32.3	496.0	88.1
72	VOLOSHKOVA	UKR-MIR	30MS	10.1	142.4	25.3
73	DASHENKA	UKR-MIR	40MS	12.3	160.8	28.6
74	EC – P	SA	40MS	12.3	157.5	28.0
75	FIORINA	SWITZ.	60MS	17.6	224.8	39.9
76	CH111.14422	SWITZ.	20MS	5.8	72.1	12.8
77	SIMANO	SWITZ.	70MS	21.5	260.9	46.3

78	KS920709-B-5-1-1/4/CHAM6//1D13.1/MLT/3/SHI4414/CROW	TCI	40MS	4.6	56.2	0.8
79	BLUEGIL-2/MV.MAGDALENA/3/TX96V2427	TCI	50MS	2.9	36.2	0.4
80	JCAM/EMU//DOVE/3/JGR/4/THK/5/BOEMA	TCI	30MS	10.9	158.8	28.2
81	SANTA	RUS-SAM	30MS	10.9	158.8	28.2
82	PH1B-MUTANT/AE.SPELTOIDES	RUS	50MS	20.0	294.0	52.3
83	PH1B-MUTANT/AE.SPELTOIDES	RUS	50MS	14.9	192.8	34.3
84	CV. LADA/ K-62903	RUS	60MS	34.7	548.0	97.4
85	CV. RODINA/AE.SPELTOIDES (10 KR)	RUS	10MS	4.3	64.8	11.5
86	CV. RODINA/AE.SPELTOIDES (10 KR)/S.CEREALE (1.0KR)	RUS	10MS	9.3	138.0	24.5

ღეროს ჟანგას განვითარების ინტენსივობის ფინალური მაჩვენებელი მიმღებ ნიმუშებზე მერყეობდა 20-70%-ის ფარგლებში, ხოლო მიმღებ კონტროლზე - ჯიმ „მოროკო“-ზე დაავადების განვითარების ინტენსივობა იყო 80% და ადგილობრივ სტანდარტულ ჯიშზე - ბეზოსტაია 1-ზე კი - 60%. მაშინ, როცა გამოსაცდელი ნიმუშების უმრავლესობამ გამოავლინა საველე გამძლეობის მაღალი დონე. კერძოდ, 80 ნიმუშზე აღინიშნა დაბალი ინფექციურობის კოეფიციენტი - 0.2-20 ფარგლებში. დანარჩენი 3 ნიმუში, მიუხედავად მიმღები რეაქციისა, შეიძლება ჩაითვალოს საშუალო საველე გამძლეობის მქონე გენოტიპებად.

ტესტირებული ნიმუშების უმრავლესობა, რომელთაც მიმღებ კონტროლთან მიმართებაში rAUDPC მაჩვენებელი 30%-ზე ნაკლები ჰქონდათ, წარმოადგენენ ე.წ. „ნელი ჟანგვის“ ანუ საველე გამძლეობის საუკეთესო გენოტიპებს. მხოლოდ ხუთ ნიმუშს ჰქონდა 50%-ზე მაღალი rAUDPC (Sikharulidze et.al. 2015a);

აღნიშნული სანერგის ნიმუშები გამოცდილი იქნა მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში (ეთიოპია, ირანი, თურქეთი) და მათ შორის, კენიაში, მაღალვირულენტური, აგრესიული რასის Ug99-ის მიმართ (Morgounov et.al.,2009:255). შევადარეთ რა ჩვენი გამოცდის შედეგები კენიაში გამოცდილ ნიმუშებს, აღმოჩნდა, რომ ჩვენს პირობებში 15 გენოტიპმა აჩვენა გამძლე (R) რეაქცია, ხოლო კენიაში მხოლოდ 6 ნიმუშმა. მათ შორის არის ერთი და იგივე ნიმუშები: T08/04(SA), T03/17(SA), SANTA (RUS-SAM), PH1B-MUTANT/AE. SPELTOIDES (RUS), FL9547/TX00D1626 (US-NC), CV. RODINA/AE.SPELTOIDES 37/98(RUS). მათგან, როგორც საქართველოში, ისე კენიაში, გამძლე

რეაქცია აჩვენა ნიმუშებმა T03/17(SA), FL9547/TX00D1626 (US-NC). 25-მა ნიმუშმა გამოავლინა საშუალოდ გამძლე (MR) რეაქცია.

ამგვარად, ხორბლის ღეროს ჟანგას ქართული პოპულაციის მიმართ 4th-IWWSR საერთაშორისო სანერგის გამოცდის შედეგად ტესტირებული გენოტიპების 93% გამძლე და საშუალოდ გამძლე აღმოჩნდა. ეს ჯიშები და ხაზები მომავალში შეიძლება გამოყენებული იქნას ხორბლის გაუმჯობესების ადგილობრივ და საერთაშორისო სასელექციო პროგრამებში, როგორც საუკეთესო დონორები. გარდა ამისა, ჩვენი რეკომენდაციით რამდენიმე გამძლე გენოტიპი შეიძლება დაინერგოს წარმოებაში და რასაც, წინ უნდა უძღოდეს 2-3 წლის მანძილზე მათი ზონალური გამოცდა, სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში გამძლეობისა და სხვა მნიშვნელოვანი სამეურნეო მახასიათებლების დადგენის მიზნით. ჩვენი ცდების საფუძველზე ღეროს ჟანგასადმი გამძლეობით გამორჩეული 32 ნიმუში გადავეცით საქართველოს სოფლის მეურნეობის კვლევის ცენტრის ერთწლიანი კულტურების დეპარტამენტს, შემდგომი სელექციური შესწავლისათვის.

6.4. ხორბლის გამძლეობის გენების ეფექტურობა ზრდასრულ ფაზაში

ხორბლის გაუმჯობესების საერთაშორისო პროგრამის (IWWIP) ფარგლებში სასოფლო სამეურნეო კვლევების საერთაშორისო ცენტრებთან (ICARDA) თანამშრომლობის შედეგად, მათ მიერ მოწოდებული ღეროს ჟანგას საერთაშორისო ე.წ. „ხაფანგი“ სანერგეები, 2013-2015 წლებში დავთესეთ ქობულეთში, წილკანსა (მცხეთის რ-ნი და წაღვერში (ბორჯომის რ-ნი). „ხაფანგი“ სანერგეები - 7th ISRTN-12, 8th ISRTN და 9th ISRTN-14, რომელიც შედგებოდა თითქმის ყველა მნიშვნელოვანი გამძლეობის გენის შემცველი 85 ნიმუშისაგან (მათ შორის იყო ხორბლის სხვადასხვა ჯიშები და სუფთა ხაზი), გამოვცადეთ ბუნებრივ ინფექციურ ფონზე. დაავადების განვითარების პერიოდში ჩატარებული აღრიცხვების საფუძველზე გამოვლენილი იქნა დაავადებებისადმი გამძლე ნიმუშები ზრდასრულ ფაზაში და შესაბამისად, ხორბლის განვითარების მოზრდილ ფაზაში ეფექტური გამძლეობის გენები. მიმღებ, სასიგნალო ჯიშ მაროკოზე ღეროს ჟანგას გავრცელება 40-80% ფარგლებში მერყეობდა (ცხრ. 45).

