

მსხლის ქართული ჯიშების და მათი ველური წინაპრის - პანტის (*Pyrus caucasica* Fed.) მრავალფეროვნების და მოშინაურების პროცესის
შესწავლა.

ზეზვა ასანიძე

სადისერტაციო ნაშრომი წარდგენილია ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისა და საინჟინრო ფაკულტეტზე სიცოცხლის
შემსწავლელ მეცნიერებათა დოქტორის აკადემიური ხარისხის მინიჭების
მოთხოვნების შესაბამისად

სიცოცხლის შემსწავლელ მეცნიერებათა
სადოქტორო პროგრამა

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: მაია ახალკაცი,
ბიოლ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი



ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი
თბილისი, 2015

ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისა
და საინჟინრო ფაკულტეტის დეკანს,
პროფესორ დავით თარხნიშვილს,
ამავე ფაკულტეტის დოქტორანტის
ზეზვა ასანიძის

განაცხადი

როგორც წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის - „მსხლის ქართული
ჯიშების და მათი ველური წინაპრის - პანტის (*Pyrus caucasica* Fed.)
მრავალფეროვნების და მოშინაურების პროცესის შესწავლა“ ავტორი, ვაცხადებ, რომ
ნაშრომი წარმოადგენს ჩემს ორიგინალურ ნამუშევარს და არ შეიცავს სხვა ავტორების
მიერ აქამდე გამოქვეყნებულ, გამოსაქვეყნებლად მიღებულ ან დასაცავად
წარდგენილ მასალებს, რომლებიც ნაშრომში არ არის მოხსენიებული ან ციტირებული
სათანადო წესების შესაბამისად.

ზეზვა ასანიძე

07/20/15

მადლობა

სადოქტორო კვლევის პროექტის განხორციელების და თეზისის მომზადების პროცესში დახმარებისთვის მადლობას ვუხდით:

ჩემს მიერ შესრულებული სადოქტორო კვლევის სამეცნიერო ხელმძღვანელს, პროფესორ მაია ახალკაცს კვლევით ჯგუფში ჩართვის, კვლევის პროცესისთვის სწორი მიმართულების მიცემის, პუბლიკაციებში თანაავტორობის და ყველა რეკომენდაციისთვის, რამაც დაგეგმილი სადოქტორო კვლევის განხორციელება რეალური გახდა.

პროფესორ დავით თარხნიშვილს რეკომენდაციების მოცემისთვის, რაც მნიშვნელოვნად დამეხმარა გენეტიკური კვლევის მონაცემების გაანალიზებაში და ინტერპრეტაციაში.

პროფესორ ოთარ აბდალაძეს ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის ეკოლოგიის ინსტიტუტში მცენარეთა ეკოლოგიის კვლევით ჯგუფში თანამშრომლად მიწვევისთვის, რამაც ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საფუძველი შექმნა ჩემი სადოქტორო კვლევის განხორციელებისთვის.

სადოქტორო კვლევის პროექტის პროსპექტუსის რეცენზენტს, პროფესორ მარინე მოსულიშვილს. მისი რეკომენდაციების და შენიშვნების საფუძველზე მოწესრიგდა სადოქტორო კვლევის ტაქსონომიური ნაწილი.

პუბლიკაციის Asanidze et al., (2014) უცხოელ თანაავტორებს: გილ ვოლკს, კრისტოფერ რიჩარდსს და ადამ ჰენკს განხორციელებული კვლევის გენეტიკურ ნაწილში კოლაბორაციისთვის.

ასევე მსურს მადლიერება გამოვთქვა დოქტორ მირიან გვრიტიშვილის მიმართ, ვინც კვლევის იდეის ერთ-ერთი ავტორი, მორფოლოგიური მეთოდებით განხორციელებული კვლევის თანაავტორი და ველზე ჩატარებული სამუშაოების დამგეგმავი იყო.

დოქტორ ლევან მუმლაძეს საველე და სტაციონარულ კვლევებში გაწეული დახმარებისთვის.

ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბოტანიკის ინსტიტუტის მცენარეთა გენეტიკური რესურსების კვლევის განყოფილების თანამშრომელს, უფროს ლაბორანტ - ნათია ჩიხელიძეს საველე და სტაციონარულ კვლევებში გაწეული დახმარებისთვის.

სარჩევი

სქემების, ცხრილების და სურათების ჩამონათვალი:.....	3
შემოკლებების ჩამონათვალი:.....	5
რეზიუმე	8
საკვანძო სიტყვები.....	9
თავი 1. შესავალი	12
თავი 2. ლიტერატურის მიმოხილვა.....	16
2.1. მსხლის გვარის კვლევის ისტორია და თანამედროვე სისტემა.....	16
2.2. პალეოლოგიური მონაცემები მსხლის გვარის განვითარებაზე სამხრეთ კავკასიაში	20
2.3. მსხლის გვარის ზოგადი დახასიათება და ფილოგენია.....	26
2.4. მსხლის გვარის გავრცელება.....	31
2.5. მსხლის კულტურის მნიშვნელობა და ისტორია	33
2.6. საქართველოში გავრცელებული მსხლის სახეობები და ადგილობრივი ჯიშები..	35
თავი 3. კვლევის აქტუალობა	41
3.1. კვლევის აქტუალობა ზოგადი თვალსაზრისით.....	41
3.2. კვლევის აქტუალობა საქართველოში	44
თავი 4. მასალა და მეთოდები.....	45
4. 1.მორფოლოგიური ანალიზი.....	45
4.1.1. მცენარეული მასალა მორფოლოგიური კვლევისთვის.....	45
4.1.2. ნიმუშების შეგროვება მორფოლოგიური ანალიზისთვის და საველე კვლევა.....	52
4.1.3. დესკრიპტორული ანალიზი.....	55
4.1.4. მორფომეტრიული მონაცემების სტატისტიკური ანალიზის მეთოდები.....	60
4.2. გენეტიკური კვლევის მეთოდები.....	62
4.2.1. მცენარეული მასალა გენეტიკური კვლევისთვის და მონაცემთა ანალიზის მეთოდები.....	62
4.2.2. საველე ნიმუშების შეგროვების და შენახვის მეთოდი მოლეკულური ანალიზისთვის	69
4.2.3. ნიმუშების მომზადება მოლეკულური შესწავლისთვის.....	72

4.2.4. დნმ-ის ექსტრაქციის მეთოდი.....	73
4.2.5. ექსტრეტირებული დნმ-ის გელ-ელექტროფორეზი	77
4.2.6. პოლიმერაზას ჯაჭვური რეაქცია და გამოყენებული მიკროსატელიტური მარკერები	80
4.2.7. PCR - პროდუქტების გელ-ელექტროფორეზი და სექვენირება	83
4.2.8. გამოუქვეყნებელი გენეტიკური მონაცემები	83
4.3. ნაპრალების ანალიზი (გეპ-ანალიზი)	89
4. 3. 1. ნაპრალების ანალიზის მეთოდი	90
4.3.2. მასალები ნაპრალების ანალიზისთვის	94
თავი 5. შედეგები	95
5.1. მორფოლოგიური კვლევის შედეგები	95
5.2. გენეტიკური კვლევის შედეგები	109
5.3. ნაპრალების-ანალიზის შედეგები	121
თავი 6. განხილვა	125
თავი 7. დასკვნები	138
გამოყენებული ლიტერატურა:	140
დანართი	151

სქემების, ცხრილების და სურათების ჩამონათვალი:

სურათი 1.	თანამედროვე (A) და ნამარხი (B) პანტის (<i>P. caucasica</i>) თესლები.	გვ 22
სურათი 2.	პანტის ფოთლები.	გვ 23
სურათი 3.	მორფომეტრიული ანალიზისთვის გადაღებულ ფოთლების ციფრული ფოტოსურათის ნიმუში	გვ 54
სურათი 4.	გელზე გამომჟღავნებული დნმ-ის ფრაგმენტების მაგალითი	გვ 79
სქემა 1.	აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე დაფიქსირებული აღჩაგილური ფლორის განლაგება.	გვ 24
სქემა 2.	პანტის (<i>P. caucasica</i>) და ტყის მსხლის (<i>P. pyrastrer</i>) არეალების ზოგადი მოდელი	გვ 37
სქემა 3.	ველური მსხლების ნიმუშების შეგროვების ადგილები	გვ 49

	საქართველოში	
სქემა 4.	მორფომეტრიული პროგრამა - Shape 1.3-ით განხორციელებული გარდაქმნა	გვ 58
სქემა 5.	მოლეკულების ფრაგმენტების ზომის ინდიკატორი	გვ 78
სქემა 6.	მსხლის ველური სახეობების და ჯიშების 239 ინდივიდის DFA -ს დისპერსიის სქემები (A, B)	გვ 104-106
სქემა 7.	HCA დენდროგრამა	გვ 110
სქემა 8.	მეზობელ-შემაკავშირებელი დენდროგრამა, (ტაქსონური ჯგუფები)	გვ 111
სქემა 9.	მეზობელ-შემაკავშირებელი დენდროგრამა, (გენეტიკური დისტანციები)	გვ 112
სქემა 10.	პოპულაციათა რაოდენობის ალბათობა.	გვ 114
სქემა 11.	გენოფონდის სტრუქტურული ანალიზის შედეგი.	გვ 116
სქემა 12.	მორფოლოგიურად ვალიდურ ტაქსონებში კლასტერული ანალიზით გამოვლენილი 7 სტრუქტურული ჯგუფის ურთიერთკავშირის ამსახველი დენდროგრამა.	გვ 117
სქემა 13.	საქართველოში შეგროვილი და NCGR მონაცემთა ბაზებიდან აღებული ველური და კულტურული მსხლების ყველა ტაქსონის მეზობელ-შემაკავშირებელი დენდროგრამა	გვ 120
სქემა 14.	პანტების არეალი	გვ 123
ცხრილი 1.	აღზარდილი ფლორის ელემენტები	გვ 24
ცხრილი 2.	ნიმუშებად აღებული მსხლის ჯიშების ნუსხა და შეგროვების ადგილები	გვ 46
ცხრილი 3.	დესკრიპტორული მეთოდით განსაზღვრული მორფოლოგიური ნიშნების ნუსხა	გვ 55
ცხრილი 4.	საქართველოში შეგროვილი ველური მსხლების ნიმუშები, გამოყენებული გენეტიკური კვლევებისათვის.	გვ 62
ცხრილი 5.	გენეტიკურ ანალიზში ჩართული მსხლის სახეობები NPGS კოლექციიდან	გვ 64
ცხრილი 6.	საქართველოში ნიმუშად აღებული მსხლის ჯიშები	გვ 66
ცხრილი 7.	მსხლის ტაქსონების გენეტიკურ ანალიზში გამოყენებული ლოკუსების მახასიათებლები	გვ 79
ცხრილი 8.	NGCPR-ს კოლორადოს ლაბორატორიის მიერ შემუშავებული პოლიმერაზას ჯაჭვური რეაქციის ლაბორატორიული მეთოდი	გვ 82
ცხრილი 9.	კულტურული მცენარეების ველური ნათესავების	გვ 94

