

სსიპ „ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი“
ტექნოლოგიური ფაკულტეტის აგროეკოლოგიისა
და სატყეო საქმის დეპარტამენტი



ქეთინო ნაცარიშვილი

ხორბლის ყვითელი ჟანგას ადგილობრივი პოპულაციისადმი გამძლეობის ახალი
დონორებისა და კონტროლის სხვა ეფექტური საშუალებების გამოვლენა

სპეციალობა - მცენარეთა დაცვა

აგრარულ მეცნიერებაში დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი სადისერტაციო ნაშრომი

ავტორეფერატი

ბათუმი, 2017

სადისერტაციო ნაშრომი შესრულებულია სსიპ „ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის“ ტექნოლოგიური ფაკულტეტის აგროეკოლოგიისა და სატყეო საქმის დეპარტამენტში

სამეცნიერო ხელმძღვანელი:

ზოია სიხარულიძე - ბიოლოგიის აკადემიური დოქტორი, ბსუ-ს ფიტოპათოლოგიისა და ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტის გამძლეობის გენეტიკის განყოფილების გამგე

შემფასებლები:

ალმა კოხმეტოვა - მცენარეთა ბიოლოგიისა და ბიოტექნოლოგიის ინსტიტუტის (ყაზახეთი) პროფესორი; გენეტიკისა და სელექციის ლაბორატორიის ხელმძღვანელი.

ესე ჯაყელი - აიპ საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის ჩაის, სუბტროპიკული კულტურებისა და ჩაის მრეწველობის ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი; სოფლის მეურნეობის აკადემიური დოქტორი.

ცოტნე სამადაშვილი - აიპ საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის პროფესორი; სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი.

შოთა ლამპარაძე - ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ტექნოლოგიური ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი; სოფლის მეურნეობის აკადემიური დოქტორი.

სადისერტაციო ნაშრომის დაცვა შედგება 2017 წ. 20 დეკემბერს, 14 სთ-ზე, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ტექნოლოგიური ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე.

მისამართი: ბათუმი, ნინოშვილის, 35, ოთახი 430

სადისერტაციო ნაშრომის გაცნობა შესაძლებელია ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკასა და ამავე უნივერსიტეტის ვებგვერდზე.

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი,
სოფლის მეურნეობის
აკადემიური დოქტორი, პროფესორი

შ.ლამპარაძე

ნაშრომის საერთო დახასიათება

თემის აქტუალობა. ხორბალი (*Triticum aestivum* L.) ათასწლეულების მანძილზე ადამიანისათვის ძირითად საკვებ კულტურას და გლობალური სასურსათო უსაფრთხოების საფუძველს წარმოადგენს. მის მოსავლიანობაზე დიდ ზეგავლენას ახდენს ხორბლის ჟანგები - ერთ-ერთი მთავარი ბიოტური ფაქტორი, რომლებიც მაღალი პლასტიურობისა და სწრაფი ცვალებადობის უნარის გამო ფართოდაა გავრცელებული მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანაში, მაღალი მავნეობით გამოირჩევა და ამცირებს რა მოსავლიანობას, მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ზარალს იწვევს. ხორბლის ჟანგებს შორის მავნეობით გამორჩეულია ყვითელი ჟანგა (გამომწვევი - სოკოვანი ობლიგატი პარაზიტი *Puccinia striiformis* f. sp. tritici). სერიოზული საფრთხე ხორბლის წარმოებას საქართველოში მან მხოლოდ ახლო წარსულში შეუქმნა, რაც ყვითელი ჟანგას გახშირებულ ეპიდემიებში აისახა [Sikharulidze...2015; Sharma...2012; Bux, 2011]. დაავადებისაგან გამოწვეული ზარალი საშუალოდ 30%-ია, ძლიერი ეპიფიტოტიის შემთხვევაში კი - 80%-მდე აღწევს. ჟანგას წინააღმდეგ ბრძოლის ძირითად და ეკოლოგიურად საიმედო საშუალებად ითვლება ყვითელი ჟანგას მიმართ გამძლე ჯიშების შექმნა და წარმოებაში რეალიზაცია. ამ საქმეში წარმატების მისაღწევად აუცილებელია *P. striiformis* პოპულაციის ვირულენტობის ცვალებადობის მუდმივი მონიტორინგი და ახალი ვირულენტობის გამოვლენის შესახებ სელექციონერების დროული ინფორმირება. ამ საქმეს ემსახურება ჟანგებისაგან ხორბლის დაცვის მიზნით შექმნილი მარცვლოვანთა ჟანგების მონიტორინგის გლობალური ქსელი და ცნობილი საერთაშორისო ორგანიზაციების ICARDA-ს, CIMMYT-ის და FAO-ს პროგრამები (ხორბლის ჟანგების გლობალური მონიტორინგის პროგრამა (WRDGP), ბორლაუგის ჟანგების გლობალური ინიციატივა (BGRI), საშემოდგომო ხორბლების გაუმჯობესების პროგრამა (IWWIP) და სხვა. აღნიშნულ საერთაშორისო ორგანიზაციებთან წლების მანძილზე თანამშრომლობს ბათუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიტოპათოლოგიისა და ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტის გამძლეობის გენეტიკის განყოფილება (ბედოშვილი და სხვ., 2009) და მნიშვნელოვანი როლი სადოქტორო ნაშრომის შესრულებაში სწორედ ამ თანამშრომლობამ შეასრულა.

კვლევის მიზანი და ამოცანები. წარმოდგენილი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა საქართველოში გავრცელებული ხორბლის ყვითელი ჟანგას გამომწვევის *Puccinia striiformis* ბიოლოგიური თავისებურებების და ადგილობრივი პოპულაციის გენეტიკური სტრუქტურის შესწავლა, გაუმჯობესებული გამძლეობის მქონე ნიმუშების აგრონომიული და ფიტოპათოლოგიური დახასიათება და გამძლე, ადგილობრივი პირობებისადმი ადაპტირებული გენოტიპების იდენტიფიცირება, ახალი გამძლეობის წყაროების და აგრეთვე, დაავადების მიმართ სხვა ეფექტური ბიოლოგიური საშუალებების გამოვლენა.

აღნიშნული მიზნის მისაღწევად საჭირო იყო შემდეგი ამოცანების შესრულება:

-) საქართველოს მეხორბლეობის რეგიონებში ხორბლის ყვითელი ჟანგას გავრცელების და განვითარების შესწავლა;
-) პათოგენის პოპულაციის ვირულენტობის გენეტიკური და პათოტიპური სტრუქტურის იდენტიფიცირება;
-) ხორბლის ყვითელი ჟანგას ადგილობრივი პოპულაციის მრავალფეროვნების დახასიათება მოლეკულური მარკერების გამოყენებით;
-) ადგილობრივი და ინტროდუცირებული სასელექციო მასალის გამძლეობის შეფასება ყვითელი ჟანგას ბუნებრივ და ხელოვნურ ინფექციურ ფონზე;
-) გამორჩეული ნიმუშების ეკოლოგიური გამოცდა, აგრონომიული და იმუნოლოგიური მახასიათებლების შესწავლა;
-) მცენარეთა დაცვის ახალი ბიოლოგიური საშუალებების გამოვლენა ბიოპრეპარატების გამოცდისა და მცენარეული ექსტრაქტების სკრინინგის გზით;

სამეცნიერო სიახლე და მნიშვნელობა. წარმოდგენილი კვლევის ფარგლებში შესაძლებელი გახდა ხორბლის ყვითელი ჟანგას გამომწვევის *Puccinia striiformis* ვირულენტური სტრუქტურის შესახებ არსებული ცოდნის გაახლება და რიგი საკითხების უფრო ღრმად შესწავლა. კერძოდ, პირველად იქნა შესწავლილი ყვითელი ჟანგას საქართველოში გავრცელებული პოპულაციის მრავალფეროვნება გენეტიკური და მოლეკულური მარკერებით, დადგენილი იქნა პოპულაციის მრავალფეროვნების ხარისხი, გამოვლენილი იქნა პოპულაციის შიგნით მიმდინარე მიკროევოლუციური პროცესები. კვლევის განმავლობაში გამოცდილი ხორბლის ადგილობრივი და ინტროდუცირებული სასელექციო მასალიდან გამოვლინდა გამძლეობის ახალი წყაროები შემდგომში სასელექციო პროგრამებში გამოყენების მიზნით და გამოირჩა საქართველოს პირობებისადმი ადაპტირებული ახალი, მაღალმოსავლიანი, გამძლე ჯიში “ლომთაგორა 143“, რომელიც საქპატენტის მიერ იქნა დარეგისტრირებული.

საქართველოში შემოტანილი ახალი ბიოპრეპარატების გამოცდისა და მცენარეული ექსტრაქტების სკრინინგის გზით დადგენილი იქნა რამდენიმე ბიოფუნგიციდის ბიოლოგიური ეფექტურობა და მათი ყვითელი ჟანგას კონტროლის მიზნით გამოყენების მიზანშეწონილობა.

კვლევის მასალები, მეთოდები და პირობები. კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა ხორბლის ყვითელი ჟანგას გამომწვევის *Puccinia striiformis* f. sp. tritici West. საქართველოში გავრცელებული პოპულაცია, ხოლო საკვლევ მასალას - გამძლეობის ერთეული გენის მატარებელი ჯიშ-დიფერენციატორების და იზოგენური ხაზების საერთაშორისო ნაკრები, ხორბლის ადგილობრივი და ინტროდუცირებული სასელექციო მასალა (ხორბლის ენდემური სახეობები და მათი სახესხვაობები, ადგილობრივი ჯიშ-პოპულაციები, საერთაშორისო სანერგეები, კომერციული და

პერსპექტიული ჯიშები), ასევე, ხორბლის ყვითელი ჟანგას გამომწვევის მონოსპოროვანი იზოლატები; ყვითელი ჟანგასადმი მიმდებარე ხორბლის ჯიშები - მოროკო და ბეზოსტაია 1; ოთხი მიკრობიოლოგიური პრეპარატი: ფიტოკატენა (*Pseudomonas fluorescens* BA), ბიოკატენა (*Trichoderma lignorum* BA), აგროკატენა (*Bacillus subtilis* BA) და ფიტოსპორინი (*Bacillus subtilis*), ასევე დასავლეთ საქართველოს აჭარის ტენიანი სუბტროპიკული კლიმატის პირობებში მოზარდი ადგილობრივი ეგზოტური მერქნიანი (კავკასიური სოჭი - *Abies nordmanniana*, კოლხური ბზა- *Buxus colchica*) და სხვა მცენარეების: კორილოპსისი წვრილფოთოლა (*Corylopsis pauciflora*), ჩინური კორილოპსისი (*Corylopsis sinensis*), თავთავიანი კორილოპსისი (*Corylopsis spicata*), ჰამამელისი რბილი (*Hamamelis mollis*), ევკალიპტი (*Eucalyptus cinerea*), სტევია (*Stevia rebaudiana*) და ხახვი (*Allium cepa*) ექსტრაქტები.

კვლევა, ძირითადად, განხორციელდა ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიტოპათოლოგიისა და ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტის გამძლეობის გენეტიკის განყოფილებაში, სათბურისა და მინდვრის პირობებში; კვლევის ნაწილი კი - ჩინეთის ჩრდილო-დასავლეთის აგრარული უნივერსიტეტის მარცვლეულთა სტრესის ბიოლოგიის მთავარ ლაბორატორიაში.

საკვლევი ამოცანების შესასრულებლად გამოვიყენეთ საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისი მეთოდები:

ხორბლის ჟანგების გავრცელებისა და განვითარების ინტენსივობის დადგენის და დაავადების ნიმუშების შეგროვების მიზნით ხორბლის ნათესების გამოკვლევას ვატარებდით საქართველოს მეხორბლეობის სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონაში საერთაშორისო მეთოდოლოგიის შესაბამისად [Yahyaoui...2003; Peterson... 1948; Knott, 1989].

პათოგენის მონოსპოროვანი კულტურების გამოყოფას, გამრავლებასა და რასების იდენტიფიცირებას ვახდენდით საერთაშორისო კლასიკური და თანამედროვე მეთოდებით [Wan...2012; Kumar...2012; Chen...2010; Chen, 2005; Roelfs...1992; Gasner... 1932; Newton...1932].

ყვითელი ჟანგას პოპულაციის მოლეკულური მრავალფეროვნების შესასწავლად გამოყენებული იყო 12 მიკროსატელიტი, ანუ მოკლე თანმიმდევრობების განმეორებადობები, ე.წ. SSR მარკერები [Aljanabi, 1997].

ხორბლის სასელექციო მასალის იმუნოლოგიური შეფასებისას ვიყენებდით საყოველთაოდ მიღებულ, ჟანგასადმი გამოცდის სქემას და საერთაშორისო მეთოდებს [Анпилогова...2000; Knott, 1989, Roelfs...1992; Gassner...1932; Peterson...1948]. გამოთვლილი იქნა საცდელი ხორბლის გენოტიპების გამძლეობის ტიპის ძირითადი მახასიათებლები ინფექციურობის კოეფიციენტის (C.I.) და დაავადების განვითარების მრუდქვეშა ფართობი (AUDPC, rAUDPC) [Stubbs...1986; Wilcoxon... 1975].

პათოგენის ვირულენტური სტრუქტურა შევისწავლეთ სათბურში 10-18°C ტემპერატურის და 16 სთ განათების პირობებში. ნოტიო კამერაში პათოგენის მცენარეში შეღწევისათვის 100% ფარდობითი ტენიანობა იყო შექმნილი.

ბიოლოგიური პრეპარატებისა და მცენარეული ექსტრაქტების ფუნგიციდური აქტიურობის (ზეგავლენა სპორების გაღვივებისუნარიანობაზე, ინკუბაციურ პერიოდზე, ინფექციის ტიპსა და დაავადების განვითარების ინტენსივობაზე) შესწავლისათვის გამოვიყენეთ in vivo და in vitro პირობებში ჩატარებული ხელოვნური ინფიცირების ტესტები [Shabana...2017; Chaudhary, 2013; Dey...2012].

ყვითელი ჟანგას სპორების გაღვივებისუნარიანობაზე ინჰიბიტორული მოქმედების და ხორბლის აღმონაცენის ფაზაში ფუნგიციდურ აქტივობის გამოვლენის მიზნით გამოვიყენეთ მცენარეთა მშრალი ფოთლების ფხვნილის სხვადასხვა მეთოდით მიღებული ექსტრაქტების წყალხსნარები, რომლებითაც დამუშავდა ხორბლის აღმონაცენი 2-3 ფოთლის ფაზაში [Gillitzer...2012; Семенова...2010; Green, 2004; Tiwari... 2005].

სხვადასხვა გეოგრაფიული წარმოშობისა და პათოტიპური სტრუქტურის მქონე იზოლატების ერთმანეთთან შესადარებლად პათოგენის იზოლატების დიფერენციატორი - იზოგენური ხაზებისადმი ვირულენტობა / ავირულენტობის არსებობა-არარსებობის აღრიცხვის საფუძველზე შეიქმნა 1/0 ბინარული მატრიცა. მსგავსება იზოლატებს შორის განისაზღვრა მულტივარიაციული სტატისტიკური პაკეტის - MVSP 3.2 კომპიუტერული პროგრამის მეშვეობით. ჟაკარდის კოეფიციენტის გამოყენებით აგებული იქნა მსგავსების მატრიცა. კლასტერული ანალიზის UPGMA მეთოდის (unweighted pair group method with arithmetic average) საშუალებით აიგო დენდროგრამა, რომელიც გამოხატავს გენეტიკური მსგავსების ხარისხს სხვადასხვა იზოლატების პათოტიპებს შორის. ამ გზით დადგენილი იქნა ხორბლის ყვითელი ჟანგას საქართველოში გავრცელებული პოპულაციის არეალი და მრავალფეროვნების ხარისხი. 1-თან მიახლოებული მნიშვნელობა გამოხატავს მაღალ მსგავსებას შესადარებელ პოპულაციებს შორის.

კვლევის შედეგების აპრობაცია და პუბლიკაციები.

ნაშრომის წინაწარი განხილვა გაიმართა 2017 წლის 15 ივლისს, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ტექნოლოგიური ფაკულტეტის აგროეკოლოგიისა და სატყეო საქმის დეპარტამენტში.

კვლევის შედეგები წარდგენილი იყო სასტენდო და ზეპირი მოხსენებების სახით საერთაშორისო სამეცნიერო ფორუმებზე:

1. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „მარცვლოვანი კულტურების დაცვა დაავადებებისაგან, მავნებლებისა და სარეველებისაგან: მიღწევები და პრობლემები“. ბოლშიე ვიაზემი, რუსეთი. 2016წ.
2. მარცვლოვანთა ჟანგებისა და ნაცრების მე-14 საერთაშორისო კონფერენცია.

კოპენჰაგენი, დანია. 2015წ.

3. ხორბლის ყვითელი ჟანგას მე-2 საერთაშორისო სიმპოზიუმი. იზმირი, თურქეთი. 2014.

4. BGRI 2014 ტექნიკური ვორკშოპი. ობრეგონი, მექსიკა. 2014.

5. საერთაშორისო კონფერენცია „ბოტანიკური ბაღების მნიშვნელობა მცენარეთა მრავალფეროვნების შენარჩუნებაში“. ბათუმი, საქართველო. 2013.

სადისერტაციო თემის ირგვლივ გამოქვეყნებულია 5 სამეცნიერო ნაშრომი საერთაშორისო რეცენზირებად სამეცნიერო ჟურნალებსა და საერთაშორისო კონფერენციის მასალებში.

ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა: სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს ნაბეჭდ 183 გვერდს და შედეგება შესავლის, ლიტერატურის მიმოხილვის, კვლევის მეთოდების, კვლევის შედეგებისა და განხილვისაგან, დასკვნების, რეკომენდაციებისა და დანართებისგან. ნაშრომში გაანალიზებულია 238 წყარო, მათ შორის 17- ქართული. ტექსტში ჩართულია 32 ცხრილი, 10 დიაგრამა, 15 ფოტოსურათი.

კვლევის შედეგები და განხილვა

1. ხორბლის ყვითელი ჟანგას გავრცელება 2013-2016 წლებში

ყვითელი ჟანგას გავრცელების არეალის, გავრცელებისა და განვითარების ინტენსივობის განსაზღვრის მიზნით 2013-2016 წლებში ხორბლის სავეგეტაციო პერიოდში (მაისი - ივლისი) სავსე ექსპედიციების საშუალებით გამოკვლეული იქნა საქართველოს სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონაში არსებული ხორბლის ნათესები, რომლებიც მდებარეობდა ზღვის დონიდან 429-1742 მ ფარგლებში და შესაბამისად განსხვავებული იყო განედის და გრძედის მაჩვენებლებიც (ცხრილი 1). ცხრილში მოცემულია, აგრეთვე, იმ გეოგრაფიული ზონებისათვის დამახასიათებელი საშუალო წლიური ტემპერატურა და ნალექები, სადაც გამოკვლეული იყო ხორბლის ნათესები. როგორც ცხრილიდან ჩანს, საქართველოს სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონაში არსებული კლიმატი მეტ-ნაკლებად ხელსაყრელია ხორბლის ყვითელი ჟანგას განვითარებისათვის.

ცხრილი 1. გამოკვლეული ხორბლის მინდვრების GPS კოორდინატები და გეოგრაფიული ზონების ძირითადი კლიმატური მახასიათებლები (საშ. წლიური ტემპერატურა (°C) და ნალექი (მმ))

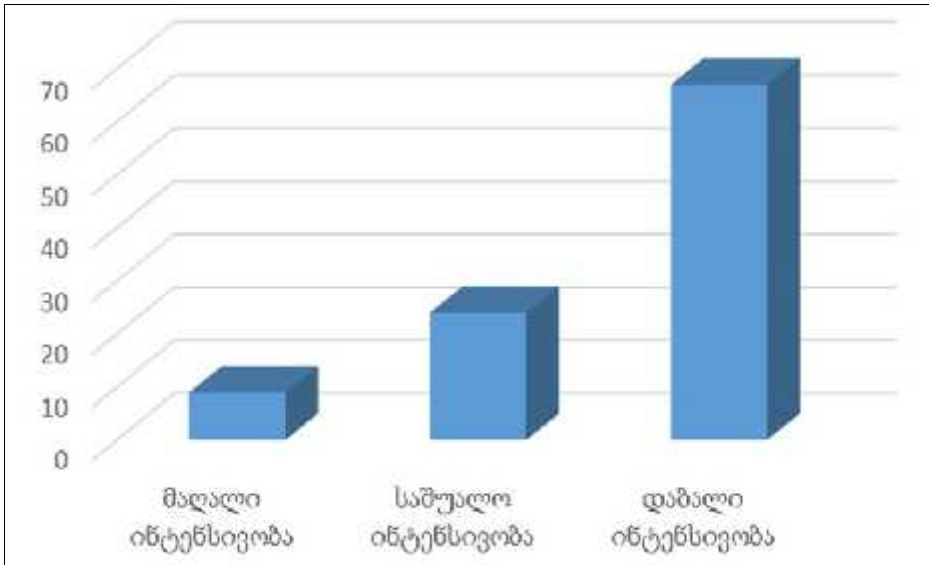
ზონა	რაიონი	განედი	გრძედი	სიმაღლე ზღვის დონიდან (მ)	ტემპერატურა (°C)	ნალექი (მმ)
მესხეთი	ახალციხე ასპინძა	41.59267-041.66859	042.87752-043.22617	952-1116	2,6-6.8	520-600
ჯავახეთი	ახალქალაქი	41.41054-043.40674	043.41020-043.42841	1672-1742	4-6	600 - 750
შიდა ქართლი	ხაშური მცხეთა გორი დუშეთი ბორჯომი კასპი	41.56148-044.40044	043.56215-044.70430	549-1093	9-11	500-800
ქვემო ქართლი	მარნეული	41.51702-41.47780	044.78442-044.86761	429-503	12-12	400-600
კახეთი	სიღნაღი საგარეჯო, თელავი, დედოფლი სწყარო	41.57307/042.06422	045.63704-046.05264	434-761	11-13	800-1300
კოლხეთის დაბლობი	სამტრედია				13-15	1400-3000

სულ გამოკვლეული იქნა 202 მინდორი, მათ შორის, 2013, 2014, 2015 და 2016 წელს - შესაბამისად, ხორბლის 65, 42, 52 და 43 მინდორი. 2013, 2014 და 2016 წლებში ყვითელი ჟანგას გავრცელება აღირიცხა ხუთ გეოგრაფიულ ზონაში (მესხეთი, ჯავახეთი, შიდა ქართლი, ქვემო ქართლი, კახეთი), ხოლო 2015 წელს, გარდა აღნიშნული ზონებისა, კოლხეთის დაბლობზეც, სამტრედიის რაიონის სოფელ ჯიხაიშში, სადაც დათესილი იყო სელექციური სანერგე და რუსული ჯიში „ტანია“ 2 ჰა-ზე, სადაც დაფიქსირდა ყვითელი ჟანგას განვითარება. როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, ყვითელი ჟანგათი ინფიცირებული მინდვრების რაოდენობა წლების მიხედვით მერყეობდა 13-19-ის, ხოლო გეოგრაფიული ზონების მიხედვით 1-32- ის ფარგლებში. სულ გამოკვლეული 202 მინდვრიდან მხოლოდ 63 მინდორი იყო დაავადებული ყვითელი ჟანგათი.

ცხრილი 2. ხორბლის ყვითელი ჟანგას გავრცელება საქართველოს სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონაში 2013-2016 წლებში

გამოკვლეული მინდვრების რაოდენობა/ყვითელი ჟანგათი ინფიცირებული მინდვრების რაოდენობა							სულ
წლები	გეოგრაფიული ზონა						
	მესხეთი	ჯავახეთი	შიდა ქართლი	ქვემო ქართლი	კახეთი	კოლხეთის დაბლობი	
2013	12/3	8/2	32/10	5/1	10/1	-	65/17
2014	6/2	6/1	18/7	4/1	8/2	-	42/13
2015	8/4	8/3	23/8	5/1	8/3	1	52/19
2016	6/2	6/2	21/7	3/1	7/2	-	43/14
სულ	32/11	28/8	92/32	17/4	33/8	1/1	202/63

გამოკვლეული მინდვრების 31.2% სხვადასხვა ინტენსივობით იყო დაავადებული. კერძოდ, მაღალი ანუ 40%-ზე ინტენსივობით დაავადებული იყო 9,4%, საშუალო ინტენსივობით ანუ 20-40% ფარგლებში ინფიცირებული იყო 23.8% და მინდვრების დიდი უმრავლესობა - დაბალი (<20%-ზე) ინტენსივობით (დიაგრამა 1).



დიაგრამა 1. სხვადასხვა ინტენსივობით ინფიცირებული მინდვრების წილი

სხვადასხვა ინტენსივობით იყო ინფიცირებული ხორბლის მინდვრები ცალკეულ გეოგრაფიულ ზონაში (ცხრილი 3). კერძოდ, დაბალი ინტენსივობით (40.8 - 82.1%) იყო დაავადებული გამოკვლეული მინდვრების დიდი ნაწილი ყველა ზონაში. საშუალო ხარისხით ინფიცირებული მინდვრების პროცენტული შემცველობა 10.7-28.3% ფარგლებში მერყეობდა. შედარებით მაღალი ინტენსივობა დაფიქსირდა ქვემო ქართლსა და შიდა ქართლში (10.8% და 11.7%).

ცხრილი 3. სხვადასხვა ინტენსივობით ინფიცირებული მინდვრების საერთო რაოდენობა (%) გეოგრაფიულ ზონებში

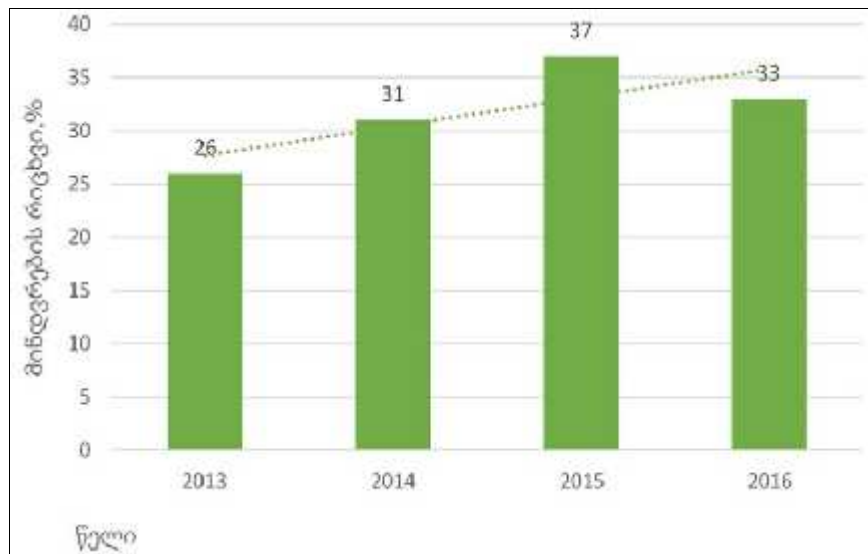
ზონა	მალალი (გავრცელება>40)	საშუალო (გავრცელება20>40)	დაბალი (გავრცელება<20)
მესხეთი	9.4	28.1	62.5
ჯავახეთი	7.1	10.7	82.1
შიდა ქართლი	10.8	28.3	60.8
ქვემო ქართლი	11.7	17.7	76.5
კახეთი	6.1	18.2	69.7

სხვადასხვა ინტენსივობით ინფიცირებული მინდვრების წილი გამოკვლევის წლების მიხედვით მოცემულია მე-4 ცხრილში. ხორბალი თითქმის ყოველ წელს დაბალი ინტენსივობით იყო დაავადებული. გამონაკლისს წარმოადგენს 2015 წელი, როცა საშუალო ხარისხით ინფიცირებული მინდვრების პროცენტული შემცველობა უფრო მეტი იყო, ვიდრე დაბალი ინტენსივობით ინფიცირებული მინდვრების რიცხვი.

ცხრილი 4. სხვადასხვა ინტენსივობით ინფიცირებული მინდვრების საერთო რაოდენობა (%) გამოკვლევის წლების მიხედვით

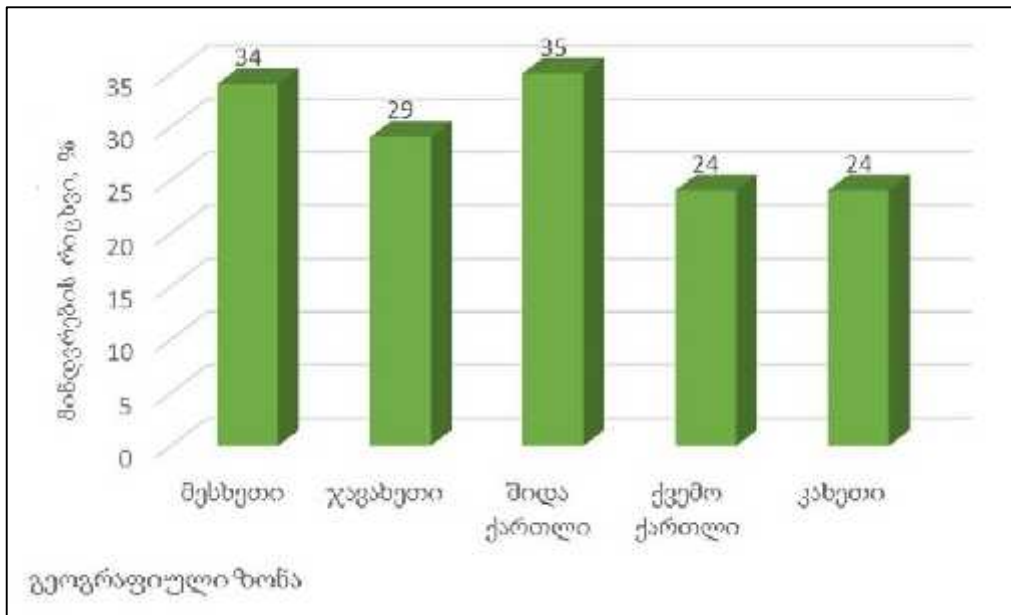
წლები	მაღალი (გავრცელება>40)	საშუალო (გავრცელება20>40)	დაბალი (გავრცელება<20)
2013	4.6	23.1	72.3
2014	4.8	23.8	71.4
2015	11.5	50.0	38.3
2016	6.9	41.8	51.2

როგორც მე-2 დიაგრამა გვიჩვენებს, ყვითელი ჟანგათი ინფიცირებული მინდვრების ყველაზე მეტი რაოდენობა აღინიშნა 2015 წელს (36.5%), ხოლო ყველაზე ნაკლები - 2013 წელს (26.2%), რაც, ჩვენი აზრით, იმით იყო განპირობებული, რომ 2012 წელს მეტად არახელსაყრელი კლიმატური პირობები იყო ყვითელი ჟანგას განვითარებისათვის, განსაკუთრებით კი კახეთში [Sikharulidze...2015b] და 2013 წელს დაავადების განვითარებისთვის არ იყო საკმარისი საწყისი ინფექცია.



დიაგრამა 2. ინფიცირებული მინდვრების რაოდენობა 2013-2016 წლებში

მე-3 დიაგრამიდან ჩანს, რომ ერთნაირად დაბალი იყო ყვითელი ჟანგათი ინფიცირებული მინდვრების რიცხვი ქვემო ქართლსა (23.5%) და კახეთში (24.2%), ყველაზე მაღალი - მესხეთსა (34%) და შიდა ქართლში (35%).



დიაგრამა 3. ინფიცირებული მინდვრების საერთო რაოდენობა (%) გეოგრაფიულ ზონებში

გამოკვლეული იქნა როგორც ფერმერული მეურნეობებსა და გზის პირებზე არსებული კომერციული ნათესები, ასევე, ჯიშთა გამოცდის სასელექციო ნაკვეთები. ხორბლის ნათესები ძირითადად დაკავებული იყო საწარმოო ჯიშებით - ბეზოსტაია 1, კრასნოდარის 99, ტანია, სილა (რუსული ჯიშები), ჯაგერი (აშშ) და ლომთაგორა 123 (საერთაშორისო სანერგედან გამორჩეული, დარაიონებული ჯიში).