ცხრილი 45. საერთაშორისო „ხაფანგი“ სანერგეების გამოცდა ღეროს ჟანგას
 ბუნებრივ ინფექციურ ფონზე მინდვრის პირობებში

#	ნიმუშის დასახელება	წარმოშობა	გენი	რეაქციის ტიპი
1	Triticale	Thatcher/Chinese Spring		0
2	ISr 5-Ra CI 14159	Red Egyptian/Chinese Spring	Sr 5	30-MS
3	ISr 6-Ra CI 14163		Sr 6	20MS
4	Na 101/6*Marquis	Hope/Chinese Spring	Sr 7a	5MR
5	ISr 7-Ra CI 14165	Red Egyptian/CS (CI14167)	Sr 7b	R
6	CI 14167/9*LMPG6DK04		Sr 8a	MR
7	Barleta Benvenuto CI 14196	Red Egyptian/Chinese Spring	Sr 8b	MR
8	ISr 9a-Ra CI 14169	Kenya 117A	Sr 9a	MR
9	Prelude*4/2Marquies*6/K enya 117A	Hope/Chinese Spring	Sr 9b	MR
10	ISr 9d-Ra CI 14177	Little Club //3* Gabo /2* Charter /3/3* Steinwedel / CI 7778	Sr 9d	20MS
11	Vernstein PI 442914	Selection from Kubanka (CI 1516)	Sr 9e	10MS
12	Chinese spring*7/ Marquis 2B	Marquis*4/Egypt NA95/2/2*W2691	Sr 9g	10 MR -MS
13	W2691Sr10 CI 17388	Lee (CI 12488)	Sr 10	20MS
14	Lee/6*LMG-6 DK37		Sr 11	30 MR r-MS
15	Chinese spring*5/ Thatcher 3B		Sr12	20MR-MS
16	Prelude*4/2Marquis*6/Kh apstein		Sr13	50MS
17	W2691*/ Khapstein		Sr 14	60MS
18	Prelude*2/Norka		Sr 15	60MS
19	Thatcher/CS (CI 14173)		Sr 16	70MS
20	Morocco	Esp 518/9		80S
21	Prelude/8* Marquis*2/2Esp 518/9		Sr 17	60MR
22	Little Club/Sr18Mq Marquis "A"		Sr 18	10MS
23	94 ^a 236-1 Marquis " B"		Sr 19	50MR-MS
24	94 ^a 237-1 Marquis "C"	VA 2001 Increase	Sr 20	60MR-5MS
25	McNair 701	Einkorn CI 2433	Sr McN	60MR
26	T.Monoocum/8*LMPG-6 DK13		Sr 21	60MR
27	Mq*6/Stewart*3/RL 5244		Sr 22	30MS
28	Exchange CI 12635	Little Club/Agent (CI13523)	Sr 23	50MR
29	LCSr24Ag		Sr 24	R
30	Agatha (CI 14048)		Sr 25	R

	9*LMPG-6 DK16			
31	Eagle Sr26 McIntosh		<i>Sr 26</i>	50MR-10MS
32	WRT 238-5 (1984) Roelfs		<i>Sr 27</i>	40MR
33	Kota RL 471		<i>Sr 28</i>	30MR
34	Prelude/8* Marquis/2Etirole de Choisy	Webster CI 3780	<i>Sr 29</i>	20MR-5MS
35	Selection from 139ebster F3:F4#6	Benno (Sr31)	<i>Sr 30</i>	30MR-5MS
36	Sr31Benno/6*LMPG6DK42		<i>Sr 31</i>	R-MR
37	ER5155 S-203(1995) Roelfs		<i>Sr 32</i>	R
38	RL 5404(1992) Kerber		<i>Sr 33</i>	R
39	RL 6098(1995) Dyck		<i>Sr 34</i>	R
40	Morocco			80MS
41	RL 6098(1197) Dyck	CI 12632 T. timopheevii	<i>Sr 35</i>	50MR
42	W2691SrTt-1 CI17385		<i>Sr 36</i>	R
43	Prelude*/4Line W(W3563)	08 Aberdeen Inc. Source Z. Pretorius	<i>Sr 37</i>	30MR
44	Trident Sr38	07GH	<i>Sr 38</i>	50MR-20MS
45	Trident		<i>Sr38</i>	20MR-10MS
46	RL 5711 Kerber		<i>Sr 39</i>	R
47	RL 6087 Dyck	Hard red winter	<i>Sr 40</i>	10MR
48	TAN 107	Hard red winter	<i>Sr 1RS-Am</i>	20MR-5MS
49	Amigo	Hard red winter	<i>Sr 24, 1RS-Am</i>	R
50	Siouxland	Hard red winter	<i>Sr 24, 31</i>	R
51	Roughrider	Soft red winter	<i>Sr 36, 6</i>	R
52	Sisson	Soft red winter	<i>Sr 6,31,36</i>	R
53	Fleming		<i>Sr6,24,36, 1RS-Am</i>	R
54	Chris	08 Aberdeen Inc. Source : 06 AB YJ	<i>Sr7a,Sr12, Sr6</i>	R-MR
55	CsSSrTmp		<i>Sr Tmp</i>	30MS
56	Bt/Wid		<i>Sr Wld-1</i>	60MR
57	Pavon 76		<i>Sr2complex</i>	40MR-5MS
58	Einkorn		<i>Sr 21</i>	50MR
59	Seri 82		<i>Sr31</i>	40MR-5MS
60	Morocco			40MS
61	PBW343=Attila withSr31		<i>Sr 31</i>	R
62	Kubsa=Attila	Iran	<i>Sr31 absent</i>	50MR-5MS
63	Chamran=Attila	Syria	<i>Sr31 absent</i>	60MR-5MS
64	Cham-6			40MR-1MS
65	Cham-8	Syria	<i>Sr 31</i>	R-MR
66	Cham-10=Kauz/Kauz/star		<i>Sr 31</i>	MR
67	Bacanora=Kauz's		<i>Sr31</i>	MR
68	Cook		<i>Sr 36</i>	MR
69	Coorong (Triticale)		<i>Sr27</i>	R
70	Satu		<i>Sr satu</i>	R
71	SrNin		<i>Sr Nin</i>	R

72	Karim		Durum	R
73	Imillo		Durum	R-MR
74	Altar	Sudan	Durum	R
75	EL Nielain	Algeria		40MR-10MS
76	Hidhab	Egypt		50MR
77	Gemmeiza-9	Egypt		R
78	Giza-168			R
79	Arrehane			60MS
80	Morocco	Sudan		80MS
81	Debeira	Morocco		R
82	Aguilal			R
83	Thatcher			MR
84	Guard			R
85	Triticale	Thatcher/Chinese Spring		R