	(CWRs) საკონსერვაციო პრიორიტეტულობის ანგარიშის სისტემა	
ცხრილი 10.	ერთ-ფაქტორიანი ვარიანსას ანალიზის შედეგები	გვ 96
ცხრილი 11.	ფოთლის ნაყოფის და ღეროს კატეგორიული (ხარისხობრივი) ცვლადების სტატისტიკური ანალიზის შედეგები.	გვ 98
ცხრილი 12.	ფოთლის და ნაყოფის ოთხი ტაქსონომიურად მნიშვნელოვანი დესკრიპტორული ნიშანის განაწილების სიხშირე	გვ 100
ცხრილი 13.	DFA -ს შედეგები	გვ 102
ცხრილი 14.	239 ინდივიდის კლასიფიკაცია	გვ 103
ცხრილი 15.	გენეტიკური სხვაობა <i>P. caucasica</i> -ს, <i>P. pyraster</i> -ს და <i>P. salicifolia</i> -ს შორის.	გვ 104
ცხრილი 16.	გენეტიკური სხვაობა <i>P. caucasica</i> -ს საქართველოში შეგროვილ და NPGS ბაზიდან აღებულ ნიმუშებს შორის.	გვ 112
ცხრილი 17.	გენეტიკური სხვაობა მსხლის ჯიშებსა და <i>P. caucasica</i> -ს საქართველოში შეგროვილ ნიმუშებს შორის.	გვ 113
ცხრილი 18.	ნაპრალური-ანალიზით <i>P. caucasica</i> -ს შეფასების შედეგები.	გვ 124

შემოკლებების ჩამონათვალი:

თეზისის ზოგადი და მორფოლოგიური ნაწილი:

AFLP - ამპლიფიცირებული ფრაგმენტების სიგრძეთა პოლიმორფიზმი (Amplified fragment length polymorphism)

ANOVA – ვარიანსას ანალიზი (Analysis Of Variance)

CWRs - კულტურული მცენარის ველური ნათესავები (Crop Wild Relatives)

DFA - დისკრიმინანტული ფუნქციების ანალიზი (Discriminant Function Analysis)

GP - გენოფონდი (Gene pool)

HCA - იერარქიული კლასტერული ანალიზი (Hierarchical Cluster Analysis)

IBPGR/BI - მცენარეთა გენეტიკური რესურსების საერთაშორისო საბჭო (International Board for Plant Genetic Resources/Biodiversity international)

IHVO - მეხილეობის, მეღვინეობის და მევენახეობის ინსტიტუტი (Institute of Horticulture, Viticulture and Oenology).

IUCN - გარემოს დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაცია (International Union for Conservation of Nature)

NCGR - ამერიკის ეროვნულ კლონური გენოფონდის საცავი (National Clonal Germplasm Repository).

NPGPR - ამერიკის ეროვნული მცენარეთა გენოფონდის შენარჩუნების და კვლევის მოდული (National Plant Germplasm Preservation Research unit).

NPGS - ამერიკის ეროვნული მცენარეთა გენოფონდის სისტემა (National Plant Germplasm System).

PCA - პრინციპულ კომპონენტთა ანალიზი (Principal Component Analysis)

TBI - თბილისის (ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის) ბოტანიკის ინსტიტუტის ჰერბარიუმის საერთაშორისოდ მიღებული აკრონიმი (Tbilisi Botanic Institute)

TG – ტაქსონური ჯგუფი (Taxon Group)

UPOV - მცენარეთა ახალი ჯიშების დაცვის კავშირი (Union for the Protection of New Varieties of Plants)

პროგენიტორი - ცოცხალი ორგანიზმის გენოფონდის შემქმნელი წინაპარი ან მისგან ტაქსონომიური საზღვრით გამიჯნული ნათესავი

თეზისის გენეტიკური ნაწილი:

CTAB - ცეტილ-ტრიმეთილ-ამონიუმ-ბრომიდი $((C_{16}H_{33})N(CH_3)_3Br$ (ბუფერული ხსნარი)

dd H₂O - დისტილირებული (მარილებისგან თავისუფალი) წყალი

dNTP - დეოქსინუკლეოზიდ ტრიფოსფატი. N მიუთითებს ნებისმიერ ფუძეს ბაზალური წყვილებიდან (მაგ.: dTTP - 2'-დეოქსითიმიდინ-5'-ტრიფოსფატი; dATP 2'-დეოქსი ადენოზინ-5'-ტრიფოსფატი და ა.შ.)

EDTA - ეთილენ-დიამინ-ტეტრააცეტატის მჟავა (ბუფერული ხსნარი)

HCl- მარილმჟავა

KCL - კალიუმის ქლორიდი

M - მოლარობა (ნივთიერების კონცენტრაცია გამოხატული გრამების რაოდენობით ერთ ლიტრ ხსნარში, რომელიც ჯერადია ნივთიერების მოლეკულური მასისა)

MgCl₂- მაგნიუმის ქლორიდი

mM - მილიმოლი ($=10^{-3}$ მოლ/ლ)

NaCL - ნატრიუმის ქლორიდი

PCR - პოლიმერაზას ჯაჭვური რეაქცია (Polymerase chain reaction)

RNAse - რნმ-აზა (რნმ-ის [რიბოქსირიბონუკლეინის მჟავის] დამშლელი ფერმენტი)

SSR/SSRs - მიკროსატელიტური მარკერი/მარტივი ფრაგმენტული თანმიმდევრობა (Simple sequence repeats)

TAE - ტრის-აცეტატ-EDTA (ბუფერული ხსნარი)

TE - ბუფერული ხსნარი (1M ტრის-HCl (pH $\approx$ 8.0), 0.1M EDTA)

μ l - მიკრო ლიტრი ($=10^{-6}$ ლ)

დნმ - დეოქსირიბონუკლეინის მჟავა

რეზიუმე

მოცემულ კვლევაში მორფოლოგიური და გენეტიკური მეთოდებით გამოკვლეული იქნა ნათესაური კავშირები მსხლის ველურ სახეობებს და კულტურულ ჯიშებს შორის. კვლევის მიზანს წარმოადგენდა მსხლის ევროპული და კავკასიური ჯიშების ორი მთავარი პროგენიტორ სახეობას *Pyrus caucasica* Fed. (*P. communis* L. subsp. *caucasica* (Fed.) Browicz) და *Pyrus pyraster* Burgsd. (*P. communis* L. subsp. *pyraster* (L.) Ehrh) და საქართველოში გავრცელებული მსხლის ჯიშებს შორის ნათესაური კავშირების გამოვლენა; პანტის (*P. caucasica*) შიდაპოპულაციური მრავალფეროვნების დადგენა; მსხლის საქართველოში გავრცელებული ჯიშების მრავალფეროვნების და წარმოშობის პროცესის შესწავლა.

მორფოლოგიურ კვლევაში მსხლის 27 ადგილობრივი ჯიშის 78 ინდივიდი და 12 შემოტანილი ჯიშის 25 ინდივიდი (ჯამში 39 ჯიშის 103 ინდივიდი) შედარდა პროგენიტორ სახეობებს *P. caucasica*-ს, *P. balansae*-ს და *P. pyraster*-ს (N=112). სახეობებსა და ჯიშებს შორის ნათესაური კავშირები დაზუსტდა კულტურული მსხლის ჯგუფთან შორეული ნათესაობის მქონე ველური მსხლების სახეობების (*P. demetrii*, *P. georgica*, *P. syriaca*, *P. ketzkhovelii*, *P. sachokiana*) კვლევაში ჩართვით. მსხლის ტაქსონების კვლევა განხორციელდა 27 დესკრიპტორული მორფოლოგიური ნიშნის მორფომეტრიული ანალიზით.

223 ინდივიდის [*P. caucasica* (N=73), *P. balansae* (N=9), *P. salicifolia* (N=15), *P. demetrii* (N=5), *P. ketzkhovelii* (N=4), *P. sachokiana* (N=5), *P. syriaca* (N=4), NCGR *P. communis* subsp. *caucasica* (N=42); NCGR *P. communis* subsp. *pyraster* (N=31, ICV, (N=11) LCV, (N=12) (HCV, N=12)] გენეტიკური კვლევა განხორციელდა 11 მიკროსატელიტური მარკერით: GD12, GD96, GD142, GD147, CH01D08, CH01D09, CH01F07A, CH02B10, CH02D12, CH01h01, NH015a.

კვლევის შედეგად დადასტურდა რომ, პანტა საქართველოს ტერიტორიის ფარგლებში ერთგვაროვანი არ არის. პანტა, რომელიც მცირე კავკასიონზე და დიდი

კავკასიონის დასავლეთ ნაწილშია გავრცელებული, აღმოჩნდა საქართველოს ფლორისთვის ნაკლებად ცნობილი პანტის მონათესავე განსხვავებული სახეობა - *P. balansae*, ხოლო კავკასიური პანტა (*P. caucasica*) მხოლოდ დიდი კავკასიონის ცენტრელურ და აღმოსავლეთ ნაწილებში გვხვდება. საქართველოში გავრცელებული მსხლის ჯიშებს და ველური მსხლის სახეობებს შორის ადგილი აქვს გენთა გაცვლას, თუმცა ბერყენა მსხლების სახეობების გენები მსხლის ჯიშების გენოფონდში არ ფიქსირდება, რადგან ბერყენები პანტის (*P. caucasica*) გენების რეციპიენტები არიან და არა პირიქით; მორფოლოგიური და გენეტიკური კვლევების შედეგები ერთმანეთს დაემთხვა. ორივე კვლევის შედეგმა უჩვენა, რომ *P. caucasica*-სთან ახლო ნათესაურ კავშირში არიან „პანტა მსხლების“ და „კალოს მსხლების“ ჯგუფის ჯიშები. „ხეჩეჭური მსხლების“ და „გულაბი მსხლების“ ჯგუფების მსხლის ჯიშებმა შუალედური პოზიცია დაიკავეს მსხლის ჯიშების ორ პროგენიტორს - *P. caucasica*-ს და *P. pyraeaster*-ს შორის, რაც მიუთითებს მათ შედარებით თანამედროვე პერიოდში შეჯვარების გზით წარმოშობაზე, ხოლო პანტის სელექციური ჯიშების პრეისტორიულ წარმოშობაზე; კვლევის შედეგების საფუძველზე განისაზღვრა *P. caucasica*-ს არეალი და დადგინდა, რომ იგი გაცილებით მცირე ტერიტორიას მოიცავს, ვიდრე აქამდე იყო მიჩნეული. თეზისში აღწერილი კვლევის შედეგებით შესაძლებელია საქართველოში გავრცელებული მსხლის ჯიშების და მათი ველური პროგენიტორების ნომენკლატურის კორექტირება.

საკვანძო სიტყვები: გვარი *Pyrus*, საქართველო; დომესტიკაცია; მრავალფეროვნება, კულტურული მცენარის ველური ნათესავები; მორფომეტრია; მიკროსატელიტური მარკერები; *P. caucasica* Fed.; მსხლის ჯიშები; არეალი, კონსერვაცია.

Abstract

In the present study relationship between major progenitor species of pear varieies distributed in Georgia has been studied. A major aims of the research were: To study relationship between progenitor species *Pyrus caucasica* Fed. (*P. communis* L. subsp. *caucasica* (Fed.) Browicz), *Pyrus pyrastrer* Burgsd. (*P. communis* L. subsp. *pyrastrer* (L.) Ehrh) and cultivated pears of Georgia; To indicate population diversity of local pear progenitor wild species *P. caucasica* which is endemic to Caucasus and diversity of local and introduced pear varieties; To reveal process of hybridization between wild pears of Georgia and determine influence of this process on gene pool of cultivated pears of Georgia and to study the domestication processes of local pears.

In a morphological study 78 individuals of 27 local pear cultivars and 25 individuals of 12 introduced cultivars were compared to most common progenitor species: *P. caucasica* and *P. pyrastrer* (N=112). A relationship between cultivars and wild progenitors has been verified by involving the distant group of semi-arid habitat pear species (*P. demetrii*, *P. georgica*, *P. syriaca*, *P. ketzkhoveli*, *P. sachokiana*) in the study as an out group. Morphological study was performed by morphometric measurement of 27 descriptor traits of the pears.