ცხრილი 5. ყვითელი ჟანგას გავრცელების და განვითარების ინტენსივობა (%) სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონაში დათესილ ჯიშებზე

ზონა	ჯიში	გავრცელება, %		განვითარება, %	
		ამპლიტუდა	საშუალო	ამპლიტუდა	საშუალო
მესხეთი	ბეზოსტაია1	0-80	30	0-50	30
	ჯაგერი	0- 40	10	0- 20	10
ჯავახეთი	ბეზოსტაია1	0-80	40	0-50	40
	ლომთაგორა 123	0-70	30	0-30	25
შიდა ქართლი	ბეზოსტაია1	0-60	30	0-30	10
	ლომთაგორა 123	0-60	40	0-20	5
	ჯაგერი	0-30	10	0-10	5
	კრასნოდარის	0-70	50	0-40	25

	99				
ქვემო ქართლი	ბეზოსტაია 1	0-60	30	0-40	20
	ლომთაგორა 123	0-50	20	0-20	5
	ლომთაგორა 126	0-20	5	0-10	1
კახეთი	ბეზოსტაია1	0-20	10	0-30	10
	ლომთაგორა 123	0-10	5	0-10	5
	კრასნოდარის 99	0-40	15	0-40	20
	ტანია	0-80	30	0-50	20
	სილა	0-70	30	0-50	25
	ჯაგერი	0-50	10	0-30	5

როგორც მე-5 ცხრილიდან ჩანს, დაავადების გავრცელების და განვითარების ინტენსივობა ჯიშის მიხედვით ცვალებადობს, შესაბამისად, 0-80% და 0-50% ფარგლებში. შედარებით მაღალია ყვითელი ჟანგას გავრცელებისა და განვითარების ინტენსივობა რუსული სელექციის ჯიშებზე: ბეზოსტაია-1, კრასნოდარის 99, ტანია, სილა და ნაკლებია ქართველი სელექციონერების მიერ ბოლო წლებში საერთაშორისო სანერგეებიდან გამორჩეულ ჯიშებზე. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ სასელექციო სანერგეებსა და ჯიშთა გამოცდის პატარა ნაკვეთებზე უფრო მაღალი იყო დაავადების გავრცელების და განვითარების დონე დიდ, კომერციულ ფართობებთან შედარებით. სასელექციო სანერგეები და ჯიშთა გამოცდის ნიმუშები დათესილი იყო ახალციხეში (ვალე, სოფელი კლდე), ახალქალაქში (სოფ.ვაჩიანი), მარნეული (სოფ. ლომთაგორა), მცხეთა (სოფ.წილკანი, სოფ. წეროვანი), ბორჯომი (დაბა წაღვერი), თელავი (სოფ. გულგულა), დედოფლისწყარო (სოფ. შავჭრელები), გარდაბანი (სოფ. სართიჭალა) და სამტრედია (სოფ. დიდი ჯიხაიში). 2016 წელს დედოფლისწყაროში ჯიშთა გამოცდის სასელექციო ნაკვეთზე ყვითელი ჟანგას ზომიერი გავრცელება (20-30%) დაფიქსირდა ჯიშებზე: ლუპუს, ასანო, გერეკ, ბეზოსტაია-1, საული 9, ურბანუს და თბილისური 15. წილკნის (მცხეთის რაიონი) ს/მეურნეობის კვლევითი ცენტრის საცდელ ნაკვეთზე დათესილი სხვადასხვა სასელექციო სანერგის ზოგიერთ ნიმუშზე ყვითელი ჟანგას გავრცელება 70-90% ფარგლებში მერყეობდა. მაგ., ე.წ. “ზაფანგ“ სანერგეებში 8th IYRTN და 9th IYRTN, ნიმუშებზე: მოროკო, ფილდერ, ფედერეიშენ, ინია 66, პასტორ და სხვა, დაავადების გავრცელების ინტენსივობა 100%-მდე აღწევდა. ყვითელი ჟანგას მაღალი ფონი იქნა აღრიცხული შემოტანილ ყაზახურ ჯიშებზეც (ალმალი, ალათაუ,

ალკიზადაი, კირიგაშ). წალღერში სასელექციო სანერგეების ზოგიერთ ნიმუშზე (მოროკო, ფილდერ) ყვითელი ჟანგას ზომიერი გავრცელება (20-40%) დაფიქსირდა. ასევე, ყვითელი ჟანგას მაღალი გავრცელება აღინიშნა სართიჭალასა და მარნეულში (სოფ. ლომთაგორა) არსებულ სასელექციო სანერგეებში და ჯიშთა გამოცდის ნაკვეთებზე ზოგიერთ ნიმუშზე.

როგორც კვლევის შედეგებიდან ჩანს, 2013-2016 წლებში ყვითელი ჟანგა საშუალოდ დაბალი ინტენსივობით იყო გავრცელებული საქართველოში. ოდნავ უფრო მაღალი იყო დაავადების გავრცელების დონე 2015 წელს, მსგავსად სხვადასხვა ქვეყნისა (ინდოეთი, ჩრ. აფრიკის ქვეყნები, მოროკო), სადაც დაავადების განვითარების მაღალი დონე აღინიშნა (http://rusttracker.cimmyt.org/?page_id=9).

2004-2006 წლებში ხორბლის ყვითელი ჟანგას განვითარება საქართველოში ასევე შეზღუდული იყო და შესაბამისად, დაბალი იყო გავრცელების ინტენსივობა [Gorgiladze ...2007], ხოლო ნასყიდაშვილის და სხვათა აზრით, ხორბლის ყვითელ ჟანგა უფრო სერიოზულ დაავადებას წარმოადგენდა 1987-1990 წლებში [Naskidashvili...2001].

მიუხედავად იმისა, რომ ყვითელი ჟანგა კავკასიაში და მათ შორის, საქართველოში დიდი ხანია არსებობს [Zhukovsky, 1965; Stubbs, 1985], მან სერიოზული საფრთხე ხორბლის წარმოებას ცენტრალურ აზიასა და სამხრეთ კავკასიაში ბოლო 15 წლის განმავლობაში (1998, 2000, 2005, 2009 და 2010) შეუქმნა გახშირებული ეპიდემიების სახით [Ziyaev...2011], რომელთა უარყოფითი გავლენა საქართველოშიც აღინიშნა [Sikharulidze...2009]. 2009-2010 სავეგეტაციო პერიოდი განსაკუთრებით ხელსაყრელი აღმოჩნდა ხორბლის ყვითელი ჟანგას განვითარებისთვის ყველა გამოკვლეულ გეოგრაფიულ ზონაში. გამოკვლეული მინდვრების 79% ინფიცირებული იყო ყვითელი ჟანგათი. განსაკუთრებით მაღალი ინტენსივობა აღირიცხა 2010 წლის მაისსა და ივნისის პირველ ნახევარში [Sikharulidze...2014].

ყვითელი ჟანგას განვითარების მაღალი დონე აღინიშნა 2000 წელს აშშ-ის ცენტრალურ და აღმოსავლეთ ნაწილში, სადაც ტრადიციულად ყვითელი ჟანგა არ აღრიცხულა ამ ადგილებისათვის დამახასიათებელი ჰაერის მაღალი ტემპერატურის გამო [Chen...2002; Chen, 2005]. მოგვიანებით, მოლეკულური ტექნოლოგიის (AFLP) გამოყენებით დაადგინეს, რომ ეს გამოწვეული იყო პათოგენის პოპულაციაში ახალი აგრესიული პათოტიპების გამოჩენით, რომელთა სპორები ძალიან სწრაფად მრავლდება და იზრდება და ძველ პათოტიპებთან შედარებით უფრო მაღალი ოპტიმალური ტემპერატურა სჭირდება განვითარებისთვის [Markell...2008]. დაგენილია, რომ რომ ბოლო წლებში შეიმჩნევა ჰაერის მაღალ ტემპერატურასთან *P. Striiformis*-ის შეგუება [Milus...2009; Sorensen, 2012]. შესაძლებელია, იგივე მოსაზრება გამოითქვას საქართველოში გავრცელებულ პოპულაციასთან დაკავშირებითაც, რადგან 2010 წელს, როცა ყვითელი ჟანგას ეპიდემიას ჰქონდა ადგილი, ჰაერის

უჩვეულოდ მაღალი ტემპერატურა დაფიქსირდა. კერძოდ, ივნის-ივლისის საშუალო ტემპერატურა 26°C-ის ტოლი იყო (<http://nea.gov.ge/ge/news/detailed/643/haeris-maqsimaluri-temperatura>). თუმცა „ქართული“ იზოლატების აგრესიულობის გენეტიკური კვლევა არ ჩატარებულა, რაც მომავალშია გასაკეთებელი.

ამრიგად, 2014-2016 წლებში ხორბლის ყვითელი ჟანგას გავრცელების და განვითარების დონე საშუალო მაჩვენებლების მიხედვით დაბალი იყო. შედარებით მაღალი ინტენსივობა 2016 წელს, შიდა ქართლში, სასელექციო სანერგეებზე აღირიცხა. ჟანგასთვის დამახასიათებელი გავრცელების ვერტიკალური ზონალობა ხელს უწყობს საწყისი ინფექციის, ანუ ურედინიასტადის შენარჩუნებას და ხელსაყრელ პირობებში მის დაგროვებას.

2. საქართველოში გავრცელებული ხორბლის ყვითელი ჟანგას პოპულაციის პათოტიპური და ვირულენტური სტრუქტურა

2013-2016 წლებში ხუთ გეოგრაფიულ ზონაში (მესხეთი, ჯავახეთი, კახეთი, შიდა ქართლი და ქვემო ქართლი) არსებული ხორბლის ნათესებიდან შეგროვებული ნიმუშებიდან სულ გამოყოფილი იქნა ხორბლის ყვითელი ჟანგას გამომწვევის *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*-ის 226 მონოსპოროვანი იზოლატი, მათ შორის, მესხეთის, ჯავახეთის, შიდა ქართლის, ქვემო ქართლის და კახეთის ზონაში გავრცელებული პოპულაციიდან, შესაბამისად, გამოყვავით 64, 41, 61, 34 და 26 მონოსპოროვანი იზოლატი. ყველა მონოიზოლატის ვირულენტობის შესწავლის მიზნით იზოლატები გაანალიზდა ხორბლის ყვითელი ჟანგასადმი ცალკეული გამძლეობის გენის (სულ 23 Yr-გენი) შემცველი იზოგენური ხაზების და ჯიმ-დიფერენციატორთა საერთაშორისო ნაკრების საშუალებით. ეს გენები არის რასასპეციფიკური და სხვადასხვა საპასუხო რეაქციას იძლევიან *Puccinia striiformis*-ის მონოსპოროვანი იზოლატებით ინოკულაციისას.

ხორბლის ყვითელი ჟანგას 226 იზოლატის ვირულენტობის გაანალიზების შედეგად პოპულაციაში იდენტიფიცირებული იქნა 37 პათოტიპი. ყველაზე მაღალი სიხშირით (30.1%) წარმოდგენილი იყო ორი - GPst1, ვირულენტობის ფორმულით *Yr 1, Yr 5, Yr 10, Yr 12, Yr 15, Yr 24, Yr 26, Yr SP, Yr AR, / Yr 2, Yr 3, Yr 3a, Yr 6, Yr 7, Yr 8, Yr 9, Yr 11, Yr 17, Yr 18, Yr SK, Yr JR, Yr JS, Yr AS* და GPst 2 (20.6%), რომელშიც *Yr10* იყო ვირულენტური. 1.3%-დან 11.1%-მდე მერყეობდა PstG 1, PstG 2, PstG 3, PstG 4, PstG 5, PstG 6, PstG 7, PstG 8, PstG 9, PstG 11, PstG 14 და PstG 15 პათოტიპების სიხშირე. ძალიან დაბალი იყო GPst 10, GPst12, GPst13 და GPst16 პათოტიპების შეხვედრის სიხშირე (0.9%). თითო იზოლატით იყო წარმოდგენილი დანარჩენი 21 პათოტიპი (ცხრილი 6).

ცხრილი 6. ხორბლის ყვითელი ჟანგას გამომწვევის პოპულაციის პათოტიპური სტრუქტურა 2013-2016 წლებში

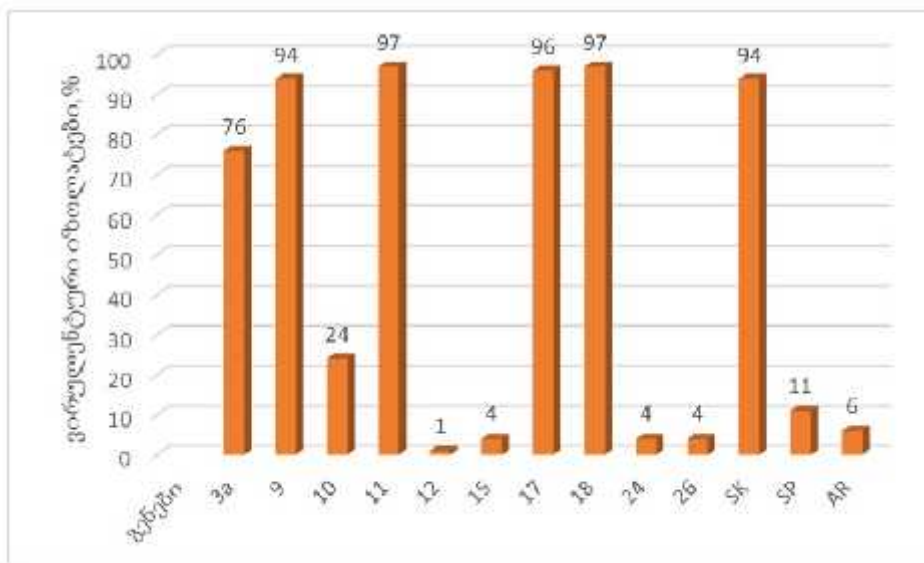
#	პათოტიპი	პათოტიპთა ვირულენტობის ფორმულა	სიხშირე	
			რაოდ-ბა	%
1	pstG1	1, 5,10,12,15,24,26,SP,AR, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9, 11, 17, 18, SK JR, JS, AS	68	30.1
2	pstG2	1, 5, 12,15,24,26,SP,AR, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 17, 18,SK, JR,JS, AS	46	20.4
3	pstG3	1, 5,10,12,15,24, 26,AR /2,3, 3a 6,7,8,9,11,17,18, SP, SK, IR, IS,AS,	25	11.1
4	pstG4	1,3a,5,10,12,15,24,26,17, SP AR,, /2,3,6, 7,8,9,11, 17, 18,SK, JR,JS,AS	16	7.1
5	pstG5	1,5,10,12,15,24,26 /2,3a,3, 6,7,8,9,11,17,18,SK, JR,JS, AS, SP, AR	10	4.4
6	pstG6	1,3a,5,10,12,24,26,SP, AR, /2,3,6,7,8,9,11,15,17,18, SK, JR,JS, AS	7	3.1
8	pstG8	1,3a,5, 9,10,12,15,24, 26, AR, SP/2,3,6,7,8, 11,17,18, SK, JR,JS, AS,	6	2.7
7	pstG7	1,3a,5,10, 11,12,15,24,26,SP,AR, / 2,3,6,7,8,9, 17, 18, SK, JR, JS,AS	5	2.2
9	pstG9	1, 3a, 5, 10,12,15,24,26,SP, SK AR,/2, 3,6,7,8,9, 11, 17, 18, JR,JS, AS	5	2.2
10	pstG11	1,3a,5,10,12,15, 18,24,26,AR, SK,/2,3,6,7,8, 9,11,17, SP, JR,JS, AS	3	1.3
11	pstG14	1,3a,5,10,11,12,15, , SP,AR/2,3,6,7,8,9, 17,18,24,26, SK, JR,JS, AS	3	1.3
12	pstG15	1,3a,5,10,12,15,24, SP,AR, / 2,3,6,7,8,9,11,17,18, 26, SK, JR,JS,AS	3	1.3
13	pstG10	1, 5,10,12,15,24,26,SP,AR, SK / 2,3, , 3a, 6, 7, 8, 9, 11, 17,18, ,JR,JS,AS	2	0.9
14	pstG12	1,3a,5,10,12,15,24,26,17,18, SK,SP, AR /2,3,6,7,8,9,11,JR, JS, AS	2	0.9
15	pstG13	1,3a,5,10,12,15, 17, 24,SP, AR /2,3,6,7,8,9,11, 18, 26, SK, JR,JS, AS,	2	0.9
16	pstG16	1,3a,5,10,12,15,26, SP,AR/2,3,6,7,8,9,11,17,18,24, SK, JR, JS, AS	2	0.9
17	pstG17	1,5,10,12,15,24,26,SP/2,3, 3a,6,7,8,9,11, 17,18, SK, IR,IS,AS, AR	1	0.4
18	pst18	1,3a,5,10,12,24,26,SP,SK,AR /2,3,6,7,8,9,11,15,17, 18, JR,JS,AS	1	0.4
19	pstG20	1, 5,12,15,24,26,SP / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9, 10,11,17,18, SK, AR,JR, JS, AS	1	0.4
20	pstG21	1, 5,10, 15,26,SP,AR / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9,11, 12,17,18, 24, SK JR, JS, AS	1	0.4
21	pstG22	1, 5, 9,11,10,12,15,24,26,SP,AR, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 17, 18,SK JR, JS, AS	1	0.4

22	pstG23	1, 5,15,24,26,SP,AR/2,3,3a,6, 7, 8,9,10,12,11,17,18,SK JR, JS, AS	1	0.4
23	pstG24	1, 5, 24,26,SP,AR, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9, 10,12,15,11, 17, 18,SK JR, JS, AS	1	0.4
24	pstG25	1, 5,10,12, 24,26,SP, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9,11, 15,17,18, SK, JR, JS, AR,AS	1	0.4
25	pstG26	1, 5,10,12,15, 26,AR/ 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9,11,17,18, 24, SP,SK JR, JS, AS	1	0.4
26	pstG27	1, 5,10,12,15,SP, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9,11,17,18, 24,26, AR,SK, JR, JS, AS	1	0.4
27	pstG28	1, 5, 12,15,24,26,SP, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9, 10,11,17,18, AR,SK JR, JS, AS	1	0.4
28	pstG29	1, 5, 12,15,24,26,AR/ 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9, 10,11,17,18, SP,SK JR, JS, AS	1	0.4
29	pstG30	1, 5, 9, 12,15,24,26,SP,AR, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 10,11,17, 18,SK JR, JS, AS	1	0.4
30	pstG31	1, 5,10, 11,17,12,15,24,26,SP,AR, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9, 18,SK JR, JS, AS	1	0.4
31	pstG32	1, 5, 9,11,17,10,12,15,24,26,SP,AR, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 18,SK JR, JS, AS	1	0.4
32	pstG33	1, 5,10, 11, 18,12,15,24,26,SP,AR, / 2,3, 3a, 6,7, 8, 9, 17, SK JR, JS, AS	1	0.4
33	pstG34	1,5,10,12,15,17,18, 24,26,SP, AR/ 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9,11, SK JR, JS, AS,	1	0.4
34	pstG35	1, 5, 9,10,12,15,24,26,SP,AR, SK / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 11,17, 18, JR, JS, AS	1	0.4
35	pstG36	1, 5,10, 15,24,26, SP,AR, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9,11, 12,17, 18,SK JR, JS, AS	1	0.4
36	pstG37	1, 5, 12,15,24,26/ 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9, 10,11,17,18,SK JR, JS, AS, SP,AR	1	0.4
37	pstG38	1,3a, 5, 12,15,24,26,SP,AR, / 2,3,6, 7, 8, 9, 10,11,17, 18, SK JR, JS, AS	1	0.4
			226	

ხორბლის ყვითელი ჟანგას პოპულაციაში გაანალიზებული 23 გამძლეობის გენიდან 21-ის მიმართ იდენტიფიცირებული იქნა ვირულენტობა, მაგრამ ვირულენტური გენების საშუალო მაჩვენებელი იყო $F_v=13.1$, რადგან 7 გენის მიმართ ვირულენტური იზოლატების მხოლოდ ერთეული შემთხვევები იყო გამოვლენილი. საქართველოში გავრცელებული პოპულაციის გენეტიკური მრავალფეროვნების დონის დასადგენად გამოთვლილი იქნა გლისონის (H_c) და შენონის (H_{sh}) ინდექსები. გლისონის ინდექსის მიხედვით პოპულაციაში იდენტიფიცირებული პათოტიპების საშუალო რიცხვი 15.3-ის ტოლი იყო, მაშინ, როცა იდენტიფიცირებული პათოტიპების მაქსიმალური რაოდენობა 37-ია. შენონის ინდექსი ($H_{sh}=1.04$) გვიჩვენებს, რომ პოპულაციის პათოტიპური სტრუქტურა მსგავსია და პოპულაციის

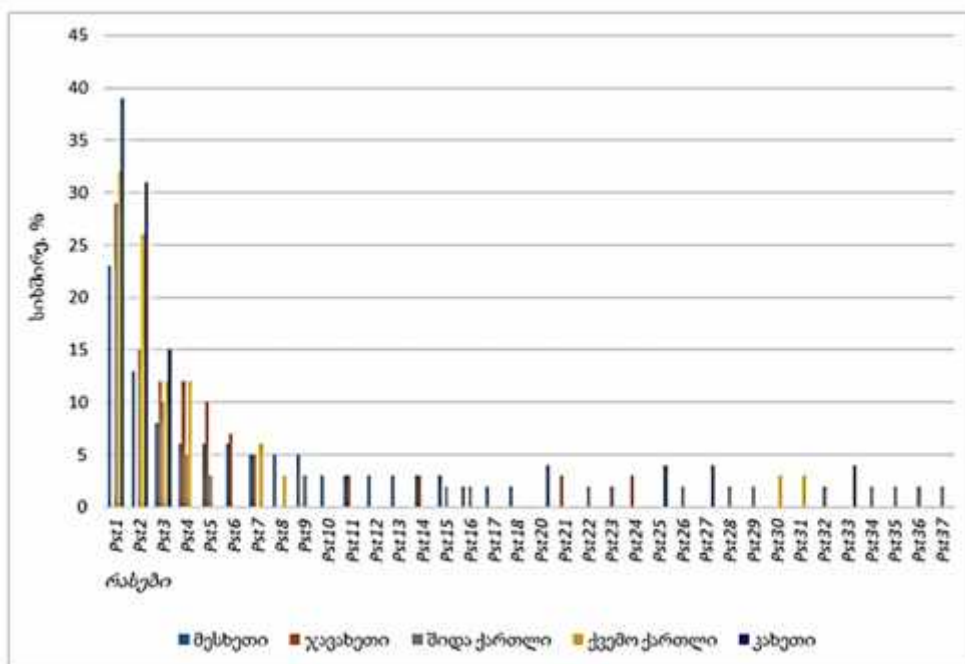
მრავალფეროვნება დაბალია, თუმცა მაღალია იშვიათი პათოტიპების რიცხვი $h=0.93\pm 0.01$.

სულ პოპულაციაში იდენტიფიცირებული იქნა გამძლეობის 21 გენის მიმართ ვირულენტური იზოლატები სხვადასხვა სიხშირით. პოპულაციაში ძალიან მაღალი სიხშირით (76.4-100%) იყო გავრცელებული გამძლეობის გენების: *Yr 2*, *Yr 3*, *Yr3a*, *Yr 6*, *Yr 7*, *Yr 8*, *Yr 9*, *Yr 11*, *Yr17*, *Yr18*, *YrSK*, *YrJS*, *YrAS*, *YrJR* შემცველი დიფერენციატორებისადმი ვირულენტური იზოლატები. იზოლატების 24.3% და 10.6% ვირულენტური იყო *Yr 10* და *YrSP* გენების შემცველი ხაზების მიმართ. ძალიან დაბალი იყო *Yr12* (1.4%), *Yr15* (4.4%), *Yr24* (4.4%), *Yr26* (4.4%) და *YrAr* (5.6%) გენებისადმი ვირულენტური იზოლატების შეხვედრის სიხშირე ყვითელი ჟანგას პოპულაციაში. *Yr1* და *Yr5* გამძლეობის გენების მიმართ ვირულენტური იზოლატი არ იყო დაფიქსირებული პოპულაციაში (დიაგრამა 4).



დიაგრამა 4. გამძლეობის გენებისადმი ვირულენტური იზოლატების შეხვედრის სიხშირე (%) ხორბლის ყვითელი ჟანგას პოპულაციაში 2013-2016 წლებში.

სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონაში გავრცელებული პოპულაციების ვირულენტური და რასობრივი სტრუქტურის შედარებისას აღმოჩნდა, რომ მესხეთში გავრცელებულ პოპულაციაში სულ აღიწერა 18 პათოტიპი. მათ შორის ორი - **PstG1** (*Yr1,5, 10,12,15,24,26,SP,AR/2,3,3a,6,7,8,9,11,17,18,SK JR, JS, AS*) და **PstG2** (*Yr1,5,12,15,24,26, SP,AR/2,3,3a,6,7,8,9,10,11,17,18,SK, JR, JS, AS*) დომინირებდა ხუთივე ზონაში გავრცელებულ პოპულაციაში და მათი შეხვედრის სიხშირე, შესაბამისად, ცვალებადობდა 23.4 - 38.5 % და 12.5 - 30.8 % ფარგლებში. **PstG1** და **PstG2** პათოტიპი



დიაგრამა 5. სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონაში იდენტიფიცირებული რასების სიხშირე

ყველაზე მაღალი სიხშირით წარმოდგენილი იყო კახეთის პოპულაციაში (38.5% და 30.8%) და თითქმის ერთნაირი სიხშირით იყო გავრცელებული შიდა ქართლსა (32.8% და 26/2%) და ქვემო ქართლში (32.4% და 26.5%). **PstG 3** პათოტიპიც ყველა ზონაში იყო გავრცელებული 7.8%-დან 15.4%-მდე ფარგლებში. პათოტიპი **PstG 4** კახეთის ზონის გარდა, ყველა ზონაში იქნა გამოვლენილი და მისი შეხვედრის სიხშირე 4.9 – 12.2% ფარგლებში მერყეობდა. პათოტიპი **PstG 5** მხოლოდ მესხეთში, ჯავახეთსა და შიდა ქართლში იყო წარმოდგენილი დაბალი სიხშირით (3.3-9.8%). პათოტიპი **PstG 7** ასევე სამ ზონაში (მესხეთი, ჯავახეთი, ქვემო ქართლი) იყო გავრცელებული 4.7-5.9%-ის ფარგლებში. პათოტიპები **PstG 6, PstG 8, PstG 9, PstG 11, PstG 14, PstG 15, PstG 16** და **PstG 24** ორ სხვადასხვა ზონაში აღირიცხა დაბალი ინტესივობით. მათი შეხვედრის სიხშირე 3.1%-ის ტოლი იყო. პათოტიპები **PstG 10, PstG 12, PstG 13, PstG 17, PstG 18, PstG 20, PstG 25, PstG 27, PstG30, PstG31, PstG 33, PstG37** და **PstG38** მხოლოდ ცალკეულ ზონაში იქნა იდენტიფიცირებული და ყველა შემთხვევაში თითო იზოლატით იყო წარმოდგენილი (დიაგრამა 5). დომინირებული პათოტიპები შეიცავდა ვირულენტობის 14-15 გენს.

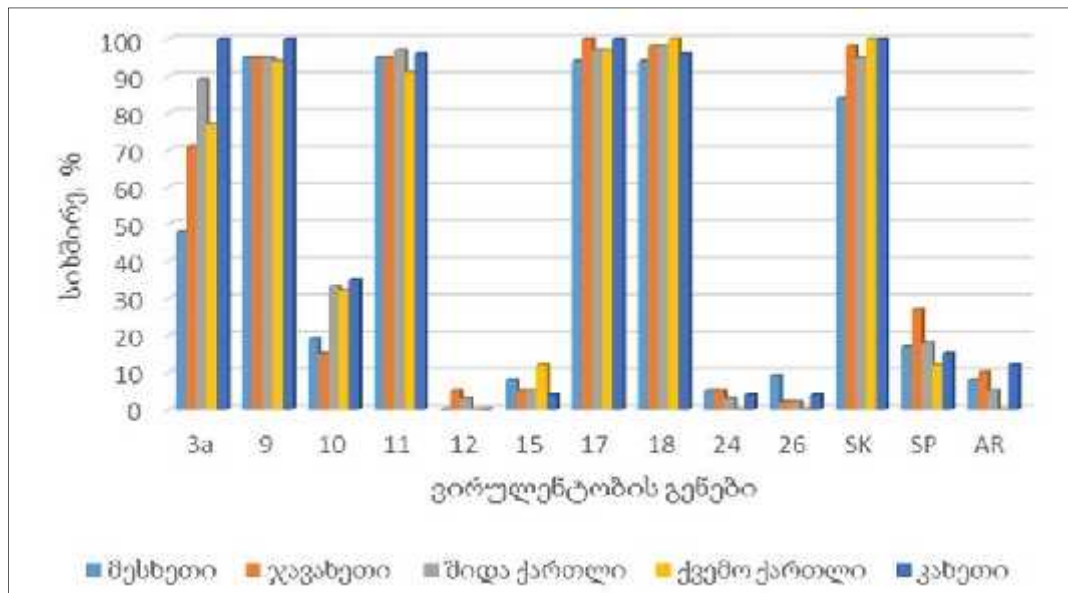
შიდა ქართლის ზონაში გავრცელებული პათოგენის პოპულაციაში დადგინდა თექვსმეტი ვირულენტური/ავირულენტური კომბინაცია. დომინირებდა ორი პათოტიპი **PstG 1** და **PstG 2**, რომლებიც შეიცავდა ვირულენტობის შემდეგ გენებს: *Yr 2,3, 3a,6, 7, 8,9 11,17,18, SK JR, JS, AS* და *Yr 2,3,3,6, 7, 8,9,10, 11,17,18, SK JR, JS, AS* და მათი შეხვედრის საშუალო სიხშირე ამ წლებში შესაბამისად 32.8% და 26.2%-ს

შეადგენდა. დანარჩენი პათოტიპების გავრცელების სიხშირე დაბალი (4.9-9.8%) და ძალიან დაბალი (1.6-3.3%) იყო.

ქვემო ქართლში აღებული *Puccinia striiformis* f.sp.tritici ნიმუშებიდან გამოყოფილი 34 იზოლატის ვირულენტობის გაანალიზების შედეგად იდენტიფიცირებული იქნა ცხრა პათოტიპი. მათ შორის კვლავ დომინირებდა პათოტიპი **PstG1** (32.4%). გავრცელების მიხედვით მეორე იყო პათოტიპი **PstG2** (26.5%). ორი პათოტიპი **PstG3** და **PstG4** ერთნაირი სიხშირით (11.8%) იყო გავრცელებული პოპულაციაში, ხოლო იდენტიფიცირებული პათოტიპების მეტი წილი (ხუთი პათოტიპი: **PstG,7 PstG8, PstG30, PstG31, PstG37**) თითო იზოლატის შემთხვევაში იქნა იდენტიფიცირებული.

კახეთის ზონაში გამოვლინდა შვიდი პათოტიპი: **PstG 1, PstG 2, PstG 3, PstG 20, PstG 25, PstG 27** და **PstG33**. პოპულაციაში კვლავ **PstG1**(38.5%) და **PstG2** (30.8%) პათოტიპები პრევალირებდა. ვირულენტური იზოლატების 15.4%-ით იყო წარმოდგენილი პათოტიპი **PstG 3**, ხოლო დანარჩენი ოთხი პათოტიპი (**PstG 20, PstG 25, PstG 27** და **PstG 33**) იშვიათად (3.8%) გვხვდებოდა.

როგორც მე-6 დიაგრამიდან ჩანს, *Yr3a, Yr9, Yr11, Yr17, Yr18* და *YrSK* გენების მატარებელ დიფერენციატორებზე იდენტიფიცირებული ვირულენტობა ხუთივე ზონაში ძალიან მაღალი იყო (57-100%), საშუალო ვირულენტობით გამოირჩეოდა *Yr10* და *Yr SP* გენების შემცველი იზოგენური ხაზები და დაბალი იყო *Yr12, Yr15, Yr24, Yr26* და *YrAR* გენების მიმართ იდენტიფიცირებული ვირულენტური იზოლატების სიხშირე ყველა ზონაში.