როგორც ცხრილი 45-დან ჩანს ღეროს ჟანგას მიმართ იმუნური აღმოჩნდა 13 ნიმუში, გამძლე (R)- 17, ზომიერად გამძლე (MR) -21 და ზომიერად მიმღები - 15 ნიმუში. შერეული რეაქცია (MR-MS) აჩვენა 16 ნიმუშმა. დადგენილი იქნა, რომ 20 გამძლეობის გენი: *Sr7a*, *Sr7b*, *Sr8a*, *Sr8b*, *Sr9b*, *Sr21*, *Sr23*, *Sr24*, *Sr25*, *Sr27*, *Sr28*, *Sr31*, *Sr32*, *Sr33*, *Sr34*, *Sr35*, *Sr36*, *Sr37*, *Sr39*, *Sr40* და ზოგიერთი მათგანის კომბინაცია ერთ გენოტიპში (*Sr24+31*, *Sr6+36*, *Sr6+31+36*, *Sr6+24+36*, *Sr6+7+12*, *Sr6+24+36*) ეფექტურად უზრუნველყოფს ხორბლის ღეროს ჟანგასაგან დაცვას ზრდასრულ ფაზაში. მაშასადამე, გამოცდილი ნიმუშების დიდი ნაწილი ღეროს ჟანგას მიმართ იყო გამძლე, მაშინ როცა მიმღებ სასიგნალო ჯიშ მაროკოზე ღეროს ჟანგას გავრცელება 40-80%-ის ფარგლებში იყო.

ამრიგად, სხვადასხვა წარმოშობის და სხვადასხვა სელექციურ ეტაპზე მყოფი სასელექციო მასალის (ადგილობრივი და ინტროდუცირებული ჯიშები, სახეობები, სახესხვაობები, ჰიბრიდული ფორმები, დაწინაურებული ჯიშები) ხორბლის ღეროს ჟანგას საქართველოში გავრცელებული პოპულაციისადმი გამძლეობის შეფასების შედეგად, ჩვენ მიერ იდენტიფიცირებული იქნა გამძლე გენოტიპების მნიშვნელოვანი რაოდენობა, რაც ეროვნული და საერთაშორისო სასელექციო პროგრამებისათვის მნიშვნელოვანი ინფორმაცია და სამეცნიერო პროდუქტია ხორბლის გამძლეობის გაუმჯობესებისა და ახალი გამძლე ჯიშების შექმნისა და წარმოებაში დანერგვის თვალსაზრისით.

დასკვნები

1. 2012-2015 წლებში ხორბლის ღეროს ჟანგა გავრცელებული იყო საქართველოს ყველა გეოგრაფიულ ზონაში მეტ-ნაკლები ინტენსივობით. დაავადების გავრცელების და განვითარების შედარებით მაღალი დონით გამოირჩეოდა მესხეთისა და შიდა ქართლის ზონა, სადაც კოწახურის ბუჩქები უხვად არის ხორბლის ნათესებთან ახლოს.

2. ეციო- და ურედინიოპოპულაცია მაღალვირულენტურია, რადგან შეიცავს გაანალიზებული გამძლეობის გენების დიდი უმრავლესობისადმი კომპლემენტარულ ვირულენტობის გენებს.

3. ხორბლის ღეროს ჟანგას ურედინიოპოპულაციაში დომინირებდა სამი რასა: PRCQP(14.5%), PKPTF(13.1%) და PRCTF(12%). ექვსი რასა PCHTP, PKFTC, PRCQF, PHCTF, TKFTF, TKPTF პოპულაციის 9.4-2.6%-ს შეადგენდა, დანარჩენი 32 რასა ძალიან დაბალი (0.3-2.9%) სიხშირით იყო გავრცელებული.

4. კვლევის განმავლობაში ხორბლის ღეროს ჟანგას პოპულაციაში არ დაფიქსირებულა Ug99 რასათა ჯგუფის არც ერთი ვარიანტი.

5. ხორბლის განვითარების აღმონაცენისა და ზრდასრულ ფაზაში მაღალი ეფექტურობა გამოავლინეს გამძლეობის გენებმა: *Sr9b*, *Sr21*, *Sr24*, *Sr25*, *Sr27*, *Sr28*, *Sr31*, *Sr32*, *Sr33*, *Sr34*, *Sr35*, *Sr36*, *Sr37*, *Sr39*, და *Sr40*.

6. გამოკვლევის წლების მიხედვით, პათოგენის ვირულენტური სტრუქტურა ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მაჩვენებლების მიხედვით არსებითად არ შეცვლილა.

7. პათოგენის გეოგრაფიული წარმოშობა და ხორბლის ჯიში არ ახდენს მნიშვნელოვან ზეგავლენას საქართველოში გავრცელებული ღეროს ჟანგას პოპულაციის სტრუქტურის ფორმირებაზე.

8. ხორბლის ღეროს ჟანგას ურედინიოპოპულაციის გენეტიკური და მოლეკულური ანალიზის შედეგების თანახმად საქართველოში გავრცელებულია ერთიანი პოპულაცია და მის შიგნით გამოიყოფა ვეგეტატიური გზით წარმოქმნილი პოპულაციის დიდი ნაწილი და სქესობრივი ჰიბრიდიზაციის გზით ფორმირებული პოპულაციის მცირე ნაწილი.

9. მაღალვირულენტური Sg99 რასის მიმართ გამოცდილი 20 გენოტიპიდან აღმონაცენის ფაზაში გამძლე და საშუალოდ გამძლე იყო 7 სახეობა - *Tr.monococcum* (*Var.laetissimum Korn*), *Tr.tomopheevi* (*Var.tipicum Shuk-var.viticulosum Shuk*), *Tr.ibericum Men* (*Var.fuliginosum Shuk*), *T. Dicoccum*(*var.faruum*), *Tr. Macha Dek et Men* (*Var.megrelicum Men*), *Tr. Macha Dek et Men* (*Var.palaeo-imereticum Men*) და *Tr. Macha Dek et Men* (*Var.cochicum Dek et Men*) და საერთაშორისო სანერგეებიდან გამორჩეული 5 ჯიში: ლომთაგორა 107, ლომთაგორა 109, ლომთაგორა 149, ლომთაგორა 123, ლომთაგორა 155.

10. ღეროს ჟანგასადმი გამძლე საშემოდგომო ხორბლის მე-4 საერთაშორისო სანერგედან (4th-IWWSRR) გენოტიპების 93% გამძლე და საშუალოდ გამძლე იყო „ქართული“ პოპულაციის მიმართ ზრდასრულ ფაზაში, რაც მნიშვნელოვანი მონაპოვარია ადგილობრივი სასელექციო პროგრამისათვის.

რეკომენდაციები

❖ საქართველოში გავრცელებული ხორბლის ღეროს ჟანგას ვირულენტობის მონიტორინგი უნდა გაგრძელდეს, რადგან კვლევის შედეგად მიღებული შედეგები ძალიან მნიშვნელოვანი და სასარგებლო იქნება როგორც ადგილობრივი, ისე საერთაშორისო სასელექციო პროგრამებისათვის.