223 individuals of wild and cultivated pears [*P. caucasica* (N=73), *P. balansae* (N=9), *P. salicifolia* (N=15), *P. demetrii* (N=5), *P. ketzkhoveli* (N=4), *P. sachokiana* (N=5), *P. syriaca* (N=4), NCGR *P. communis* subsp. *caucasica* (N=42); NCGR *P. communis* subsp. *pyrastrer* (N=31, ICV, (N=11) LCV, (N=12) (HCV, N=12)] were studied genetically based on 11 microsatellite markers: GD12, GD96, GD142, GD147, CH01D08, CH01D09, CH01F07A, CH02B10, CH02D12, CH01h01, NH015a.

The results of the study showed that: population of *P. caucasica* is not morphologically uniform in Georgia. Populations of this wild progenitor of pears located on the lesser Caucasus and western part of the greater Caucasus is different from *P. caucasica*. Different populations of *P. caucasica* were recognized as *P. balansae* which is also

mesophytous but less known species in the flora of Georgia; *P. caucasica* and *P. balansae* are morphologically and genetically very close relatives to of indigenous pear cultivars of Georgia “Panta Pears” and “Kalo Pears”, the other two groups of local pears “Khechechuri pears” and “Gulabi pears” showed intermediate morphological and genetic relationship between the both of major progenitors of European and Caucasian pears: *P. caucasica* and *P. pyraster*. We assume that “Khechechuri pears” and “Gulabi pears” have originated later than “Panta Pears” and “Kalo Pears”; Pear species found in Georgia are involved in hybridization process, however genes of dry land species of pear do not enter in gene pool of cultivated pears as they are recipients of genes *P. caucasica*. Based on the results of the morphological and genetic studies, the distribution range of *P. caucasica* has been determined. The range of this species appears to be smaller than it was estimated earlier. The results described in this PhD thesis can help correct the nomenclature of cultivated pears of Georgia and their wild progenitor species

Key words: genus *Pyrus*, country of Georgia, domestication; diversity; progenitor species; morphometry; microsatellite markers; *P. caucasica* Fed.; pear cultivars; distribution range, conservation;

თავი 1. შესავალი

კავკასია და კერძოდ საქართველო მრავალი კულტურული მცენარის, მათ შორის მსხლის კულტურული ჯიშების წარმოშობის ცენტრადაც არის მიჩნეული (Вавилов, 1931). ამ ფაქტზე მეტყველებს ჩვენი ქვეყნის ტერიტორიაზე ველურად გავრცელებული მსხლების სახეობრივი მრავალფეროვნება. შ. ქუთათელაძეს (ქუთათელაძე, 1946) საქართველოს ფლორისთვის მსხლის 11 სახეობა აქვს დადგენილი, რომელთაგან ყველაზე ფართო გავრცელება ახასიათებს პანტას (*Pyrus caucasica* Fed.). იგი მსხლის ლოკალური ჯიშების უმრავლესობის წარმომშობ სახეობად ითვლება. არესებობს აზრი, რომ ლოკალური მსხლის ჯიშების წარმოქმნა პანტის პირდაპირი გაკულტურების გზით მოხდა (ხომიზურაშვილი, 1973). ამ თეორიას სარწმუნოს ხდის ის ფაქტი, რომ პანტა ხასიათდება პოლიმორფულობის მაღალი დონით (Федоров, 1937; Туз, 1972). პანტა ასევე სანამყენედ და საძირედ გამოიყენება სიცივისა და დაავადებებისადმი მდგრადი ჯიშების გამოსაყვანად.

კავკასიის ენდემი პანტა (*P. caucasica*) და ევროპაში გავრცელებული მისი მონათესავე სახეობა - ტყის მსხალი (*P. pyraster* L.) მსხლის ევროპული ჯიშების ყველაზე ახლო ნათესავ სახეობებად ითვლებიან (Zohary and Hopf, 2000; Volk et al., 2006; Yamamoto and Chevreau, 2009). ორივე სახეობა მსხლის გვარის (*Pyrus* L.) თანამედროვე სისტემაში ტაქსონომიურად კულტივირებადი მსხლის სახეობების ჯგუფში - 'ჩვეულებრივი მსხალი' (*Pyrus communis* L.) არიან განთავსებული ქვესახეობის ტაქსონომიური რანგით [პანტა (*Pyrus communis* L. subsp. *caucasica* (Fed.) Brovitz.); ტყის მსხალი (*P. communis* L. subsp. *pyraster* (L.) Ehrh.)]. ასეთ ნომენკლატურას მრავალი გავლენიანი კვლევა არ ეთანხმება (Seifriz, 1932; Гроссгейм, 1946; Туз, 1974; ქუთათელაძე, 1980; Брежнев & Коровина, 1981; Bläsing, 2004), რომელთა მიხედვითაც ეს ველური მსხლები ერთმანეთისგან მორფოლოგიურად, ტერიტორიულად და გენეტიკურად განცალკევებული სახეობები არიან და მათი გენოფონდების ურთიერთგადაკვეთა მხოლოდ ჯიშებში ხდება.

ქვესახეობის რანგი *P. caucasica*-ს და *P. pyraister*-ს მსხლის გვარის თანამედროვე სისტემის ავტორის, პოლონელი მეცნიერის კაზიმირ ბროვიჩის (Browicz, 1993) მიერ მიენიჭა მორფოლოგიური მსგავსების გამო. მეორე მიზეზი, რამაც განაპირობა მათი ქვესახეობის რანგამდე ჩამოქვეითება, იყო ამავე მეცნიერის აღმოჩენა. ამ აღმოჩენის მიხედვით ვავილოვის (Вавилов, 1926, 1931) მიერ მსხლის სახეობების და ჯიშების წარმოშობის მეორეულ, იგივე შუააზიურ ცენტრად განსაზღვრულ ტერიტორიაზე სახეობათა წარმოქმნა ჰიბრიდიზაციის გზით ხდება. ამ თეორიის თანახმად, შუააზიური ცენტრის მსხლის სახეობები, ისევე როგორც კულტურული ფორმები მონაწილეობენ ჰიბრიდიზაციის პროცესში, რადგან არ არსებობს რელევანტური ბარიერი, რომელიც გენთა მიმოცვლას შეაჩერებდა მათ შორის. ეს თეორია ნაწილობრივ გამართლდა მსხლის ევროპული ჯიშების იზოზიმური მარკერებით კვლევის დროს (Chevreau et al., 1997). ამ კვლევის შედეგად აღმოჩენილი იქნა მსხლის რამოდენიმე პოლიპლოიდური ჯიში, რომელიც სხვადასხვა ველური სახეობის ქრომოსომის ფრაგმენტს იზიარებდნენ.

ჩვენი კვლევის ერთ-ერთ მიზნად დავისახეთ ამ ორი ალტერნატიული კონცეფციიდან რომელიმე ერთის დამასაბუთებელი მტკიცებულების მოპოვება საქართველოს მაგალითზე, რისთვისაც *P. caucasica*-სთან ერთად მსხლის რამოდენიმე ველური სახეობა და სხვადასხვა გენოფონდის მქონე ჯიშები მორფოლოგიურად და გენეტიკურად გამოვიკვლიეთ. ჩვენი გენეტიკური კვლევის დიზაინი შეიქმნა მსგავსი ამოცანის მქონე კვლევის მიხედვით (Volk et al., 2006), რომლის ავტორებიც ჩვენი კოლაბორატორები გახდნენ წინამდებარე კვლევის გენეტიკურ ნაწილში. ასეთი მიდგომა ავირჩიეთ სავსელე მონაცემების არასაკმარისი რაოდენობის გამო. მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენ ხელთ ამიერკავკასიის დიდი ნაწილიდან შეგროვილი ნიმუშების მორფოლოგიური და გენეტიკური მონაცემები გვქონდა, მასალა საკმარისი ვერ იქნებოდა დივერგენტულობის და ჰიბრიდულობის კონცეფციების სრულფასოვანი ტესტირებისათვის. ასეთი კვლევის განხორციელება, რეალისტურად

შუა აზიის, რუსეთის და კავკასიის ეკო-რეგიონის მასშტაბით შეგროვილ მონაცემებზე დაყრდნობით არის შესაძლებელი.

დავინტერესდით იმ ფაქტითაც, რომ საქართველოს მეხილეობაში (ხომიზურაშვილი, 1973) მსხლის ქართული ჯიშები, ისევე როგორც საქართველოში შემოტანილი ჯიშები, განხილულია რომელიმე ველურ მსხალთან მათი კავშირის დასაბუთების გარეშე. ქართული მეხილეობის ლიტერატურულ წყაროებში შედარებით რელევანტური ინფორმაცია არსებობს პანტის და მისი სელექციის გზით მიღებულ ჯიშებს „პანტა მსხლებს“ შორის მსგავსებაზე, თუმცა კლასიფიკაცია არ ეფუძნება სხვა უფრო ზუსტ მონაცემებს, გარდა ნაყოფის არომატული თვისებების და პომოლოგიური მახასიათებლების მსგავსებისა. ერთ-ერთი წყაროზე (კუბლაშვილი და სხვ., 1980) დაყრდნობით, რომელშიც საქართველოში გავრცელებული პანტების მრავალფეროვნებაა განხილული, წარმოიშვა ვარაუდი რომ მსხლის ადგილობრივი ჯიშები ამ მრავალფეროვნებასთან კავშირს გამოავლენდა.

სადოქტორო ნაშრომი დაფუძნდა კვლევებზე, რომელთა მიზანსაც წარმოადგენდა: საქართველოში გავრცელებული ველური პანტების პოპულაციის მორფო-გენეტიკური შესწავლა; ნათესაური კავშირების გამოვლენა ადგილობრივ პანტებთან (*P. caucasica*; *P. balansae* Deciasne.), მსხლის აბორიგენულ ქართულ ჯიშებთან, მსხლის შემოტანილ ჯიშებთან და მათ სავარაუდო ველურ ნათესავთან - პანტასთან (*P. pyraeaster*); ჰიბრიდიზაციის პროცესის გამოვლენა ველურ მსხლებს შორის და გარკვევა, თუ რამდენად აისახებოდა ეს ფაქტორი მსხლის ჯიშების გენოფონდზე. კვლევების ამოცანას წარმოადგენდა ასევე მსხლის დომესტიკაციის ისტორიის მნიშვნელოვანი დეტალების დადგენა; პანტის (*P. caucasica*) არეალის დაზუსტება და მისი გამიჯვნა საქართველოში გავრცელებულ, თუმცა ნაკლებად ცნობილ მსხლის მეზოფიტი სახეობის - ბალანზეს პანტის (*P. balansae* Deciasne.) არეალისგან და *P. caucasica*-ს კონსერვაციული ღირებულების განსაზღვრა.