დიაგრამა 6. ვირულენტობის გენების დინამიკა ზონების მიხედვით

გამოთვლილი იქნა პათოგენის ცვალებადობის მახასიათებლები ცალკეულ ზონაში გავრცელებული პოპულაციისთვის და აღმოჩნდა, რომ ყველაზე მაღალი ვირულენტობით გამოირჩეოდა კახეთში გავრცელებული პოპულაცია - $F_v=14.7$,

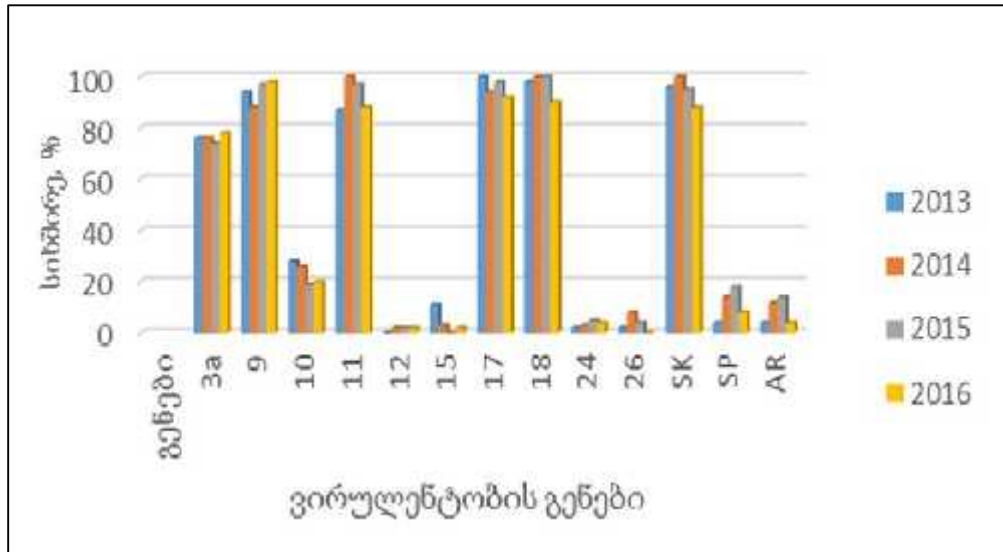
ხოლო ყველაზე დაბალი ვირულენტობით - მესხეთის პოპულაცია ($F_v=13.6$). ჯავახეთში, შიდა ქართლსა და ქვემო ქართლში გავრცელებულ პოპულაციებში ვირულენტური გენების საშუალო რაოდენობა - F_v თითქმის ერთნაირი (14.2-14.4) იყო. პოპულაციის მრავალფეროვნების მაჩვენებელი, გლისონის ინდექსი - H_G , ცვალებადობდა 4.3-9.5 ფარგლებში, რომლის თანახმად პოპულაციაში იდენტიფიცირებული პათოტიპების საშუალო რიცხვი ყველაზე მაღალი იყო შიდა ქართლსა ($H_G=9.5$) და მესხეთში ($H_G=9.4$), ყველაზე ნაკლები ($H_G=4.3$) - კახეთში, ჯავახეთსა და ქვემო ქართლში შესაბამისად იყო 6.2 და 5.2. პოპულაციის მრავალფეროვნების მაჩვენებლის, შენონის ინდექსის მიხედვით, ცალკეულ ზონაში პათოგენის პოპულაციის მრავალფეროვნების დონე დაბალია და მერყეობს 0.68 -0.96 ფარგლებში, ხოლო იშვიათი პათოტიპების რიცხვი(h) მაღალია (0.41-0.54) (ცხრილი 7).

ცხრილი 7. ყვითელი ჟანგას ურედიდნიაპოპულაციის ცვალებადობის მაჩვენებლები გეოგრაფიული ზონების მიხედვით

გეოგრაფიული ზონა	პოპულაციის ცვალებადობის მაჩვენებლები				
	F_v	P	H_G	H_{sh}	h
მესხეთი	13.6	0.56	9.4±1,1	0.96 ±0.52	0.52±0.05
ჯავახეთი	14.3	0.52	6.2±0.8	0.87±0.46	0.41±0.14
შიდა ქართლი	14.4	0.57	9.5±1.2	0.98±0.53	0.54±1.4
ქვემო ქართლი	14.2	0.39	5.2±0.7	0.78±0.42	0.42±0.04
კახეთი	14.7	0.52	4.3±0.7	0.68±0,1	0.41±0.04

გავანალიზეთ ვირულენტური გენების წარმომადგენლობა ცალკეულ წლებში გავრცელებულ პოპულაციაში. როგორც მე-7 დიაგრამიდან ჩანს, მხოლოდ 2014 წელს იქნა იდენტიფიცირებული 21 გენისადმი ვირულენტობა, ხოლო 2013, 2015 და 2016 წლებში 20 გამძლეობის გენისადმი ვირულენტობა იქნა დადგენილი. 2013 წელს არ გამოვლენილა *Yr 1*, *Yr 5* და *Yr 12* გამძლეობის გენის მატარებელი ხაზებისადმი ვირულენტობა, 2014 წელს - *Yr 1*, *Yr5* და *Yr 15* გენებისადმი, ხოლო 2016 წელს კი - *Yr 1*, *Yr 5* და *Yr 26* გენებისადმი ვირულენტობა. *Yr2*, *Yr3*, *Yr3a*, *Yr6*, *Yr7*, *Yr8*, *Yr9*, *Yr11*, *Yr17*, *Yr18*, *YrSK*, *YrJR*, *YrJS* და *YrAS* იზოგენური ხაზებისადმი ვირულენტობა 86.8-100% ფარგლებში ცვალებადობდა ყოველ წელს. ვირულენტური გენების წარმომადგენლობაში მნიშვნელოვან ცვლილებებს ადგილი არ ჰქონია წლების მიხედვით. უმნიშვნელოდ შემცირდა *Yr15*, *Yr10* და *Yr26* ხაზებისადმი ვირულენტური

იზოლატების სიხშირე და უმნიშვნელოდ გაიზარდა *YrSP* და *Yr24* გენების შემცველი ხაზების მიმართ ვირულენტობა.



დიაგრამა 7. ვირულენტური გენების დინამიკა წლების მიხედვით

მე-8 ცხრილიდან ჩანს, რომ ვირულენტობის ფაქტორი ყველაზე მაღალი იყო 2014 წელს ($F_v=14.6$) და ყველაზე დაბალი - 2013 წელს ($F_v=10.7$). პოპულაციის მრავალფეროვნების მაჩვენებლების: შენონის ინდექსის და გლისონის ინდექსის თანახმად ყოველ წელს თითქმის ერთნაირად დაბალი იყო ყვითელი ჟანგას პოპულაციის მრავალფეროვნება. შედარებით მაღალი იყო იდენტიფიცირებული პათოტიპების საშუალო რიცხვი 2014 წელს ($H_G=11.1$), ხოლო ყველაზე დაბალი - 2015 წელს ($H_G=7.4$), თითქმის ერთნაირი იყო იშვიათი პათოტიპების მაჩვენებელი (h) ოთხივე წელს. ამგვარად, გამოკვლევის წლების მიხედვით პოპულაციები ერთმანეთისგან არ განსხვავდებოდნენ მრავალფეროვნების სტრუქტურის მხრივ.

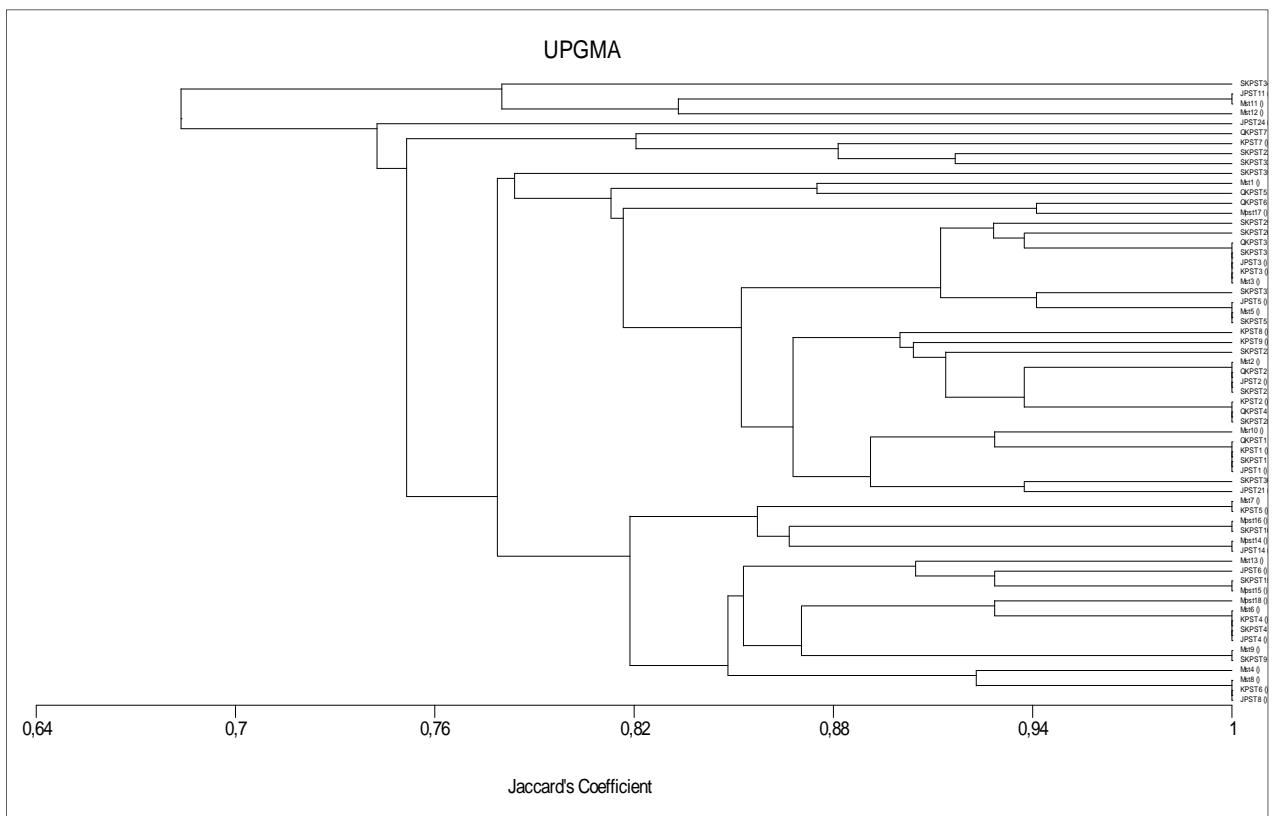
ცხრილი 8. ხორბლის ყვითელი ჟანგას ურედინიოპოპულაციის ცვალებადობის მაჩვენებლები

გამოკვლევის წლები	პოპულაციის ცვალებადობის მაჩვენებლები				
	F_v	P	H_G	H_{sh}	h
2013	10.7	0.6	8.1 ± 1.0	0.62 ± 0.4	0.46 ± 0.03
2014	14.6	0.75	11.1 ± 0.9	0.95 ± 0.5	0.48 ± 0.05
2015	12.9	0.5	7.4 ± 0.9	0.68 ± 0.4	0.47 ± 0.03
2016	11.4	0.6	8.8 ± 1.1	0.62 ± 0.4	0.45 ± 0.03

ერთმანეთს შევადარეთ ხუთი გეოგრაფიული ზონიდან გამოყოფილი 63 იზოლატი,

რომლებიც წარმოადგენდნენ 37 პათოტიკს. საანალიზო იზოლატებს შორის იყო მესხეთის ზონიდან გამოყოფილი 18 იზოლატი (თითოეული იზოლატი ცალკეულ პათოტიკს წარმოადგენდა), ჯავახეთის ზონიდან გამოყოფილი 11 იზოლატი 11 პათოტიკით, შიდა ქართლის ზონიდან - 18 იზოლატი, ქვემო ქართლის ზონიდან - 7 იზოლატი და კახეთის ზონიდან - 9 იზოლატი.

მსგავსი პათოტიკების მქონე იზოლატები გაერთიანდა კლასტერებად. როგორც დენდროგრამიდან (სურათი 1) ჩანს, საანალიზო იზოლატებს შორის მსგავსების ჯაკარდის კოეფიციენტი 0.78-1.0 ფარგლებში მერყეობს, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ სხვადასხვა გეოგრაფიული წარმოშობის იზოლატებს შორის ძალიან მაღალი იყო მსგავსება. მიუხედავად იზოლატებს შორის მაღალი მსგავსებისა, მსგავსების კოეფიციენტისა და პათოტიკთა ვირულენტური სპექტრის საფუძველზე გამოიყო ორი ჯგუფი: I ჯგუფში გაერთიანდა 25 იზოლატი იდენტური პათოტიკური სტრუქტურით (მსგავსების კოეფიციენტი იყო 1-ის ტოლი იყო) და თითქმის იდენტური 21 იზოლატი, რომელთა მსგავსების კოეფიციენტი > 0.82 . II ჯგუფში გაერთიანდა 17 იზოლატი, განსხვავებული პათოტიკური შემადგენლობით, რომელთა მსგავსების კოეფიციენტი 0.70- 0.80 ფარგლებში იყო.



სურათი 1. ხორბლის ყვითელი ჟანგას სხვადასხვა გეოგრაფიული წარმოშობის პოპულაციებს შორის მსგავსების დენდროგრამა

ამგვარად, საქართველოში გავრცელებული ყვითელი ჟანგას პოპულაციის მრავალფეროვნების დონე ვირულენტობის ნიშნის მიხედვით დაბალია, მიუხედავად სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონაში მათი გავრცელებისა. დაბალი მრავალფეროვნება შესაძლოა იმითაც არის განპირობებული, რომ ძალიან მცირეა ხორბლის კომერციული ნათესები საქართველოში (50-60 ათ.ჰა და ცალკეული კომერციული ნაკვეთი 2-30 ჰა ფარგლებში მერყეობს), თითქმის ერთნაირი გენოტიპის ჯიშები ითესება და არ არის პათოგენის შუამავლი მასპინძელი-მცენარე. როგორც ცნობილია, ასეთ შემთხვევაში მინიმუმამდეა დაყვანილი ფორმათწარმომქმნელი პროცესები პათოგენის პოპულაციაში. არსებული მრავალფეროვნება, რომელიც ძირითადად სელექციური სანერგეებიდან გამოყოფილ იზოლატებზეა გამოვლენილი, შეიძლება ავხსნათ სელექციური ნიმუშების განსხვავებული გენოტიპითა და გენთა დრეიფით. საქართველოში გავრცელებული პოპულაციის შიგნით არსებული მრავალფეროვნება და წინა წლებთან შედარებით არსებული ცვლილებები ვირულენტურ და პათოტიპურ სტრუქტურაში შეიძლება აიხსნას პათოგენისთვის დამახასიათებელია მხოლოდ სომატური რეკომბინაციის გზით წარმოქმნილი მუტაციები [Hovmoller...2002:24].

2.2 ხორბლის ყვითელი ჟანგას ვირულენტობის მონიტორინგი მინდვრის პირობებში საერთაშორისო „ხაფანგი“ სანერგეების საშუალებით

ხორბლის გაუმჯობესების საერთაშორისო პროგრამის ფარგლებში სასოფლო სამეურნეო კვლევების საერთაშორისო ცენტრებთან (CIMMYT, ICARDA) თანამშრომლობის შედეგად, საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო კვლევითი ცენტრის (მცხეთა, წილკანი) და ფბ ინსტიტუტის საცდელ ნაკვეთებზე (ქობულეთსა და წალვერის საყრდენი პუნქტები) 2013-2015 წლებში დაითესა მათ მიერ მოწოდებული ხორბლის ყვითელი ჟანგას საერთაშორისო „ხაფანგი“ სანერგეები: 7th IYRTN-13, 8th IYRTN-14, 9th IYRTN-15 (80 -80 ნიმუში). სანერგეები შედგებოდა 28 იზოგენური ხაზისა და 52 კომერციული ჯიშისაგან, რომლებიც, თავის მხრივ, შეიცავდა ყვითელი ჟანგასადმი ცნობილ გამძლეობის გენებს და მცირე რაოდენობით - უცნობ გამძლეობის წყაროებს. ნიმუშები გამოცდილი იქნა 2012-2013, 2013-2014 და 2014-2015 სავეგეტაციო პერიოდში, დაავადების ბუნებრივ ინფექციურ ფონზე. დაავადების განვითარების პერიოდში ჩატარებული აღრიცხვების საფუძველზე შეჯერებული შედეგების მიხედვით გამოვლენილი იქნა დაავადებებისადმი გამძლე (R) 42 და ზომიერად გამძლე (MR) 13 ნიმუში (ცხრილი 9). შერეული რეაქცია(MR-MS) აჩვენა ორმა ნიმუშმა, ხოლო 14 ნიმუში მიმღები და ზომიერად მიმღები იყო

ყვითელი ჟანგასადმი, მაშინ, როცა მიმღებ სასიგნალო ჯიშ მოროკოზე ყვითელი ჟანგას გავრცელება 60-100% ფარგლებში ცვალებადობდა.

ცხრილი 9. ყვითელი ჟანგას „ხაფანგი“ სანერგების შეფასება ბუნებრივ ინფექციურ ფონზე 2013-2015 წწ.

რეაქციის ტიპი (RT)	გენოტიპი	გამძლეობის გენი
გამძლე -R	Chinese166, Yr1/6*Avocet S	Yr1
	Kalyansona (S), Heines VII	Yr2
	Vilmorin 23	Yr3a, Yr4a+other,
	Hybrid 46	Yr4,
	Yr5/6*Avocet S, Triticum Spelta (Inter, Yr5)	Yr5
	Heine's Kolben, Heine's Peko	Yr6+
	Reichersberg 42	(W; Yr7+?)
	Compair (S; Yr8)	Yr8,
	Fed.4/Kavkaz , Clement (W; Yr9+Yr2+?)	Yr9
	Yr 15/6* Avocet S	Yr15
	Yr 17/6* AOC	Yr17
	Strubes Dickkopf ,	Yr(W;2-more?)
	Nord Desprez (W; YrND) (Yr W)
	TP1295	Yr25
	YR32/6*Avocet S	YrCV
	Yr 27/6* AOC ATTILA. Ciano 79	Yr 27
Opata 85	Yr27+Yr18	
საშუალოდ გამძლე - MR	Suwon92 x Omar,	W;
	Yr 8/6* Avocet S PASTOR	Yr8
	Moro (W; Yr10)	
	Yr 10/6* Avocet S	Yr10
	Spalding Prolific(W; YrSP)	
	PASTOR	Yr31+

როგორც მე-9 ცხრილიდან ჩანს, მოზრდილ ფაზაში ყვითელი ჟანგას ბუნებრივი პოპულაციისადმი გამძლე აღმოჩნდა გენები: *Yr1* (იზოგენური ხაზი Yr1/6*Avocet S და ჯიშ Chinese166), *Yr2* (Kalyansona (S) და Heines VII), *Yr3a* (Vilmorin 23), *Yr4* (Hybrid 46), *Yr 5* (Yr 5/6* Avocet S, *Triticum Spelta*), *Yr10* (Yr 10/6* Avocet S, Moro) *Yr15* (Yr

15/6* Avocet S), *Yr17* (Yr 17/6* AOC), *Yr25*(TP1295), *Yr32* (Carstens V), *YrSP* (Spalding Prolific, YrSP/6*Avocet S), *YrAR* (Avocet 'R', Inia 66) და აგრეთვე, უცხოური სელექციის ჯიშები: Cham 1, Cham 4, Cham 6, Cham 8, Gobustan, Alamout, Bohouth 6, Gereck 79, Hogenoot, Gun 91, Dustlik, Tatara CM85836-50Y, Suwon92/Omar, რომლებიც წარმატებით შეიძლება იქნას გამოყენებული სელექციაში ახალი გამძლე ჯიშების მიღების მიზნით. აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ აღმონაცენის ფაზაში გენები *Yr2*, *Yr3a*, *Yr10*, *Yr8* *Yr9* *Yr17* არაეფექტურები იყო.

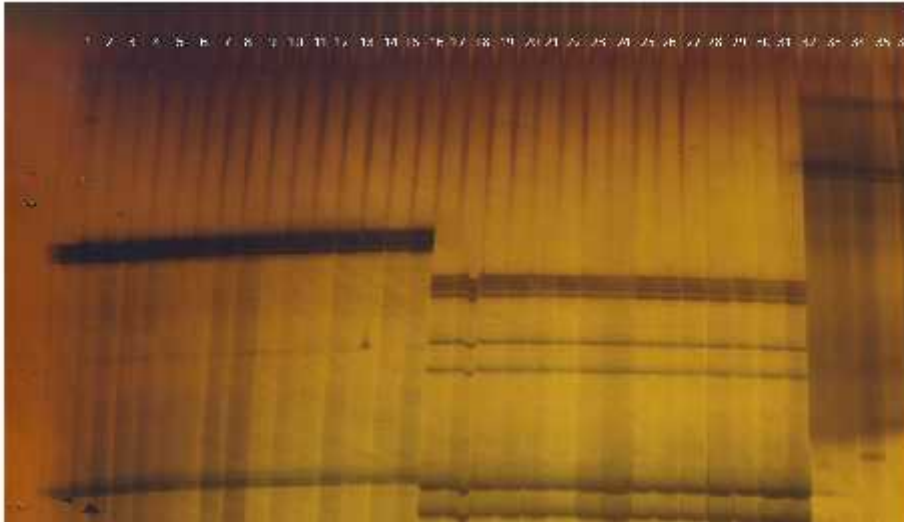
ამგვარად, საქართველოში გავრცელებული ხორბლის ყვითელი ჟანგას პოპულაცია ზომიერად ვირულენტურია, საშუალოდ 13 ვირულენტობის გენს შეიცავს. აღმონაცენის ფაზაში უფრო მაღალი იყო გამძლეობის გენებისადმი ვირულენტობა, ხოლო მოზრდილ ფაზაში შედარებით ნაკლები გამძლეობის გენისადმი ვირულენტობა იქნა აღრიცხული. დღეისათვის იდენტიფიცირებულია ყვითელი ჟანგასადმი გამძლეობის 49 გენი [Powel, 2010], მათგან, ჩვენს პირობებში შესწავლილია 26 გამძლეობის გენი. ბოლო 25 წლის მანძილზე საქართველოში გავრცელებული პოპულაციის ვირულენტობის დონე გაიზარდა. თუ 90-იან წლებში დომინირებული პათოტიპები სამი გენისგან შედგებოდა [Naskidashvili...2001], 2009 წლამდე 10-13 გამძლეობის გენისადმი ვირულენტობა იყო დაფიქსირებული [Sikharulidze...2009], ხოლო 2013-2016 წლებში პათოგენის პოპულაციაში 20 გამძლეობის გენისადმი ვირულენტობა აღირიცხა. ეს ფაქტი შეიძლება იმით აიხსნას, რომ 90-იან წლებამდე პერიოდში გაცილებით მეტ ფართობზე (300 ათ.ჰა) იყო დათესილი ხორბალი და ძირითადად, მხოლოდ რუსული ჯიში ბეზოსტაია 1 ითესებოდა. მოგვიანებით, შედარებით გაფართოვდა კომერციულ მინდვრებზე დათესილი ჯიშების სპექტრი (ძირითადად, კვლავ რუსული ჯიშები იქნა შემოტანილი), თუმცა მათი გენოტიპი არ განსხვავდებოდა ბეზოსტაია 1-გან.

გამძლეობის გენების ეფექტურობა დამოკიდებულია პათოგენის პოპულაციის შედგენილობასა და ვირულენტობაზე [McIntosh...1995]. აქედან გამომდინარე, სხვადასხვა ქვეყანაში სხვადასხვაგვარია ყვითელი ჟანგას ვირულენტური სტრუქტურა, დომინირებული პათოტიპები და ყვითელი ჟანგასადმი გამძლეობის გენების ეფექტურობაც განსხვავებულია. მაგალითად, 2011-2015 წლებში ყაზახეთში [Psaliev...2015, Ziyaev...2011, Kokhmetova...2010; Yahaoui, 2003], გერმანიაში [Flath... 2015] და კანადაში [Brar...2016], საქართველოს მსგავსად [Sikharulidze...2012; Natsarishvili...2015], ეფექტური იყო *Yr5*, *Yr 10*, *15*, *24*, *SP*, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება სელექციაში. მთელი რიგი ქვეყნებისგან (ესპანეთი, შვედეთი, ლიტვა, ლატვია, ნორვეგია, დანია, თურქეთი, უზბეკეთი, ეთიოპია) ჩვენი პოპულაცია განსხვავდება *Yr1* გენით, რომელიც ამ ქვეყნებში არაეფექტურია (www.wheatrust.org). თურქეთში, ძირითადად, გავრცელებულია პათოტიპი, რომელიც ვირულენტურია გამძლეობის გენებისადმი *Yr 2*, *3*, *4*, *6*, *7*, *9*, *11*, *12*, *17*, *18*, *25*, *32*, *Sp YrA* და ავირულენტურია *Yr 8*, *27* მიმართ. 2014 წელს თურქეთში გაჩნდა ახალი ე.წ. „warrior”

რასა : *Yr 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 17, 25, 32, SP, YrvS* [Mert...2014]. საქართველოში გავრცელებულ ყვითელი ჟანგას პოპულაციაში არ იყო აღრიცხული ახალი რასები PstS2 და „warrior”.

3. ყვითელი ჟანგას მრავალფეროვნების შესწავლა მოლეკულური მარკერებით

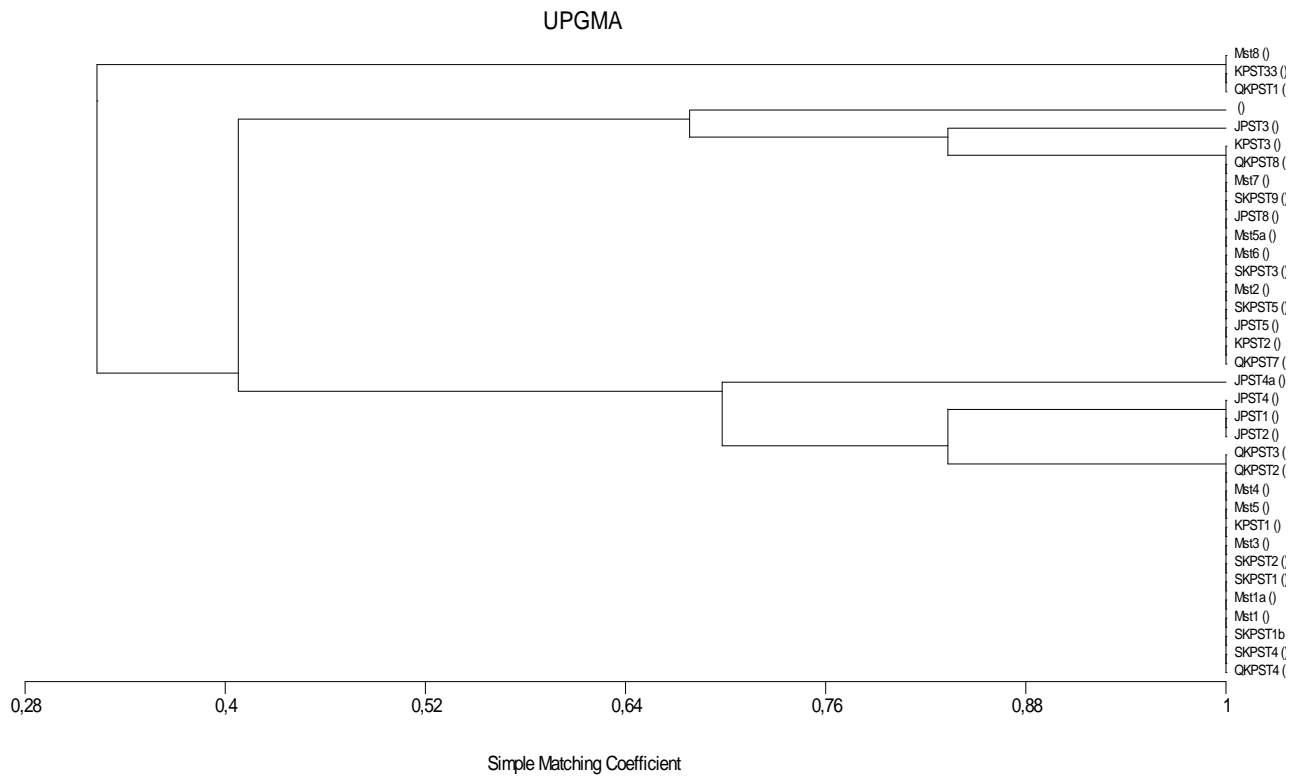
ხორბლის ყვითელი ჟანგას გამომწვევის გენეტიკური მრავალფეროვნების შესწავლის მიზნით ხუთი გეოგრაფიული ზონიდან გამოყოფილი 35 იზოლატი (Mst1, Mst1a, Mst2, Mst3, Mst4, Mst5, Mst5a, Mst6, Mst7, Mst8, JPST1 JPST2 JPST3, JPST4, JPST4a, JPST5, JPST8, SKPST1, SKPST1b, SKPST2, SKPST3, SKPST3a, SKPST4, SKPST5, SKPST9, QKPST1, QKPST2, QKPST3, QKPST4, QKPST7, QKPST8, KPST1, KPST2, KPST3, KPST33) გაანალიზდა 12 SSR მარკერის (RJ3, RJ4, RJ5, RJ15, RJ18, RJ20, RJ21, RJ22, SUNIPst 05-47, Scaffold 45-273492, SUNIPst 15-30, Scaffold176-11303) საშუალებით. გამოყენებული მარკერებიდან მხოლოდ ექვსმა მარკერმა (RJ3, RJ4, RJ18, RJ20, RJ21, RJ22) წარმოქმნა ამპლიფიკაციის პროდუქტები, რომელთა ზომები ცვალებადობდა 70-დან 1000bp-მდე. გაანალიზებული იზოლატების მიერ ამპლიფიცირებული ფრაგმენტების რიცხვი და ზომა ცვალებადობდა გამოყენებული პრაიმერების მიხედვით (სურათი 2). სულ ექვსი სხვადასხვა ზომის ამპლიფიცირებული ფრაგმენტი წარმოქმნა იზოლატებმა, კერძოდ, მესხეთის პოპულაციიდან გამოყოფილ 10 იზოლატში იდენტიფიცირდა ექვსივე ზომის ამპლიკონი: 900bp და 470bp ზომის თითო-თითო SSR გენოტიპი; 320bp და 70bp ზომის ხუთ-ხუთი SSR გენოტიპი; 200bp და 250bp ზომის ოთხ-ოთხ SSR გენოტიპი; ჯავახეთში გავრცელებული პოპულაციიდან გამოყოფილმა 7 იზოლატმა წარმოქმნა ოთხი ამპლიკონი: 320bp და 70bp ზომის ოთხ-ოთხ SSR გენოტიპი და 200bp და 250bp ზომის სამ-სამი SSR გენოტიპი; შიდა ქართლის პოპულაციიდან გამოყოფილ რვა იზოლატიდან ხუთ იზოლატში აღმოჩენილი იქნა 320bp და 70bp ზომის ხუთ-ხუთი SSR გენოტიპი, ხოლო სამ იზოლატში - 200bp და 250bp ზომის SSR გენოტიპები; ქვემო ქართლის პოპულაციიდან გამოყოფილი 6 იზოლატიდან, ერთმა იზოლატმა წარმოქმნა 900bp და 470bp ზომის ამპლიკონი, სამმა იზოლატმა - 70bp და 320bp ზომის სამ-სამი ამპლიკონი და ორმა იზოლატმა - 200bp და 250bp ზომის ამპლიკონი;



სურათი 2. *Puccinia striiformis f. sp. tritici* 35 იზოლატის ამპლიფიკაციის პროდუქტები

კახეთში გავრცელებული პათოგენის პოპულაციიდან გაანალიზებული ოთხ იზოლატში, აგრეთვე, ამპლიფიცირებული იქნა ექვსი სხვადასხვა ზომის ფრაგმენტი: 900bp, 470bp, 320bp და 70bp ზომის თითო-თითო ფრაგმენტი და 200bp და 250bp ზომის ორ-ორი ფრაგმენტი;

Puccinia striiformis -ის იზოლატების მიერ ამპლიფიცირებული პროდუქტების კლასტერული ანალიზის შედეგების თანახმად იზოლატების დიდი უმრავლესობა ერთმანეთის მსგავსია. მათ შორის მსგავსების კოეფიციენტი 0.46-1.0 ფარგლებში იყო. პოპულაციაში ორი ძირითადი კლასტერი გამოიკვეთა. პირველი კლასტერი, რომელშიც მაღალი მსგავსების იზოლატები გაერთიანდა, თავის მხრივ, ორ ქვეჯგუფად იყოფოდა. ერთ ქვეჯგუფში გაერთიანდა იდენტური(მსგავსების კოეფიციენტი-1.0) პროფილების მქონე იზოლატები (Mst1, Mst1a, Mst3, Mst4, Mst5, JPST4a, JPST5, JPST8, SKPST1, SKPST1b, SKPST2, SKPST3a, SKPST4, QKPST2, QKPST3, QKPST4, KPST1) და მეორე ჯგუფში აღმოჩნდა იზოლატები (Mst2, Mst5a, Mst6, Mst7, JPST3, JPST4, JPST5, JPST8, SKPST3, SKPST5, SKPST9, QKPST7, QKPST8, KPST2, KPST3) რომელთა შორის მსგავსება 0.72-0.88 ფარგლებში იყო. მეორე კლასტერში აღმოჩნდა სამი იზოლატი (Mst8, QKPST1, KPST33), რომლებიც ყველაზე უფრო განსხვავებული იყო დანარჩენი იზოლატებისგან მარტივი შესაბამისობის კოეფიციენტის(0.46) მიხედვით.