❖ ხორბლის აღმონაცენის და ზრდასრულ ფაზაში კვლევის შედეგად იდენტიფიცირებული ეფექტური გამძლეობის გენები და გენთა კომბინაციები შეიძლება გამოყენებული იქნას ადგილობრივ და საერთაშორისო სასელექციო პროგრამებში, რასასპეციფიკური და საველე გამძლეობის წყაროების გამოვლენისა და მათი სელექციურ პროცესში ჩართვის მიზნით.

❖ კვლევის შედეგად გამორჩეული გამძლე 7 სახეობა მომავალში შეიძლება გამოყენებულ იქნას ხორბლის გაუმჯობესების ადგილობრივ და საერთაშორისო სასელექციო პროგრამებში, ხორბლის გამძლეობის გაუმჯობესების მიზნით, როგორც საუკეთესო დონორები.

❖ ჩატარებული კვლევების საფუძველზე საერთაშორისო სანერგედან გამორჩეული 32 გამძლე ნიმუში გადაეცა სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო კვლევითი ცენტრის სელექციონერებს სამეურნეო მახასიათებლების შესწავლისა და მომავალში წარმოებაში დანერგვის მიზნით.

❖ წარმოდგენილი კვლევის შედეგად გამდიდრებული ჟანგების პათოტიპთა ბანკი შეიძლება გამოყენებული იქნას სელექციონერებისა და დაინტერესებული პირების მიერ ახალი შემოტანილი ხორბლის ჯიშების გამძლეობის დონის და ჩვენს პირობებში ახალი პესტიციდების ეფექტურობის შეფასების მიზნით.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. აგიაშვილი, 2006:6 აგიაშვილი ი. „ფერმერული მეურნეობების ფორმირების თავისებურებები საქართველოში და მათი როლი მოსახლეობის მარცვლეულით უზრუნველყოფაში“ დისერტაცია. თბილისი.
2. დუმბაძე... 2015:172-175 რ. დუმბაძე, ზ. სიხარულიძე. ხორბლის ღეროს ჟანგას გავრცელება საქართველოში 2012-2014 წლებში. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე. ISSN 1512-2743 გვ.172-175 თბილისი
3. დეკაპრელევიჩი... 1976:689-691 *Triticum persicum v. stramineum*-ხორბლის ყვითელი და მურა ჟანგასადმი გამძლეობის წყარო. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 82:689-691
4. კეცხოველი,1970:7-47 კეცხოველი ნ. საქართველოს კოწახურები. გამომცემლობა „მეცნიერება“ თბილისი. 1970
5. მენაბდე, 1948:267 მენაბდე ვ.ლ. საქართველოს ხორბლები. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა. თბილისი 1948
6. ნასყიდაშვილი... 1993:7-27 პ.ნასყიდაშვილი, გ.აგლაძე, ჯ.მაჭავარიანი, ვლ. ქევიციანი. საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო მცენარეთა ნაციონალური გენოფონდი. საქართველოს რესპუბლიკის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია, სასოფლო-სამეურნეო მცენარეთა და ცხოველთა გენოფონდი, მისი დაცვა და გამოყენება. თბილისი 1993
7. ნასყიდაშვილი...1983 პ.ნასყიდაშვილი, მ.სიხარულიძე, ე.ჩერნიშე. ხორბლის სელექცია საქართველოში. თბილისი 1983
8. ნახუცრიშვილი 1984:240 ნახუცრიშვილი ი. ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია, ტ. 8, თბილისი.

9. სამადაშვილი... 2009:4-17 ც.სამადაშვილი, ხ.დობორჯგინიძე. საქართველოში გავრცელებულ კულტურულ მცენარეთა კერძო სელექცია. გამომცემლობა „საზოგადოება ცოდნა“, თბილისი. 2009
10. საქსტატი, 2013:25-32 საქართველოს სტატისტიკური წელიწდეული: 2013/ საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური-თბილისი.
11. ყანჩაველი...1977:144-147 ლ.ყანჩაველი ა.ბაღდავაძე, გ.გეგენავა, ი.ფერაძე, კ.ბუაჩიძე, ნ.ჭაია. მცენარეთა დაცვა. გამომცემლობა „განათლება“ თბილისი. 1977
- 12.ხუხუნაიშვილი, 2015:425-430 რ.ხუხუნაიშვილი. მოლეკულური ბიოლოგია. გამომცემლობა „ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი“ ბათუმი - 2015
13. Андреев и др.,1989:304 Андреев Л.Н., Плотникова Ю.М. Ржавчина пшеницы: цитология и физиология. Москва. Наука, 1989. 304 с.
14. Анпилогова и др., 2000 Анпилогова Л.К., Волкова Г.В. Методы создания инфекционных фондов и оценки образцов пшеницы на устойчивость к вредоносным болезням, Краснодар, 2000.
15. Айала, 1984:40-51 Айала Ф. Введение в популяционную и эволюционную генетику\\ Москва.Мир. 1984с.40-51
16. Бородина, 2016 Бородина Т.А. Методы детекции SNP. http://molbiol.edu.ru/review/04_03a.html
17. Вавилов,1935:315-355 Вавилов,1935. Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям. Москва; Ленинград : ОГИЗ, Гос. Изд-во совхозной и колхозной лит., 1935. – 100, [1] с.
18. Гешеле, 1979:196 Гешеле Э.Э. Основы Фитопатологической оценки в

- селекции растений. 1978. 196ст
19. Гуриели, 1979:18
 Гуриели О.А. Изучение линий мягкой пшеницы, полученных от скрещивания *Triticum timopheevii* (Zhuk.C.T.Aestivum L.) как доноров устойчивости к бурой ржавчине и мучнистой росе.- Автореф.дис. . канд.биол.наук. Л., 1979. 18 с.
20. Животовский, 1982:38-43
 Животовский Л.А. Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам \\Генетика популяций. Наука 1982. с.38-43
21. Кашемирова и др. 1985:61-66
 Кашемирова Л.А., Филипова Г.Г., Санин С.С., Стрижекозин Ю.А., Агаев А.А. Использование математических моделей в изучении устойчивости пшеницы к стебловой ржавчине \\Микология и фитопатология. 1985. Т.19 в.1. с.61-66
22. Коновалова и др. 1969:221-223
 Коновалова Н.Е., Ярошенко З. Цикоридзе О. Н., 1969. Роль ецидиостадии в весеннем возобновлении инфекции возбудителя стеблевой ржавчины на хлебных злаках в условиях Грузии. Сообщения АН Грузии. №53(1):221-223
23. Кривченко, 1984
 Кривченко В. И. Устойчивость зерновых культур к возбудителям головневых болезней. . М.: Колос, 1984. 304 с.
- 24.Синяк и др., 2015:70-71
 Синяк Е. В., Волкова Г. В. Распространение и вирулентность популяции возбудителя *Russinia graminis pers. f.sp. Tritici erikss. et henn.* на юге России // Молодой ученый. 2015—№9.2.С.70-71.
- 25.Сихарулидзе и др. 2012
 З. В. Сихарулидзе, К. Т. Нацаришвили, Л. А. Мгеладзе. популяционно-генетические исследования возбудителей ржавчин в Грузии. Москва,