სადისერტაციო ნაშრომი ეყრდნობა დოქტორანტურის საფეხურზე სწავლის დროს დაგეგმილ მსხლის ქართული ჯიშების და მათი ველური წინაპრის - პანტის (*Pyrus*

caucasica Fed.) მრავალფეროვნების და დომესტიკაციის პროცესის კვლევის თემატიკაზე გამოქვეყნებულ 5 პუბლიკაციას (იხ. დანართი):

1. **Asanidze, Z.**, Akhalkatsi, M., Gvritishvili, M. 2011. Comparative morphometric study and relationships between the Caucasian species of wild pear (*Pyrus* spp.) and local cultivars in Georgia. *Flora*, Elsevier. Vol. (206) 11, 974 – 986.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367253011001186>

2. **Asanidze, Z.**, Akhalkatsi, M., Henk, A.D., Richards Ch. M., Volk G. M. 2014. Genetic relationships between wild progenitor pear (*Pyrus* L.) species and local cultivars native to Georgia, South Caucasus. *Flora*, Elsevier (209), 504–512.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367253014000930>

3. Akhalkatsi M., Ekhvaia J., **Asanidze Z.** 2012. "Diversity and genetic erosion of ancient crops and wild relatives of agricultural cultivars for food: implications for nature conservation in Georgia (Caucasus)". *Intech*. DOI: 10.5772/30286. Free downloadable. Link:

<http://www.intechopen.com/books/perspectives-on-nature-conservation-patterns-pressures-and-prospects/diversity-and-genetic-erosion-of-ancient-crops-and-wild-relatives-of-agricultural-cultivars-for-food>

4. Akhalkatsi, M., **Asanidze, Z.** 2015. *Pyrus caucasica* Fed. - Ancestor of Georgian Pear Landraces. *Sci. Tech. and Dev.* vol. 34 (2): 105-108.
5. **Asanidze, Z.** Akhalkatsi, M. 2011. Morphological relationships between wild and cultivated pears in Georgia. *Proc. Georg. Acad. Sci. Biol. Ser. B.* vol. 9 (1-4); 20-27.

მათგან პირველი ორი (Asanidze et al., 2011; Asanidze et al., 2014) გამოქვეყნებულია საერთაშორისო გავლენის ფაქტორის მქონე ჟურნალში ფლორა (Flora, გამომცემელი Elsevier).

თავი 2. ლიტერატურის მიმოხილვა

2.1. მსხლის გვარის კვლევის ისტორია და თანამედროვე სისტემა

მსხლის (*Pyrus* L.) გვარს პირველად სისტემატიკური სტატუსი ლინემ მიანიჭა 1753 წ. და მასში გააერთიანა არა მხოლოდ მსხლის, არამედ ვაშლის ინდივიდებიც. მიუხედავად იმისა, რომ მცირე ხნის შემდეგ მილერმა გვარი დააცალკევა და ვაშლი (*Malus* Mill.) ცალკე გვარად გამოყო, ლინესეული კლასიფიკაციის გამოყენება მაინც ხშირად ხდებოდა. აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ მე-19 საუკუნის ბოლომდე გვარი ცირცელიც (*Sorbus*) მსხლის გვარში შედიოდა. ლინეს პერიოდიდან მოყოლებული, აღმოჩენილი მსხლის სახეობების რიცხვმა 60-ს გადააჭარბა (Browicz, 1982, 1993).

მსხლის გვარის პირველი სისტემა მე-19 საუკუნის მეორე ნახევარში დეკნეს (Decaisne, 1872-74) მიერ იქნა შემუშავებული. დეკნეს მონოგრაფია ერთ-ერთ საუკეთესო შრომად არის შეფასებული მსხლის გვარის ისტორიის შესწავლაში. იგი ამ გვარს მონოტიპურად მიიჩნევდა და იმ დროისთვის ცნობილი მსხლის 23 სახეობა გაანაწილა 6 რასაში (*Proles*). სახელები კი გეოგრაფიული მდებარეობის მიხედვით დაარქვა: კელტური, გერმანული, პონტოური, ელინური, ინდური და მონღოლური.

დაახლოებით ოცი წლის შემდეგ კოენმა (Koehne, 1890) მსხლის 14 ახალი სახეობა აღმოაჩინა და ისინი სხვა, არსებულ სახეობებთან ერთად ორ სექციაში გააერთიანა:

1 სექცია: *Pashia* (პაშია) Koehne-ს სახეობები ხასიათდებიან ჯამის ფოთოლაკებისგან თავისუფალი ნაყოფებით, მოთეთრო ფერის ძლიერი შებუსვით და ბუტკოს 2-5 სვეტით.

2 სექცია: *Achras* (ახრას) Koehne -ის (ამ სექციის ამჟამინდელი სახელწოდებაა *Pyrus* -ი) სახეობებს გააჩნია ჯამის ფოთოლაკებიანი ნაყოფები და 5 სვეტი. მიუხედავად იმისა, რომ ასეთი დაყოფა ძალზე არაბუნებრივი იყო (ეს სისტემა კოენის ხელოვნურ სისტემადაც მოიხსენიება), იგი შემდგომში გვარ *Pyrus*-ის თანამედროვე სისტემის შექმნის მთავარი საფუძველი გახდა.

შემდეგი, ვინც გვარ *Pyrus*-ის შეფასება მოახდინა, იყო კ. შნეიდერი (Schneider, 1906), რომელმაც დამატებით 11 სახეობა აღმოაჩინა და მიაკუთვნა სხვადასხვა სადაო, განუსაზღვრელი რანგის და ჰიბრიდულობის ტაქსონს. მოგვიანებით, მე-20 საუკუნის შუა ხანებში, ა. რედერმა (Rehder, 1949) განიხილა ამ გვარზე დაგროვილი მასალა და შეიმუშავა სახეობათა სია. სია შეიცავდა 23 სახეობას, რამოდენიმე ვარიაციას და 4 ჰიბრიდს. რედერს არ მოუშველიებია კოენის სექციები თავის კვლევებში, თუმცა სახეობათა მის მიერ დადგენილი დაჯგუფება შესაბამისობაში იყო კოენის სექციებთან და განყოფილებებთან.

მე-19 საუკუნის დასაწყისში აქტიურად დაიწყო მუშაობა *Pyrus*-ის გვარზე კავკასიის რეგიონშიც, სადაც პ. პალასის (Pallas, 1812) შემდეგ, რომელმაც ამ რეგიონში *Pyrus*-ის პირველი სახეობა - *P. salicifolia* Pall. აღწერა მე-18 საუკუნის მეორე ნახევარში, დაახლოებით ორი საუკუნის განმავლობაში კვლევები ამ მიმართულებით აღარ ჩატარებულა და მე-20 საუკუნის დასაწყისამდე მკვლევარებს ძირითადად მხოლოდ სამი სახეობა *P. communis* L., *P. salicifolia* Pall. და *P. eleagnifolia* Pall. მოჰყავდათ კავკასიის ფლორისათვის.

ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი კვლევა *Pyrus*-ის გვარზე 1925 წელს ი. ნ. ვორონოვს ეკუთვნის (Воронов, 1925), სადაც მას კავკასიის ფლორისთვის მოჰყავს მსხლის 8 სახეობა. აქედან სამი, მის მიერ ახლად იყო აღმოჩენილი. მანვე პირველმა განსაზღვრა, რომ *P. eleagnifolia* კავკასიაში არ ვრცელდებოდა და მისი გავრცელების არეალი შემოისაზღვრებოდა ყირიმით, მცირე აზიით და თურქეთით. კავკასიის რეგიონში ამ სახელით გარკვეული მსხლეები მან *P. salicifolia*-დ ჩათვალა.

გვარ *Pyrus*-ის ძველი სისტემის გარდაქმნის პირველი მცდელობა ა. მალეევს ეკუთვნის (Малеев, 1939), რომელმაც ყოფილი სსსრ-ს ფლორის შედგენისას დეკნეს სისტემას ნაწილობრივ შეუცვალა სახე. მალეევმა ძველი სისტემის ერთეულებს - “პროლებს” (Prole) სახელი გადაარქვა და მწკრივები უწოდა, გვარი კი 6 მწკრივად დაყო: 1. *Communis* Maleev; 2. *Cordata* Maleev; 3. *Sinenses* Maleev; 4. *Pontica* Maleev; 5. *Syriaca* Maleev; 6. *Heterophyllae* Maleev და თითოეული სახეობა თავისი დამახასიათებელი ნიშანთვისებების მიხედვით სათანადო მწკრივებში მოათავსა.

ა. ფიოდოროვმა (Федоров, 1943) თავის ნაშრომში „კავკასიის ველური მსხლების მონოგრაფია“, დეკნეს, მალეევის და კოენის სისტემებზე და ასევე ვორონოვის კვლევაზე დაყრდნობით, *Pyrus*-ის გვარის სრულიად ახალი, უნივერსალური სისტემა შექმნა. ფიოდოროვმა ამ გვარში 39 ახალი სახეობა აღწერა და სექციებს – *Pashia* Koehne-ს და *Achras* Koehne-ს დაამატა კიდევ ორი სექცია: *Xeropyrenia* Fed. და *Argyromalon* Fed.:

შედეგად მიღებული იქნა 4 სექცია:

1. *Pashia* Koehne
2. *Achras* Koehne (*Euachras*)
3. *Xeropyrenia* Fed.
4. *Argyromalon* Fed.

უკანასკნელ ორი სექციაში, ფიოდოროვის მიერ კავკასიაში აღმოჩენილი სახეობები და ჰიბრიდებია განთავსებულია მათი მორფოლოგიური ნიშნების და საცხოვრებელი გარემოს ეკოლოგიური პირობების მიხედვით. ამგვარად, სექცია *Achras*-ში მეზოფილური სახეობები, ხოლო *Xeropyrenia*-სა და *Argyromalon*-ში შედარებით ქსეროფილური სახეობები გაერთიანდნენ. ფიოდოროვი (Федоров, 1943) კავკასიაში გვარ *Pyrus*-ზე ჩატარებული კვლევისას მივიდა დასკვნამდე, რომ ვორონოვის თეორია მართებული იყო და ევროპისგან განსხვავებით კავკასიაში *P. communis*-ის სრულიად

განსხვავებული რასა ჩამოყალიბდა, რომელსაც კიდედაუკბილავი ფოთლის ფირფიტები ჰქონდა.

კავკასიის რეგიონზე მუშაობდა ა. გროსჰაიმიც, რომელმაც ფიოდოროვის შემდეგ ამ რეგიონში რამოდენიმე ახალი სახეობა აღმოაჩინა და თავის ნაშრომში „კავკასიის ფლორა“ მსხლის 22 სახეობა შეიტანა (Гроссгейм, 1952).

საქართველოს ველური მსხლების კვლევაში ახლებური ხედვის ჩამოყალიბება შ. ქუთათელაძის და ა. ფიოდოროვის მოღვაწეობის პერიოდთან არის დაკავშირებული. თუ ახალი სისტემის შექმნამდე მკვლევარებს საქართველოს ფლორისთვის ძირითადად მხოლოდ სამი სახეობის მსხალი (*P. communis*- მთის ქვედა და შუა სარტყლის ტყეებისთვის, *P. salicifolia*- ჭალის და დაბლობის ტყეებისთვის, *P. ealeagnifolia*- მთის ქვედა და შუა სარტყლის მუხნარ და რცხილნარ ტყეებისთვის) მოჰყავდათ (კეცხოველი 1935), ფიოდოროვის სისტემის გამოქვეყნების და შ. ქუთათელაძის კვლევების შემდეგ საქართველოს ფლორისთვის უკვე მსხლის 11 სახეობა იქნა დადგენილი (ქუთათელაძე 1964):

1. პანტა - *Pyrus caucasica* A. Fed.
2. ბალანზეს პანტა - *Pyrus balansae* Deen.
3. ელდარის ბერყენა - *Pyrus eldarica* A. Grossh.
4. დიმიტრის ბერყენა - *Pyrus demetrii* Kuthath.
5. კეცხოველის ბერყენა - *Pyrus kezkhovelii* Kuthath.
6. ხერხბილა ბერყენა - *Pyrus oxyprion* Woron.
7. ფიოდოროვის ბერყენა - *Pyrus fedorovii* Kuthath.
8. ტახტაჯიანის ბერყენა - *Pyrus takhtadzianii* A. Fed.
9. სახოკიას ბერყენა - *Pyrus sachokiana* Kuthath.
10. ქართული ბერყენა - *Pyrus georgica* Kuthath.
11. ტირიფფოთოლა ბერყენა - *Pyrus salicifolia* Pall.