სურათი 3. *Puccinia striiformis f. sp. tritici* სხვადასხვა გეოგრაფიული წარმოშობის 35 იზოლატის მოლეკულური პროფილების მსგავსების დენდროგრამა

ამგვარად, *Puccinia striiformis* ვირულენტობის ნიშნით დახასიათებული მრავალფეროვნების მაჩვენებლები და მოლეკულური მარკერების მიხედვით გაანალიზებული პოლიმორფიზმი ერთმანეთთან შესაბამისობაშია. საქართველოში გავრცელებული ყვითელი ჟანგას პოპულაციის მრავალფეროვნების დონე დაბალია.

4. ხორბლის სასელექციო მასალის იმუნოლოგიური შეფასება

4.1 ხორბლის საერთაშორისო სანერგეების გამძლეობის გამოცდა საქართველოში გავრცელებული ყვითელი ჟანგას პოპულაციისადმი

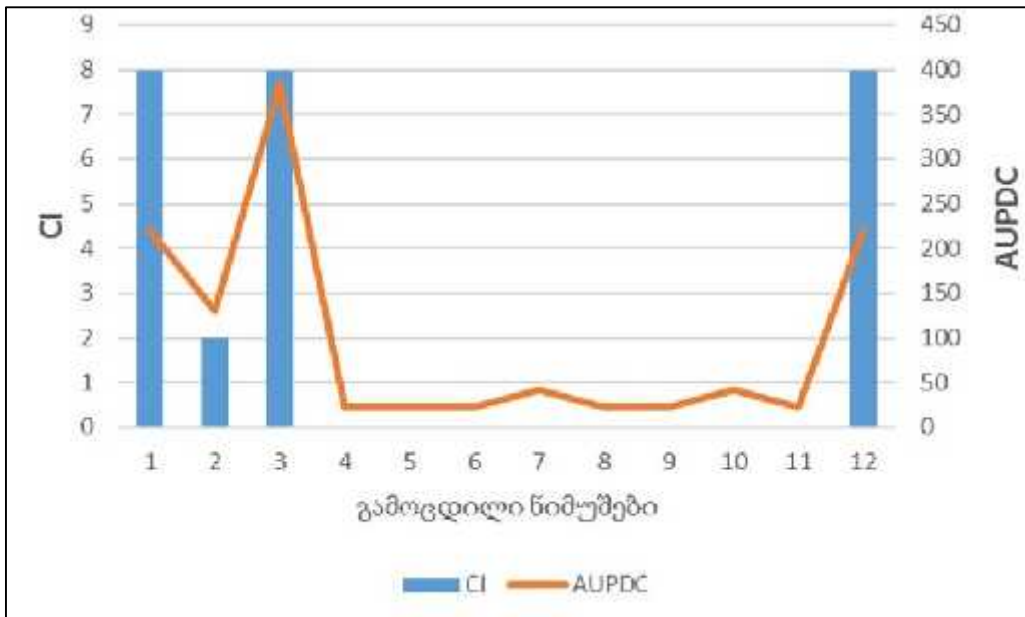
2011-2015 წლებში მიმდინარეობდა ხორბლის გაუმჯობესების საერთაშორისო ცენტრებიდან (CIMMYT, ICARDA) მიღებული ფაკულტატური და საშემოდგომო ხორბლის სანერგეების - 17FAWWON-SA, 19FAWWON-SA და მოსავლიანობის სანერგეების - 20HRWYT, 17IWWYT-IR, 1st-CACWWYT გენეტიკური პოტენციალის შესწავლა საქართველოს პირობებში, მათ შორის, სხვადასხვა დაავადებისადმი (ჟანგები, სეპტორიოზი, ნაცარი) გამძლეობის დონის შესწავლაც.

აღნიშნული საწარმოებიდან ჩვენს მიერ გამორჩეული იქნა ყვითელი ჟანგასადმი გამძლე თორმეტი ნიმუში: Attila*2/P8-20HRWYT-5, Tacupeto-F2001/6/CNDO-20HRWYT-225, 19FAWWON-SA-79, Kinaci-97, 17IWWYT-IR-9803, Amsel/TUI//... LG-44, 17IWWYT-IR-9803; HBK0935W-24, KR-11 -9043, KR11-003, KR11-014, KR11-015, Shafag 2 დაავადებისადმი რეაქციის ტიპის, დაავადების განვითარების ინტენსივობის და ინფექციურობის კოეფიციენტის მიხედვით (ცხრილი 10).

ცხრილი 10. საერთაშორისო საწარმოებიდან გამორჩეული ნიმუშების ყვითელი ჟანგასადმი გამძლეობის მახასიათებლები

N	ნიმუში	წარმოშობა	დაავადების სადმი რეაქცია	ინფექციურობის კოეფიციენტი (CI)	AUPDC
1	19FAWWON-SA-79	ICARDA	10MS	8	420
2	Attila*2/P8 -20HRWYT-5	ICARDA	5MR	2	130
3	Kinaci-97, 17IWWYT-IR-9803	ICARDA	20MR	8	385
4	Tacupeto-F2001/6/CNDO, 20HRWYT-225	ICARDA	R	0.2	22
5	Amsel/TUI//... LG-44	ICARDA	R	0.2	22
6	17IWWYT-IR-9803; HBK0935W-24	ICARDA	R	0.2	22
7	KR-11 -9043	ICARDA	5MR	2.0	42
8	KR11-003	ICARDA	R	0.2	22
9	KR11-9014	ICARDA	R	0.2	22
10	KR11-9015	ICARDA	5MR	2.0	42
11	Shafag 2	ICARDA	R	0.2	22
12	17FAWWON-SA- CUPRA-1/3/CROC1/AE.SQUARROSA (224)// 2*OPATA/ 4 /PANTHEON		10 MR -MS	8	220

როგორც მე-10 ცხრილიდან ჩანს, ექვსმა ნიმუშმა (KR11-003, KR11-014, Tacupeto-F2001/6/CNDO-20HRWYT-225, Shafag 2, 17IWWYT-IR-9803-HBK0935W-24, Amsel/TUI//...LG-44) გამოავლინა გამძლე (R) რეაქცია, ძალიან დაბალი ინფექციურობის კოეფიციენტი (0.2) და AUPDC. საშუალოდ გამძლე (MR) რეაქცია აჩვენა ოთხმა ნიმუშმა: KR11-015, KR11-9043, Attila*2/P8 -20HRWYT-5, Kinaci-97, 17IWWYT-IR-9803.



დიაგრამა 8. საერთაშორისო სანერგეებიდან გამორჩეული ნიმუშების ინფექციურობის კოეფიციენტი (CI) და დაავადების განვითარების მრუდქვეშა ფართობი (AUPDC)

მათი ინფექციურობის კოეფიციენტი ცვალებადობდა 2-8 ფარგლებში, ხოლო AUPDC 42-დან 385-მდე მერყეობდა (დიაგრამა 8). აღნიშნული მახასიათებლების მიხედვით გამორჩეული ათი ნიმუში ყვითელი ჟანგასადმი სავსე გამძლეობის მქონე გენოტიპებია. 2 ნიმუშმა აჩვენა საშუალოდ მიმღები რეაქცია დაბალი ინტენსივობით (10MS), ასევე დაბალი იყო ინფექციურობის კოეფიციენტი (CI =2) და AUPDC =220).

2013-2015 სავეგეტაციო პერიოდში ფიტოპათოლოგიის და ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტის საცდელ ნაკვეთზე შესწავლილი იქნა რამდენიმე სანერგიდან გამძლეობით გამორჩეული გენოტიპების სხვადასხვა სამეურნეო მახასიათებელი და ჩატარდა მათი ეკოლოგიური გამოცდა სამ ზონაში: მესხეთში (ახალციხე), ჯავახეთსა (ახალქალაქი) და შიდა ქართლში (მცხეთა, წილკანი). გენოტიპები დახასიათებული იქნა თავთავის სიგრძის, თავთავში მარცვლების რაოდენობის, 1000 მარცვლის მასის და მოსავლიანობის საშუალო მაჩვენებლების მიხედვით. აღნიშნული მაჩვენებლების მიხედვით ყველა გამოცდილი გენოტიპი აღემატებოდა ჯიმ-სტანდარტ ბეზოსტაია 1-ს (ცხრილი 11).

ცხრილი 11. საერთაშორისო სანერგეებიდან გამორჩეული ნიმუშების ეკოლოგიური გამოცდის შედეგები

#	ნიმუში	მცენარის სიმაღლე, სმ	თავთავის სიგრძე, სმ	თავთავში მარცვლ. რ-ბა	1000 მარცვლ. მასა, (გრ)	საშ. მოსავალი, ტ/ჰა
1	KR11-9014	95±0.12	9.7±0.16	44.8±0.1	42.5±0.5	5.0±0.14
2	KR-11 -9043	90±0.11	8.6±0.16	48.8±0.1	45.8±0.1	5.4±0.16

				1	6	
3	KR11-003	85±0.09	11.3±2.7	50.6±0.1 7	44.7±0.2	5.5±0.01
4	Attila*2/P8 - 20HRWYT-5	80±0.22	9.8±0.13	49.4±0.9	40.2±0.4	5.0±0.13
5	Kinaci-97, 17IWWYT- IR-9803	90±0.12	10.7±0.08	54.8±0.7 5	47.1±0.2 5	5.1±0.19
6	Tacupeto- F2001/6/CNDO, 20HRWYT-225	95±0.12	11.8±0.21	42.2±0.6 5	45.0±0.1 8	5.8±0.17
7	Amsel/TUI//... LG-44	85±0.13	9.7±1.2	48.8±0.8	42.8±0.5	5.3±0.1
8	17FAWWON-SA- CUPRA- 1/3/CROC1/AE.SQUAR ROSA (224)// 2*OPATA/ 4 /PANTHEON	100±0.18	10.5±2.24	65.5±0.7 5	48.5±0.0 9	6.2±0.14
9	ბეზოსტაია 1(სტანდარტი)	90±0.005	7.8±0.11	37.8±0.0 5	40.5±0,6 1	4.1±0.12
		LSD ₀₅ –1.6	LSD ₀₅ –1.6	LSD ₀₅ – 0.9	LSD ₀₅ – 1.7	LSD ₀₅ – 0.4
			LSD ₀₁ –2.2	LSD ₀₁ – 1.3	LSD ₀₁ – 1.9	LSD ₀₁ – 0.6

ცალკეულ მონაცემთა დისპერსიული ანალიზის (ერთ- და ორფაქტორიანი ANOVA) შედეგების თანახმად F ფაქტიური > F თეორიულზე, ე.ი. მაჩვენებლები განმეორებების მიხედვით არსებითად განსხვავდებოდა, თავთავების სიგრძის საშუალო მაჩვენებელი ცვალებადობდა 8.6-11.8 სმ ფარგლებში და 95% ნდობის ალბათობისათვის უმცირესი არსებითი განსხვავება - LSD₀₅ იყო 1.6, ხოლო 99% ნდობის ალბათობისათვის LSD₀₁ კი - 2.2, ასევე მერყეობდა თავთავში მარცვლების საშუალო მაჩვენებლები გენოტიპების მიხედვით 42.12-დან 65.5-მდე და 95% ნდობის ალბათობისათვის უმცირესი არსებითი განსხვავება - LSD₀₅=0.9 და 99% ნდობის ალბათობისათვის LSD₀₁ =1.3. განსხვავებული იყო საცდელი ნიმუშების 1000

მარცვლის მასის და მოსავლის საშუალო მაჩვენებლები, რომლებიც შესაბამისად მერყეობდა 40.2-48.5 გრ. და 4,1-6.2 ტ/ჰა ფარგლებში. შესაბამისად, 95% ნდობის ალბათობისათვის უმცირესი არსებითი განსხვავება - $LSD_{05}=1.5$ და $LSD_{05}=0.4$, ხოლო 99% ნდობის ალბათობისათვის - $LSD_{01}= 1.8$ და $LSD_{01}= 0.6$.

ზემოთ მოცემული ცხრა ჯიშის ეკოლოგიური გამოცდის შედეგების ორფაქტორიანი დისპერსიული ანალიზის (ორფაქტორიანი ANOVA) მეთოდის გამოყენებამ საშუალება მოგვცა შეგვეფასებინა ორი ფაქტორის - გეოგრაფიული ზონისა და გენოტიპის გავლენა ხორბლის მოსავალსა და მოსავლის ძირითად კომპონენტებზე. ექსპერიმენტები (ოთხ განმეორებაში) მოწყობილი იყო მესხეთში (ახალციხე), ჯავახეთსა (ახალქალაქი) და შიდა ქართლში (მცხეთა, წილკანი). დისპერსიული ანალიზის თანახმად, მოსავლიანობის ძირითადი კომპონენტების (თავთავის სიგრძე, თავთავში მარცვლების რაოდენობა, 1000 მარცვლის მასა, საშ. მოსავალი) მიხედვით ხორბლის გენოტიპებს შორის განსხვავება მნიშვნელოვანი იყო. კერძოდ, ფიშერის კრიტერიუმი (F) შესაბამისად იყო: 94.5, 239.3, 11.9 და 15.0 და უმცირესი არსებითი განსხვავება- $LSD_{05}=0.8$, $LSD_{05}=0.7$, $LSD_{05}=23.1$ და $LSD_{05}=0.16$, გეოგრაფიული ზონის მიხედვით კი მოსავლის კომპონენტებში სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება არ დადსტურდა.

ამგვარად, მოსავლიანობითა და სხვა სამეურნეო მაჩვენებლების მიხედვით ინდივიდუალური გამორჩევის მეთოდის გამოყენებით გამოირჩა გენოტიპი - CUPRA-1/3/CROC1/AE.SQUARROSA (224)// 2*OPATA/ 4 /PANTHEON, რომელიც 2016 წელს საქპატენტის მიერ დარეგისტრირდა, როგორც ახალი ხორბლის ჯიში „ლომთაგორა 143“.

ჯიში „ლომთაგორა 143“ მიეკუთვნება რბილი ხორბლის სახეობას (*Triticum aestivum* L) და წითელმარცვლიან უფხო ფორმის სახესხვაობას - var. *lutescens* (Alef.). ჰიბრიდული ჯიში „ლომთაგორა 143“ გამოყვანილია ხორბლის ჯიშების მრავალჯერადი შეჯვარებით (CUPRA-1/3/CROC1/AE SQUARROSA), შემდეგ გამორჩეული იქნა ფაკულტატური ხორბლების საერთაშორისო მოსავლის სანერგედან (17FAWWON-SA). ჯიში „ლომთაგორა 143“ ხასიათდება აღმოცენების დიდი უნარით, ძლიერი ფესვთა სისტემითა და საკმაოდ მაღალი ბარტყობით. კარგად განვითარებული პროდუქტიული თავთავების რაოდენობა 1მ^2 -ზე 570-580-ის ფარგლებში ცვალებადობს, რომლებიც მცენარის ერთ სიმალლეზეა განლაგებული. მცენარის მაქსიმალური სიმალლეა 100 სმ, გამძლეა ჩაწოლისადმი, ადვილად ილეწება და ვარგისია მექანიზირებული აღებისათვის. თავთავი ჩალისფერი, 10.5 სმ სიგრძის, კარგად განვითარებული 20 თავთუნით, თავთავში 65-70 მარცვალია, წითელი, რქისებრი კონსისტენციის. 1000 მარცვლის მასა შეადგენს 45 გრამს. ჯიში „ლომთაგორა 143“-ის მოსავლიანობა საშუალო აგროფონის პირობებში შეადგენს 6,5

ტ/ჰა-ზე. მისი მოყვანა რეკომენდებულია ქართლისა და სამცხე-ჯავახეთის რეგიონებისთვის.

4.2. ინტროდუცირებული ჯიშების ყვითელი ჟანგასადმი გამძლეობის შეფასება და გამძლე გენოტიპების გამორჩევა

როგორც მოზრდილ, ისე აღმონაცენის ფაზაში გამოცდილი იქნა ავსტრიიდან, რუსეთიდან, გერმანიიდან და ყაზახეთიდან საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტროს მიერ შემოტანილი 67 ჯიში, რომელიც საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო კვლევითი ცენტრის სელექციონერებმა მოგვაწოდეს ჟანგების ხელოვნურ ფონზე გამოცდის მიზნით.

ინსტიტუტის საცდელ ნაკვეთზე (ქობულეთში) ხელოვნურ ინფექციურ ფონზე ჯიშების გამოცდის შედეგად გამოვლინდა ზრდასრულ ფაზაში ჟანგებისადმი გამძლე და ზომიერად გამძლე ნიმუშების მნიშვნელოვანი რაოდენობა. კერძოდ, ყვითელი ჟანგასადმი გამძლე იყო 10 ავსტრიული ჯიში: ამიკუს, ბალიტუს, გალუს, ფიდელიუს, ლუკულუს, ლუპუს, ურბანუს, ასანო, პრემიო, ამებელო, ერთი ფრანგული ჯიში ამანდუს და გერმანული - დიეგო. მაღალი იყო ყვითელი ჟანგას განვითარების ინტენსივობა რუსული სელექციის მიმღებ ჯიშებზე: ტანია, სილა, კრასნოდარსკაია 99, სტეკლოვიდნაია 24, იუბილეინაია 60 და ბეზოსტაია 1(სტანდარტი). ჩატარებული აღრიცხვების საფუძველზე გამოთვლილი იქნა სხვადასხვა მახასიათებლები, რომელთა მიხედვით შეგვიძლია ვიმსჯელოთ ჯიშების გამძლეობის ტიპზე და დონეზე (ცხრილი 12).

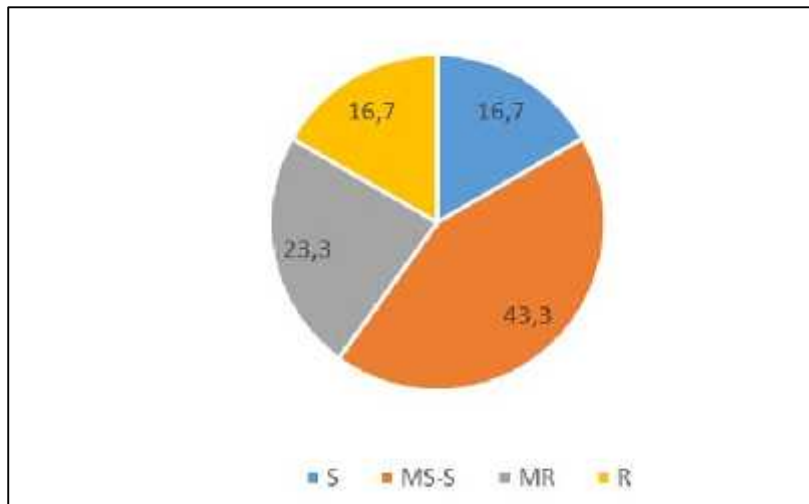
ცხრილი 12. ინტროდუცირებული ჯიშების გამძლეობის შეფასება ჟანგას ხელოვნურ ინფექციურ ფონზე

N	ნიმუში	წარმოშობა	რეაქციის ტიპი	ინფექციურობის კოეფიციენტი (CI)	AUPDC	rAUDPC
1	ბეზოსტაია 1 (სტანდარტი)	რუსეთი	90S	90	1335	65.4
2	კრასნოდარსკაია 99 (სტანდარტი)	რუსეთი	80S	80	1225	60.0
3	ტანია	რუსეთი	80S	80	1230	60.3
4	სილა	რუსეთი	80S	80	1050	51.5
5	დიეგო	გერმანია	60MS	48	750	36.8
6	ამანდუს	ავსტრია	R	0.2	22	1.1

7	ამიკუს	ავსტრია	R	0.2	22	1.1
9	ბალიტუს	ავსტრია	R	0.2	22	1.1
10-15	გალუს, ფიდელიუს ლუკულუს, ასანო ურბანუს, ამებელო	ავსტრია	R	R	R	R
16	ლუპუს	ავსტრია	R	0.2	22	1.1
17	პრემიო	ავსტრია	R	0.2	22	1.1
18	სტეკლოვიდნაია 24	რუსეთი	60 MS	60	860	42.2
19	იუბილეინაია 60	რუსეთი	60 MS	60	860	42.2

როგორც მე-12 ცხრილიდან ჩანს, 12 ჯიშმა მაღალი გამძლეობა გამოავლინა. მიუხედავად იმისა, რომ ავსტრიული ჯიშების დიდი ნაწილი ყვითელი ჟანგასადმი გამძლე აღმოჩნდა, სამეცნიერო ცენტრის სელექციონერების მიერ სხვა მნიშვნელოვანი სამეურნეო მახასიათებლების მიხედვით წარმოებაში დანერგვის მიზნით საქართველოს აგროეკოლოგიურ პირობებს შედარებით უკეთესად მორგებული მხოლოდ სამი ჯიში: ამანდუს, ფიდელიუს და ლუკულუს გამოირჩა.

ყვითელი ჟანგას ხელოვნურ ინფექციურ ფონზე ყაზახური სელექციის ოცდაათი ჯიშის გამოცდის შედეგად აღმოჩნდა, რომ 18 ჯიში: ალმალი, ალათაუ, აკბიდაი, ბატაგოზ, ჟალინ, კარასაი, კოკსუ, მაირა, მანშუკ, მერეკე 70, ნაზ, მერეკე 75 მიმღები აღმოჩნდა ყვითელი ჟანგას „ქართული“ პოპულაციისადმი. კერძოდ, მიმღები ჯიშების უმრავლესობაზე ყვითელი ჟანგას განვითარების ინტენსივობა მაღალი იყო და მერყეობდა 50-80% ფარგლებში; შვიდ ჯიშზე: რაუსინ, ფარაბი, რამინალ, რამინ, პროგრეს, ჟეტისუ, ეგემენ - აღნიშნული იქნა ზომიერად გამძლე (MR) რეაქციის ტიპი 1-5% ინტენსივობით, მხოლოდ 5 ჯიში (ალიხან, ალია, ანარა, ჟადირა, ტუნგიშ) აღმოჩნდა მაღალი გამძლეობით (R) გამორჩეული, რომლებზეც საერთოდ არ აღრიცხულა დაავადების სიმპტომი. მე-9 დიაგრამიდან ჩანს, რომ ყაზახური ჯიშების 60% (16,7% და 43,3%) საქართველოში გავრცელებული ყვითელი ჟანგას პოპულაციისადმი მიმღები აღმოჩნდა, ხოლო 40% - გამძლე და ზომიერად გამძლე.



დიაგრამა 9. ყვითელი ჟანგას „ქართული“ პოპულაციისადმი გამძლე და მიმღები ყაზახური ჯიშების წილი (%)

მაღალი გამძლეობით გამორჩეული ჯიშების საქართველოს აგროტექნოლოგიური სისტემის პირობებში ზონალური გამოცდის და მათი სამეურნეო მახასიათებლების შესწავლის შემდეგ გახდება შესაძლებელი მათი ამა თუ იმ ზონაში წარმოების მიზნით რეკომენდაციის გაცემა, რაც მომავალი კვლევების ობიექტი იქნება.

4.3 ადგილობრივი სასელექციო მასალის გამძლეობის შეფასება

როგორც ცნობილია, საქართველო ხორბლის წარმოშობის ერთ-ერთი სამშობლოა, სადაც 14 სახეობა, 22 სახესხვაობა, 150 ჯიშ-პოპულაცია იყო გავრცელებული. ამჟამად, ძირითადად, გენეტიკური რესურსების ბანკებშია დაცული ეს უნიკალური მემკვიდრეობა. საწარმოო მნიშვნელობა ქართული ხალხური და კლასიკური სელექციის ჯიშებს თითქმის დაკარგული აქვთ, მაგრამ ძალიან დიდია მათი სელექციური მნიშვნელობა გამომდინარე იქიდან, რომ საქართველოში წარმოშობილი და გავრცელებული ენდემები და ძველი ჯიშები, როგორც საუკეთესო დონორები, დღემდე გამოიყენება სელექციურ საქმიანობაში სხვადასხვა მაჩვენებლების მიხედვით გაუმჯობესებული ჯიშების მიღების მიზნით.

წარმოდგენილი კვლევის ფარგლებში ჩვენს მიერ ხორბლის ყვითელი ჟანგას „ქართულ“ პოპულაციაში იდენტიფიცირებული ძირითადი რასების ნარევის მიმართ ხელოვნურ ინფექციურ ფონზე შეფასებული იქნა ადგილობრივი ხორბლის ჩანასახოვანი პლაზმის კოლექცია, რომელიც მოგვაწოდა საქართველოს სოფლის მეურნეობის კვლევითი ცენტრის სელექციონერებმა. ყვითელი ჟანგას ხელოვნურ ინფექციურ ფონზე შეფასებული ნიმუშების მცირე ნაწილი: ხორბლის სახეობები (გვაწა ზანდური, ჩელტა ზანდური, მახა, კოლხური ასლი, დიკა) და ძველი ჯიშები (შავფხა, ჯავახეთის დიკა, თეთრი დიკა, შავი დიკა, თეთრი იფქლი, ლაგოდების გრძელთავთავა) მაღალი გამძლეობით გამოირჩეოდა როგორც ცალკეული რასის, ისე პოპულაციაში დომინირებული რასების ნარევის მიმართ (ცხრილი 13).

დიდი ნაწილი ნიმუშებისა (კახური დატოტვილი, ახალციხის წითელი დოლი, წითელი დოლი, დოლურა, დოლის პური 18/46, დოლის პური 35/4, კორბოულის დოლის პური, მოკლედეროიანი წითელი დოლი, ლაგოდეხის გრძელთავთავა, ბაგრატიონი, მუხრანი, თბილისური 5, მოწინავე, არმაზი 2, არმაზი 3, ხულუგო, დუკატი, ჯუჯა, ადგილობრივი წითელი დოლი, ბაგრატიონი მსხვილთავთავა, ვარძია X ბეზოსტაია 1, ვარძია, საული 9, თბილისური 15, აღმასი) მიმღები იყო ყვითელი ჟანგასადმი. ზოგიერთ ადგილობრივი სელექციის ჯიშმა (დოლურა, დოლის პური 18/46, ადგილობრივი დოლის პური, მოკლედეროიანი წითელი დოლი, დედა) საშუალოდ მიმღები რეაქცია აჩვენა, თუმცა, ყვითელი ჟანგას განვითარების ინტენსივობა ძალიან დაბალი იყო ჯიშ-სტანდარტ - ბეზოსტაია 1-თან შედარებით. ცდის შედეგებიდან გამომდინარე, რეკომენდებულია გამძლე და დაავადების დაბალი ინტენსივობით მიმღები ნიმუშების ჩართვა მიზნობრივ სასელექციო პროგრამებში.

ცხრილი 13. ხორბლის სახეობების და ადგილობრივი გენეტიკური რესურსების გამძლეობა ყვითელი ჟანგას ხელოვნურ ინფექციურ ფონზე

გენოტიპების დასახელება	გენოტიპის ლათინური სახელი	ყვითელი ჟანგასადმი რეაქციის ტიპი	ყვითელი ჟანგას გავრც. ინტენს.,%	ყვითელი ჟანგას განვით. ინტენს., %
გვაწა ზანდური	<i>Tr. monoccoccum</i>	R	0	0
ჩელტა ზანდური	<i>Tr. timopheevi</i>	R	0	0
მახა	<i>Triticum macha Dek et Men</i>	MR	1	1
კოლხური ასლი	<i>Tr.georgicum</i>	MR	1	1
დიკა	<i>Tr.ibericum Men</i> <i>Var.fuliginosum</i> <i>Zhuk</i>	MR	1	1
შავფხა	<i>Triticum durum</i>	MR	1	4
თეთრი დიკა	<i>Tr.ibericum Men</i> <i>Var.stramineum</i> <i>zhuk</i>	MR	40	10
ადგილობრივი დოლის პური	<i>Tr.aestivum</i>	MR- MS	1	1
მოკლედეროიანი წითელი დოლი	<i>Tr.aestivum</i>	MS	5	5
დედა	<i>Tr.aestivum</i>	MR-1MS	10	5
თეთრი იფქლი	<i>Tr. aestivum</i>	R	0	0
ბაგრატიონი მსხვილთავთავა	<i>Tr. aestivum</i>	MS	5	5
ჯავახეთის დიკა	<i>Tr.ibericum Men</i>	R	0	0

	<i>Var. fuliginosum</i> <i>Shuk</i>			
ბეზოსტაია 1 (სტანდარტი)	<i>Tr.aestivum</i>		100	60

ცნობილია, რომ ენდემური სახეობები და მათ შორის, საქართველოს ენდემები (5 სახეობა, ქვესახეობები და ჯიშ-პოპულაციები) ფართოდ გამოიყენებოდა და ამჟამად გამოიყენება ხორბლის სელექციაში საქართველოსა და მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში [Тыришкин...2011; McIntosh...1998; Kerber...1990; Dekaprelevich,1961]. მაგალითად, *Tr.timopheevi*, *Tr. macha* და *Tr.monococcum* ცნობილია, როგორც მრავალი სოკოვანი დაავადებისადმი საუკეთესო გამძლეობის წყაროები და მათ საფუძველზე შექმნილია ბევრი კარგი ჯიში [Brown-Guerda...1996; Tomerlin...1984; McIntosh...1971; Nyquist, 1962]. *Tr. ibericum* წარმოადგენს ყვითელი და მურა ჟანგასადმი გამძლეობის წყაროს [დეკაპრელევიჩი...1976]. ქართული სელექციის მრავალი ჯიში (ვარძია, ბაგრატიონი, მუხრანი, დედა, მოწინავე) მიღებული იქნა ადგილობრივი ჯიშ-პოპულაციების: დიკა, ხულუგო, დოლის პური მონაწილეობით [ნასყიდაშვილი, 1983].

ჟანგების გამომწვევ პათოგენტა ცვალებადობის გამო სელექციური პროცესი უწყვეტად გრძელდება, და დღესაც, პათოგენტა პოპულაციაში მიმდინარე ცვლილებების შესაბამისად, მიმდინარეობს ახალი გამძლეობის წყაროების ძიება და სხვადასხვა სელექციური პროგრამების შექმნა. ჩვენს მიერ მიღებული შედეგები ძალიან მნიშვნელოვანი და სასარგებლოა როგორც ადგილობრივი, ისე საერთაშორისო სასელექციო პროგრამებისათვის რასა-სპეციფიკური და სავსე გამძლეობის წყაროების გამოვლენისა და მათი სელექციურ პროცესში ჩართვის მიზნით.

5. ბიოლოგიური საშუალებების გამოცდა ყვითელი ჟანგას კონტროლის მიზნით

5.1. ბიოლოგიური პრეპარატების გამოცდა

ხორბლის ყვითელი ჟანგას ბიოლოგიური კონტროლის მიზნით გამოვცადეთ ხუთი მიკრობიოლოგიური პრეპარატი: ფიტოკატენა (*Pseudomonas Fluorescens* BA), ბიოკატენა (*Trichoderma lignorum* BA), აგროკატენა (*Bacillus subtilis*) და ფიტოსპორინი M (*Bacillus subtilis*) მწარმოებლის მიერ რეკომენდებული კონცენტრაციის (0,5%) გამოყენებით. ლაბორატორიაში, in vitro პირობებში შევისწავლეთ აღნიშნული პრეპარატების ფუნგისტატიკური უნარი ყვითელი ჟანგას სპორების გაღივების უნარიანობის მიხედვით, ხოლო სათბურის პირობებში ხორბლის აღმონაცენის ფაზაში შევისწავლეთ M-ის ფუნგიციდური მოქმედების ხარისხი პათოგენის ინკუბაციური პერიოდის, ხორბლის აღმონაცენის რეაქციის ტიპის და დაავადების განვითარების ინტენსივობის მიხედვით.