- Голицино конференция, 18-21 июля, 2012
26. Смирнова и др. 1989:405-407 Смирнова Л.А., Мгеладзе Л.А., Наскидашвили Ж.Г., Рогожина Е.А. Об единстве популяции гриба *Puccinia graminis* pers. f.sp. *Tritici erikss. et henn.* на территории Закавказья. Сообщение АН Груз. ССР. 1989. 134(2)-405-407
27. Степанов, 1975:38-43 К.М. Степанов. Ржавчина зерновых культур. Ленинград, Колос, 1975
28. Тыришкин и др. 2011:38-43 Тыришкин Л, Клесова М., Ковалёва М., Лебедева Т., Зуев Е., Гасимов М. 2011. Статус пшеницы и его родословной из коллекции ВИР в исследованиях выявления устойчивости к грибным заболеваниям. Сборник трудов 8-ой международной конф. пшеницы, 1-4 июня, Санкт-Петербург, Россия.
29. Цикаридзе, 1970:5-10 Цикаридзе О.Н. 1970. Развитие возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы в условиях Грузии. Автореферат диссертаций. 20 стр.
30. Шавлиашвили и др., 1968:71-73 Шавлиашвили И., Зедгенидзе И., Пекришвили Ц., Квиникадзе Г. Материалы к изучению условий развития стеблевой ржавчины пшеницы в Грузии. 1968:71-73) Материалы сессии Закавказского совета по координации НИИ по защите растений. 1968. Стр. 71-73
31. Чумаков, 1964:38-43 Чумаков А.Е. Защита пшеницы от ржавчины. Ленинград, Колос, 1964, 100 с.
32. Anton de Bary, 1866:205-215 Anton de Bary. Neue Untersuchungen über die Uredineen, insbesondere die Entwicklung der *Puccinia graminis* und den Zusammenhang derselben mit *Aecidium Berberidis*. Monatsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1866. 205-215

33. Anisimova et al., 2010:37
A. Anisimova, O. Mitrofanova, O. Afanasenko, M. Rouse, Y. Jin, and B. J. Steffenson. Resistance to stem rust race TTKSK in *Aegilops tauschii* accessions from the Vavilov Collection. BGRI 2010 Technical Workshop. Abstracts, 2010 St Petersburg, Russia
34. Anonymous, 2008:15-20
Anonymous, 2008. Wheat Rust Disease Global Programme. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 45p.
35. Aquino et al., 2002:52-62
Aquino P., Carrion F., and Calvo R. Selected wheat statistics. In "CIMMYT 2000-2001 World Wheat Overview and Outlook: Developing No Till Packages for Small Scale Farmers" (J. Ekboir, ed.), pp. 52-62. CIMMYT, Mexico, D.F.
36. Asghar et al., 2013:281
Sabina Asghar, Aziz ur Rehman, Ravi P. Singh, Makhdoom Husaain. Identification of new rust resistant sources of wheat by molecular tools and field evaluation. International Plant Breeding Congress Abstract Book. Antalya. Turkey 2013
37. Abebe et al., 2012:244-250
Teklay Abebe, Getaneh Woldeab, Woubit Dawit. Analysis of pathogen virulence of wheat stem rust and cultivar reaction to virulent races in Tigray, Ethiopia. African Journal of Plant Science Vol. 6(9).
38. Akan et al., 2013:593
Akan Kadir, Zafer Mert, Lutfi cetin, Kursad Ozbek, Alptekin karagoz. Reactions of some Turkish *Aegilops* and *Triticum* materials to PGT race RTKTC. International Plant Breeding Congress Abstract Book. 2013 Antalya. Turkey
39. Berlin, 2012:19
Berlin A. Population Biology of *Puccinia graminis* - Implications for the Epidemiology and Control of Stem Rust. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences.
40. Borlaug, 2005:5
Borlaug N.E. - 2005. An assessment of race Ug99 in Kenya and Ethiopia and the potential for impact in

- neighboring regions and beyond. P.1- 25.
41. Brown et al, 2002:537-541 Brown, J.K., and Hovmøller, M. S. Aerial dispersal of pathogens on the global and continental scales and its impact on plant disease. *Science* 297.
42. Brown-Guerda et al, 1996:923-933 Brown-Guerda G.L., Jil B.S., Bockus W.W., Cox T.S., Hatchett J.H., Leath S., Peterson C.J., Thomas J.B., Zwer P.K. (1996) Evaluation of a collection of wild timopheevi wheat for resistance to disease and arthropod pests. *Plant diseases* 80 :928-933.
43. Browder, 1971:51 Browder, L.E. Pathogenic specialization in cereal rust fungi, especially *Puccinia recondite* t.sp.tritici: Concepts, methods of study and application. U.S. Dep. Agric. Tech.Bull.1432.
44. Brookes, 1999:177-188 Brookes A.J. The essence of SNP. *Review Gene.* 1999; 234(2):177-188
45. Biffen, 1905:4-48 Biffen, R.H. Mendel's laws of inheritance and wheat breeding. *J. Agric. Sci.* 1
46. Cotter, 1930:139 Cotter, R.U. Factors affecting the development of the aecial stage of *Puccinia graminis*. *Phytopathology* 20(1).
47. Craigie, 1927:116-122 Craigie J.H. Experiments in sex in rust fungi//*Nature.* 1927. Vol. 120. P. 116-122
48. Duveiller et al., 2012:4 Duveiller, E., P.K. Singh, M. Mezzalama, R.P. Singh, A. Dababat. *Wheat Diseases and Pests: A Guide for Field Identification* (2nd Edition). CIMMYT. Mexico, D.F., Mexico.
49. Dumbadze et al., 2016:1039-1043 R.Z. Dumbadze, Z.V. Sikharulidze. Virulence Structure of the Wheat Stem Rust Population in Georgia. *International Journal of Agriculture Innovations and Research.* Volume 4, Issue 6, ISSN (Online) 2319-1473. 2016
50. Dumbadze et al., 2014:8-13 R.Z. Dumbadze, Z.V. Sikharulidze, G.A. Chkhutiashvili, L.A. Mgeladze, K.T. Natsarishvili. Evaluation of Wheat Germplasm for resistance to Stem Rust. *Annals of Agrarian Science* Vol.12 No.2 p.8-13, 2014.