აღნიშნული სახეობები სექცია *Pyrus*-ის სამივე სუბსექციის წარმომადგენლები არიან, რომლებიც გამოყოფა ა. ტუზმა (Туз, 1972), როდესაც მსხლის გვარის თანამედროვე სისტემა შეიმუშავა. მან ფიოდოროვისეული ორი ახალი სექცია ჩამოაქვეითა სუბსექციებად და სუბსექცია *Pyrus*-თან ერთად სექცია *Pyrus*-ში (=Achras) გააერთიანა. ტუზმა სექცია *Pashia* Koehne -ც სამი სუბსექციად დაყო:

1. სექცია *Pashia* Koehne

1. სუბსექცია *Pashia* - *P. betulifolia*, *P. phaeocarpa*, *P. calleryana*, *P. pashia*
2. სუბსექცია *Pyrifoliae* Tuz - *P. pyrifolia*, *P. bretscheideri*, *P. serrulata*
3. სუბსექცია *Ussuriensis* Tuz - *P. usuriensis*

2. სექცია *Pyrus* Tuz

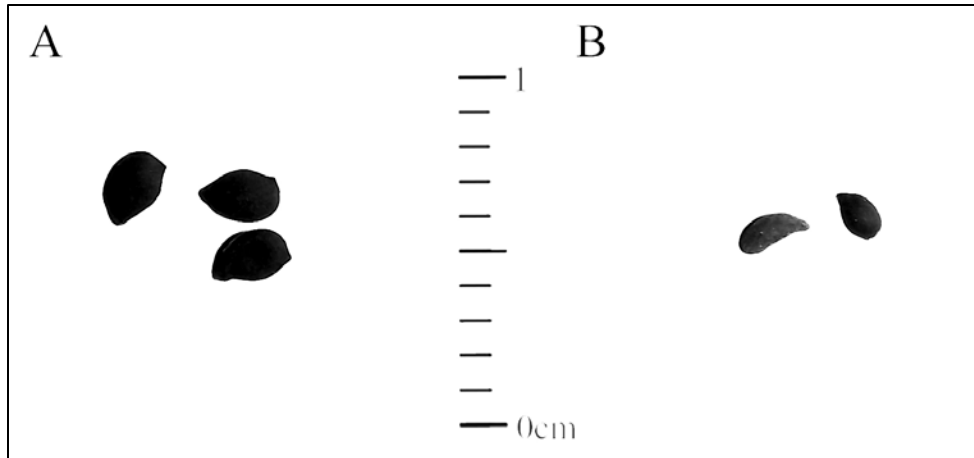
1. სუბსექცია *Pyrus* - *P. communis*, *P. caucasica*, *P. pyraster*
2. სუბსექცია *Xeropyrenia* (Fed.) Tuz - *P. syriaca*, *P. korshinskyi*, *P. regalii*
3. სუბსექცია *Argyromalon* (Fed.) Tuz - *P. salicifolia*, *P. spinosa*, *P. nivalis*, *P. eleagnifolia*

ბროვიჩის მიხედვით (Browicz, 1993), მსხლის გვარის დახასიათება ხშირად ინდივიდუალური ტაქსონის კრიტიკული შეფასების გარეშე ხდებოდა და ამ დრომდე არ არსებობს გვარის სრული მონოგრაფია, რადგან მსხლის სახეობების ზუსტი რიცხვის დადგენა დიდ სირთულეებთან არის დაკავშირებული, ან შეუძლებელია. ამ მიმართულებით მუშაობის ყველა მცდელობა ყოველთვის წარუმატებელი იყო, რადგან მსხლის სახეობებს ახასიათებს მაღალი შიდასახეობრივი ვარიაციურობა. ამასთანავე სახეობებს შორის გაიოლებული ჰიბრიდიზაცია და შედეგად დიდი რაოდენობის ჰიბრიდების წარმოშობა, რომელთაც ფორმის, ვარიაციის და ზოგჯერ სახეობის სტატუსიც ენიჭებათ კიდევ უფრო ართულებს გვარის სისტემატიკას.

2.2. პალეოლოგიური მონაცემები მსხლის გვარის განვითარებაზე სამხრეთ კავკასიაში

გვარ მსხლის (*Pyrus* L.) წარმომადგენლების კვალი საქართველოს ფლორის განვითარების მესამეული გეოლოგიური პერიოდში, მეოტური ეპოქის სარმატულ სართულში ფიქსირდება (Rubtzov, 1944; Shatilova et al., 2012). ამ პერიოდით დათარიღებულ ნამარხებში აღმოჩენილია - *Pyrus theobroma* Ung. და განუსაზღვრელი ტაქსონის *Pyrus Malus* L. მაკრონაშთები. ნამარხებში მსხლის სახეობის იდენტიფიკაცია მოხდა პალეობოტანიკის ინსტიტუტის მეცნიერ-მუშაკის ჟ. დოლიძის (1965) და ბოტანიკის ინსტიტუტის წარმომადგენლების მიერ. შემდგომში მონაცემების ვალიდაცია ა. პალიაზინმა განახორციელა, რომელსაც კავკასის რეგიონიდან ეგზავნებოდა ნამარხი ფლორის ნიმუშები საბჭოთა კოლექციისთვის. ამგვარად მოხვდა საბჭოთა კოლექციაში *P. theobroma* Ung. ს ნამარხი ფოთლების ნიმუშიც, რომელიც ქართულ კოლექციებში აღარ მოიპოვება.

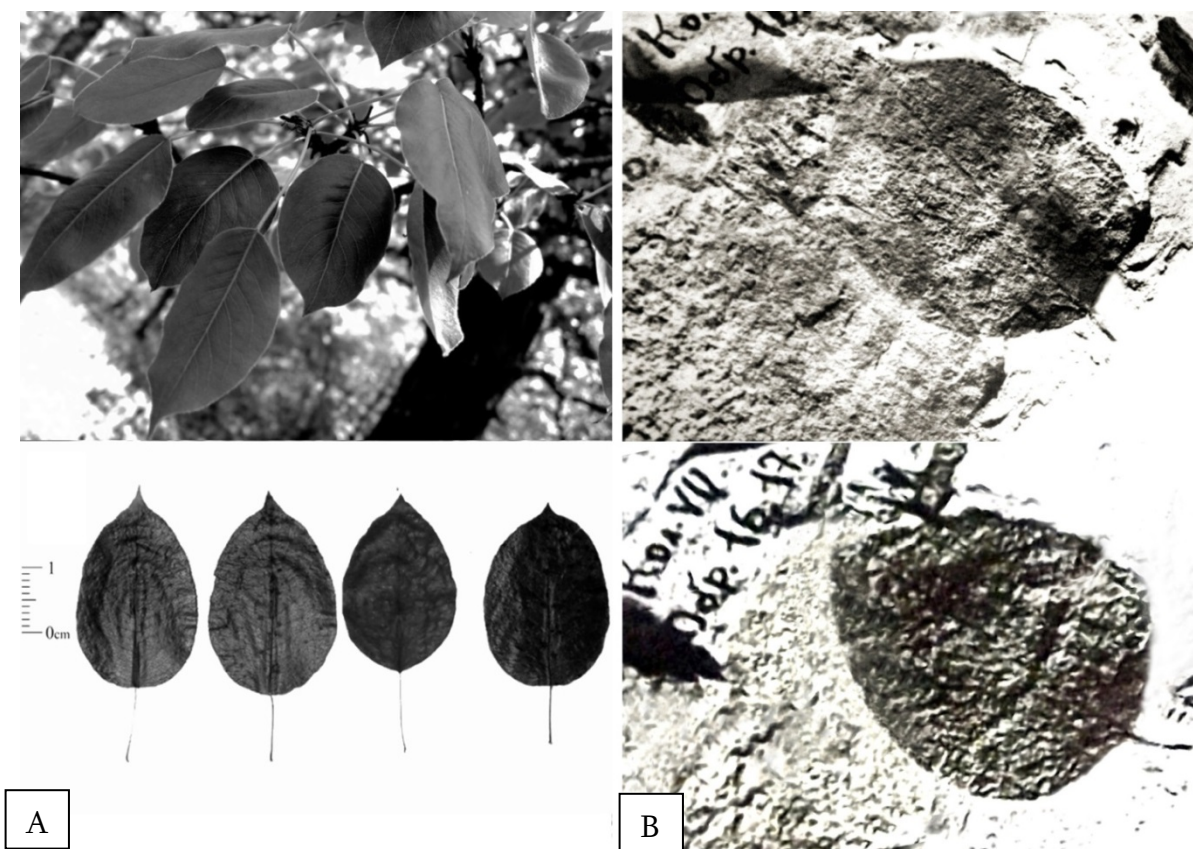
P. theobroma -ს ნაშთები რუბცოვის და სხვა წყაროების მიერ (Rubtsov, 1944, Коваловский, 1973) მესამეული, იგივე მეოტური გეოლოგიური პერიოდით (23.7 - 5 მლნ. წ. ჩვ. წ. აღ. მდე) თარიღდება, როდესაც საქართველოს ტერიტორიაზე უმეტეს წილად ფლორის მეზოფილური კომპლექსები იყვნენ გავრცელებული (Shatilova et al., 2012). ეს სახეობა უძველესია კავკასიის ეკორეგიონის ნამარხებში ნანახი ველური მსხლებიდან და კავკასიაში წარმოშობილი მსხლის სახეობების საერთო ნათესავად ითვლება. მასალა მოპოვებულია კახეთის კავკასიონზე, კერძოდ მარტყოფის ღვთაების მონასტრის შემოგარენში 1933 წელს. ნამარხებში მსხლის სახეობები ამოცნობილია ფოთლის ფორმის და დამარღვის მიხედვით (დოლიძე, 1965). ფოთლების მორფოლოგიური მახასიათებლებით *P. theobroma* -ს ნამარხი ფორმები მსხლის თანამედროვე მეზოფილური სახეობების (*P. caucasica*; *P. pyrastrer*) მსგავსია უფრო მეტად, ვიდრე სემიარიდული და არიდული სახეობების. მორფოლოგიური მსგავსება მიუთითებს ამ სახეობების ახლო ნათესაურ კავშირზეც.



სურათი 1. თანამედროვე (A) და ნამარხი (B) პანტის (*P. caucasica*) თესლები. A. *P. caucasica*-ს თესლები, მ. გვრიტიშვილის კოლექცია. თანამედროვე პერიოდში აღებული მასალა (2004-2005 წ.); B. *P. caucasica*-ს ნამარხი თესლები, ლ. რუხაძის კოლექცია, პალეობოტანიკის ინსტიტუტი. ნიმუშის შეგროვების თარიღი: 1962 წ. ნიმუშის გეოლოგიური ასაკი - 3.6 – 2.6 მლნ. წ. ჩვ. წ. აღ. მდე (პლიოცენი, პიაცენზიური ეპოქა).

ქსეროფილური ველური მსხლელები, ანუ ბერყენები კავკასიის რეგიონში წარმოიშვნენ (Tuz, 1974). ბერყენების ჯგუფის სახეობების უმეტესობა კავკასიის, ან მისი რომელიმე რეგიონული ერთეულის ენდემია. მათი წარმოშობა უკავშირდება პლიოცენის გეოლოგიური პერიოდის სარმატულ სართულს, რომლის განმავლობაშიც კლიმატის გლობალური არიდიზაცია, ანუ ტენიანი კლიმატის მშრალად გარდაქმნა დაიწყო.