ჩატარებული ცდების შედეგებიდან გამომდინარე, ხორბლის ყვითელი ჟანგას წინააღმდეგ ძალიან დაბალი ეფექტურობა აჩვენა პრეპარატებმა: ფიტოკატენა, ბიოკატენა, აგროკატენა. კერძოდ, თითქმის ერთნაირი იყო ხორბლის მიმღები ჯიშის - მოროკოს აღმონაცენზე განვითარებული ყვითელი ჟანგას ინკუბაციური პერიოდი (15 დღე) საცდელ და საკონტროლო ვარიანტებში, და ბიოპრეპარატებით დამუშავებულ მცენარეებზე ძირითადად განვითარდა მიმღები რეაქციის ტიპი - MS და S, მხოლოდ ფიტოსპორინით დამუშავებულ მცენარეებზე შეინიშნებოდა MS-თან ერთად საშუალოდ გამძლე რეაქციის (MR) ტიპიც (ცხრილი 14).

ცხრილი 14. ბიოპრეპარატების მოქმედება პათოგენის სპორების გაღივებაზე, დაავადების რეაქციის ტიპსა და ინკუბაციურ პერიოდზე განვითარების ინტენსივობაზე

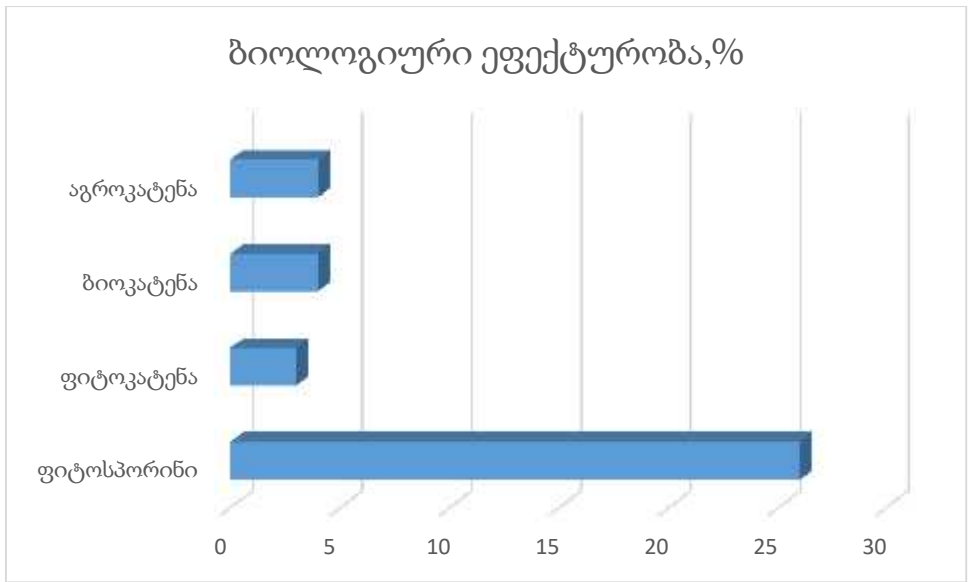
პრეპარატის დასახელება	მოქმედი ნივთიერება	დაავადების რეაქციის ტიპი	დაავადების რეაქციის ტიპი	ინკუბაციურ პერიოდი
ფიტოსპორინი M	<i>Bacillus subtilis</i> BA	3-; 2+	MS-MR	16
ფიტოკატენა	<i>Pseudomonas Fluorescens</i> BA	3-4	MS	15
ბიოკატენა	<i>Trichoderma lignorum</i> BA	3-4	MS-S	15
აგროკატენა	<i>Bacillus subtilis</i>	4	MS-S	15
კონტროლი	დისტილირებ. წყალი	4	S	15

ზემოთ აღნიშნული კონცენტრაციის ხსნარში ყვითელი ჟანგას სპორების 12 საათის განმავლობაში მოთავსების შემდეგ სპორები თითქმის ერთნაირად გაღივდა როგორც დისტილირებულ წყალში, ისე *ფიტოკატენას*, *ბიოკატენას*, *აგროკატენას* წყალხსნარში. გაღივებული სპორების საშუალო პროცენტული მაჩვენებელი 91.3-93.8% ფარგლებში ცვალებადობდა, ხოლო დაავადების განვითარების ინტენსივობა - 92.5 -93.8% ფარგლებში. შედარებით უკეთესი შედეგი მოგვცა პრეპარატმა ფიტოსპორინი M -მა. მათ წყალხსნარებში სპორების გაღივების მაჩვენებელი $69.0 \pm 0,7$, ხოლო ამ პრეპარატით დამუშავებულ ხორბლის აღმონაცენზე ყვითელი ჟანგას განვითარების ინტენსივობა პროცენტებში შესაბამისად, 71.3 ± 3.1 ტოლი იყო, საკონტროლო ვარიანტშიც ანუ პრეპარატებით დამუშავებულ მცენარეებზე ყვითელი ჟანგას გაღივებული სპორების მაჩვენებელი და განვითარების ინტენსივობა დაახლოებით 96% იყო (ცხრილი 15).

ცხრილი 15. ბიოპრეპარატების მოქმედება პათოგენის სპორების გაღივებაზე, (%)

პრეპარატის დასახელება	მოქმედი ნივთიერება	სპორების გაღივებაზე, %	ბიოლ. ეფექტ-ბა, %	დაავად. განვით. %	ბიოლ. ეფექტ-ბა, %
ფიტოსპორინი M	<i>Bacillus subtilis</i> BA	69.0±0,7*	28.7	71.3±3.1*	25.9
ფიტოკატენა	<i>Pseudomonas Fluorescens</i> BA	94.2±1,9*	2.7	93.8±2.9*	2.6
ბიოკატენა	<i>Trichoderma lignorum</i> BA	93.8±1,3*	3.0	92.5±1.3*	3.9
აგროკატენა	<i>Bacillus subtilis</i>	91.3±1,3*	5.6	92.5±1.3*	3.9
კონტროლი (წყალი)	დისტილირებული წყალი	96.8±0.8	-	96.3±1.3	
		LSD ₀₅ =5.04 LSD ₀₁ =6.9		LSD ₀₅ =4.4 LSD ₀₁ =5.8	

მონაცემთა დისპერსიული ანალიზის (ANOVA) შედეგების თანახმად, F ფაქტიური > F თეორიულზე, ე.ი. მაჩვენებლები ვარიანტების მიხედვით არსებითად განსხვავდებოდა და 95% ნდობის ალბათობისათვის უმცირესი არსებითი განსხვავება სპორების გაღივების მიხედვით (LSD₀₅) იყო 5.04, ხოლო 99% ნდობის ალბათობისათვის (LSD₀₁) - 6.9; დაავადების განვითარების ინტენსივობის მიხედვით - 95% ნდობის ალბათობისათვის LSD₀₅=4.4 და 99% ნდობის ალბათობისათვის LSD₀₁=5.8. ბიოპრეპარატების ბიოლოგიური ეფექტურობა სპორების გაღივების ინჰიბირების და დაავადების განვითარების ინტენსივობის მიხედვით შესაბამისად ცვალებადობდა 3.0-28.7% და 3.9-25.9% ფარგლებში. როგორც მე-10 დიაგრამიდან ჩანს, შედარებით მაღალი ბიოლოგიური ეფექტურობა გამოავლინა ფიტოსპორინი M (25.9-28.7%).



დიაგრამა 10. ბიოპრეპარატების ბიოლოგიური ეფექტურობა ყვითელი ჟანგას ურედინიასპორების გაღვივების ინჰიბირებისა და დაავადების განვითარების ინტენსივობის მიხედვით

ამგვარად, აგროკატენას, ბიოკატენას და ფიტოკატენას ფუნგიციდური აქტივობა ხორბლის ყვითელი ჟანგას მიმართ აღმონაცენის ფაზაში ინფიცირებული მცენარეების პრეპარატებით დამუშავების შემთხვევაში უმნიშვნელო იყო. დანარჩენ პრეპარატებთან და კონტროლთან შედარებით უფრო მაღალი იყო ფიტოსპორინი M - ის ბიოლოგიური აქტივობა, როგორც *in vitro*, ისე სათბურის ცდებში.

ლაბორატორიული და სასათბურე ცდების შედეგებიდან გამომდინარე, მხოლოდ პრეპარატი ფიტოსპორინი M გამოვარჩიეთ, რათა შეგვესწავლა მისი ზემოქმედება მინდვრის პირობებში ხორბლის მოსავალსა და 1000 მარცვლის მასაზე.

მინდვრის პირობებში „ფიტოსპორინი M“ -ის 0.2% კონცენტრაციის ხსნარით ე.წ. კენწრულა ფოთლის ფაზაში შესხურებისას გაიზარდა დაავადების ინკუბაციური პერიოდი (18 დღე) კონტროლთან (15) შედარებით, თუმცა პოზიტიურ კონტროლს ჩამორჩებოდა. ყვითელი ჟანგას განვითარების საშუალო ინტენსივობა რძისებრი სიმწიფის ფაზაში 63.8%-ის ტოლი იყო და მცენარეებზე დაავადებაზე საპასუხო რეაქციის ტიპიც შერეული (MR-MS), მაშინ, როცა ალტოსუპერით დამუშავებულ ვარიანტებზე დაავადების განვითარების ინტენსივობის საშუალო მაჩვენებელი 45.0% და ნეგატიურ კონტროლზე 85% იყო. 1000 მარცვლის მასის, საშუალო მოსავლის და სამეურნეო ეფექტურობის მიხედვით ფიტოსპორინი კვლავ ჩამორჩებოდა პოზიტიურ კონტროლში გამოყენებულ ფუნგიციდ ალტოსუპერს. კერძოდ, ფიტოსპორინ M-ის და ალტოსუპერის გამოყენებისას 1000 მარცვლის მასა, საშუალო მოსავალი და სამეურნეო ეფექტურობა შესაბამისად ტოლი იყო 41.8გრ და 50.0გრ, 395გრ/მ² და 457გრ/მ² და 14.8% და 25.8%. დაუმუშავებელ საკონტროლო ვარიანტზე ჯიმ ბეზოსტია 1-ზე ყვითელი

ჟანგას განვითარება 85% აღწევდა, 1000 მარცვლის მასა 39.8 გრ. და საშუალო მოსავალი 336გრ/მ² იყო (ცხრილი 16).

ცხრილი 16. ფიტოსპორინის მოქმედება ხორბლის მოსავლის კომპონენტებზე

პრეპარატის დასახელება	რძისებრი სიმწიფის ფაზა		დაავადების განვით. ინტენსივობა, %	1000 მარცვლის მასა, გრ	მოსავალი, გრ/მ ²	სამეურნ. ეფექტ., %
	ინკუბ. პერიოდი	რეაქციის ტიპი				
ფიტოსპორინ M -0.2%	18	MR-MS	63.8±4.8*	41.8±0.7*	395±12.9	14.8
პოზიტიური კონტროლი (ალტოსუპერი)	21	MR	45.0±5.8*	50.0±0.4*	457.5±17.1*	25.8
ნეგატიური კონტროლი (დაუმუშავებელი)	15	S	85.0±5.8*	39.8±0.3*	336.3±25.6*	-
			LSD ₀₅ =12.4 LSD ₀₁ =17.9	LSD ₀₅ =1.13 LSD ₀₁ =1.6	LSD ₀₅ =43.6 LSD ₀₁ =62.7	

როგორც მე-16 ცხრილიდან ჩანს, ფიტოსპორინი-M 1000 მარცვლის მასისა და საშუალო მოსავლიანობის მაჩვენებლებით ჩამორჩება პოზიტიურ კონტროლად აღებულ ფუნგიციდ ალტოსუპერს, რომლის სამეურნეო ეფექტიანობაა 25.8%, მაგრამ ნეგატიური კონტროლთან შედარებით, მისი სამეურნეო ეფექტურობა 14.8%-ია.

ამგვარად, მიუხედავად იმისა, რომ ფიტოსპორინი-M ფუნგიციდური აქტივობით ჩამორჩებოდა ალტოსუპერს, მისი 0.2% კონცენტრაციის ხსნარის გამოყენება მინდვრის პირობებში მიზანშეწონილია პირველი სიმპტომების გამოჩენისთანავე.

5.2 მცენარეული ექსტრაქტების ფუნგიციდური აქტივობის სკრინინგი

კვლევის ფარგლებში ჩავატარეთ, აგრეთვე, აჭარის ზღვისპირეთის ფლორის მერქნიანი მცენარეების (*Abies nordmanniana*, *Buxus colchica*, *Corylopsis pauciflora*, *Corylopsis sinensis*, *Corylopsis spicata*, *Eucalyptus cinerea*, *Hamamelis mollis*, *Stevia rebaudiana*, *Allium cepa*) ექსტრაქტების სკრინინგი ხორბლის ყვითელი ჟანგას მაკონტროლებელი საშუალებების გამოსავლენად.

აღნიშნულ მცენარეთა ექსტრაქტები გამოვცადეთ ყვითელი ჟანგას სპორების გაღვივებისუნარიანობაზე ინჰიბიტორული მოქმედების და ხორბლის აღმონაცენის ფაზაში ფუნგიციდური აქტივობის გამოვლენის მიზნით.

როგორც მე-17 ცხრილიდან ჩანს, კავკასიური სოჭის, კოლხური ბზის და კორილოპსის წვრილფოთოლას ფოთლებიდან მიღებული ექსტრაქტები ხასიათდებიან ფუნგიციდური აქტივობით, რადგან სამივე განზავების (1:1, 1:5, 1:10)

პირობებში ძალიან შეიზღუდა *Puccinia striiformis* სპორების გაღვივების უნარი და შესაბამისად, ბიოლოგიური ეფექტურობაც 85-93% ფარგლებში იყო. განსაკუთრებით მაღალი ბიოლოგიური ეფექტურობა (100%) გამოამჟღავნა ხახვისა და სტევის ექსტრაქტებმა. დანარჩენი ექსტრაქტების ფუნგიციდური აქტივობა დაბალი იყო (20-36.8%).

ცხრილი 17. ბიოპრეპარატების მოქმედება პათოგენის სპორების გაღვივებაზე

ექსტრაქტის დასახელება	გაღვივებული სპორები, %			ბიოლოგიური ეფექტურობა, %		
	კონცენტრაცია, %			კონცენტრაცია, %		
	1:1	1:5	1:10	1:1	1:5	1:10
კავკასიური სოჭი	5.3 ±1.03	1.7±1.5	9.4±0.8	89.7	93.3	85.6
კოლხური ბზა	5.1±0.2	6.4±0.8	10±1.2	89.9	88.6	85.0
კორილოპსისი წვრილფოთოლა	5.3 ±1.03	4.3±0.3	10±1.2	89.7	90.7	85.0
კორილოპსისი	73.3±1.6	66,6±3.3	70.0	21.7	28.4	25.0
კორილოპსისი	70.0	68.3±1.7	70.0	25.0	26.7	25.0
ევკალიპტი	64.2±0.8	58.3±	70.0	31.6	36.8	26.3
ჰამამელისი რბილი	60.0	66.6±3.3	75±2.9	35.0	28.4	20.0
ხახვი	0	0	0	100	100	100
სტევია	0	0	0	100	100	100
კონტროლი	95%					

ასევე, ძალიან მაღალი იყო კავკასიური სოჭის, კოლხური ბზის და კორილოპსის წვრილფოთოლას ფუნგიციდური აქტივობა მათი ექსტრაქტებით ხორბლის აღმონაცენის დამუშავებისას. კერძოდ, მცენარეებზე დაავადებისადმი საშუალოდ გამძლე რეაქციის ტიპი აღირიცხა, დაავადების განვითარების ინტენსივობა კონტროლთან შედარებით შემცირდა 40-65%-ით და ინკუბაციური პერიოდი გაიზარდა 2 დღით. დანარჩენი ექსტრაქტები კი ნაკლებად ეფექტური იყო. კერძოდ, *Corylopsis sinensis*, *Corylopsis spicata*, *Eucalyptus cinerea* და *Hamamelis mollis* ექსტრაქტების გამოყენებისას რეაქციის ტიპი ჟანგას მიმართ მიმდები იყო, თითქმის

არ შეცვლილა ინკუბაციური პერიოდი (14 დღე) კონტროლთან შედარებით და დაავადების განვითარების ინტენსივობა საშუალოდ 60% იყო თითქმის ყველა საცდელ ვარიანტზე, მაშინ, როცა კონტროლზე ამ მაჩვენებელმა 80% შეადგინა (ცხრილი 18).

ცხრილი 18. მცენარეული ექსტრაქტების მოქმედება ყვითელი ჟანგას ინკუბაციურ პერიოდსა და რეაქციის ტიპზე

	ექსტრაქტის დასახელება	ინკუბაციური პერიოდი (დღე)			რეაქციის ტიპი და განვითარების ინტენსივობა, %		
		კონცენტრაცია, %			კონცენტრაცია, %		
		1:1	1:5	1:10	1:1	1:5	1:10
1.	კავკასიური სოჭი	16	17	17	20 MR	5 MR	5 MR
2.	კოლხური ბზა	16	16	16	30 MR	10 MR	5 MR
3.	კორილოპსისი წვრილფოთოლა	16	16	16	30 MR	15 MR	5 MR
4.	კორილოპსისი	14	14	14	65 MS	65 MS	65 MS
5.	კორილოპსისი	14	14	14	70 MS	65 MS	65 MS
6.	ევკალიპტი	14	14	14	65 MS	70 MS	70 MS
7.	ჰამამელისი რბილი	14	14	14	65 MS	65 MS	60 MS
	კონტროლი	14			80 MS		

ბაქტერია *R. solanacearum* - ის მიმართ ანტიბაქტერიულ აქტივობაზე სკრინინგის მიზნით იგივე მცენარეებიდან მიღებული ექსტრაქტები გამოცდილი იქნა ქართველი მეცნიერების მიერ (Muradashvili et.al, 2016). მალალი ანტიბაქტერიული და ფუნგიციდური აქტივობის აღმოჩნდა შემდეგი სახეობები: *Hamamelis japonica Sieb. et Zucc.*, *Hamamelis virginiana L.*, *Hamamelis mollis Oliv.*, *Myrtus communis*, *Liquidambar styraciflua L.*, *Corylopsis pauciflora Sieb. et Zucc.*, *Buxus colchica Pojark.*

ხორბლის მურა და ყვითელი ჟანგას მიმართ მალალი ფუნგიციდური აქტივობა იქნა გამოვლენილი სხვადასხვა მცენარეების ექსტრაქტების გამოცდისას სათბურისა და მინდვრის პირობებში [Shabana...2017; Naz, 2014; Sheroze... 2003; Hofferek, 1984].

ამრიგად, ტესტირებული პრეპარატებიდან ფიტოსპორინ-M-ს გააჩნია საშუალო დონის ფუნგიციდური აქტივობა და მას შეიძლება მიეცეს რეკომენდაცია, რათა გამოყენებული იქნას ყვითელი ჟანგას განვითარების დასაწყისში, ხოლო მცენარეული ექსტრაქტების სკრინინგის შედეგად ფუნგისტატიკური და ფუნგიციდური ეფექტით გამორჩეული ექტრაქტების შემდგომი კვლევა უნდა გაგრძელდეს, როგორც ყვითელი ჟანგას გამომწვევ მიკროორგანიზმზე, ისე სხვა პათოგენებზე მათი მოქმედების მექანიზმის ღრმად შესწავლის მიზნით.

დასკვნები

1. 2013-2016 წლებში ხორბლის ყვითელი ჟანგა საქართველოს ყველა გეოგრაფიულ ზონაში იყო გავრცელებული დაბალი ინტენსივობით.
2. ხორბლის ყვითელი ჟანგას ურედინიაპოპულაციაში დომინირებდა ორი პათოტიპი-PstG1 (ვირულენტობით *Yr2, Yr 3, Yr 3a, Yr 6, Yr 7, Yr 8, Yr 9, Yr11, Yr17, Yr18, Yr SK, Yr JR, Yr JS* და *YrAS*) და PstG2 (ვირულენტობით *Yr2, Yr 3, Yr 3a+, Yr 6, Yr 7, Yr 8, Yr 9, Yr 10, Yr11, Yr17, Yr18, Yr SK, Yr JR, Yr JS, YrAS*).
3. ხორბლის აღმონაცენისა და ზრდასრულ ფაზაში მაღალი ეფექტურობა გამოავლინეს გამძლეობის გენებმა: *Yr1, Y3a+4a, Yr5, Yr11, Yr15, Yr24, Yr27, Yr25, Yr 26, Yr28, Yr31, Yr CV, Yr NP, Yr JR* და *Yr SP*
4. გამოკვლევის წლების მიხედვით პათოგენის ვირულენტური სტრუქტურა ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მაჩვენებლების მიხედვით მნიშვნელოვნად არ შეცვლილა.
5. ხორბლის ყვითელი ჟანგას პოპულაციის გენეტიკური და მოლეკულური ანალიზის შედეგად აღმოჩნდა, რომ საქართველოში გავრცელებულია ვეგეტატიური გზით წარმოქმნილი ერთიანი პოპულაცია.
6. კვლევის შედეგად გამოვარჩიეთ ყვითელი ჟანგასადმი მაღალი გამძლეობის მქონე ხორბლის ადგილობრივი სახეობები: გვაწა ზანდური, ჩელტა ზანდური, მახა, კოლხური ასლი, დიკა და ძველი ჯიშები: (შავფხა, ჯავახეთის დიკა, თეთრი დიკა, შავი დიკა, თეთრი იფქლი, ადგილობრივი დოლის პური, ბაგრატიონი მსხვილთავთავა).
7. ფაკულტატიური ხორბლების საერთაშორისო სანერგედან (17FAWWON-SA)-გამორჩეული იქნა გენოტიპი CUPRA-1/3/CROC1/AE.SQUARROSA (224)// 2*OPATA/ 4 /PANTHEON, რომელიც 2016 წელს საქპატენტმა დაარეგისტრირა, როგორც ახალი საწარმოო ჯიში- ლომთავორა 143.
8. კვლევის შედეგად გამოვლინდა საშუალო ბიოლოგიური ეფექტურობის მქონე ბიოპრეპარატი ფიტოსპორინ-M და კავკასიური სოჭის, კოლხური ბზისა და კორილოპსის წვრილფოთოლას ფოთლებიდან მიღებული ექტრაქტების მაღალი ფუნგისტატიკური მოქმედება.

რეკომენდაციები

1. საქართველოში გავრცელებული ხორბლის ყვითელი ჟანგას ვირულენტობის მონიტორინგი უნდა გაგრძელდეს შესაძლებელი ეპიდემიის პროგნოზირების მიზნით.

2. ხორბლის აღმონაცენის და ზრდასრულ ფაზაში კვლევის შედეგად იდენტიფიცირებული ეფექტური გამძლეობის გენები, გენტა კომბინაციები, შერჩეული ენდემური სახეობები და ადგილობრივი ჯიშ-პოპულაციები გამოყენებული უნდა იქნას ხორბლის გაუმჯობესების ადგილობრივ და საერთაშორისო სასელექციო პროგრამებში ხორბლის გამძლეობის გაუმჯობესების მიზნით, როგორც საუკეთესო დონორები.

3. საერთაშორისო სანერგედან გამორჩეული ახალი ჯიშში „ლომთაგორა 143„ რეკომენდებულია სამცხე-ჯავახეთის და ქართლის რეგიონებისათვის.

4. მაღალი ფუნგიციდური აქტივობის მქონე მცენარეული ექსტრაქტების კვლევა გაგრძელდეს დაავადების დამთრგუნავი მექანიზმის შესწავლის მიზნით პრეპარატული ფორმების მიღებამდე.

სადისერტაციო ნაშრომის ორგვლივ გამოქვეყნებული შრომები:

1. K.Natsarishvili, Z. Sikharulidze, G. Chkhutiashvili, K. Sikharulidze. ASSESSMENT OF RESISTANCE OF LOCAL AND INTRODUCED VARIETIES AND BREEDING LINES TO GEORGIAN POPULATION OF WHEAT STRIPE RUST. Biological Forum-International Journal, ISSN No.(Print)0975-1130, ISSN No. (Online): 2249-3239,8(2): 60-64, 2016.
2. K. Natsarishvili, Z. Sikharulidze, T. Tsetskhladze. Monitoring of variability wheat rust pathogens by International Trap Nurseries. 2016. Biological Forum-International Journal, ISSN No.(Print)0975-1130, ISSN No. (Online): 2249-3239, 8(2): 01-03
3. Z. Sikharulidze K. Natsarishvili, R. Dumbadze, L. Mgeladze, T. Tsetskhladze. 2015. Monitoring of Cereal rusts in Georgia in 2009-2013. Biological Forum-International Journal, 7(1):721-725; Online ISSN. No.2249-3239
<http://researchtrend.net/bf12/118%20DR%20Z.%20SIKHARULIDZE.pdf>
4. К.Т.Нацаришвили, З.В.Сихарулидзе, Г.А.Чхутиашвили, К.Т. Сихарулидзе. Вирулентность желтой ржавчины пшеницы и оценка устойчивости пшеницы к желтой ржавчине в Грузии. Международная научно-практическая конференция "Защита зерновых культур от болезней, вредителей, сорняков: достижения и проблемы." Большие Вяземы, Московской области, 5-9 Декабря, 2016. Сборник трудов, стр. 106-110
5. К.Т.Нацаришвили, З.В.Сихарулидзе. РАЗВИТИЕ ЖЁЛТОЙ РЖАВЧИНЫ ПШЕНИЦЫ В ГРУЗИИ. Международная научно-практическа конференция "СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ ФИТОСАНИТАРНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ И УПРАВЛЕНИЯ ЗАЩИТОЙ РАСТЕНИЙ." Большие Вязёмы, Московской области, 23-27 ноября 2015 г. Сборник трудов, стр. 156-162
6. З.В.Сихарулидзе, К.Т.Нацаришвили, Л.А. Мгеладзе. ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ РЖАВЧИН ПШЕНИЦЫ В ГРУЗИИ. Международная научно -практическая конференция, посвященная 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. Большие Вяземы, Московской области, 17-21 июля, 2012, Сборник трудов, ст. 80-86

LEPL „Batumi Shota Rustaveli State University”

Faculty of Technologies,

Agroecology and Forestry Department



Ketino Natsarishvili

**Identification of new sources of resistance and other effective means for
control of wheat yellow rust in Georgia**

Abstract to the dissertation for PhD Degree in
Agrarian Science

Batumi 2017

The thesis has been prepared at the department of Agroecology and Forestry of the Faculty of Technologies, Batumi Shota Rustaveli State University.

Scientific supervisor: **Zoia Sikharulidze** –Doctor of Biology, Head of Department of Genetics of Resistance, Batumi Shota Rustaveli State University

Reviwers:

Alma Kokhmetova, Professor of Institute of Plant Biology and Biotechnology; Head of the Laboratory of Genetics and Breeding. Kazakhstan, Almaty;

Ese Jakeli, PhD of Agriculture; Senior researcher of Institute of Tea, Subtropical Crops and Tea Industry;

Shota Lamparadze, PhD of Agriculture, Associate Professor of Batumi Shota Rustaveli State University;

Tsotne Samadashvili, Professor of Agricultural University of Georgia; PhD of Agriculture.

The defence of the thesis will take place on 20th of December, 2017, at 14 pm, at the dissertacion council meeting of faculty of Technologies, Batumi Shota Rustaveli State University.

Address: Room 430, 35, Ninoshvili Str., Batumi, 6010

PhD thesis is available at the Library of Batumi Shota Rustaveli State University and at www.bsu.ge.

The secretary of the dissertation council,
PhD of Agriculture,
professor

Shota Lamparadze

General Review

Theme actuality. Wheat (*Triticum aestivum* L.) is the essential food for millions of people and the basis of global food security. Naturally, the development of different types of its pathogens, including the wheat rusts, has the same length history and they are known for their wide spreading and harm. Spores spread by the wind on long distance become the reason of unexpected outbreak of the disease. The disease itself causes the harvest's decline in both quantity and quality. Georgia is an area of the permanent spread of rusts because of its climate conditions, diversity of infection reserving plants and existence of alternate host-plants.

Yellow rust, caused by obligate fungus *Puccinia striiformis* f. sp. tritici, is a widely spread wheat disease. With different intensities it is observed in almost all of the wheat producing countries in the world. The loss it causes averages 30%, the figure which can increase up to 80% in case of strong epiphytoty. Despite its long time existence in Caucasus, (some authors claim that Caucasus is a homeland of yellow rust; Zhukovsky 1965, Stubbs 1985) yellow rust has created serious problems to the Georgian wheat production only in the near past, which is reflected by the quickened epidemics. During last 15 years 5 yellow rust epidemics (1998, 2000, 2005, 2009 & 2010) have been registered in Central Asia and Caucasus (Sikharulidze et al. 2015; Sharma et al., 2012; Bux, 2011).

The major and ecologically reliable way to confront this problem is development and release of resistant varieties. To achieve success, it is crucial to permanently monitor the changes in virulence of *Puccinia striiformis* population and in case if new virulence is occurred, the breeders need to be informed in timely manner about the ineffectiveness of the complementary resistance gene of this virulence.

In order to protect wheat from rust, cereal rust monitoring global network has been created and many international organizations (ICARDA, CIMMYT, BGRI, FAO, etc.) prepared numerous programs, like WRDGP, IWWIP). Since 2000 our lab of Genetics for Resistance of Phytopathology & Biodiversity Institute (Batumi Shota Rustaveli State University) is involved and actively cooperates with the above mentioned chain for years (Bedoshvili et al; 2009). This cooperation significantly influenced on the implementation of the doctoral program.

Research goal and objectives. The research goal was studying of biological features and pathotype structure of the yellow rust Georgian population, testing the local and introduced breeding material resistance to yellow rust, revealing of new sources of resistance for the use in the further breeding programs; Identification and Agronomical and phytopathological characterization of new resistance donors and other effective means for production in Georgian conditions; also, revealing of effective biological means to control the disease.

The principal research objectives:

) Studying of incidence and severity of yellow rust in wheat production areas of Georgia;

-) Identification of genetic and pathotype structure of pathogen' population;
-) Characterization of yellow rust pathogen local population diversity using molecular markers;
-) Testing of the local and introduced breeding material resistance to yellow rust under natural and artificial infection;
-) Ecological testing of revealed material and studying their agronomical and immunological features;
-) Revealing of new biological means for plant protection by testing biological preparations and screening of plant extracts.

Theoretical and practical importance of the research.

The research allowed us to update and deepen our knowledge about wheat yellow rust pathogen - *P. striiformis* virulence, genetic resources and genetic and molecular polymorphism of pathogen which is useful not only for regional wheat breeding programs, but for international cooperative breeding programs as well; Namely, it is the first research about the intrapopulation processes and pathogen's polymorphism level using the modern technologies of molecular biology; After testing of the breeding material new sources of resistance to yellow rust have been revealed for the use in the further breeding programs; A new wheat variety "Lomtagora 143", adapted to Georgian conditions, high- yielding and moderate resistant to yellow rust, has been registered by "Sakpatenti" (National Intellectual Property Centre); The biological efficiency of several biofungicides and plant extracts and the appropriateness of using them to control yellow rust were determined.

Research object, Material and Methodology.

The research object was presented by wheat yellow rust (causal agent - ***Puccinia striiformis* f. sp. tritici West.**) uredinial isolates, collected from different geographical zones (Shida Kartli, Kvemo Kartli, Kakheti, Meskheta, Javakheti) of Georgia during 2013-2016; The research material were used: an international set of yellow rust differentials and isogenic lines, as well as national and introduced wheat germplasm (endemic wheat species and subspecies, domestic varieties, advanced cultivars and international breeding nurseries), as well as monoisolates of *P. striiformis*, susceptible wheat varieties – Morocco and Bezostaya 1; Four microbiological preparations: Phytocaten (*Pseudomonas Fluorescens* BA), **Biocaten** (*Trichoderma lignorum* BA), **Agrocatena** (*Bacillus subtilis*), **Phytosporin-M** (*Bacillus subtilis*) and extracts of *Abies nordmanniana*, *Buxus colchica*, *Corylopsis pauciflora*, *Corylopsis sinensis*, *Corylopsis spicata*, *Eucalyptus cinerea*, *Hamamelis mollis*, *Stevia rebaudiana* and *Allium cepa*.

The research works were conducted in greenhouse, laboratory and field conditions in the department of Genetics of Resistance, Phytopathology and Biodiversity Institute, Batumi Shota Rustaveli State University. The molecular characterization of pathogen population was carried out in State Key Laboratory of Crop Stress Biology in the Arid Areas, Northwest A&F University, China.