51. Dekaprelevich, 1961:17-30 Dekaprelevich, L.L. (1961). Die Art *Triticum macha* Dek et Men. im Lichte neuster Untersuchungen über die Herkunft der Hexaploiden Weizen. *Z. Pflanzenzuchtg.* 45:17-30.
52. Erikson, 1894:292-331 Eriksson J. Ueber die Specialisirung des Parasitismus bei den Getreiderostpilzen//Ber. Dt. Bot. Ges. 1894. Bd. 12. S. 292-331.
53. Flor, 1971:275-296 Flor, H.H. Current status of the gene-for-gene concept. *Annu. Rev. Phytopathol.* 9.
54. Fetch et al., 2011 Tom Fetch, Brent McCallum, Jim Menzies, Khalid Rashid and Albert Tenuta. Rust diseases in Canada. Volume 4, 2011
55. FAO (2001) (Food and Agriculture Organization of the United Nations)"Food Outlook." FAO. Rome, Italy.
56. Gainullin et al., 2013:191 Gainullin N. Lapochkina I. Iordanskaya I. Baranova O. Anisimova A. Development of initial of spring and winter wheat on the basis of new sources of resistance to Leaf and Stem rust. International Plant Breeding Congress Abstract Book. Antalya. Turkey 2013
57. Gilchrist-Saavedra et al., 1997:1-2 L. Gilchrist-Saavedra, G. Fuentes-Davila and Martinez-Cano. Practical Guide to the Identification of Selected Diseases of Wheat and Barley. Mexico, D.F. CIMMYT. 1997
58. Groth et al., 1982:1503-1507 Groth, J.V. & Roelfs, A.P. 1982. The effect of sexual and asexual reproduction on race abundance in cereal rust fungus populations. *Phytopathology*, 72:1503-1507.
59. Groth et al., 1987:1394-1399 Groth, J.V. & Roelfs, A.P. 1987. The concept of measurement of phenotypic diversity in *Puccinia graminis* on wheat. *Phytopathology*, 77:1394-1399
60. Green, 1981:33-39 Green, G.J. Identification of physiologic races of *Puccinia graminis* f.sp. *tritici* in Canada. *Can. J. Plant Pathol.* 3:33-39
61. Guyot et al., 1945:82-146 Guyot L., Nassenot M., Saccas A. Considerations

- morphologiques et biologiques sur l'espèce *Puccinia graminis* Pers. Sensu lato//Aun.Ec.Natl.Agric.Grignon. 1945-1946. No.5.82-146
62. Hiebert et al., 2010:1083-1091 Hiebert CW, Fetch TG, Zegeye T, Thomas JB, Somers DJ, et al. Genetics and mapping of seedling resistance to Ug99 stem rust in Canadian wheat cultivars 'Peace' and 'AC Cadillac'. *Theor. Appl. Genet.* 121:1083–1091
63. Hermansen, 1968:206 Hermansen, J.E. 1968. Studies on the spread and survival of cereal rust and mildew diseases in Denmark. *Contrib. No. 87.* Copenhagen, Department of Plant Pathology, Royal Vet. Agriculture College. Pp. 206
64. Jain et al., 2009:840 Jain SK, Prashar M, Bhardwaj SC, Singh SB, Sharma YP. 2009. Emergence of virulence to Sr25 of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* on wheat in India. *Plant Dis.* 93:840
65. Jin, 2005:1125-1127 Jin Y, 2005. Races of *Puccinia graminis* identified in the United States during 2003. *Plant Dis.* 89: 1125-1127.
66. Jin et al., 2007:137 Jin, Y., Pretorius, Z. A., and Singh, R. P. (2007a). New virulence within race TTKS (Ug99) of the stem rust pathogen and effective resistance genes. *Phytopathology* 97, S137(Abstract).
67. Jin et al., 2008:23-26 Jin Y, Pretorius ZA, Singh RP, Fetch T Jr. 2008. Detection of virulence to resistance gene Sr24 within race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. *Plant Dis.* 92:923–26
68. Joshi et al., 1973:8-12 Joshi L.M., and L.T. Palmer. Epidemiology of stem, leaf, and stripe rusts of wheat in northern India. *Plant Dis. Rep.* 57.
69. Johnson, 1953:105-157 Johnson T. Variation in the rust of cereals//*Biol.Rev.* 1953 No.28. P.105-157
70. Justesen, et.al, 2013:109 A.F. Justesen, J.G. Hansen, P. Lassen, M.S. Hovmøller, J.R. Algaba, D.P. Hodson, M. Patpour, H.R. Nasab, K. Aslanova, M. Rahmatov, Z. Sikharulidze and K. Nazari. „Barberry rust survey: Developing tools for diagnosis, analysis and data management.“ BGRI Technical

- Workshop, 8 - 21, August, 2013, India, New Dehli, Abstract book, p.109
71. Kamvar et al. 2014 Kamvar Z.N. Tabima J.and Grunvald N.J 2014. Poppr:An R pckage for genetic analysis of populations with clonal, patially clonal, and sexual reproduction. PeerJ.2:e281
72. Kirk et al. 2001 Kirk PM, Cannon PF, David JC, Stalpers JA (eds), Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi, ninth ed. CABI Publishing, Wallingford.
73. Knott,1989:59-65 Knott, D.R. The Wheat Rusts-Breeding for Resistance. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
74. Kolmer, 2005:411-449 Kolmer, J.A. Tracking wheat rust on a continental scale. Current Opinion in Plant Biology 5.
75. Kolmer et al., 2013:224-236 Kolmer, J.A., Jin, Y., Rouse, M.N., Hughes, M.E. 2013. Wheat rusts in the United States in 2011. Wheat Newsletter. 58:224-236.
- 76.Kokhmetova et al, 2011: 146-154 Kokhmetova, A. Morgounov, S. Rsaliev, A. Rsaliev, G. Yessenbekova and L. Typina. Wheat Germplasm Screening for Stem Rust Resistance Using Conventional and Molecular Techniques. Czech J. Genet. Plant Breed., 47, 2011 (Special Issue): S146–S154
77. Kurt et al., 2005:99-111 Kurt J . Leonard and Les J . Szabo. Pathogen profile. Stem rust of small grains and grasses caused by *Puccinia graminis*. Molecular Plant Pathology (2005) 6(2).
78. Levine, 1932: 539-568 Levine, M.N. A statistical study of the comparative morphology of biological forms of *Puccinia graminis*. Journal of Agricultural Research 24(7).
79. Levine et al, 1932:300 Levine, M.N., and Cotter, R. U. Susceptibility and resistance of barberry and related genera to *Puccinia graminis*. Washington D. C.: United States Department of Agriculture. Technical Bulletin;
- 80.Le Roux et al.,1987:1115-1119 Le Roux, J., and F.H.J. Rijkenberg. 1987. Pathotypes of *Puccinia graminis* f.sp. tritici with increased virulence for