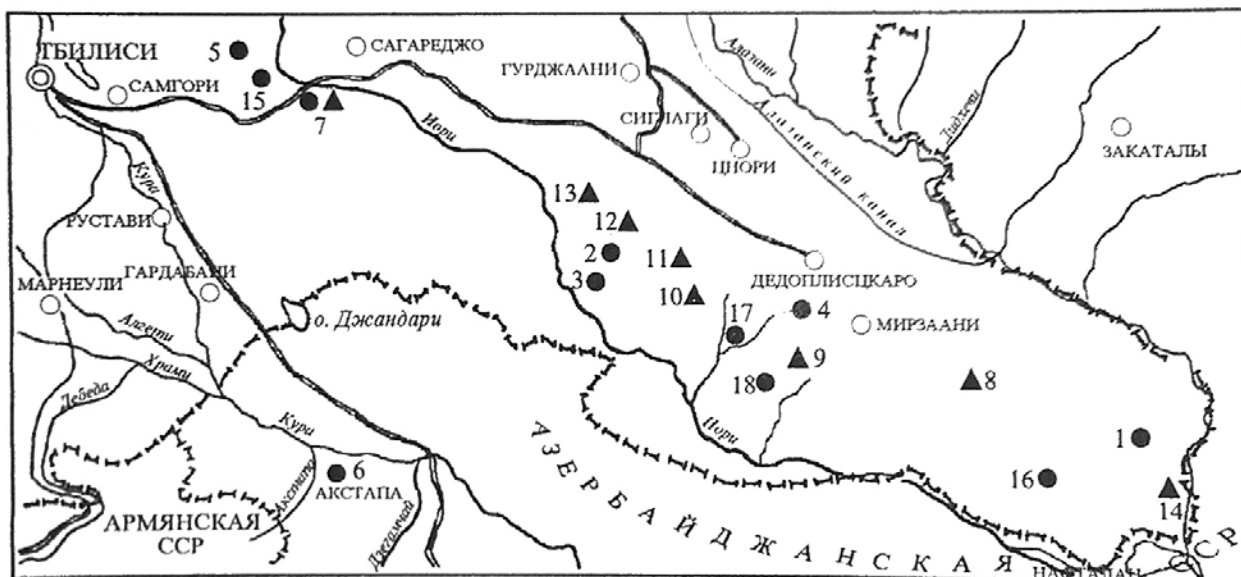
პლიოცენის გეოლოგიური პერიოდის აღჩაგილური ეპოქით (5.2 - 3.3 მლნ წ. ჩვ. წ. აღ. მდე) თარიღდება კახეთის ტერიტორიაზე: ქვაბეთის და დათვის ხევის ხეობებში აღმოჩენილი *P. caucasica*-ს ფოთლების ნამარხები (სურ. 2, B). ამ სახეობის თესლები (სურ. 1, B) პლიოცენის შედარებით თანამედროვე - პიაცენზიური ეპოქის (3.6 – 2.6 მლნ. წ. ჩვ. წ. აღ.-მდე) ნამარხებშია დაფიქსირებული.



სურათი 2. პანტის ფოთლები. A) *P. caucasica*-ს თანამედროვე ინდივიდების ფოთლები და B) იგივე სახეობის ფოთლის ნამარხები, ჟ. დოლიძის კოლექცია, პალეობოტანიკის ინსტიტუტი. ნიმუშის შეგროვების თარიღი 1962-1963 წ. ნიმუშის გეოლოგიური ასაკი - 5.2 - 3.3 მლნ. წ. ჩვ. წ. აღ. მდე (ზემო პლიოცენი, აღჩაგილური ეპოქა).

„აღჩაგილი“ გაუდაზნოებული მთის სახელწოდებაა, რომელიც თურქმენეთში, კასპიის ზღვის აღმოსავლეთ სანაპიროსთან მდებარეობს. ამ მთის ქანების გამოკვლევით (Андрусов, 1961) დადგინდა, რომ აღნიშნულ ტერიტორიას პლიოცენიდან ნეოგენურში გარდამავალი პერიოდის (5.2 - 3.3 მლნ წ. ჩვ. წ. აღ.-მდე) ზღვებიდან ერთ-ერთი უკანასკნელი ზღვა ფარავდა. ზღვის აუზი კასპიის ზღვას მთლიანად მოიცავდა და ურალის მთებამდე ვრცელდებოდა. აღმოჩენის საფუძველზე სხვადასხვა (ძირითადად რუსულენოვან) შრომაში ეს ზღვა აღჩაგილის ზღვად, ხოლო მისი არსებობის სავარაუდო გეოლოგიური პერიოდი - აღჩაგილურ ეპოქად არის მოხსენიებული.

ჟ. დოლიძის (1965) მიხედვით აღჩაგილური ფლორის არეალი მხოლოდ კახეთის რეგიონის ნაწილს, უმეტეს წილად კი, ალფატრის ხევს (ალაზნის მარჯვენა სანაპიროზე დიდი შირაქის ველის აღმოსავლეთით) მოიცავს საქართველოში და სხვა ტერიტორიებზე ქვეყნის შიგნით თითქმის არ ვრცელდება.



სქემა 1. აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე დაფიქსირებული აღჩაგილური ფლორის განლაგება. ● ჟ. დოლიძის მიერ დაფიქსირებული აღჩაგილური ფლორის წერტილები (დოლიძე, 1965) ▲ ავტორის მიერ გამოყენებული ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით დადგენილი აღჩაგილური ფლორის წერტილები.

ცხრილში (ცხრ. 1) მოცემულია აღჩაგილური პერიოდის ნამარხებში აღმოჩენილი ფლორის ელემენტების ნუსხა, რომელთან ერთადაც *P. caucasica*-ც იყო გავრცელებული ფლორის მეზოფილურ ელემენტებთან ერთად საქართველოში. ზოგიერთი მათგანი დღემდეა შემორჩენილი რუკით ნაჩვენებ ყოფილი აღჩაგილური ფლორის არეალში საქართველოს ტერიტორიაზე (სქემა 1).

ცხრილი 1. აღჩაგილური ფლორის ელემენტები (დოლიძე, 1965)

სახეობები	მეზოფილური და ჰიგროფილური ელემენტები			ჰემიქსეროფილური ელემენტები
	წყლისპირის და ჭაობის ელემენტები	დაბლობის და ჭაობის ტყეების კომპონენტები	მთის ქვედა და შუა სარტყლის ტყეების კომპონენტები	მთისწინა კალთების კომპონენტები
<i>Acer tataricum</i>			+	

<i>Alnus hornensis</i>		+		
<i>Carex sp.</i>	+			
<i>Fraxinus excelsior</i>			+	
<i>Gledichia captica</i>				+
<i>Juglans sp.</i>			+	
<i>Ligustrum vulgare</i>			+	
<i>Liquidambar sp.</i>		+		
<i>Ostria carpinifolia</i>		+	+	
<i>Phragmites communis</i>	+			
<i>Populus sp.</i>		+		
<i>Populus tremula</i>			+	
<i>Punica granatum</i>				+
<i>Pyracantha coccinea</i>				+
<i>Pyrus caucasica</i>			+	
<i>Quercus iberica</i>			+	
<i>Rhododendron sp.</i>			+	
<i>Salix alba</i>	+			
<i>Salix sp.</i>	+			
<i>U. foliaceae</i>				+
<i>Ulmus suberosa</i>			+	
<i>Viburnum orientale</i>			+	
<i>Vitis silvestris</i>			+	
<i>Zelkova karpinifolia</i>			+	
Fabaceae gen. ind.			+	+
Cyperaceae gen. ind.				
Poaceae gen. ind				

აღზავილური ფლორის კომპლექსებში მონაწილეობას ეფუძნება წარმოდგენა *P. caucasica*-ს რელიქტურობის შესახებ. აღსანიშნავია ამ სახეობის მორფოლოგიური ახლო მსგავსებაც კავკასიის ველური მსხლის სახეობების საერთო წინაპარ *P. theobroma* -სთან (Rubtzov 1944), რაც ამყარებს იმ აზრს, რომ ბერყენას ჯგუფის ქსეროფიტი მსხლის სახეობები მეზოფიტ პანტასთან (*P. caucasica*) შედარებით გვიან წარმოიშვნენ.

ცნობილია, რომ კავკასიაში ენეოლითის პერიოდში მოსახლე შომუ-შულავერის ცივილიზაცია მიწათმოქმედებას მისდევდა (Hamon, 2008; Lyonnet et. al., 2015). შულავერის და არუხლოს მიდამოების ნამარხებში, რომელიც ამ ცივილიზაციის ნაწილს წარმოადგენს, სხვა მცენარეულ კულტურებთან ერთად მალაიდების

ქვეოჯახის წარმომადგენლების (ვაშლი, მსხალი, ცირცელი) თესლებიც არის აღმოჩენილი (Kushnareva, 1997; FAO, 2010). შულავერის და არუხლოს ტერიტორიების ნახევრად განამარხებული ნარჩენები 6 000 წლით არიან დათარიღებული ჩვ. წ. აღ.-მდე. აღნიშნული ფაქტი მიანიშნებს, რომ მსხლის კულტივირება საქართველოს ტერიტორიაზე არქაული პერიოდიდან ხდებოდა.

2.3. მსხლის გვარის ზოგადი დახასიათება და ფილოგენია

მსხლის გვარი (*Pyrus* L.) ეკუთვნის ვარდისებრთა ოჯახის (*Rosaceae* L.) ვაშლისებრთა ქვეოჯახს (*Maloideae* (Small ex Britton & Small) C. Weber). მისი ყველაზე ახლომონათესავე გვარებია ცირცელი [*Sorbus* (s.l.)], ვაშლი (*Malus* Mill.) და კომში (*Cydonia* Mill.). გვარში გაერთიანებულია 60-მდე ვარიაბელური მორფოლოგიური ნიშნების მქონე სახეობა. ამ გვარის წარმომადგენლებისთვის ძირითადი დამახასიათებელი მორფოლოგიური ნიშნებია: მაღალი 25 მ-მდე სიმაღლის ღერო, მონაცრისფრო დამსკდარი ქერქით; პირამიდული ან ოვალური ფორმის ვარჯი; მომრგვალო, ოვალური, ან მსხლისებრი ფორმის ნაყოფი, რომელიც მდიდარია სკლეროიდული უჯრედებით; კიდემთლიანი - კვერცხისებრი, მომრგვალო კვერცხისებრი, ან ოვალური ფოთოლი, მომრგვალებული ან გულისებრი ფუძით; ფარისებრი ან ქოლგისებრი ყვავილედით, რომელიც მოიცავს 5-8 ძირითადად მოთეთრო ფერის ყვავილს. სახეობის განსაზღვრისთვის მნიშვნელოვანია: ფოთლის მორფოლოგიური ნიშნები - შებუსვა, ფუძის ფორმა და ყუნწის სიგრძე; ნაყოფზე ჯამის ფოთოლაკების პერსისტენტულობა (ქუთათელაძე, 1945; Rubtzov 1944).