To accomplish the tasks, we have used the adopted international classical and modern methods: The route observations of wheat fields to determine disease incidence and severity and to collect infected samples in different zones of Georgia were conducted according to protocols for international rust surveillance system (Yahyaoui et al., 2003:76-77; Peterson et al., 1948:496-500; Knott, 1989); Classical and modern methods were used also for isolation and multiplication of pathogen, inoculation and incubation (Wan and Chen, 2012; Kumar et al., 2012; Chen et al., 2010; Chen, 2005; Roelfs et al., 1992: 32; Gassner and Stribes, 1932:5-50; Newton et al., 1932:1-60);

Polymerase chain reaction (PCR) tests with 12 SSR primer pairs was held to study the molecular diversity of pathogen population (Aljanabi and Martinez, 1997); Appropriate wheat testing scheme and international methods were used for immunological evaluation of wheat breeding material at seedling and adult plant stages (Анпилогова и др., 2000; Knott, 1989, Roelfs *et al*, 1992; Gassner and Straib, 1932; Peterson *et al.*, 1948); To analyze of disease progress on breeding materials the coefficient of infection (C.I.), Area Under Disease Progress Curve (AUDPC) and rAUDPC was calculated for each entries (Stubbs et al., 1986; Wilcoxon et al., 1975).

Pathogens virulent structure have been studied in greenhouse conditions: temperature 10-18°C, 16 hours of lighting. 100% relative humidity was created in humidity chamber for successful penetration of spores into plants.

For testing of the fungicide activity of some plant extracts and biological preparations in vivo and in vitro artificial infection tests were held (Shabana *et al.*, 2017; Chaudhary, 2013; Dey *et al*, 2012). Efficacy of tested biological means was assessed by their effect on spore germination, incubation period, IT and severity of yellow rust. The seedlings of wheat were processed by the water solution of extracts, obtained from dry leaves some plants by various methods, to reveal the inhibitory effect on spore germination and fungicide effect at seedling stage (Gillitzer *et al*, 2012; Семенова и др. 2010; Green, 2004; Tiwari *et al*, 2005).

1/0 binary matrix was created on the basis of the existence/absence of virulence/avirulence of pathogen isolates to differentials and isogenic lines to compare isolates of different geographical origins and pathotype structures. The similarity among isolates was identified using MVSP 3.2 (Multi Variate Statistical Package) program. The matrix of similarity was established using Jaccard coefficient. Using UPGMA-clustering method (unweighted pair group method with arithmetic average) the dendrogram was constructed and it reflects the genetic similarity between pathotypes of different isolates. A value, close to 1, represents a high similarity between comparable populations.

Approbation of work. The research results were presented on the International Conferences as a poster and oral presentation:

1. International scientific-practical conference "Protection of cereals from diseases, pests and weeds: achievements and problems". 2016, December 5-9, Bolshie Vyazemy, Moscow region,
2. 14th International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference. 2015. Copenhagen, Denmark.
3. 2nd International wheat stripe rust Symposium. 2014. Izmir, Turkey
4. BGRI 2014 Technical Workshop. 2014. Obregon, Mexico
5. "The role of botanical gardens in conservation of plant diversity" -International Scientific- Practical Conference Dedicated to 100th Anniversary of Batumi Botanical Garden. 2013. Batumi, Georgia

Aprobation of the dissertation was held on July 15, 2017 at the meeting of Department of Agroecology and Forestry (Protocol#12, 15.07.2017).

Five scientific papers were published in the refereed national and international scientific journals and conference proceedings.

The structure of the thesis. The work consists of the introduction, literature review, materials and methods, results and discussions, conclusions, recommendations, references and appendixes. The thesis consisted of computer-printed 183 pages in Georgian language, 32 tables, 10 diagrams and 15 photos. The bibliography of the PhD thesis is consisting of 238 sources in Georgian, Russian and English languages.

The Results and Discussion

1. Distribution of wheat yellow rust in 2013-2016

Wheat fields were investigated during vegetation (May-July) in 2013-2016 to determine wheat yellow rust incidence and severity. The survey trips covered different geographic zones of Georgia with different altitude, longitude and latitude (Table 1). We can see that the climate in these zones is favorable for yellow rust development.

Table 1. GPS-coordinates of investigated wheat fields and their main climate characteristics.

Zone	Region	Latitude range (N)	Longitude range (E)	Altitude range (m)	Temperature (°C)	Rainfall (mm)
Meskheti	Akhalsikhe Aspindza	41.59267- 041.66859	042.87752- 043.22617	952-1116	2,6— 6.80°C	520-600
Javakheti	Akhalkalaki	41.41054- 043.40674	043.41020- 043.42841	1672- 1742	4—6°C	600— 750
Shida	Khashuri Mtskheta	41.56148-	043.56215-	549-1093	9—11°C	500—

Kartli	Gori Dusheti Borjomi Kaspi	044.40044	044.70430			800
Kvemo Kartli	Marneuli	41.51702- 41.47780	044.78442- 044.86761	429-503	12—12°C	400— 600
Kakheti	Sighnaghi Sagaredjo Telavi Dedoplistskaro	41.57307/42.06422	045.63704- 046.05264	434-761	11—13°C	800— 1300
Kolchis lowland	Samtredia	42.22310	042.413509	40	13—15	1400— 3000

202 wheat field were totally observed, among them 65, 42, 52 and 43 fields were inspected in 2013, 2014, 2015 and 2016, respectively. In 2013, 2014 and 2016 development of wheat yellow rust was monitored in five zones (Mesketi, Javakheti, Shida Kartli, Kvemo Kartli, Kakheti) and in 2015, in addition to these zones, the disease was reported also on the Kolchis lowland, Samtredia region, where breeding nursery and cv. Tanya (2ha) were sown. As it is shown from Table 2, number of fields, infected by yellow rust ranged between 13-19 by years and between 1-32 - by zones. Only 63 fields were affected by disease, out of 202 investigated.

Table 2. Distribution of wheat yellow rust in different geographic zones of Georgia in 2013- 2016

Number of fields investigated/ infected							Total
Years	Geographic zones						
	Meskheta	Javakheti	Shida Kartli	Kvemo Kartli	Kakheti	Kolchis lowland	
2013	12/3	8/2	32/10	5/1	10/1	-	65/17
2014	6/2	6/1	18/7	4/1	8/2	-	42/13
2015	8/4	8/3	23/8	5/1	8/3	1	52/19
2016	6/2	6/2	21/7	3/1	7/2	-	43/14
Total	32/11	28/8	92/32	17/4	33/8	1/1	202/63

31.2% of investigated fields were infected with various intensity. Namely, 9.4% of them was diseased by high (>40%) intensity, 23.8% - by moderate (20-40%) and most of fields were infected by low (<20%) intensity (Diagram 1).

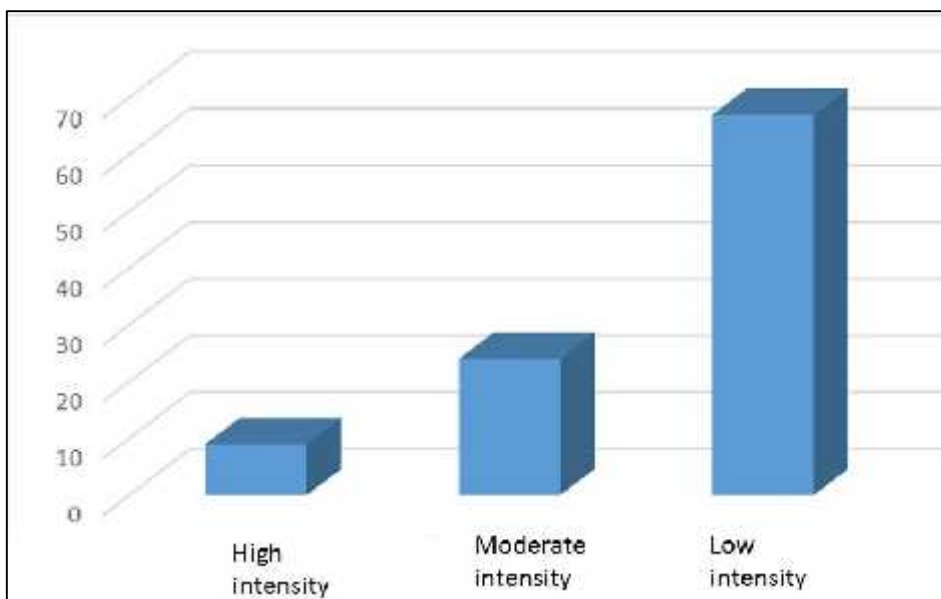


Diagram 1. Number of fields (%), infected by *P. striiformis* with different intensity

Calculation of number fields, infected with various intensity by zones showed that the most of them were diseased with low intensity (40.8-82.1%). The share of moderate infected fields was ranged between 10.7-28.3% (Table 3); Relatively high intensity (10.8% and 11.7%) was observed in Kvemo Kartli and Shida Kartli zones.

Table 3. Frequency of wheat fields (%), infected with *P. striiformis* with different intensity by geographical zones.

Zone	High (>40%)	Moderate (20>40%)	Low (<20%)
Meskhethi	9.4	28.1	62.5
Javakheti	7.1	10.7	82.1
Shida Kartli	10.8	28.3	60.8
Kvemo Kartli	11.7	17.7	76.5
Kakheti	6.1	18.2	69.7

The share of fields (%), infected with different intensity by years is given in the Table 4. Wheat was diseased with low intensity almost each year, except 2015, when the percentage of moderate diseased fields was more.

Table 4. Frequency of wheat fields (%), infected with *P. striiformis* with different intensity by years

Years	High (>40)	Moderate (20>40%)	Low (<20%)
2013	4.6	23.1	72.3
2014	4.8	23.8	71.4
2015	11.5	50.0	38.3
2016	6.9	41.8	51.2

The diagram 2 shows that in 2015 the highest number of diseased fields (36.5%) was observed, but in 2013 the lowest number (26.2%) was found. In our opinion, this can be explained by fact that in 2012 there were no favorable climatic conditions for the development of yellow rust, especially in Kakheti area [Sikharulidze... 2015b] and there was no initial infection in 2013.

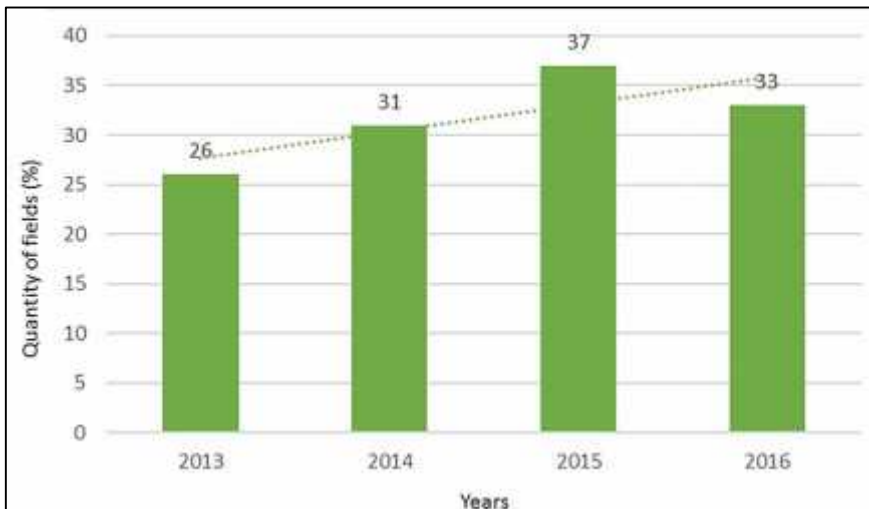


Diagram 2. Frequency of infected fields by years (2013-2016)

The number of fields, infected by yellow rust was low in Kvemo Kartli (23.5%), as well as in Kakheti (24.2%), but the high number of them was indicated in Meskhети (34%) and in Shida Kartli (35%).

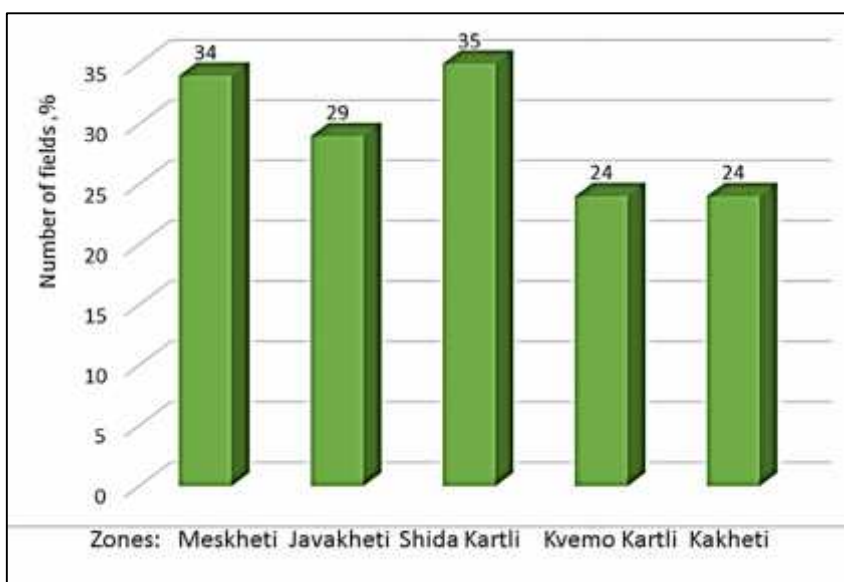


Diagram 3. Total number of infected fields (%) by zones.

The roadside wheat sowings, farmer fields, breeding nurseries, research plots were investigated. The main part of fields were covered by Russian varieties Bezostaya-1, Krasnodarskaya -99, Tanya, Sila, Jagger (American variety, introduced in Georgia since 2012) and cv. Lomtagora 123 (selected from International breeding nursery and released for Georgia conditions).

Table 5. Range of incidence and severity of wheat yellow rust (%) on the varieties, grown in different zones

Zone	Variety	Incidence, %		Severity, %	
		Amplitude	Mean	Amplitude	Mean
Meskheti	Bezostaya 1	0-80	30	0-50	30
	Jagger	0- 40	10	0- 20	10
Javakheti	Bezostaya 1	0-80	40	0-50	40
	Lomtagora 123	0-70	30	0-30	25
Shida Kartli	Bezostaya 1	0-60	30	0-30	10
	Lomtagora 123	0-60	40	0-20	5
	Jagger	0-30	10	0-10	5

	Krasnodarskaya - 99	0-70	50	0-40	25
Kvemo Kartli	Bezostaya 1	0-60	30	0-40	20
	Lomtagora 123	0-50	20	0-20	5
	Lomtagora 126	0-20	5	0-10	1
Kakheti	Bezostaya 1	0-20	10	0-30	10
	Lomtagora 123	0-10	5	0-10	5
	Krasnodarskaya - 99	0-40	15	0-40	20
	Tanya	0-80	30	0-50	20
	Sila	0-70	30	0-50	25
	Jagger	0-50	10	0-30	5

As it is shown from Table 5, incidence and severity of yellow rust varied according to varieties between 0-80% and 0-50%, respectively. These characteristics were relatively higher on Russian varieties: Bezostaya-1, Krasnodarskaya -99, Tanya, Sila, and less on the varieties, that were selected from international nurseries by Georgian breeders. It should be noted that the level of disease incidence and severity was higher on the small research plots and breeding nurseries than on the big commercial fields. The breeding nurseries were sown in Akhaltsikhe (Vale, vil. Klde), Akhalkalaki (vil.Vachiani) and Marneuli (vil.Lomtagora), Mtskheta (vil.Tsilkani, vil.Tserovani), Borjomi (Tzagveri), Telavi (vil.Gulgula), Dedoplistskaro (vil.Shavchrelebi), Gardabani (vil.Sartichala) and Samtredia (vil.Didi Jikhaishi).

In 2016 the moderate incidence (20-30%) of yellow rust was described in Dedoplistskaro research plots on varieties: Lupus, Asano, Gerek, Bezostaya 1, Sauli 9, Urbanus and Tbilisuri 15. In Mtkheta (Tsilkani) breeding plots of Scientific-Research Center of Agriculture were inspected and 70-90% of disease incidence was noted. E.g. on the samples of trap nurseries - 8th IYRTN and 9th IYRTN: Morocco, Fielder, Federation, Inia 66, Pastor etc. the maximum of incidence – up to 100% was indicated. High incidence of yellow rust was indicated on the Kazakhstan varieties: Almaly, Alatau, Alkibaday, Kirigash. Moderate incidence (20-40%) of yellow rust was scored on varieties Morocco and Fielder in trap nursery sown in Tzagveri station, Borjomi region. High level of disease incidence was also found in Sartichala and Marneuli (vil. Lomtagora) on some entries of breeding nurseries.

According to results of yellow rust survey in 2013-2016, incidence and severity of disease were low. The disease was little higher in 2015-2016 like other countries (India, North Africa countries, Morocco), where high level of yellow rust development was observed (

http://rusttracker.cimmyt.org/?page_id=9). In 2004-2006, the area of wheat yellow rust distribution was also limited [Gorgiladze...2007], but according to Naskidashvili et al. (2001) yellow rust was more significant disease in 1987-1990. Despite the fact, that yellow rust exists in the Caucasus (and in Georgia, as well) for a long time [Zhukovsky, 1965; Stubbs, 1985], it became a serious problem for wheat production in Central Asia and the South Caucasus only in the last 15 years when epidemics in 1998, 2000, 2005, 2009 and 2010 were recorded [Ziyaev...2011]. Negative impact of last two epidemics was also observed in Georgia. 2009-2010 was especially favorable for the disease development in all observed geographical zones. 79% of investigated fields were infected by yellow rust. Especially high intensity was recorded during May and the first half of June, 2010 [Sikharulidze...2009; Sikharulidze...2014].

The high level of yellow rust severity was indicated in 2000 in the Central and Eastern part of the USA, where yellow rust was not registered before due to the high temperature [Chen...2002; Chen, 2005]. Later, using the molecular technology (AFLP) it was determined that new aggressive pathotypes in the pathogen populations were the cause of this fact. Spores of new pathotypes were reproduced and grown faster, then old ones and require higher optimum temperature to develop [Markell...2008]. Scientists have found that the tendency adaptation of some races of *P. striiformis* to high temperatures is noticed in recent years [Milus...2009; Sorensen, 2012]. We also can suppose that some Pst pathotypes spread in Georgia in epidemic 2010 year were adapted to climate change, because the unusually high air temperature in June-July-26 °C was recorded (<http://nea.gov.ge/ge/news/detailed/643/haeris-maqsimaluri-temperatura>). However, the genetic study of aggressiveness of "Georgian" isolates has not been carried out and it needs to be done in the future.

Thus, the overall mean of disease incidence and severity for 2014-2016 was low. Comparatively high intensity was recorded in 2016, on the breeding nurseries in Shida Kartli. The vertical zonation, which is characterized Yellow rust development in Georgia, promotes saving the initial infection (uredinia stage) and its accumulation when favorable conditions are existed.

2. The pathotype and virulent structure of Yellow rust Georgian population

226 single-pustule isolates of *Puccinia striiformis f.sp.tritici* were isolated from diseased samples, collected from different geographical zones of Georgia during 2013-2016. Precisely, 64, 41, 61, 34 and 26 isolates from Meskheta, Javakheti, Kakheti, Shida Kartli and Kvemo Kartli, respectively. For virulence analysis stripe rust wheat international differential set and 23 near-isogenic lines with Avocet background were used. 37 pathotypes were identified in *Puccinia striiformis* population spread in Georgia. Pathotype PstG1 (virulence formula: *Yr 1, Yr 5, Yr 10, Yr 12, Yr 15, Yr 24, Yr 26, Yr SP, Yr AR, / Yr 2, Yr 3, Yr 3a, Yr 6, Yr 7, Yr 8, Yr 9, Yr 11, Yr 17, Yr 18, Yr SK, Yr JR, Yr JS, Yr AS*) was predominant with frequency 30.1%. PstG2, where *Yr10* is virulent, was the second common pathotype represented by 20.6% of isolates. Frequencies of pathotypes pst1, pst2, pst3, pst4, pst5, pst6, pst7, pst8, pst9, pst11, pst14 and pst15 varied between 1.3%- 11.1%. Pathotypes pst10, pst12, pst13 and pst16 were

distributed with low frequency (0.9%). The last 21 pathotypes were represented by single isolates (Table 6).

Table 6 . Pathotype structure of *Puccinia striiformis* population in 2013-2016

#	Phatotype	Virulence formula (Avirulent/Virulent genes)	Frequency	
			Number	%
1	PstG1	<i>1, 5, 10, 12, 15, 24, 26, SP, AR, / 2, 3, 3a, 6, 7, 8, 9, 11, 17, 18, SK JR, JS, AS</i>	68	30.1
2	PstG2	<i>1, 5, 12, 15, 24, 26, SP, AR, / 2, 3, 3a, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 17, 18, SK, JR, JS, AS</i>	46	20.4
3	PstG3	<i>1, 5, 10, 12, 15, 24, 26, AR / 2, 3, 3a 6, 7, 8, 9, 11, 17, 18, SP, SK, IR, IS, AS,</i>	25	11.1
4	PstG4	<i>1, 3a, 5, 10, 12, 15, 24, 26, 17, SP AR, / 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 17, 18, SK, JR, JS, AS</i>	16	7.1
5	PstG5	<i>1, 5, 10, 12, 15, 24, 26 / 2, 3a, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 17, 18, SK, JR, JS, AS, SP, AR</i>	10	4.4
6	PstG6	<i>1, 3a, 5, 10, 12, 24, 26, SP, AR, / 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 15, 17, 18, SK, JR, JS, AS</i>	7	3.1
8	PstG8	<i>1, 3a, 5, 9, 10, 12, 15, 24, 26, AR, SP / 2, 3, 6, 7, 8, 11, 17, 18, SK, JR, JS, AS,</i>	6	2.7
7	PstG7	<i>1, 3a, 5, 10, 11, 12, 15, 24, 26, SP, AR, / 2, 3, 6, 7, 8, 9, 17, 18, SK, JR, JS, AS</i>	5	2.2
9	PstG9	<i>1, 3a, 5, 10, 12, 15, 24, 26, SP, SK AR / 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 17, 18, JR, JS, AS</i>	5	2.2
10	PstG11	<i>1, 3a, 5, 10, 12, 15, 18, 24, 26, AR, SK, / 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 17, SP, JR, JS, AS</i>	3	1.3
11	PstG14	<i>1, 3a, 5, 10, 11, 12, 15, , SP, AR / 2, 3, 6, 7, 8, 9, 17, 18, 24, 26, SK, JR, JS, AS</i>	3	1.3
12	PstG15	<i>1, 3a, 5, 10, 12, 15, 24, SP, AR, / 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 17, 18, 26, SK, JR, JS, AS</i>	3	1.3
13	PstG10	<i>1, 5, 10, 12, 15, 24, 26, SP, AR, SK / 2, 3, , 3a, 6, 7, 8, 9, 11, 17, 18, , JR, JS, AS</i>	2	0.9
14	PstG12	<i>1, 3a, 5, 10, 12, 15, 24, 26, 17, 18, SK, SP, AR / 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, JR, JS, AS</i>	2	0.9
15	PstG13	<i>1, 3a, 5, 10, 12, 15, 17, 24, SP, AR / 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 18, 26, SK, JR, JS, AS,</i>	2	0.9
16	PstG16	<i>1, 3a, 5, 10, 12, 15, 26, SP, AR / 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 17, 18, 24, SK, JR, JS, AS</i>	2	0.9
17	PstG17	<i>1, 5, 10, 12, 15, 24, 26, SP / 2, 3, 3a, 6, 7, 8, 9, 11, 17, 18, SK, IR, IS, AS, AR</i>	1	0.4
18	Pst18	<i>1, 3a, 5, 10, 12, 24, 26, SP, SK, AR / 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 15, 17, 18,</i>	1	0.4

		<i>JR,JS,AS</i>		
19	Pst G20	<i>1, 5,12,15,24,26,SP / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9, 10,11,17,18, SK , AR, JR, JS, AS</i>	1	0.4
20	Pst G21	<i>1, 5,10, 15,26,SP,AR / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9,11, 12,17,18, 24, SK JR, JS, AS</i>	1	0.4
21	Pst G22	<i>1, 5, 9,11,10,12,15,24,26,SP,AR, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 17, 18,SK JR, JS, AS</i>	1	0.4
22	Pst G23	<i>1, 5,15,24,26,SP,AR/2,3,3a,6, 7, 8,9,10,12,11,17,18,SK JR, JS, AS</i>	1	0.4
23	Pst G24	<i>1, 5, 24,26,SP,AR, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9, 10,12,15,11, 17, 18,SK JR, JS, AS</i>	1	0.4
24	Pst G25	<i>1, 5,10,12, 24,26,SP, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9,11, 15,17,18, SK, JR, JS, AR,AS</i>	1	0.4
25	Pst G26	<i>1, 5,10,12,15, 26,AR / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9,11,17,18, 24, SP,SK JR, JS, AS</i>	1	0.4
26	Pst G27	<i>1, 5,10,12,15,SP, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9,11,17,18, 24,26, AR,SK, JR, JS, AS</i>	1	0.4
27	Pst G28	<i>1, 5, 12,15,24,26,SP, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9, 10,11,17,18, AR,SK JR, JS, AS</i>	1	0.4
28	Pst G29	<i>1, 5, 12,15,24,26,AR/ 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9, 10,11,17,18, SP,SK JR, JS, AS</i>	1	0.4
29	Pst G30	<i>1, 5, 9, 12,15,24,26,SP,AR, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 10,11,17, 18,SK JR, JS, AS</i>	1	0.4
30	Pst G31	<i>1, 5,10, 11,17,12,15,24,26,SP,AR, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9, 18,SK JR, JS, AS</i>	1	0.4
31	Pst G32	<i>1, 5, 9,11,17,10,12,15,24,26,SP,AR, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 18,SK JR, JS, AS</i>	1	0.4
32	Pst G33	<i>1, 5,10, 11, 18,12,15,24,26,SP,AR, / 2,3, 3a, 6,7, 8, 9, 17, SK JR, JS, AS</i>	1	0.4
33	Pst G34	<i>1,5,10,12,15,17,18, 24,26,SP, AR/ 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9,11, SK JR, JS, AS,</i>	1	0.4
34	Pst G35	<i>1, 5, 9,10,12,15,24,26,SP,AR, SK / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 11,17, 18, JR, JS, AS</i>	1	0.4
35	Pst G36	<i>1, 5,10, 15,24,26, SP,AR, / 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9,11, 12,17, 18,SK JR, JS, AS</i>	1	0.4
36	Pst G37	<i>1, 5, 12,15,24,26/ 2,3, 3a, 6, 7, 8, 9, 10,11,17,18,SK JR, JS, AS, SP,AR</i>	1	0.4
37	Pst G38	<i>1,3a, 5, 12,15,24,26,SP,AR, / 2,3,6, 7, 8, 9, 10,11,17, 18, SK JR, JS, AS</i>	1	0.4
		Total	226	

The level of virulence of yellow rust was $F_v=14.6$ in the population, despite the virulence to twenty one genes out of 23 was identified. According to Gleason index (H_G) we calculated, the mean number of identified pathotypes in population was 15.3, when maximum number of identified pathotypes is 37. According to Shannon Index ($H_{sh}=1.04$) the pathotype structure of population is similar and its diversity is low, but there are high number of rare pathotypes: $h=0.93\pm 0.01$.

Isolates, virulent to 21 resistance genes in all have been identified in the population with different frequencies. Virulent isolates to lines with *Yr2*, *Yr3*, *Yr3a*, *Yr6*, *Yr*, *Yr8*, *Yr*, *Yr 11*, *Yr17*, *Yr18*, *YrSK*, *YrJS*, *YrAS*, *YrJR* resistance genes were found with high frequency (76.4-100. 24.3% and 10.6% of isolates were virulent to lines with *Yr 10* and *YrSP*; Very low was percent of isolates, virulent to *Yr12* (1.4%), *Yr15* (4.4%), *Yr24* (4.4%), *Yr26* (4.4%) and *YrAr* (5.6%); No virulence was found to *Yr1* and *Yr5* genes (Diagram 4).

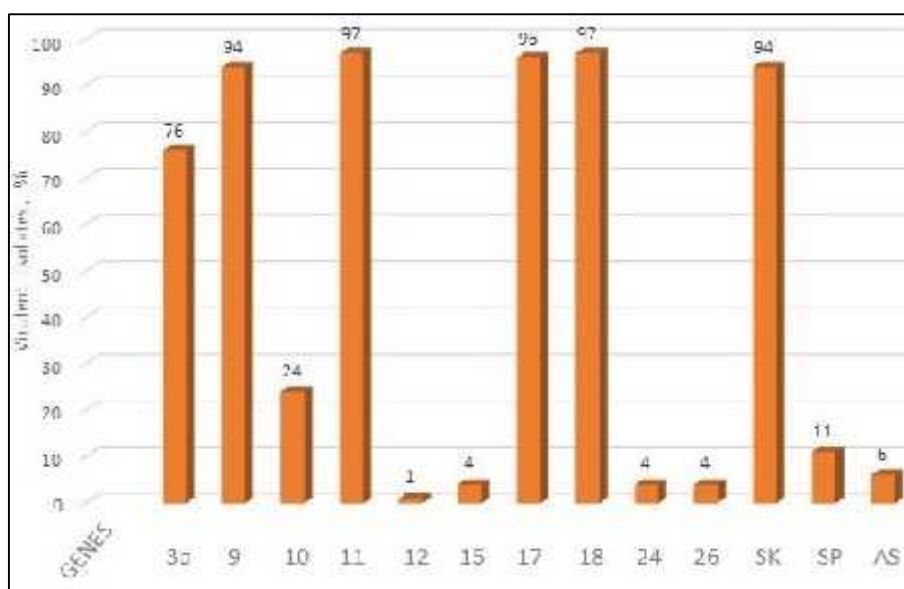


Diagram 4 . Frequency of isolates, virulent to resistance genes (%) in wheat yellow rust population in 2013-2016

When comparing virulent and pathotype composition of populations from different zones, it was found that there were 18 pathotypes, described in Meskhети in all. Two of them - **pstG1** (1, 5, 10, 12, 15, 24, 26, SP, AR/2, 3, 3a, 6, 7, 8, 9, 11, 17, 18, SK, JR, JS, AS) and **PstG2** (1, 5, 12, 15, 24, 26, SP, AR, /2, 3, 3a, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 17, 18, SK, JR, JS, AS) appeared to be predominant at all five zones and their frequencies varied from 23.4- 38.5 % to 12.5- 30.8 %, respectively. Pathotypes **pst1** and **pst2** were more frequent in Kakheti population (38.5% and 30.8%, respectively) and were distributed by similar frequency in Shida Kartli (32.8% and 26/2%) and Kvemo Kartli (32.4% and 26.5%). Pathotype **PstG 3** was also distributed in all zones (7.8%- 15.4%); **PstG 4** was also found in all zones except Kakheti with frequency 4.9 –

12.2%. Pathotype **PstG 5** was described in Meskheti, Javakheti and Shhida Kartli with low frequency (3.3-9.8%) and **PstG7** was also distributed there with 4.7-5.9%. 3.1% of frequency was indicated for **PstG 6**, **PstG 8**, **PstG 9**, **PstG 11**, **PstG 14**, **PstG 15**, **PstG 16** and **PstG 24**, which have been described in two zones; Other three pathotypes have been presented by single isolates and prevalent pathotypes were consisted of 14-15 virulent genes. Pathotypes PstG 10, PstG 12, PstG 13, PstG 17, PstG 18, PstG 20, PstG 25, PstG 27, PstG30, PstG31, PstG 33, PstG37 and PstG38 were identified in some zones and were represented by single isolates (Diagram 5). The predominant pathotypes were consisted of 14-15 virulence genes.