- Sr24. Plant Dis.71: 1115-1119
81. Leonard, 2001: 119-146 Leonard, K.J. Stem rust – future enemy? in P.D. Peterson, ed., Stem Rust of Wheat: from Ancient Enemy to Modern Foe. APS Press, St. Paul, MN.
82. Mago et al.,2004:112-121 Mago R, Spielmeier W, Lawrence GJ, Ellis JG, Prior AJ. 2004. Resistance genes for rye stem rust (SrR) and barley powdery mildew (Mlo) are located in syntenic regions on short arm of chromosome. Genome 47:112–21
83. McIntosh et al.,1983:61-69 McIntosh, R.A., N.H.Luig, D.L. Milne, and J. Cusick. 1983. Vulnerability of triticales to wheat stem rust. Can.J. Plant Pathol. 5:61-69.
84. McIntosh et al., 1995 McIntosh RA, Wellings CR, Park RF. 1995. Wheat Rusts: An Atlas of Resistance Genes. Victoria, Australia: CSIRO
85. McIntosh et al., 1971:240-248 McIntosh R.A.and Guarfas,J.(1971) *Triticum timopheevi* as a source of resistance to wheat stem rust. Z.Pfazenucht, 66:240-248
86. Mert et al, 2012: 107-120 Mert, Z., Karakaya, A., Dusunceli, F., Akan, K., and Cetin, L. 2012. Determination of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* races of wheat in Turkey. Turk. J. Agric. For. 36:107-120.
87. Morgounov et al, 2012:255 Morgounov A, Keser M, Akin B, Njau P, Wanyera R, Singh D. Evaluation in Kenya of Global Diversity in Winter Wheat for Resistance to Stem Rust. 2009 BGRI poster abstracts-Breeding Rust Resistant Wheat. P.255
- 88.Nazari et al.,2009:317 Nazari K, Mafi M, Yahyaoui A, Singh RP, Park RF, Hodson D. Detection of stem rust race “Ug” (TTKSK) in Iran. Plant disease. Volume 93,Number 3
89. Newton et al.,1932:1-60 Newton M. Johnson T. Studies in cereal disease VIII. Specialization and hybridization of wheat stem rust *P. Graminis* in Canada. 1932 No.160.P.1-60
- 90.Nei, 1978:583-590 Nei, M. 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance between of small numbers of individuals. Genetics., 89:583-590

- 91.Oliveira et.al., 2015:917-928 Oliveira P., Newcomb M., Szabo L., Matthew R., Johnson J. Gale et.al., 2015. Phenotypic and genotypic characterization of race TKTTF of *Puccinia graminis* f.sp.tritici that caused wheat stem rust epidemic in southern Ethiopia in 2013-2014. *Ecology and Epidemiology*. Vol.105. no.7.p. 917-928
92. Park, 2009:5-36 Robert F Park and Plant Health Australia. Australia's Preparedness for Ug99. A review of the Australian grains industry's ability to respond to the arrival of stem rust of wheat (*Puccinia graminis* f. sp. tritici) pathotype Ug99. 2009
- 93.Patpour et al, 2016:863 M. Patpour and M.S. Hovmøller, A.A. Shahin, M. Newcomb, P. Olivera, Y. Jin, D. Luster, D. Hodson, K. Nazari, and M. Azab. First Report of the Ug99 Race Group of Wheat Stem Rust, *Puccinia graminis* f. sp. tritici, in Egypt in 2014. April 2016, Volume 100, Number 4 Page 863 <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-08-15-0938-PDN>
- 94.Patpour et al, 2016: 522 M. Patpour, S. Hovmøller, and A.F. Justesen, M. Newcomb and P. Olivera, Y. Jin and L. J. Szabo, D. Hodson, A. A. Shahin, R. Wanyera, I. Habarurema, S. Wobibi. Emergence of Virulence to SrTmp in the Ug99 Race Group of Wheat Stem Rust, *Puccinia graminis* f. sp. tritici, in Africa. 2016 Volume 100, Number 2 Page 522
- 95.Peterson et al., 1948:496-500 Peterson, R.F., Campbell A.B., and Hannah, A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research* 26: 496-500.
96. Pretorius et al., 2000:203 Pretorius, Z. A., Singh, R.P., Wagoire, W.W., and Payne, T.S. (2000). Detection of virulence to wheat stem rust resistance gene Sr31 in *Puccinia graminis* f. sp. Tritici in Uganda. *Plant Dis*. Volume 84, Number 2
- 97.Rahmatov et al., 2013:325 Mahbubjon Rahmatov, Bahromidding Huseynov, Eva Johansson, Bahridding Soliec, Munira Otambekova,

- Zebuniso Eshonova, Ruth Wanyera, Matthew Rouse, Mogens Hovmoller, Alexey Morgounov, Hafiz Muminjanov. Breeding strategies and progress towards improvement of Yellow Rust and Stem Rust resistances in Tajik wheat breeding program. International Plant Breeding Congress Abstract Book. 2013 Antalya. Turkey
98. Rouse et al., 2014:1681-1688 Matthew N. Rouse, Jayaveeramuthu Nirmala, Yue Jin, Shiaoman Chao, Thomas G. Fetch Jr. Zacharias A. Pretorius. Colin W. Hiebert. Characterization of Sr9h, a wheat stem rust resistance allele effective to Ug99. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Theor Appl Genet (2014)
99. Rees, 1972: 215-223 Rees, R.G. Uredospore movement and observations on the epidemiology of wheat rusts in north-eastern Australia. Aust. J. Agric. Res. 23, 215–223.
100. Rowel, 1984:291-332 Rowel J.B. Controlled infection by *Puccinia graminis* f.sp. *tritici* under artificial conditions. The Cereal Rusts Vol.I; Origins, Specificity, Structure, and Physiology. Academic Press, Orlando.
101. Roelfs, 1977:836-841 Roelfs, A.P. Foliar fungal diseases of wheat in the People's Republic of China. Plant Dis.Reptr. 61
102. Roelfs, 1978:1-85 Estimated losses caused by rust in small grain cereals in the United States – 1918-76. U.S. Dep. Agric. Misc. Publ. No. 1363, St. Paul, MN.
103. Roelfs, 1985:3-37 Roelfs, A.P. Wheat and rye stem rust. In "The Cereal Rusts, Vol. II: Diseases, Distribution, Epidemiology and Control". pp. 3-37 Academic Press, Orlando.
104. Roelfs A.P. et al., 1988:526-533 Roelfs A.P. and Martens J.W. An international system of nomenclature for *Puccinia graminis* f.sp. *tritici*. Phytopathology, 78.
105. Roelfs et al., 1992:2-69 Roelfs, A.P., Singh, R.P. and Saari E.E. Rust diseases of Wheat: Concepts and Methods of Diseases Management. Mexico.DF:CIMMYT.

106. Roelfs, 1982: 177-181
Roelfs, A.P. 1982. Effects of barberry eradication on stem rust in the United States. *Plant Dis.*, 66: 177-181.
107. Saari et al., 1985: 259-298
Saari E.E., and Prescott, J.M. (1985). World distribution in relation to economic losses. In "The Cereal Rusts, Vol. II: Diseases, Distribution, Epidemiology and Control" Academic Press, Orlando.
108. Saitou et al., 1987: 406-425
Saitou N., Nei M. 1987. The Neighbor-Joining method: a new method of reconstructing of phylogenetic trees. *Molec. Biology Evol.* 4:406-425
109. Schumann et al, 2000
Schumann, G.L. and K.J. Leonard. Stem rust of wheat (black rust). *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2000-0721-01 Updated 2011.
110. Shank, R. 1994
Wheat stem rust and drought effects on Bale agricultural production and future prospects. Report on February 17–28 assesment In "United Nations Emergencies Unit for Ethiopia".
111. Singh et al., 2008: 271-309
Singh Ravi P., David P. Hodson, Julio Huerta-Espino, Yue Jin, Peter Njau, Ruth Wanyera, Sybil A. Herrera-Foessel, and Richard W. Ward. Will Stem Rust Destroy The Worlds Wheat Crop? *Advances in Agronomy*, Volume 98. pp. 271-309 2008
112. Singh et al., 2011: 465-481
Singh Ravi P., David P. Hodson, Julio Huerta-Espino, Yue Jin, Sridhar Bhavani, Peter Njau, Sybil Herrera-Foessel, Pawan K. Singh, Sukhwinder Singh, and Velu Govindan. The Emergence of Ug99 Races of the Stem Rust Fungus is a Threat to World Wheat Production. *Annual Review of Phytopathology* Vol. 49:465-481
113. Singh et al, 2006
Singh, R.P., Hodson, D. P., Jin, Y., Huerta-Espino, J., Kinyua, M. G., Wanyera, R., Njau, P., and Ward, R. W. Current status, likely migration and strategies to mitigate the threat to wheat production from race Ug99 (TTKS) of stem rust pathogen. *CAB Reviews: Perspectives: in Agriculture, veterinary Science,*