როგორც ცნობილია, მსხლები დიპლოიდები არიან ($2n = 34$). თუმცა ზოგიერთ ჯიშს ახასიათებს პოლიპლოიდია ან ანეუპლოიდია, მაგალითად *P. canyon*-ს (რომელიც სავარაუდოდ *P. lindleyi*-ის ერთ-ერთი კულტივირებადი სახეობაა) ქრომოსომთა კომპლექტია $2N=43$ (Gladkova & Svenchikova, 1990). აპომიქსისის მოვლენა ამ გვარისთვის ცნობილი არაა (Aldasoro et al. 1996). ასევე არსებობს ცნობები მსხლის გვარის ზოგიერთი წარმომადგენლის ალოტეტრაპლოიდურობაზეც. ეს

ფაქტი *P. communis*-ის ფორმების იზოზიმური მარკერებით კვლევის დროს იქნა გამოვლენილი (Chevreau et al. 1997). შემდეგში კი აღმოჩნდა, რომ ალოტეტრაპლოიდია ევროპაში და აზიაში გავრცელებულ მსხლის ზოგიერთ სხვა სახეობის ჯიშსაც ახასიათებდა (Dirlewanger et al., 2004). გვარის წარმომადგენლები ერთსახლიანი მცენარეებია და ჰიბრიდიზაციის გზით შეუძლიათ მაღალი ფერტილურობის მქონე შთამომავლობის წარმოქმნა (Дуганова, 1972; Browicz, 1993; Fischer, 2009). მსხლების დამტვერვის ფორმად ძირითადად ჯვარედინი დამტვერვაა ცნობილი, რაც ძლიერი ჰიბრიდულობის ერთ-ერთი განმაპირობებელი ფაქტორია (Tyż, 1972, Dirlewanger et al., 2004). ჰიბრიდიზაცია ადვილად ხდება, როგორც სახეობათა შორის, ასევე სახეობებსა და ჯიშებს შორისაც. ამის გამო მსხლის გვარში მეტ-ნაკლებად სტაბილურ ფორმებთან ერთად გარდამავალი ფორმებიც მრავლადაა, რაც გვარის ტაქსონომიური კვლევისას მრავალ სიმძნელეს ქმნის. ბროვიჩის მიხედვით (Browicz, 1993), ბუნებრივი ჰიბრიდიზაცია გვარ *Pyrus*-ში ძირითადად სექცია *Pyrus*-ში ხდება. ეს მოვლენა ტერიტორიულად ყველაზე ხშირია კავკასიაში და ბალკანეთის ნახევარკუნძულზე. მათ შორის ამ მხრივ ცხელ წერტილად კავკასია ითვლება, სადაც ჰიბრიდიზაცია ხდებოდა და სავარაუდოდ ახლაც მიმდინარეობს - მეზოფილურ პანტასა (*P. caucasica*) და ქსეროფილურ ბერყენას (*P. salicifolia*) შორის. ჰიბრიდიზაცია სავარაუდოდ ხდებოდა *P. eleagnifolia* Pall. თან და *P. nivalis*-თანაც, რომლებიც ძირითადად თურქეთის ტერიტორიაზეა გავრცელებული. ასეთი ჰიბრიდები სავარაუდოდ კულტივირებად ფორმებს ეჯვარებოდნენ, რამაც პოლიჰიბრიდული ფორმების წარმოშობა გამოიწვია (Browicz, 1993).

მსხლის გვარის წარმოშობის პირველად ცენტრად მიჩნეულია აღმოსავლეთ აზია (Tuz, 1974, Browicz, 1993). არსებული პალეობოტანიკური მონაცემები საკმაოდ მწირია გვარის წარმოშობაზე და განვითარებაზე. ცნობილია, რომ მესამეული პერიოდის ბოლოს ევროპის ტერიტორიაზე უკვე არსებობდნენ თანამედროვე მსხლების მსგავსი მსხლის ფორმები – *P. minor*, *P. theobroma*, *P. euphemes* (Вавилов, 1926, Rubtzov, 1944). ფიოდოროვის მონაცემებით გვარი *Pyrus* ვარდისებრთა ოჯახის

სხვა წარმომადგენლებთან შორის, შედარებით უფრო სიცოცხლისუნარიან და ნაკლებად კონსერვაციულ შტოს წარმოადგენს, რომელმაც მესამეული პერიოდის ბოლოს და მეოთხეული პერიოდის დასაწყისში ძლიერი განვითარება განიცადა. ეს გეოლოგიური პერიოდი მშრალი კლიმატით ხასიათდება, სწორედ ეს იყო ის ძირითადი ფაქტორი, რომელმაც გავლენა მოახდინა მსხლის ახალ ფორმათა წარმოშობაზე. კლიმატის მშრალ ტიპს გვარი *Pyrus*-ის წარმომადგენლები კარგად შეეგუვნენ, ანუ გვარის განვითარება ქსერომორფოგენეზის გზით წარიმართა (Федоров, 1943).

ა. ტუზის მიხედვით (Туз, 1972), მსხლის გვარის წარმოშობა და განვითარება უფრო გვიან მოხდა, ვიდრე აღმოსავლეთ აზიაში წარმოშობილ ვაშლისებრთა ქვეოჯახის სხვა ძირითადი წარმომადგენელი გვარების – ვაშლის (*Malus* Mill.), კუნელის (*Crataegus* L.) და ცირცელის (*Sorbus* L.). ცნობილია, რომ ეს გვარები სამხრეთ ამერიკის ფლორაში სახეობების დიდი რიცხვით არიან წარმოდგენილი, მსხლის სახეობები კი აქ საერთოდ არ გვხვდება. ტუზმა ასევე გამოთქვა ვარაუდი, რომ მსხალი და ვაშლი საერთო წინაპრებისგან წარმოიშვნენ და ეს წინაპრებს წარმოადგენენ აღმოსავლეთ აზიის ვაშლის სახეობები – იუნანური, განსუური და სხვ., რომელთა ნაყოფი შეიცავს მსხლისთვის დამახასიათებელ გაქვავებულ, სკლერეიდულ უჯრედებს. ვაშლის და მსხლის გვარებს ასევე აერთიანებს ერთი საერთო ნიშანი – ჯამის ფოთოლაკების პერსისტენტულობა. ეს ნიშანი ახასიათებს, როგორც აღმოსავლეთ აზიურ ლოკალურ სახეობებს, ასევე გაცილებით ძველი გვარების – კუნელის და ცირცელის სახეობათა უმეტესობას.

ამავე ავტორის (Туз, 1974) მიხედვით მსხლის გვარის ფორმირება და სახეობათა წარმოშობა ორ - აღმოსავლეთ აზიის და შუა აზია-ხმელთაშუაზღვეთის ეკოგეოგრაფიულ რეგიონში მოხდა:

1. მსხლის გვარის წარმოშობის პირველადი ცენტრი აღმოსავლეთ აზიაში მდებარეობს. რუბცოვის აზრით (Rubtsov, 1944) მსხლის გვარი აზიის ტერიტორიაზე წარმოიშვა ჩინეთის ჩრდილოეთ და დასავლეთ მთიან რეგიონებში. ეს ცენტრი

მოიცავს ორ ერთმანეთისგან მკვეთრად განსხვავებულ სახეობათა ჯგუფს, რომელთა უმრავლესობა *Pashia*-ს სექციის წარმომადგენელია სპეციფიური ნიშნებით - ფორთოხლისფერი ნაყოფი და არაპერსისტენტული ჯამის ფოთოლაკები. ეს ჯგუფი გავრცელებულია ჩინეთის ჩრდილოეთ ნაწილში. ჩინეთის სამხრეთ ნაწილში კი გავრცელებულია სექცია *Pyrus*-ის სახეობების ჯგუფი, რომელთა ნაყოფებიც არ შავდება და ხასიათდება ჯამის ფოთოლაკების პერსისტენტულობით. სახეობათწარმოქმნის აღმოსავლეთ აზიური სახეობების ჯგუფში თავმოყრილია გვარის დომინანტური გენები. ეს სახეობები ხასიათდება შემდეგი ძირითადი ნიშნებით და თავისებურებებით: მეზოფიტურობა, მოსვენების ხანმოკლე პერიოდი, დაბალი ყინვაგამძლეობა, ძლიერი მდგრადობა სოკოვანი დაავადებებისადმი, ახალგაზრდა ტოტების და ფოთლების დახრილობის მცირე კუთხე, კვერცხისებრი ფოთოლი, ფოთლის ფირფიტის კიდის ხშირი დაკბილვა, ჰეტეროფილიის არსებობა ახალგაზრდა მცენარეებში, შიშველი სვეტები და მათი რიცხვის შემცირება ყვავილში, ნაყოფის ჩაშავება მომწიფებისას და ჯამის ფოთოლაკების დაკარგვა. ამ კანონზომიერებებიდან მნიშვნელოვანი გადახრით ხასიათდება ორი სახეობა *P. bretschnideri* და *P. serrulata*, რომლებსაც აქვთ ორივე სექციისთვის დამახასიათებელი გარდამავალი ნიშნები, თუმცა სისტემატიკური განხილვისას მათ მაინც ჩინეთის ჩრდილოეთ ნაწილს მსხლეს მიაკუთვნებენ.

2. მსხლის გვარის წარმოშობის მეორეული - შუა აზია-ხმელთაშუაზღვეთის ცენტრი (რუსეთის სამხრეთ ნაწილი; ირანი; ავღანეთი; წინა და მცირე აზია; კავკასია; ჩრდილოეთ ევროპა; სამხრეთ აფრიკა). ა. ტუზის აზრით (Tuz, 1974), გვარის პირველადი წარმოშობის ცენტრიდან შუა აზია-ხმელთაშუაზღვეთის ტერიტორიაზე მსხლის სახეობები ანთროპოგენული გავლენით მოხვდნენ. ახალ ტერიტორიაზე მოხვედრილ ველურ მსხლებში სახეობათა წარმოქმნა ჰიბრიდიზაციის გზით წარიმართა. ამ მოვლენამ გვარის ახალი განვითარების კერის გაჩენა გამოიწვია, სადაც სახეობათა განვითარება ქსეროფილიზაციის მიმართულებით წარიმართა გამყინვარების შემდგომ პერიოდში. მეორეული ცენტრის სახეობები სექცია *Pyrus*-ის

წარმომადგენლები არიან, უმეტეს წილად ისინი ერთიანდებიან ორ სუბსექციაში - *Xeropyrenia* და *Argyromalon* ში. სახეობათწარმოქმნის შუააზიური და ხმელთაშუაზღვეთის სახეობათა ჯგუფის წარმომადგენლები ფლობენ გვარის რეცესიული გენების მაქსიმუმს. მათი ძირითადი ნიშანი და თავისებურება უპირველესად არის: ქსეროფილურობა, მოსვენების ხანგრძლივი პერიოდი, ყინვაგამძლეობა, ფოთლების დახრის მახვილი კუთხე, წაგრძელებული ან ოვალური ფორმის ფოთოლი, მცირედ დაკბილულკიდეებიანი ან კიდეითლიანი ფოთლის ფირფიტა, ჰეტეროფილიის დაბალი სიხშირე ახალგაზრდა მცენარეებში, სუსტი იმუნიტეტი, დახრილი სვეტები, მომწიფებისას ნაყოფი ინარჩუნებს ჯამის ფოთოლას და მისი რბილობი შავდება (Tyz, 1972; Tuz, 1974).