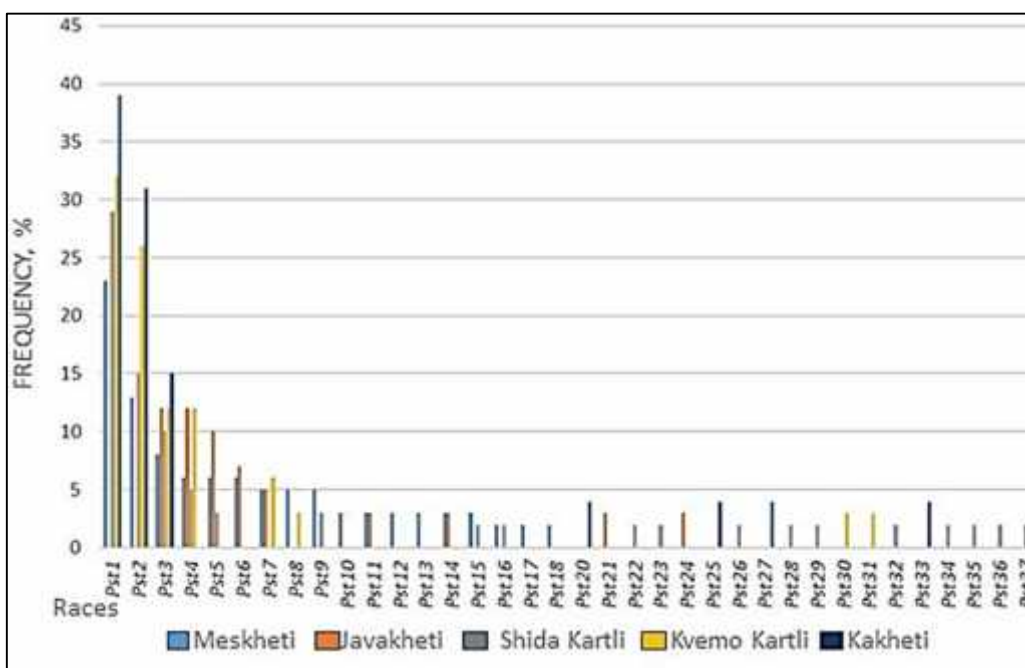


Diagram 5. Frequency of race, identified in different geographic zones

In Shida Kartli population 16 virulence formula (virulence/avirulence combination) have been described. Two pathotypes - **pstG1** and **pstG2**, with virulence genes *Yr 2,3, 3a,6, 7, 8,9 11,17,18, SK JR, JS, AS* and *Yr 2,3,3,6, 7, 8,9,10, 11,17,18, SK JR, JS, AS* appeared to be dominant and their frequency for these years was 32.8% and 26.2%, respectively. Frequency of other pathotypes was low (4.9-9.8%) and very low (1.6-3.3%).

Nine pathotypes were identified after testing virulence of 34 single-uredinia isolates collected from Kvemo Kartli area, where the pathotype **PstG1** was dominant too (32.4%). The second common pathotype was **PstG2** (26.5%). Pathotypes **Pst3** and **Pst4** were occurred with low frequency (4.8%) in the population, but most of identified pathotypes (**PstG7**, **PstG8**, **PstG30** **PstG31**, **PstG37**) were identified for single isolates.

Seven pathotypes: **PstG 1**, **Pst G2**, **PstG 3**, **PstG 20**, **PstG 25**, **PstG 27** and **PstG 33** were described in Khakheti zone. Two of them **PstG 1** and **PstG 2** were also prevalent (38.5% and 30.8%, respectively) like other zones; Pathotype **PstG3** was represented by 15.4% off virulent

isolates and the last four pathotypes (PstG 20, PstG 25, PstG 27 და PstG 33) were rarely presented (3.8%).

As it shown from the Diagram 6, virulence, to differentials with resistance genes Yr3a, Yr9, Yr11, Yr17, Yr18 and YrSK was very high (57-100%), in all five zones. Virulence to isogenic lines, carried *Yr10 and YrSP*, were moderate and frequency of isolates, virulent to *Yr12, Yr15, Yr24, Yr26* and *YrAR* was low in all zones.

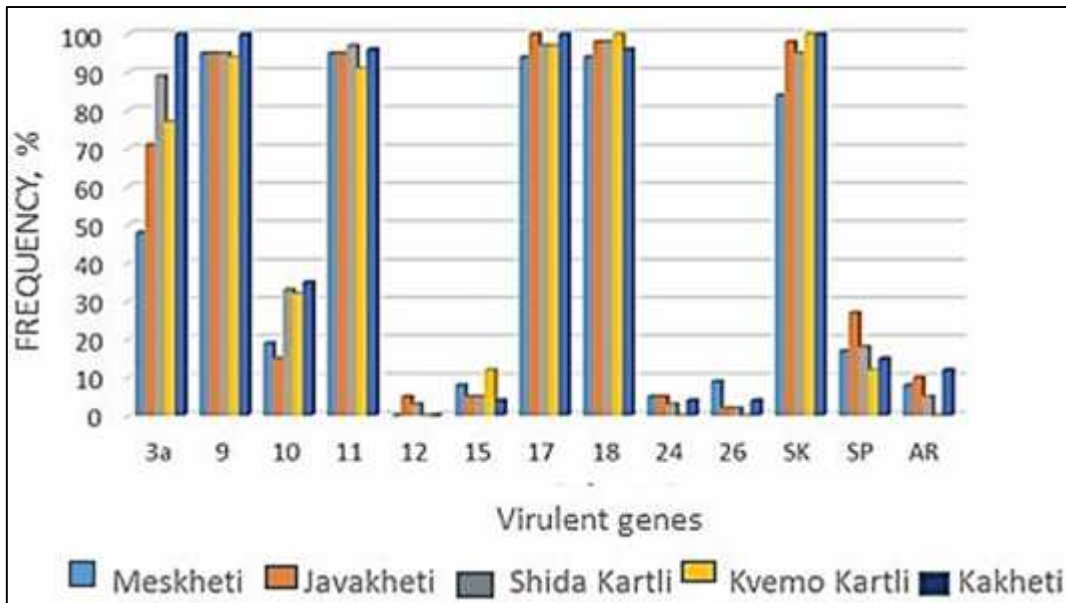


Diagram 6. Dinamics of virulence genes by years

The calculation of characteristics of the variability of the pathogen showed high virulence of Khakheti population ($F_v=14.7$), but its lowest value- $F_v=13.6$ was determined in Meskheti population. The average value of virulent genes in Javakheti, Shida Kartli and Kvemo Kartli populations was almost the same - $F_v =14.2-14.4$. The value of population diversity – Gleason index (H_G) varied between 4.3 and 9.5. The highest mean value of pathotypes, identified in the population was found in Shida kartli ($H_G =9.5$) and Meskheti ($H_G=9.4$), but the lowest one - in Kakheti ($H_G =4.3$). Indexes of diversity were 6.2 and 5.2 in Javakheti and Kvemo Kartli, respectively.

As it is shown from Diagram 7, virulence to twenty-one genes was identified in 2014 only, but in 2013, 2015 and 2016 the virulence to twenty resistance genes was revealed. Virulence to *Yr 1, Yr 5* and *Yr 12* in 2013, to *Yr 1, Yr 5* და *Yr 15* in 2014 and virulence to *Yr 1, Yr 5* and *Yr 26* in 2016 was not found.

According to Shannon Index the population diversity is low in some zones and ranged between 0.68-0.96, but number of rare pathotypes (h) was high- (0.41-0.54 (Table 7).

Table 7. Characteristics of variability of yellow rust uredinial population by geographic zones

Geographic zone	Characteristics of variability				
	Fv	P	H _G	H _{sh}	h
Meskhети	13.6	0.56	9.4±1,1	0.96 ±0.52	0.52±0.05
Javakheti	14.3	0.52	6.2±0,8	0.87±0.46	0.41±0.14
Shida Kartli	14.4	0.57	9.5±1,2	0.98±0.53	0.54±1.4
Kvemo Kartli	14.2	0.39	5.2±0,7	0.78±0.42	0.42±0.04
Kakheti	14.7	0.52	4.3±0,7	0.68±0,1	0.41±0.04

Virulence to isogenic lines with *Yr2*, *Yr3*, *Yr3a*, *Yr6*, *Yr7*, *Yr8*, *Yr9*, *Yr11*, *Yr17*, *Yr18*, *YrSK*, *YrJR*, *YrJS* and *YrAS* varied between 86.8-100% each year. Significant changes in the representation of the virulence genes by years were not observed. The frequencies of isolates, virulent to lines with *Yr15*, *Yr10* and *Yr26* have decreased slightly and virulence to *YrSP* and *Yr24* have increased also insignificantly.

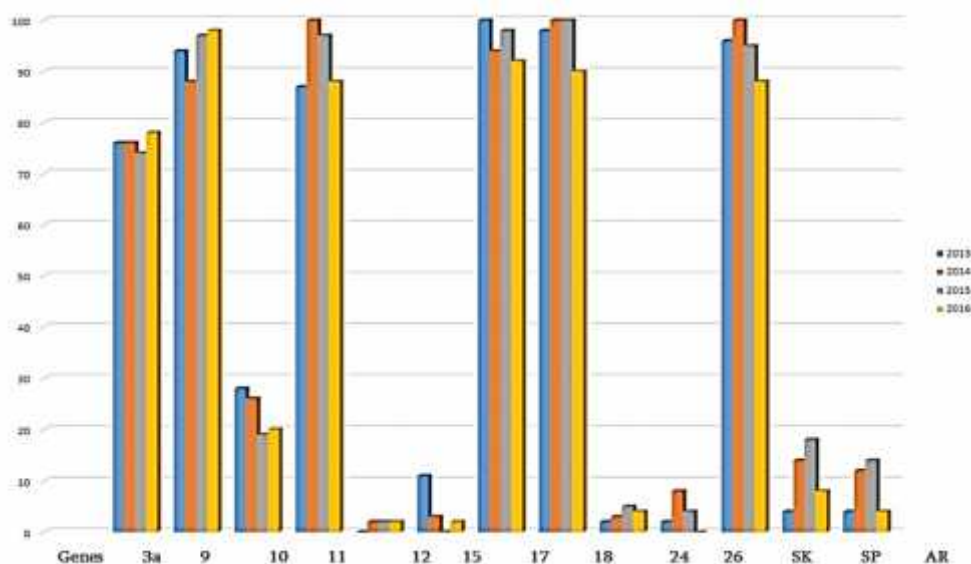


Diagram7. Dinamics of virulence genes with changeable frequency by years

As it is seen from Table 8, virulence factor was the highest in 2014 ($F_v=14.6$) and the lowest in 2013 ($F_v=10.7$); Index of population diversity – the highest ($H_G=11.1$) in 2014, and the lowest in 2015 ($H_G=7.4$), at the same time, the value for rare pathotypes was almost the same for four years. Thus, the diversity of populations was not differed from each other.

Table 8. Characteristics of variability of yellow rust uredinial population by years

Years	Characteristics of variability of yellow rust uredinial population				
	Fv	P	H _G	H _{sh}	h
2013	10.7	0.6	8.1±1.0	0.62±0.4	0.46±0.03
2014	14.6	0.75	11.1±0.9	0.95±0.5	0.48±0.05
2015	12.9	0.5	7.4±0.9	0.68±0.4	0.47±0.03
2016	11.4	0.6	8.8±1.1	0.62±0.4	0.45±0.03

63 isolates from five geographical zones (represent 37 pathotypes) were compared on the base virulence data. Among isolates to be analyzed were 18 isolates from Meskheta (the separate pathotype for each one), 11 isolates with 11 pathotypes, isolated from Javakheti zone, 18 isolates from Shida Kartli, 7 – from Kvemo Kartli and 9 isolates from Kakheti zone. Isolates with similar pathotypes are grouped into clusters.

As revealed from dendrogram (Fig. 1), the similarity Jaccard's coefficient is ranged between 0.78-1.0 among isolates. This is indicated that there was a high similarity among isolates with different origin and it can be concluded that the unit population of *Puccinia striiformis* is spread in Georgia. Despite the high similarity between the isolates, two groups are formed on the basis of similarity coefficient and virulence data. Twenty five identical isolates with similarity coefficient (1.0) and twenty one near identical isolates with similarity coefficient >0.82, were formed cluster I. Seventeen isolates with different pathotype composition, were grouped together into cluster II with 0.72 mean similarity coefficient.

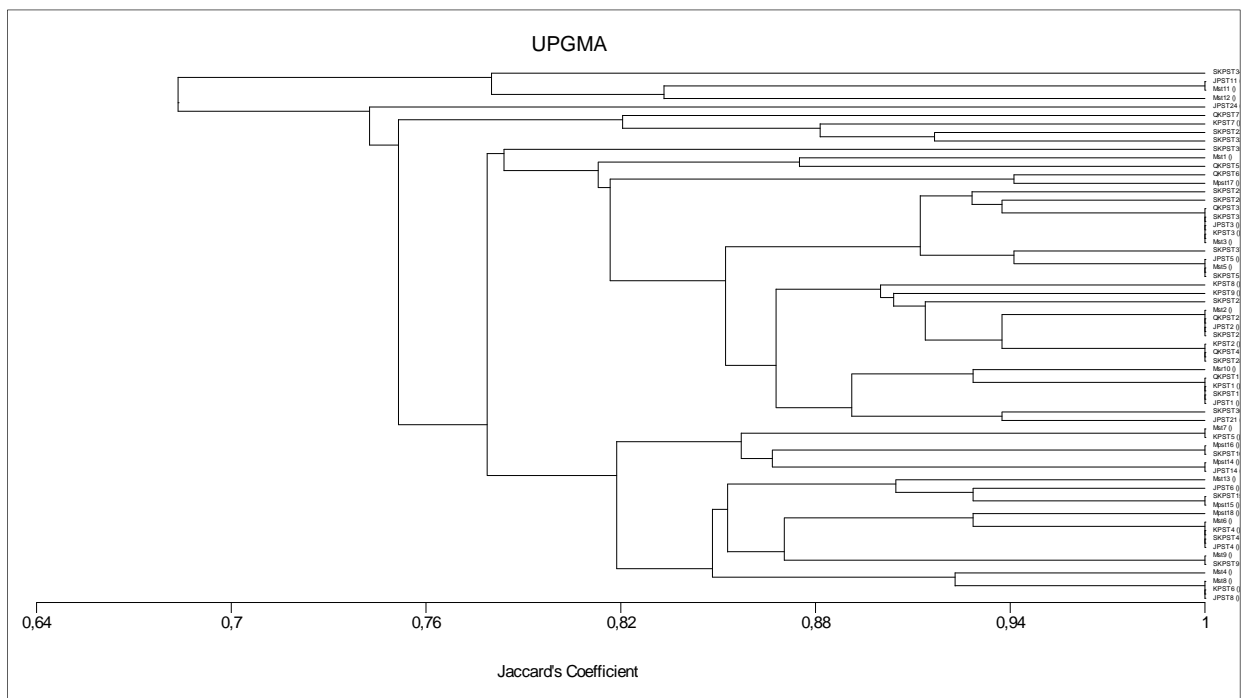


Figure 1. Dendrogram of similarity of yellow rust isolates of different origin base on virulence data

Thus, the virulence diversity of yellow rust population, distributed in Georgia is low, despite their distribution in different zones. It may be due to the fact that there are very little sowings of wheat in Georgia (50-60 thousand ha and separate commercial fields, about 2-30 ha), almost the same genotypes are sown, there is no alternate host for pathogen. The diversity, we noted mainly on the isolates from breeding nurseries, may be explain by various genotypes of breeding entries and by drift of genes. Existing diversity of Georgian population and some changes in virulence may be was caused in case somatic recombination of pathogen [Hovmoller...2002:24].

2.2 Wheat yellow rust virulence monitoring by international trap –nurseries

In the framework of Wheat Improvement International program and collaboration with CIMMYT and ICARDA, the international yellow rust trap nurseries -7th IYRTN-13, 8th IYRTN-14 and 9th IYRTN-15 (80 entries each) were sown in 2016-2015 in three locations: Mtskheta, Kobuleti and Tsagveri. Nurseries were consisted of 28 isogenic lines and 52 commercial varieties with known yellow rust resistance genes and some unknown sources of resistance. The samples were tested under natural infection in 2012-2013, 2013-2014 and 2014-2015 vegetation period. According to disease scoring data 42 resistant (R) and 13 moderate resistant genotypes were revealed (Table 9). Two entries had mixed reaction (MR-MS) and other 14 ones were susceptible (S) and moderate susceptible (MS) to pathogen, while the severity of yellow rust on the control variety Morocco varied between 60-100%.

Table 9. Testing of yellow rust trap nurseries under natural infection in 2016-2015

Reaction Type (RT)	Genotype	Resistance gene
Resistance -R	Chinese166, Yr1/6* Avocet S	Yr1
	Kalyansona (S), Heines VII	Yr2
	Vilmorin 23	Yr3a, Yr4a+other,
	Hybrid 46	Yr4,
	Yr5/6* Avocet S, Triticum Spelta (Inter, Yr5)	Yr5
	Heine's Kolben, Heine's Peko	Yr6+
	Reichersberg 42	(W; Yr7+?)
	Compair (S; Yr8)	Yr8,
	Fed.4/Kavkaz , Clement (W; Yr9+Yr2+?)	Yr9
	Yr 15/6* Avocet S	Yr15
	Yr 17/6* AOC	Yr17
	Strubes Dickkopf ,	Yr(W;2-more?)
	Nord Desprez (W; YrND) (Yr W)
	TP1295	Yr25
	YR32/6* Avocet S	YrCV
	Yr 27/6* AOC ATTILA. Ciano 79	Yr 27
	Opata 85	Yr27+Yr18
	Moderate resistance-MR	Suwon92 x Omar,
Yr 8/6* Avocet S PASTOR		Yr8
Moro (W; Yr10)		
Yr 10/6* Avocet S		Yr10
Spalding Prolific(W; YrSP)		
PASTOR		Yr31+

As Table 9 shows, resistance genes: *Yr1* (isogenic line Yr1/6*Avocet S and var. Chinese166), *Yr2* (Kalyansona (S) and Heines VII), *Yr3a* (Vilmorin 23), *Yr4* (Hybrid 46), *Yr 5* (Yr 5/6* Avocet S, Triticum Spelta), *Yr10* (Yr 10/6* Avocet S, Moro) *Yr15* (Yr 15/6* Avocet S), *Yr17* (Yr 17/6* AOC), *Yr25*(TP1295), *Yr32* (Carstens V), *YrSP* (Spalding Prolific, YrSP/6*Avocet S), *YrAR* (Avocet 'R', Inia 66), as well as varieties of foreign breeding: Cham 1, Cham 4, Cham 6, Cham 8, Gobustan, Alamout, Bohouth 6, Gereck 79, Hogenoot, Gun 91, Dustlik, Tatar CM85836-50Y, Suwon92/Omar appeared to be resistant to yellow rust population for

adult plants. They may be use for breeding of new, resistant varieties. However, same genes *Yr2*, *Yr3 a*, *Yr10*, *Yr8*, *Yr9*, *Yr17* were ineffective on seedling stage.

Thus, wheat yellow rust population in Georgia is moderately virulent and consist of nearly 13 genes. Virulence to resistance genes was higher on seedling stage. Nowadays 49 resistance genes to yellow rust are identified [Powel, 2010], and 26 of them were studied in our conditions. The level of virulence of yellow rust population in Georgia has been increased for last 25 years: In 1990s dominant pathotypes were consisted of 3 virulence genes [Naskidashvili....2001], virulence to 10-13 resistance genes was identified before 2009 [Sikharulidze...2009], and in 2013-2016 virulence to 20 resistance genes were described. This may be explaining by fact, that before 90s wheat, mainly, Russian Bezostaya 1, was sown on the more area (300 thousand ha), than today. Later, the spectrum of Russian varieties covered commercial fields have increased, but their genotype was no different from Bezostaya1.

The effectiveness of resistance genes is depending on the composition and virulence of pathogen population [McIntosh...1995]. That is why the virulence structure of yellow rust, predominant pathotypes and effective resistance genes are not same in different countries. For example, in 2011-2015 in Kazakhstan [Рсалиев...2015]; Ziyaev...2011, Kokhmetova... 2010; Yahaoui, 2003], Germany [Flath...2015] and in Canada [Brar...2016], *Yr5*, *Yr 10*, *15*, *24*, *SP*, which are widely used in breeding, were effective, like Georgia [Sikharulidze... 2012; Natsarishvili...2015]. The “Georgian” population of yellow rust is differing from different countries (Spain, Sweden, Lithuania, Latvia, Norway, Denmark, Turkey, Uzbekistan, Ethiopia) by *Yr1* gene, which is ineffective in these countries (www.wheatrust.org.). The pathotype, virulent to *Yr 2, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 17, 18, 25, 32, Sp YrA* and avirulent to *Yr 8* and *Yr27* is common in Turkey. The new, “Warrior” race (*Yr 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 17, 25, 32, Sp, YrvS* revealed in Turkey in 2014 [Mert...2014]. The “Warrior” race, as well as PstS2 race were not detected in Georgia.

3. Studying of yellow rust pathogen population diversity using molecular markers

To determine genetic diversity a total of 35 single spore isolates of *Puccinia striiformis* (Mst1, Mst1a, Mst2, Mst3, Mst4, Mst5, Mst5a, Mst6, Mst7, Mst8, JPST1 JPST2 JPST3, JPST4, JPST4a, JPST5, JPST8, SKPST1, SKPST1b, SKPST2, SKPST3, SKPST3a, SKPST4, SKPST5, SKPST9, QKPST1, QKPST2, QKPST3, QKPST4, QKPST7, QKPST8, KPST1, KPST2, KPST3, KPST33) collected from five geographic zones across Georgia were analyzed using twelve SSR markers (RJ3, RJ4, RJ5, RJ15, RJ18, RJ20, RJ21, RJ22, SUNIP st 05-47, Scaffold 45-273492, SUNIP st 15-30, Scaffold 176-11303). The number and size of amplified fragments were varied with different markers. Only six SSR markers (RJ3, RJ4, RJ18, RJ20, RJ21, RJ22) produced the bands ranged from 70bp to 900bp. In total, 91 amplified products were amplified bands were produced in 35 Pst isolates (Figure 3). 71% of the isolates had the same SSR pattern. Maximum number of bands (6) was produced in ten isolates from Meskheti

zone. Among them there were one 900bp and 470bp size SSR fragments, five 320bp and five 70bp size SSR bands; four 200bp and four 250bp size SSR genotype; Four band with size 320bp, four - with 70bp, three 200bp and three 250bp bands were detected in seven isolates from Javakheti zone. In five isolates out of eight isolates from Shida Kartli zone were detected 320bp and 70bp bands, but in three isolates - 200bp and 250bp fragments. Three isolates from Qvemo Kartli area produced 70bp and 320bp fragments, two isolates -200bp and 250bp fragments and 900bp and 470bp bands were produced in one isolate.

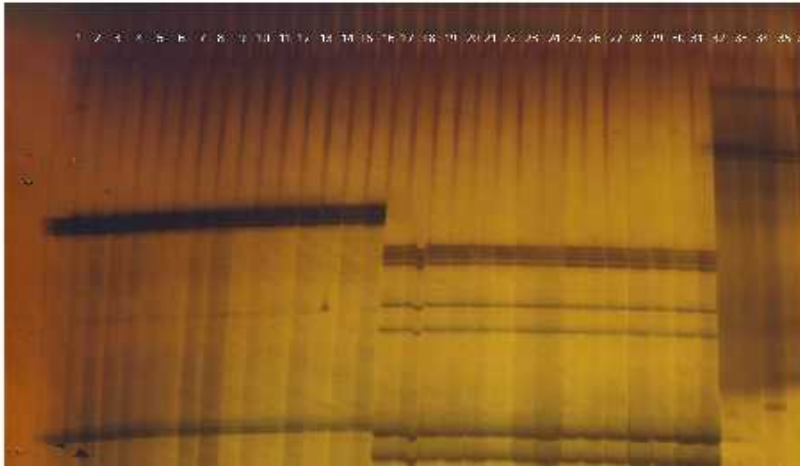


Figure 2. Amplified products by 35 isolates of *Puccinia striiformis f. sp. tritici* using SSR markers

Based on molecular data, high genetic similarity of 0.10 was found among the following isolates: Lowest genetic similarity of 0.46 was observed in isolate. Dendrogram generated based on genetic similarity using simple matching coefficient (SMC) revealed two main clusters (Figure 4). The first cluster showed very high similarity and formed two subclusters. The first subcluster (A1) was created by identical isolates (Mst1, Mst1a, Mst3, Mst4, Mst5, JPST4a, JPST5, JPST8, SKPST1, SKPST1b, SKPST2, SKPST3a, SKPST4, QKPST2, QKPST3, QKPST4, KPST1)). In the second subcluster B the following isolates: Mst2, Mst5a, Mst6, Mst7, JPST3, JPST4, JPST5, JPST8, SKPST3, SKPST5, SKPST9, QKPST7, QKPST8, KPST2, KPST3 grouped together with 0.70 mean similarity.

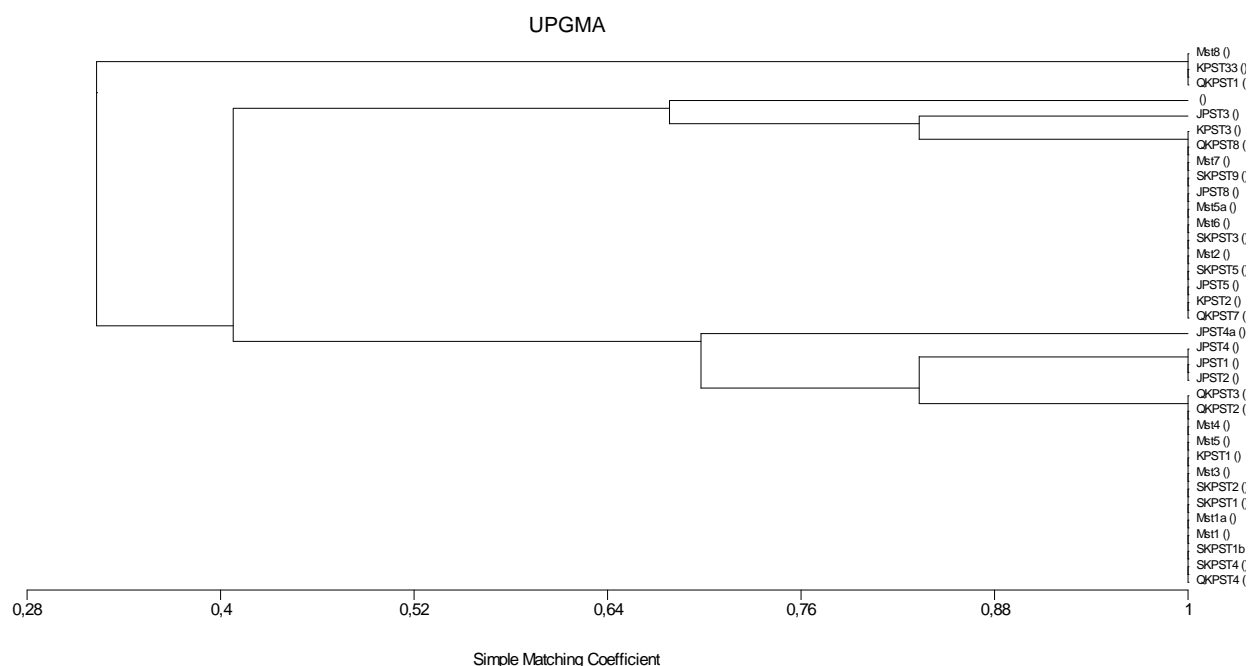


Figure 3. Similarity dendrogram of molecular profiles of 35 isolates *Puccinia striiformis* f. *sp. tritici* of different geographic origin

According to molecular data the level of genetic diversity was low. This leads us to conclude that *P. striiformis* f. sp. *tritici* population is clonal in Georgia. Pair wise comparison show that *Pst* isolates genetic distance is not dependent on year and location collection. The results indicate that molecular diversity is strongly related to the virulence polymorphism among tested isolates. Some researchers reported that genetic variation between isolates of *P. striiformis* collected in USA was not related with their virulence (Chen et.al, 1993; Kosman et.al; 2004). It can be concluded that clustering pattern thus show that contemporary isolates grouped together irrespective of their geographical origin and common virulences. Conclusion of this study are in agreement with those reported by Markell an Milus (2008).

4. Immunological assessment of wheat breeding material

4.1 Evaluation of Wheat International Nurseries resistance to yellow rust Georgian population

The genetic potential, including resistance to different diseases (rusts, Septoria, Powdery mildew of Facultative and Winter Wheat Nurseries -17FAWWON-SA, 19FAWWON-SA and Yielding Nurseries - 20HRWYT, 17IWWYT-IR, 1st-CACWWYT , obtained from CIMMYT and ICARDA, have been studied) in Georgian conditions in 2011-2015.

According to reaction type, disease severity and Coeffeicient of Infection 12 entries (Attila*2/P8-20HRWYT-5, Tacupeto-F2001/6/CNDO-20HRWYT-225, 19FAWWON-SA-79, Kinaci-97, 17IWWYT-IR-9803, Amsel/TUI//... LG-44, 17IWWYT-IR-9803; HBK0935W-24, KR-11 -9043, KR11-003, KR11-014, KR11-015, Shafag 2), resistant to yellow rust were selected (Table 10).

Table 10. Characteristics of resistance level of genotypes, selected from International Nurseries

N	Genotype	Origin	Reaction	CI	AUPDC
1	19FAWWON-SA-79	ICARDA	10MS	8	220
2	Attila*2/P8 -20HRWYT-5	ICARDA	5MR	2	130
3	Kinaci-97, 17IWWYT-IR-	ICARDA	20MR	8	385
4	Tacupeto-F2001/6/CNDO, 20HRWYT-225	ICARDA	R	0.2	22
5	Amsel/TUI//... LG-44	ICARDA	R	0.2	22
6	17IWWYT-IR-9803; HBK0935W-24	ICARDA	R	0.2	22
7	KR-11 -9043	ICARDA	5MR	2.0	42
8	KR11-003	ICARDA	R	0.2	22
9	KR11-9014	ICARDA	R	0.2	22
10	KR11-9015	ICARDA	5MR	2.0	42
11	Shafag 2	ICARDA	R	0.2	22
12	17FAWWON-SA- CUPRA- 1/3/CROC1/AE.SQUARROSA (224)// 2*OPATA/ 4 /PANTHEON		10 MR -MS	8	220

As table 10 shows, six samples (KR11-003, KR11-014, Tacupeto-F2001/6/CNDO- 20HRWYT - 225, Shafag 2, 17IWWYT-IR-9803- HBK0935W-24, Amsel/TUI//... LG-44) showed (R) reaction type, very low Coefficient of Infection (0.2) and AUPDC. Four of entries: KR11-015, KR11-9043, Attila*2/P8 -20HRWYT-5, Kinaci-97, 17IWWYT-IR-9803 had (MR) moderate resistance with Coefficient of Infection between 2-8 and AUDPC - from 42 to 385. Ten advanced breeding lines selected from ICARDA's different nurseries on the base above mentioned characteristics showed adult plant resistance. Two samples gave moderate susceptible reaction type with low severity (10MS) and also with low CI and AUPDC – 2 and 220, respectively.

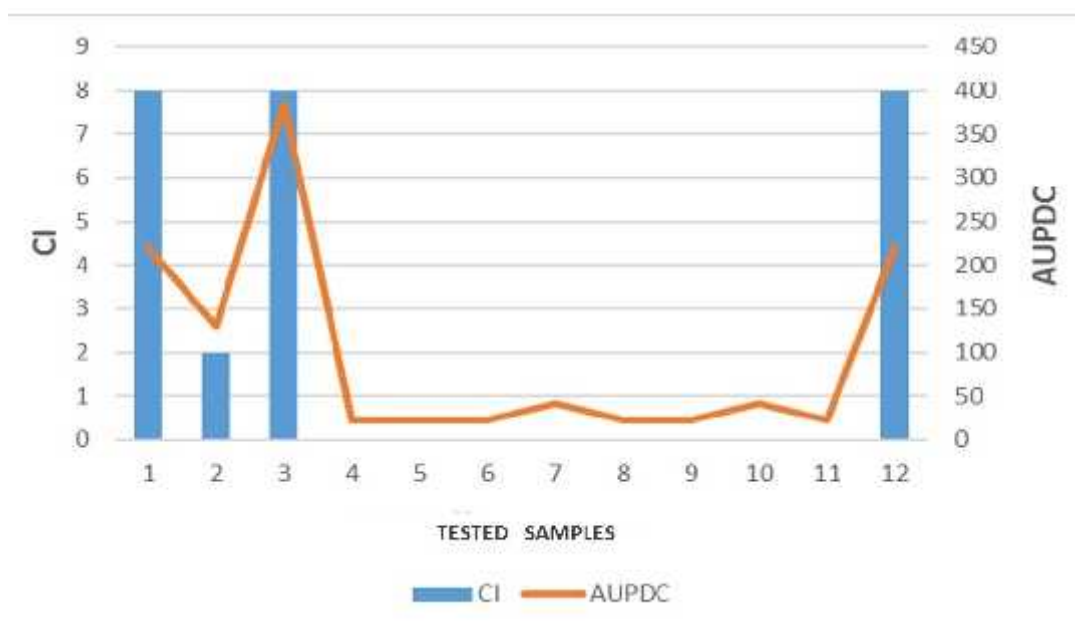


Diagram 8. Coefficients of Infection (CI) and Area Under Disease Progress Curve (AUPDC) for genotypes, selected from International Nurseries

The main characteristics, like spike length, number of grains in spike, 1000 –kernel weight and average yield of selected genotypes were determined at field conditions in 2014-2015. According to these characteristics all of tested genotypes exceeded the standard variety-Bezostaya-1 (Table 11).