- Nutrition and Natural Resources 1 (054).
- 114.Sikharulidze et al, 2015: 1075-1079 Z.V. Sikharulidze, R.Z. Dumbadze, K. D. Sikharulidze. Resistance level of introduced germplasm of wheat to stem rust in Georgia. Biological Forum-An International Journal,ISSNNo.(Print)0975-1130,ISSNNo.(Online):2249-3239,2015
- 115.Sikharulidze et al, 2015:721-725 Z.Sikharulidze, K. Natsarishvili, R.Dumbadze, L. Mgeladze, T. Tsetskhladze. Monitoring of Cereal rusts in Georgia in 2009-2013. Biological Forum-An International Journal 7(1):721-725, 2015
- 116.Sikharulidze et al, 2015b:63-68 Z. Sikharulidze, L. Mgeladze, R. Dumbadze, K. Natsarishvili, N.Chkhutiashvili. Reaction of wheat germplasm to stem rust in Georgia. Ekin journal of Crop Breeding and Genetics Vol.1 No.1 p.63-68
- 117.Sikharulidze et al, 2013:94 Z.Sikharulidze, Natsarishvili K. Mgeladze L. Dumbadze R. Wheat stem rust research in Georgia. BGRI Technical Workshop, 8-21, August, 2013, India, New Dehli, Abstract book, p.94
- 118.Stakman et al.,1917:429-495 Stakman, E. C, and Piemeisel, F. J. Biologic forms Puccinia graminis on cereals and grasses. J. Agric. Res. (Washington D.C.) 10.
- 119.Stakman et al.,1919:43-77 Stakman E.C., Levine M. N. New biologic forms of P. Graminia // J.Agric.Res.1919. No.16. P. 43-77
- 120.Stakman et al.,1922:3-10 Stakman E.C., Levine M. N. The determination of biologic forms of Puccinia graminis on Triticum spp.//Minn. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 1922. N8. P.3-10.
- 121.Stakman, 1923:88-96 Stakman, E.C. 1923. Wheat diseases. 14. The wheat rust problem in the United States. In Proc. 1st Pan Pac. Sci. Congr., p. 88-96
- 122.Stakman et al, 1962:5-50 Stakman EC, Stewart DM, Loegering, WG. 1962. Identification of physiologic races of Puccinia graminis var.tritici. USDA-ARS E617.pp.5-50

- 123.Stubbs et al. 1986:46 Stubbs, R.W., J.M. Prescott, E.E. Saari, and H.J. Dubin. Cereal Disease Methodology Manual. CIMMYT: Mexico.
- 124.Turner et al, 2016 Turner K, Yue Jin, Rouse M., Anders J. Crop science. Vol.56:1-7, 2016
125. Tomerlin et. Al., 1984:10-13 Tomerlin, J. R., El-Morshidy, M. A., Moseman, J. G., Baenziger, P. S., and Kimber, G. (1984).Resistance to *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*, *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, and *Septoria nodorum* in wild *Triticum* species. Plant Dis. 68:10-13.
- 126.Urban, 1961:214-301 Urban Z. Inoculation experiments with the stem rust *P. Graminis* in Bohemia//Bull. Res. Counc. Isr. Sect. 1961 No.10. P.214-301
- 127.Van Arsdel, 1967: 1221-1229 Van Arsdel, E.P.The nocturnal diffusion and transport of spores. Phytopathology 57.
- 128.Wanuera, 2008:9-11 Wanuera R., 2008. Status and impact of Ug99 in Kenia. Procc. International Conference on wheat stem rust Ug99.
- 129.Wanuera et al., 2006:113 Wanuera, R., Kinyua, M.G., Jin, Y., and Singh, R.P. (2006). The spread of stem rust caused by *Puccinia graminis* f. sp. *Tritici* , with virulence on Sr31 in wheat in Eastern Africa. *Plant Disease*. Volume 90, Number 1,
- 130.Watson,1981:129-147 Watson I.A. Wheat and its rust parasites in Australia. In: Evans LT, Peacock WJ (eds) Wheat science—today and tomorrow. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- 131.Zadoks, 1985:1-13 Zadoks, J.C. Cereal rusts, dogs and stars in antiquity. Cereal rust bulletin 1985:1-13.
- 132.Zadoks, 1963:97-108 Zadoks, J.C. Epidemiology of wheat rusts in Europe. FAO Plant Protection Bull. 13.
- 133.Zadoks et al.,1974:415-421 Zadoks, J.C., Chang, T.T. and Kanzak, C.F. A decimal code for the growth stage of cereals. *Weed Research* 14; 415-421.
- 134.Yahyaoui et al.,2003:76-77 Yahyaoui A., Ezzahiri B., Hovmoller M., Jachoor A. - 2003.A field guide for cereal diseases management.p.83.

ონტერნეტ წყაროები:

1. <http://srca.gov.ge>
2. <http://rusttracker.cimmyt.org>
3. <http://www.globalrust.org>
4. <http://ka.wikipedia.org/wiki/>
5. <http://www.economist.com/node/16481593>
6. <http://meteo.gov.ge/hydro-meteorology>
7. <http://www.agro-del.ru/news/5572.html>, accessed 5 March 2008
8. <http://www.fao.org/agriculture/crops/the-matic-site-map/theme/pests/wrdgp/en/>
9. <http://www.economist.com/node/16481593>
10. <http://www.ecosensorium.org/2010/07/burmuda-grass-alternate-host-of-rust.html>
11. <http://www.irinnews.org/report/88340/pakistan-wheat-rust-threat-rising>
12. [Support.illumina.com/content/dam/.../inf_hd_super_assay_ug_11322427_rev.pdf](http://support.illumina.com/content/dam/.../inf_hd_super_assay_ug_11322427_rev.pdf)
13. <http://www.ambebi.ge/mnishvnelovani-informacia/81565-kompania-qkartlisiq-qpionerisq-sathesle-khorblis-akhali-jishis-mosavlis-aghebis-prezentacias-gamarthavs.html>
14. <https://www.geneticliteracyproject.org/2014/07/01>
15. http://rusttracker.cimmyt.org/?page_id=1202
16. <http://www.agro.ge/index.php?m=1334>