Table 11. Analysis of variance for grain yield and yield components of wheat genotypes, selected from International Nurseries at three sites in Georgia

#	Sample	Plant height, cm	Spike length, cm	Number of grains in spike	1000 – kernel weight, (gr)	Average yield, t / ha
1	KR11-9014	95±0.12	9.7±0.16	44.8±0.1	42.5±0.5	5.0±0.14
2	KR-11 -9043	90±0.11	8.6±0.16	48.8±0.11	45.8±0.16	5.4±0.16
3	KR11-003	85±0.09	11.3±2.7	50.6±0.17	44.7±0.2	5.5±0.01
4	Attila*2/P8 -20HRWYT-5	80±0.22	9.8±0.13	49.4±0.9	40.2±0.4	5.0±0.13
5	Kinaci-97, 17IWWYT-IR-9803	90±0.12	10.7±0.08	54.8±0.75	47.1±0.25	5.1±0.19

6	Tacupeto-F2001/6/CNDO, 20HRWYT-225	95±0.12	11.8±0.21	42.2±0.65	45.0±0.18	5.8±0.17
7	Amsel/TUI//... LG-44	85±0.13	9.7±1.2	48.8±0.8	42.8±0.5	5.3±0.1
8	17FAWWON-SA- CUPRA- 1/3/CROC1/AE.SQUARRO SA (224)// 2*OPATA/ 4 /PANTHEON	100±0.18	10.5±2.24	65.5±0.75	48.5±0.09	6.2±0.14
9	Bezostaya-1 (check)	90±0.005	7.8±0.11	37.8±0.05	40.5±0,61	4.1±0.12
		LSD ₀₅ –1.6	LSD ₀₅ –1.6	LSD ₀₅ –1.6	LSD ₀₅ –0.9	LSD ₀₅ – 1.7
				LSD ₀₁ –2.2	LSD ₀₁ –1.3	LSD ₀₁ – 1.9

In accordance to dispersal analysis data (one –way ANOVA), $F_{\text{actual}} > F_{\text{theoretical}}$, that means these values in replications were substantially different. The spike length varied from 8.6 to 11.8 cm and at 95% confidence level the Least Significant Difference (LSD₀₅) was 1.6, and LSD₀₁=2.2 - at 99% confidence level. Number of grains in spike was also varied in genotypes from 42.12 to 65.5 and the Least Significant Difference at 95% confidence level (LSD₀₅) was 0.9, but at 99% confidence level (LSD₀₁) - 1.3. 1000-kernel weight and average yielding of genotypes were also different and varied from 40.2-48.5 gr and 4.1-6.2 t/ha, respectively. Accordingly, the Least Significant Difference at 95% confidence level (LSD₀₅) was 1.7 and 0.4 and at 99% confidence level (LSD₀₁) - 1.9 and 0.6, respectively.

The data analyses of ecological testing results of above mentioned nine varieties were done using a two-way ANOVA to estimate the effect of two factors – Geographic zone and Genotype on the yield and yield components. Experiments (in four replicates) were conducted in three sites: Meskheta (Akhaltsikhe), Javakheti (Akhalkalaki) and Shida Kartli (Mtskheta, Tsilkani). ANOVA for main characteristics (spike length, number of grains in spike, 1000 –kernel weight and yield) showed that the effects of genotypes were statistically significant at all locations. The effects of geographical zones were not statistically significant.

As results the trials' data analysis the genotype - CUPRA-1/3/CROC1/AE.SQUARROSA (224)//2*OPATA/ 4 /PANTHEON have been selected as improved wheat variety for official release in Georgia and has been registered by “Sakpatenti” (National Intellectual Property Centre) as a new variety “Lomtagora 143”.

Wheat variety Lomtagora 143 is a bread wheat (*Triticum aestivum* L) variation (var. *lutescens* (Alef.), with red grains, without awns; After a multiple cross (CUPRA-1/3/CROC1/AE SQUARROSA) it has been selected from 17FAWWON-SA nursery. Variety Lomtagora 143 is characterized by great emergence, strong root system and good tillering.

The number of well-developed productive spikes is 570-580 on 1m²; The maximum height of plant is 100cm; It is lodging resistant and easy to trash and is suitable for mechanical harvesting; Spikes are beige, 10.5 cm length with 20 good-developed spikelets and 65-70 red, hard grains in each spike; 1000- kernel weight is 45 gr; The average yield of Lomtagora 143 is 6.5 t/ha. It is recommended to produce in Kartli, Meskheti and Javakheti regions.

4.2. Testing of resistance level of introduced wheat varieties to yellow rust and revealing of resistant genotypes

The resistance to rusts of 67 wheat varieties, introduced by Georgian Ministry of Agriculture from Austria, Russia, Germany and Kazakhstan was tested under artificial infection at seedling and adult plant stages in Kobuleti, at the Phytopathology and Biodiversity Institute's research plot. Significant number of resistant varieties - Diego, Amandus, Amicus, Balitus, Galus, Fidelius, Lucullus, Lupus, Urbanus, Asano, Premio, Amabelo were revealed. The severity of yellow rust was high (60-90%) on Russian susceptible varieties: Tanya, Sila, Krasnodarskaya 99, Steklovidnaya 24, Yubileinaya 60 and Bezostaya 1(check) was high(60-90%), accordingly, CI(48-90), AUPDC(750-1335 and rAUPDC (36.8-65.4) were also high. (Table 12).

Table 12. Testing of resistance of introduced wheat varieties on artificial infection

N	Sample	Origin	Reaction	Coefficient of Infection (CI)	AUPDC	rAUDPC
1	Bezostaya 1 (standart)	Russia	90S	90	1335	65.4
2	Krasnodarskaya 99 (standart)	Russia	80S	80	1225	60.0
3	Tanya	Russia	80S	80	1230	60.3
4	Sila	Russia	80S	80	1050	51.5
5	Diego	Germany	60MS	48	750	36.8
6	Amandus	Austria	R	0.2	22	1.1
7	Amicus	Austria	R	0.2	22	1.1
9	Balitus	Austria	R	0.2	22	1.1
10	Galus	Austria	R	R	R	R
11	Fidelius	Austria	R	R	R	R
12	Lucullus	Austria	R	R	R	R

13	Lupus	Austria	R	0.2	22	1.1
14.	Urbanus	Austria	R	R	R	R
15	Amebelo	Austria	R	R	R	R
16	Asano	Austria	R	R	R	R
17	Premio	Austria	R	0.2	22	1.1
18	Steklovidnaya 24	Russia	60 MS	60	860	42.2
19	Yubileinaya 60	Russia	60 MS	60	860	42.2

Despite the most of Austrian varieties were resistant to yellow rust, only three varieties – Amandus, Fidelius and Lucullus were selected by breeders of Scientific-Research Center of Agriculture on the base of good agronomical characteristics for producing in Georgia.

The results of evaluation of 30 Kazakhstan varieties resistance under artificial infection showed that eighteen of them – Almaly, Alatau, Akbiday, Batagoz, Jalin, Karasay, Koku, Maira, Manshuk, Mereke70, Naz, Mereke 75 are susceptible to “Georgian” population of Yellow rust. The most of susceptible varieties had high disease severity (50-80%); Seven varieties – Rausin, Faraby, Raminal, Ramin, Progress, Zhetisu and Egemen showed moderate resistance (MR) with 1-5% of severity and five varieties (Alikhan, Alia, Zhadira, Anara, Tungish) appeared to be very resistant (R) with no symptoms of disease.

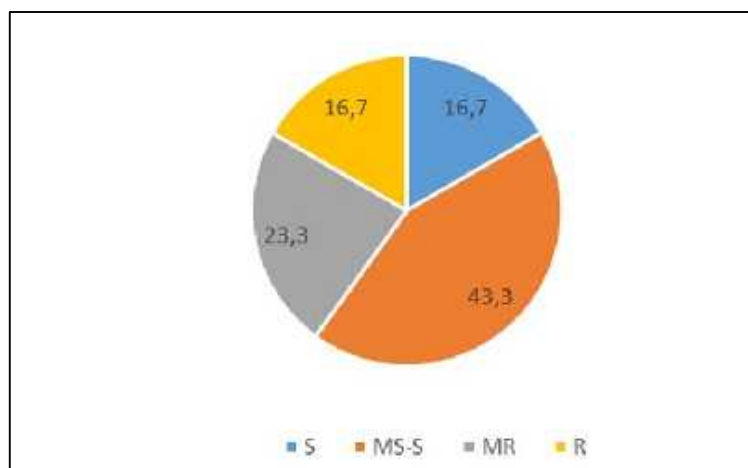


Diagram 9. Share of Kazakh varieties (%), resistant and susceptible to Georgian population of yellow rust

As diagram 9 shows, 16.7% and 43.3% of Kazakhstan varieties were susceptible and moderate susceptible to yellow rust, respectively, but 16.7% and 23.3% of varieties were resistant and moderately resistant, respectively.

4.3 Evaluation of resistance of local germplasm

The responses of fifty-two wheat genotypes including wheat species, domestic landraces and introduced entries from different international nurseries to stripe rust Georgian population at seedlings and adult plant stages were studied. High level (R, MR) of juvenile and adult resistance to the disease was detected in nearly all tested species and subspecies: *Triticum monoccoccum* (var. *laetissimum* Korn), *Triticum timopheevi* (var. *tipicum* Zhuk-var. *viticulosum* Zhuk), *Triticum dicoccum* (var. *farrum*), *Triticum carthlicum* Men (var. *fuliginosum* Zhuk), *Triticum carthlicum* Men (var. *stramineum* Zhuk), *Triticum macha* Dek et Men (var. *megrelicum* Men), *Triticum macha* Dek et Men (var. *colchicum*), *Triticum macha* Dek et Men (var. *palaeo-imereticum*), *Triticum spelta* (var. *dekaprelevichi* Dorof.) *Triticum durum* Desf. and *Triticum compactum* Host (var. *icterinum*).

It is known that wheat landraces have been widely used in breeding of wheat as they represent rich sources of genes conferring resistance to diseases. The Georgian wheat landraces, including five endemic species, subspecies and varieties were also widely used in wheat breeding programs in many countries of the world and in Georgia as well [Тыришкин ...2011]; McIntosh...1998; Kerber...1990; Dekaprelevich, 1961]. For example, *Tr.timopheevi*, *Tr. macha* and *Tr.monoccoccum* are widely known, as the best sources of resistance to fungal diseases and many good varieties have been created on their basis [Brown-Guerda...1996; Tomerlin...1984; McIntosh...1971; Nyquist, 1962]. *Tr. ibericum* is a resistance source to yellow and brown rusts [Dekaprelevich...1976]. Many varieties of Georgian breeding (Vardzia, Bagrationi, Mukhrani, Deda, Motsinave) have derived from local landraces (Dika, Khulugo, Dolis Puri) [Naskidashvili, 1983].

The most of old local varieties tested under artificial infection (Kakhuri datotvili, Akhaltsikhis Tseteli Doli, Tseteli doli, Dolura, Dolis Puri 18/46, Dolis Puri 35/4. Korboulis Dolis Puri, Moklegeroiani Tseteli Doli, Lagodekhis grzeltavtava, Bagrationi, Mukhrani, Tbilisuri 5, Armazi 2, Motsinave, Armazi 3, Khulugo, Adgilobrivi Tseteli Doli, Bagrationi mskhviltavtava, Vardzia, Sauli 9, Tbilisuri 15 and Almasi) was susceptible to yellow rust. Varieties Javakhetis dika, Tetri ifkli, Tetri dika, Shavpkha, Dika and kolkhuri asli showed resistance and moderate resistance. However, severity of yellow rust was lower on some local susceptible varieties (Dolura, Dolis Puri18/46, Adgilobrivi Dolis Puri18/46, Moklegeroiani Tseteli Doli, Deda) in comparison with the check variety – Bezostaya 1 (Table 13).

Table 13. Resistance of wheat species and local genetic resources to yellow rust artificial infection.

N	Genotype name	Genotype Latin Name	Reaction type to yellow rust	Incidence of yellow rust, %	Severity of yellow rust,%
1	Gvatsa Zanduri	<i>Tr.monoccoccum</i>	R	0	0
2	Chelta Zanduri	<i>Tr.timopheevi</i>	R	0	0

3	Makha	<i>Triticum macha</i> <i>Dek et Men</i>	MR	1	1
4	Kolkhuri Asli	<i>Tr.georgicum</i>	MR	1	1
5	Dika	<i>Tr.ibericum Men</i> <i>Var.fuliginosum</i> <i>Zhuk</i>	MR	1	1
6	Shavpkha	<i>Triticum durum</i>	MR	1	4
7	Tetri dika	<i>Tr.ibericum Men</i> <i>Var.stramineum</i> <i>Zhuk</i>	MR	40	10
8	Adgilobrivi Dolis Puri	<i>Tr.aestivum</i>	MR- MS	1	1
9	Moklegeroiani Dolis Puri	<i>Tr.aestivum</i>	MS	5	5
10	Deda	<i>Tr.aestivum</i>	MR-1MS	10	5
11	Tetri Ipkli	<i>Tr.aestivum</i>	R	0	0
12	Bagrationi Mskhviltavtava	<i>Tr.aestivum</i>	MS	5	5
13	Javakhetis dika	<i>Tr.ibericum Men</i> <i>Var.fuliginosum</i> <i>Zhuk</i>	R	0	0
14	Bezostaya 1 (check)	<i>Tr.aestivum</i>	MS	100	60

Thus, the results of our study showed that a majority of tested accessions had high and moderate resistance to Georgian population of stripe rust. The results of this study also support the fact, that nowadays the wild relatives could be valuable sources of resistance to the stripe rust races in our country (McIntosh et al., 1998; Kerber & Dyck, 1990; Dekaprelevich, 1961:17-30;). This research results could be useful for the national and international breeding programs in either further evaluation the stripe rust resistant lines for varietal identification or using them as parents in the crossing.

5. Testing of biological agents to control yellow rust.

5.1. Testing of bio-preparations.

5.1.1. Effect of preparations on spore germination of *Puccinia striiformis* and treated wheat seedlings

Five microbiological preparations: Phytocatena (*Pseudomonas Fluorescens* BA), Biocatena (*Trichoderma lignorum* BA), Agrocacatena (*Bacillus subtilis*) and Phytosporin-M (*Bacillus subtilis*) have been tested to determine their biological efficacy for controlling wheat yellow rust. Their inhibitory effect on spore germination of *Puccinia striiformis* was tested in - vitro conditions and fungicide efficacy of Phytosporin-M on pathogen incubation period, wheat seedlings reaction type and disease severity was tested in the greenhouse conditions by foliar spray applications. According to producer's recommendations for each treatment a concentration of 0.5% water solution of preparations was used in vitro test with four replications for 12 and 24 hours.

Table 14. Effect of preparations on the pathogen incubation period, disease severity and reaction type

Preparation	Active substance	Reaction Type (points)	Infection Type	Incubation period
Phytosporine-M	<i>Bacillus subtilis</i> BA	3-; 2+	MS-MR	16
Phytocatena	<i>Pseudomonas Fluorescens</i> BA	3-4	MS	15
Biocatena	<i>Trichoderma lignorum</i> BA	3-4	MS-S	15
Agrocacatena	<i>Bacillus subtilis</i>	4	MS-S	15
Negative control	Disstilled water	4	S	15

Results of performed tests showed that biological effectiveness of Phytocatena, Biocatena, Bactofert and Agrocacatena was very low. Particularly, incubation period (15 days) for yellow rust and MS and S susceptible reactions were the same on both – the treated seedlings and check susceptible wheat variety Morocco; In contrast, resistant (MR) reaction and incubation period in 6 days were scored on the treated plants by Phytosporine-M (Table 14). The majority of tested preparations: Phytocatena, Biocatena and Agrocacatena were ineffective inhibitors for urediniospore germination of *Puccinia striiformis*. The average value of

germinated spores was ranged between 91.3-93.8%, and disease severity - 92.5 - 93.8%. The most effective in this regard was Phytosporin –M: spore germination in its solutions was $69.0\pm 0,7\%$ and disease severity on the wheat seedlings, treated by these preparations were $71.3\pm 3.1\%$; Spore germination and disease severity was about 96.8% and 96.3% on negative control and check variety, respectively (Table 15).

Table 15. Effect of preparations on spore germination of *Puccinia striiformis*, (%)

Preparate name	Active substance	Spore germination, %	Biolog. efficacy, %	Disease severity, %	Biolog. efficacy, %
Phytosporin-M	<i>Bacillus subtilis</i> BA	$69.0\pm 0,7^*$	28.7	$71.3\pm 3.1^*$	25.9
Phytocatena	<i>Pseudomonas fluorescens</i> BA	$94.2\pm 1,9^*$	2.7	$93.8\pm 2.9^*$	2.6
Biocatena	<i>Trichoderma lignorum</i> BA	$93.8\pm 1,3^*$	3.0	$92.5\pm 1.3^*$	3.9
Agrocatena	<i>Bacillus subtilis</i>	$91.3\pm 1,3^*$	5.6	$92.5\pm 1.3^*$	3.9
Control	Disstil.water	96.8 ± 0.8	-	96.3 ± 1.3	
		LSD ₀₅ =5.04 LSD ₀₁ =6.9		LSD ₀₅ =4.4 LSD ₀₁ =5.8	

Data were evaluated by one-way ANOVA test. According to statistical analyzed data the Least Significant Difference at 95% confidence level (LSD₀₅) for spore germination was 5.04, and at 99% confidence level- LSD₀₁=6.9; For disease severity - LSD₀₅=4.4 and 99% LSD₀₁=5.8. Biological effectiveness of preparations was varied according to inhibitory effect on spore germination and disease severity between 3.0-28.7% and 4.0-25.9%, respectively. As the Diagram 10 shows, relatively high biological effect had Phytosporin-M (25.9 -26.3%).

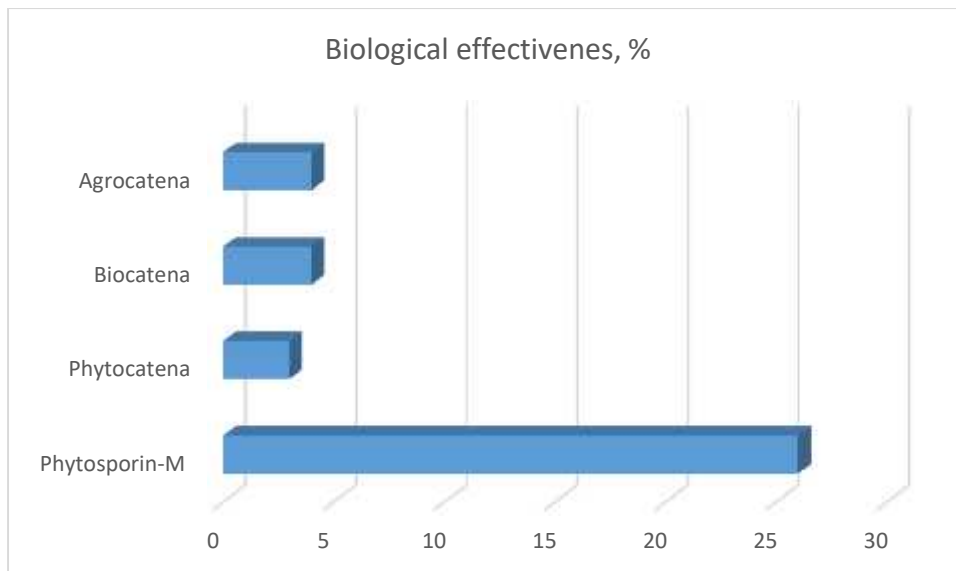


Diagram 10. The biological effectiveness of preparations according to inhibition of uredospore germination and disease severity.

Thus, fungicide activity of preparations Phytocatena, Biocatena and Agrocatena of yellow rust severity on wheat seedlings was very low. Relatively high protective effect showed Phytosporin-M and Bactofert compared to other preparations and check in-vitro, as well as in greenhouse tests.

5.1.2. Effect of foliar spraying of Phytosporin-M on wheat yield components under field conditions

The effect of foliar spraying of Phytosporin-M on yellow rust development (type of infection, incubation period, disease severity) and wheat yield components was studied under field conditions.

Data in Table 16 indicated that the application of one spray of Phytosporin-M-water solution (0.2% concentration) significantly increased the disease incubation period to 18 days compared to untreated control (15 days), however, this value was less, then for positive control. The mean severity of yellow rust on wheat reduced (63.8%) compared with the negative untreated control (85%) and mixed infection type - MR-MS was recorded on the plants. But the fungicide Altosuper was more effective (mean severity on plants, treated by Altosuper was 45%). Phytosporin-M improved the 1000-kernel weight and mean yield by 41.8 gr and 395 gr/m² increase over the untreated control (1000-kernel weight – 39.8%, average yield- 336 gr/m²) respectively. But efficiency of Phytosporine-M was less than the fungicide Altosuper improving the 1000-kernel weight and mean yield by 50.0 gr and 457 gr/m². respectively. Accordingly, efficacy of Phytosporin-M (14.8%) was also less than efficiency of positive control Altosuper (25.8%).

Table 16. Effect of foliar spraying of Phytosporin-M on yellow rust development and wheat yield components under field conditions

Preparation	Milk stage		Disease severity, %	1000-kernel weight, gr	Yield, gr/m ²	Efficacy, %
	Incub. Period, days	IT				
Phytosporin-M, 0.2%	18	MR-MS	63.8±4.8*	41.8±0.7*	395±12.9	14.8
Positive control (Altosuper)	21	MR	45.0±5.8*	50.0±0.4*	457.5±17.1*	25.8
Negative control (untreated)	15	S	85.0±5.8*	39.8±0.3*	336.3±25.6*	-
			LSD ₀₅ =12.4 LSD ₀₁ =17.9	LSD ₀₅ =1.13 LSD ₀₁ =1.6	LSD ₀₅ =43.6 LSD ₀₁ =62.7	

Thus, despite the antimicrobial effect of Phytosporin-M was less, than fungicide Altosuper, the use of its 0.2% solution is recommended when the first symptoms of yellow rust are visible in the field.

5.2 Screening of plant extracts for fungicide activity against yellow rust of wheat

The efficacy of seven extracts of native and exotic Dendron plants growing in Adjara (*Abies nordmanniana*, *Buxus colchica*, *Corylopsis pauciflora*, *Corylopsis sinensis*, *Corylopsis spicata*, *Eucalyptus cinerea*, *Hamamelis mollis*), *Stevia rebaudiana* and *Allium cepa* have been investigated for controlling wheat yellow rust in vitro and in vivo conditions (Table 17).

In vitro, treating of *Puccinia striiformis* urediniospores with extracts of *Abies nordmanniana*, *Buxus colchica* and *Corylopsis pauciflora* significantly inhibited spore germination, percent of germination spores varied between from 1.7% to 10.0% depending on extracts used and different dilutions (1:1, 1:5, 1:10). Accordingly, their efficacy was between 85.0 – 93.3%. Especially high efficacy (100%) had Onion (*Allium cepa*) and Stevia (*Stevia rebaudiana*) extracts. Efficacy of *Eucalyptus cinerea*, *Corylopsis spicata* and *Hamamelis mollis* extracts was low (20-36.8%).

Table 17. Effect of plant extracts on spore germination of *Puccinia striiformis*

Plant species	Germination, %			Biological efficacy,%		
	Concentration, %			Concentration, %		
	1:1	1:5	1:10	1:1	1:5	1:10
<i>Abies nordmanniana</i>	5.3 ±1.03	1.7±1.5	9.4±0.8	89.7	93.3	85.6
<i>Buxus colchica</i>	5.1±0.2	6.4±0.8	10±1.2	89.9	88.6	85.0
<i>Corylopsis pauciflora</i>	5.3 ±1.03	4.3±0.3	10±1.2	89.7	90.7	85.0
<i>Corylopsis sinensis</i>	73.3±1.6	66,6±3.3	70.0	21.7	28.4	25.0
<i>Corylopsis spicata</i>	70.0	68.3±1.7	70.0	25.0	26.7	25.0
<i>Eucalyptus cinerea</i>	64.2±0.8	58.3±	70.0	31.6	36.8	26.3
<i>Hamamelis mollis</i>	60.0	66.6±3.3	75±2.9	35.0	28.4	20.0
<i>Allium cepa</i>	0	0	0	100	100	100
<i>Stevia rebaudiana</i>	0	0	0	100	100	100
Negative control (distilled water)	95%					

The plant extracts were also evaluated for their efficacy in controlling yellow rust using foliar spray application on wheat seedlings in the greenhouse. For each treatment, the highly susceptible variety Morocco was used.

Among all extracts tested, extracts of *Abies nordmanniana*, *Buxus colchica* and *Corylopsis pauciflora* had were the most effective treatment and recorded 40-65% disease severity with moderate resistance and 2 days' incubation period. Other extracts (*Corylopsis sinensis*, *Corylopsis spicata*, *Eucalyptus cinerea* and *Hamamelis mollis*) appear to be less effective: susceptible reaction type, the incubation period (14 days) and disease severity (60-70%) on the treatments was nearly same to negative control (Table 18).

Table 18. Effect of plant extracts on yellow rust incubation period and reaction type

#	Extract name	Incubation period (days)			Reaction type and Severity (%)		
		Concentration, %			Concentration, %		
		1:1	1:5	1:10	1:1	1:5	1:10
1.	<i>Abies nordmanniana</i>	16	17	17	20 MR	5 MR	5 MR
2.	<i>Buxus colchica</i>	16	16	16	30 MR	10 MR	5 MR
3.	<i>Corylopsis pauciflora</i>	16	16	16	30 MR	15 MR	5 MR
4.	<i>Corylopsis sinensis</i>	14	14	14	65 MS	65 MS	65 MS
5.	<i>Corylopsis spicata</i>	14	14	14	70 MS	65 MS	65 MS
6.	<i>Eucalyptus cinerea</i>	14	14	14	65 MS	70 MS	70 MS
7.	<i>Hamamelis mollis</i>	14	14	14	65 MS	65 MS	60 MS
8.	Negative control (distil. water)	14			80 MS		

Thus, among preparations, that were tested, Phytosporin-M has the average fungicide effect and it could be recommended for using as a prophylactic measure. Research of extracts with high antimicrobial effect against yellow rust should be continued for understanding of mechanism of disease suppression.

Biological control of wheat rusts and other pathogens by using plant extracts is an advanced and risk-free alternative way of plant disease management. Many plant extracts are known to control of plant diseases [Joseph...2008; Jarvis, 1988]. It is evident from several articles that plant extracts are effective biocontrol agents against wide range plant pathogens including rusts [Shabana...2017; Naz, 2014; Sheroze...2003; Hofferek, 1984]. The plant extracts (*Hamamelis japonica Sieb. et Zucc.*, *Hamamelis virginiana L.*, *Hamamelis mollis Oliv.*, *Myrtus communis*, *Liquidambar styraciflua L.*, *Corylopsis pauciflora Sieb. et Zucc.*, *Buxus colchica Pojark.*) used in this study showed high antibacterial efficacy against bacteria *R. Solanacearum* [Muradashvili... 2016].

Conclusions

1. In 2012-2015 incidence and severity of wheat yellow rust was low in all investigated geographical zones of Georgia;
2. Two pathotypes - PstG1 (virulent to *Yr2*, *Yr 3*, *Yr 3a*, *Yr 6*, *Yr 7*, *Yr 8*, *Yr 9*, *Yr11*, *Yr17*, *Yr18*, *Yr SK*, *Yr JR*, *Yr JS*, *Yr AS*) and PstG2 (virulent to *Yr2*, *Yr 3*, *Yr 3a+*, *Yr 6*, *Yr 7*, *Yr 8*, *Yr 9*, *Yr 10*, *Yr11*, *Yr17*, *Yr18*, *Yr SK*, *Yr JR*, *Yr JS*, *YrAS*) were the predominant in the population of yellow rust in Georgia;
3. Wheat yellow rust resistance genes *Yr1*, *Y3a+4a*, *Yr5*, *Yr11*, *Yr15*, *Yr24*, *Yr27*, *Yr25*, *Yr 26*, *Yr28*, *Yr31*, *Yr CV*, *Yr NP*, *Yr JR* and *Yr SP* were high effective at seedling and adult plant stages;
4. The virulence structure of yellow rust population did not change significantly by years and zones.
5. Genetic and molecular analysis of yellow rust population confirmed that the single urediniapopulation is distributed across wheat growing areas of Georgia.
6. Endemic wheat species- Gvatsa Zanduri (*Tr.monococcum (Var.laetissimum Korn)*), Chelta Zanduri (*Tr.tomopheevi*), Makha (*Triticum macha Dek et Men*), Kolkhuri Asli (*Tr.ibericum Men Var.fuliginosum Shuk*), Dika (*Tr.ibericum Men Var.fuliginosum Shuk*) and old varieties - Shavphkha, Javakhetis Dika, Bagrationi Mskhviltavtava, Tetri Dika, Shavi Dika, Tetri Ipkli, Lagodekhis Grdzeltavtava, Adgilobrivi Dolis Puri, Moklegeroiani tsiteli doli - have been selected as the best donors of resistance to yellow rust.
7. The genotype CUPRA-1/3/CROC1/AE.SQUARROSA (224)//2*OPATA/ 4 /PANTHEON was selected from International Facultative Wheat Nursery (17FAWWON-SA), which has been registered by "Sakpatenti" (National Intellectual Property Centre) as new variety Lomtagora 143.
8. Good fungistatic effect of biopreparation Phytosporin-M and extracts of *Corylopsis pauciflora*, *Abies nordmanniana* and *Buxus colchica* was revealed.

Recommendations

1. Monitoring of yellow rust virulence should be continued to predict the epidemic of disease
2. Identified effective resistance genes and their combinations, selected endemic species and landraces should be used in local and international breeding programs, as the best donors of resistance to yellow rust.
3. The new wheat variety Lomtagora 143 is recommended to produce in Kartli, Meskheti and Javakheti areas.
4. Research of plant extracts with high fungicide efficacy should be continued for studying of plant defense mechanisms against yellow rust.

Publications

1. K.Natsarishvili, Z. Sikharulidze, G. Chkhutiashvili, K. Sikharulidze. ASSESSMENT OF RESISTANCE OF LOCAL AND INTRODUCED VARIETIES AND BREEDING LINES TO GEORGIAN POPULATION OF WHEAT STRIPE RUST. Biological Forum-International Journal, ISSN No.(Print)0975-1130, ISSN No. (Online): 2249-3239,8(2): 60-64, 2016.
2. K. Natsarishvili, Z. Sikharulidze, T. Tsetskhladze. Monitoring of variability wheat rust pathogens by International Trap Nurseries. 2016. Biological Forum-International Journal, ISSN No.(Print)0975-1130, ISSN No. (Online): 2249-3239, 8(2): 01-03
3. Z. Sikharulidze K. Natsarishvili, R. Dumbadze, L. Mgeladze, T. Tsetskhladze. 2015. Monitoring of Cereal rusts in Georgia in 2009-2013. Biological Forum-International Journal, 7(1):721-725; Online ISSN. No.2249-3239 <http://researchtrend.net/bf12/118%20DR%20Z.%20SIKHARULIDZE.pdf>
4. *К.Т.Нацаришвили, З.В.Сихарулидзе, Г.А.Чхутиашвили, К.Т. Сихарулидзе.* Вирулентность желтой ржавчины пшеницы и оценка устойчивости пшеницы к желтой ржавчине в Грузии. Международная научно-практическая конференция "Защита зерновых культур от болезней, вредителей, сорняков: достижения и проблемы" Большие Вяземы, Московской области, 5-9 Декабря, 2016. Сборник трудов, стр. 106-110
5. *К.Т.Нацаришвили, З.В.Сихарулидзе.* Развитие жёлтой ржавчины пшеницы в Грузии. Международная научно-практическая конференция "Современные системы и методы фитосанитарной экспертизы и управления защитой растений" Большие Вяземы, 23-27 ноября 2015 г. Сборник трудов, стр. 156-162
6. *З.В.Сихарулидзе, К.Т.Нацаришвили, Л.А. Мгеладзе.* Популяционно-генетические исследования возбудителей ржавчин пшеницы в Грузии. Международная научно - практическая конференция, посвященная 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова, Большие Вяземы, Московской области, 17-21 июля, 2012, Сборник трудов, ст. 80-86