ა. ტუზის მიხედვით (Tuz, 1974), აღმოსავლეთ აზიური და შუა აზიური სახეობათა ჯგუფების ჰეტეროფილიის ნიშნები და ჯამის ფოთოლას პერსისტენტულობა მათ შორის მჭიდრო ნათესაური კავშირის არსებობის მაჩვენებელია. ამავე წყაროს მიხედვით, აღმოსავლეთ აზიაში მსხლის კულტურული ჯიშები წარმოიშვნენ ერთმანეთისგან გეოგრაფიულად დამორებული, განსხვავებული სახეობების დომესტიკაციის გზით და კულტურული ჯიშების მრავალფეროვანი ასორტიმენტი, რომელიც ამ ეკო-გეოგრაფიულ რეგიონში არსებობს, ძირითადად სამი სახეობისგან: ბრეტშნაიდერის მსხალი (*P. bretschnideri*, Redh.) მსხლისფოთოლა მსხალი (*P. pyrifolia* (Brum.) Nakai) და უსურიული მსხალი (*P. ussuriensis* Maxim.) არიან წარმოშობილი. ავტორი თვლის, რომ შუა აზიის და ხმელთაშუაზღვეთის რეგიონში ჯიშების წარმოშობა რომელიმე კონკრეტული სახეობის კულტურაში შემოტანით არ ხდებოდა, თუმცა ჯიშების წარმომშობ მთავარ სახეობებად თურქმენულ მსხალს (*P. turcmenica* Maleev.), უსურიულ მსხალს (*P. ussuriensis* Maxim) და რეგელის მსხალს (*P. regelii* Redh.) მიიჩნევს (Tyz, 1972). ავტორი ასევე თვლის, რომ ძირითადი სახეობები, რომლებსაც კავკასიაში და ევროპაში არსებული კულტურული ჯიშების წარმოშობა უკავშირდება, არიან პანტა (*P. caucasica*) და ჩვეულებრივი მსხალი (*P. communis*=*P. pyraster*). თუმცა ასევე

გამოთქვამს აზრს, რომ მსხლის ევროპული ჯიშების ჩამოყალიბებაში მონაწილეობას იღებდნენ სხვა სახეობებიც: სირიული მსხალი (*P. syriaca* Boiss.), ბერყენა (*P. salicifolia* Pall.), ნუშისებური მსხალი (*P. amygdaliformis* Vill.) და ზამთრის მსხალი (*P. nivalis* Jacq.) ამრიგად მსხლის კულტურული ასორტიმენტის ფორმირება ორი გზით მიდიოდა: აღმოსავლეთ აზიაში მათი წარმოშობა გეოგრაფიულად დაშორებული, განსხვავებული სახეობების პირდაპირი ხაზით გადარჩევის გზით მოხდა, ხოლო შუა აზია-ხმელთაშუაზღვეთის ტერიტორიაზე - მსხლის მრავალ სახეობას შორის ჰიბრიდიზაციის გზით (Tuz et al., 1983).

2.4. მსხლის გვარის გავრცელება

ბროვიჩის (Browicz, 1993) მიხედვით მსხლის გვარის არეალი ფრაგმენტირებულია და შედგება სამი ნაწილისაგან. არეალი ძირითადად მიუყვება ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ზომიერ სარტყელს და მხოლოდ გამონაკლისის სახით იჭრება აფრიკის უკიდურეს ჩრდილოდასავლეთ ტერიტორიაზე. უფრო ჩრდილოეთ და ამერიკის კონტინენტზე გვარი ბუნებრივად არ ვრცელდება.

გვარ *Pyrus*-ის გავრცელების პირველი არეალი მოიცავს ევროპის ცენტრალურ, დასავლეთ და სამხრეთ ნაწილებს, აფრიკას უკიდურეს ჩრდილოდასავლეთს და აზიის სამხრეთ ნაწილს, ანატოლიიდან კავკასიასა და თურქმენეთამდე აღმოსავლეთით და ისრაელის ცენტრალურ ნაწილამდე სამხრეთით. გვარის გავრცელების ჩრდილოეთ დასავლეთ და სამხრეთ ზღვარი შექმნილია სექცია *Pyrus*-ის სახეობების მიერ. ჩრდილოეთით სახეობა *P. pyraster*-ის არეალი აღწევს ლატვიასა და რუსეთამდე 55-57°N განედს მიახლოებით, მაშინ როდესაც *P. syriaca* სამხრეთით აღწევს ისრაელს იუდას მთებამდე. ირანის სამხრეთ დასავლეთ ნაწილში მდებარე ფარსის პროვინციაში კი იგი მცირედ სცდება 30°N განედს.

გვარ *Pyrus*-ის გავრცელების მეორე არეალი გადის ავღანეთის სამხრეთ ნაწილში ჩრდილოეთ პაკისტანის, ჰიმალაების, ჩინეთის ცენტრალურ და აღმოსავლეთ ნაწილების და ასევე იაპონიის გავლით. უფრო მოშორებით,

ჩრდილოეთისკენ, რუსეთის შორეულ აღმოსავლეთსა და ჩრდილოეთში მიახლოებით 57°N განედზე იზრდება სახეობა *P. ussuriensis*. უკიდურეს აღმოსავლეთში გვარის გავრცელების ზღვარი გადის იაპონიაზე. აქ მრავალფეროვნება წარმოდგენილია სახეობებით: *P. ussuriensis*, *P. calleryana*, და *P. pyrifolia*. ტაივანის ცენტრალურ ნაწილში ასევე იზრდება მსხლის გვარის წარმომადგენელი მარადმწვანე სახეობა - *P. kawakamii*. მეორეს მხრივ, გვარის გავრცელების სამხრეთი საზღვარი შექმნილია სექცია *Pashia*-ს წარმომადგენელი სახეობით - *P. pashia*, რომელიც აგრეთვე, იზრდება ვიეტნამში, ლაოსში და ტროპიკების სამხრეთ ნაწილში, დაახლოებით 22-23° N ქვემოთ.

გვარ *Pyrus*-ის გავრცელების მესამე და ყველაზე მცირე არეალი მოთავსებულია პირველ ორ არეალს შორის, თუმცა მათთან კავშირი არა აქვს. იგი წარმოდგენილია სექცია *Pyrus*-ის მხოლოდ სამი სახეობით: *P. korshinskyi*, *P. regelii*, *P. tadshikistanica*. აქ გავრცელების ზღვარი მდებარეობს ტიან-შანის მთებსა (42°N), და ავღანეთის ჩრდილოეთ ნაწილს (34°N) შორის. ამგვარად, ირანის ცენტრალური და სამხრეთი ნაწილები, ავღანეთი და პაკისტანი, თითქმის მთლიანად მოქცეულია გვარ *Pyrus*-ის გავრცელების ბუნებრივ არეალში.

მსხლის გვარის სახეობრივი მრავალფეროვნების თვალსაზრისით უმდიდრესია კავკასია. ამ რეგიონში მრავალწლიანი კვლევების შედეგად დაახლოებით 40-მდე ტაქსონი იქნა აღმოჩენილი სხვადასხვა მკვლევარის მიერ. მათგან 26 სახეობის და ქვესახეობის სტატუსით არის ცნობილი, დანარჩენები კი ჰიბრიდული და გაველურებულ ფორმებს წარმოადგენენ. ამასთან აღსანიშნავია, რომ მსოფლიოში მსხლის მხოლოდ 23 სახეობაა ვალიდურად მიჩნეული. მაგალითისთვის, ჩინეთში იზრდება მსხლის მხოლოდ 13 სახეობა, თურქეთში - 9, ირანში - 6, ევროპაში - 4-5, იაპონიაში - 3, ტაჯიკეთში - 3 და ავღანეთში 2 სახეობა. კავკასიაში მსხლის გვარის მრავალფეროვნების ასეთი მაღალი მაჩვენებელი დიდი ალბათობით გამოწვეულია იმით, რომ მსხლის ტაქსონების კრიტიკული შეფასება არასდროს მომხდარა და სავარაუდოდ მრავალი კავკასიური ველური მსხლის

სახელწოდება უბრალოდ ერთმანეთის სინონიმებს წარმოადგენს. თუმცა არსებობს ამ მრავალფეროვნების გამამართლებელი მწირი დასაბუთებაც. კერძოდ ა. ტუზის (Туз, 1972; Tuz 1974) მონაცემებით ამ დასკვნას ამყარებს კავკასიაში აღმოჩენილი ველური მსხლების კარიოლოგიური მახასიათებლები. ქრომოსომათა რიცხვი კავკასიურ ველურ მსხლებში განსხვავებულია სახეობების მიხედვით. თუმცა არ არსებობს მონაცემები თუ როგორ ცვალებადობს ეს პარამეტრი თითოეული სახეობის პოპულაციაში და რა ფაქტორი განაპირობებს ქრომოსომათა განსხვავებულ რიცხვს - გარემოს ეკოლოგიური მახასიათებლები თუ ჰიბრიდიზაციის პროცესი.

ვერტიკალური სარტყლიანობის მიხედვით მსხლის გვარის წარმომადგენლები, როგორც წესი, ზღვის დონიდან 2200 მეტრამდეა გავრცელებული, თუმცა ჰიმალაის მთებში, *P. pashia* ზღვის დონიდან 2750 მ.-მდე გვხვდება. ჩინეთში კი *P. pashia* და *P. pseudopashia* ზღვის დონიდან 3000 მ.-მდეც აღწევენ (Browicz, 1993).

2.5. მსხლის კულტურის მნიშვნელობა და ისტორია

მსხალი, ვაშლის შემდეგ ყველაზე კულტივირებად და მაღალი საწარმოო ღირებულების მქონე ხილად ითვლება ზომიერი სარტყლის ქვეყნებში. მსოფლიო მასშტაბით იწარმოება მსხლის ნაყოფის საშუალოდ 200 მლნ. ტონა. მთავარ მწარმოებელ ქვეყნად ითვლება ჩინეთის სახალხო რესპუბლიკა. მწარმოებელი ქვეყნების ათეულში შედიან აგრეთვე: იტალია, აშშ, ესპანეთი, არგენტინა, სამხრეთ კორეა, იაპონია, თურქეთი, სამხრეთ აფრიკა და ნიდერლანდები. მსხლის ნაყოფისგან ხდება მრავალი კულინარიული ნაწარმის (ჩირი, წვენი, ჟელე, ჯემი და სხვ.) და ალკოჰოლური სასმელების დამზადება. მსხლის მერქანი ვაშლისგან განსხვავებით მაღალკომერციული მნიშვნელობისაა. იგი ძირითადად გამოიყენება ძვირფასი ავეჯის და მუსიკალური ინსტრუმენტების დამზადებლად (Jackson, 2003).

მსხლის სახეობები, რომელთაც არა აქვთ კომერციული ღირებულება, მნიშვნელოვან გენოფონდს ქმნიან ჯიშებისთვის. გარდა ამისა მრავალი ასეთი მსხლის სახეობა და მათ შორის ქართული პანტაც, ითვლება საუკეთესო საძირედ.

ასეთი საძირების გამოყენებით ხდება ახალი, სიცივის ამტანი და დაავადებების მიმართ მდგრადი კულტურების გამოყვანა (Wagner & Kleinschmit, 2003).

სამედიცინო მონაცემებით (Hunter, J. 2007), მსხლის ნაყოფი დაბალი კალორიულობის გამო გამოიყენება დიეტოლოგიაში, ასევე აქვს კუჭ-ნაწლავის მოქმედების მასტიმულირებელი და მომაწესრგებელი თვისებებიც. შარდმდენი თვისებების გამო მსხლის ნაყოფი უძველესი დროიდან იყო ცნობილი, როგორც წნევის მარეგულირებელი და გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების პროფილაქტიკის ერთ-ერთი საშუალება. ასევე ცნობილია, რომ მსხალი დიდი რაოდენობით შეიცავს მცენარეულ ბოჭკოს, რაც ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს ქოლესტეროლის დასაშლელად. მსხლის ნაყოფში შემავალი ნივთიერებები ხელს უწყობენ შარდმჟავას და შარდის სხვადასხვა ნიტროგენიზირებული ნივთიერებების განეიტრალებას, ამიტომ მსხლის წვენი მოწამვლის დროს ორგანიზმის ეფექტურ განმწმენდ საშუალებად არის მიჩნეული. მსხლის ნაყოფი მცირე რაოდენობით შეიცავს C, B, და E ვიტამინებს. სამედიცინო მნიშვნელობა ძირითადად განპირობებულია მინერალების: კალიუმის, მაგნიუმის და რკინის მაღალი შემცველობით სხვა ხილთან შედარებით. მსხალი, სხვა ხილისგან განსხვავებით, მცირე რაოდენობით შეიცავს ფოსფორსაც – კვების რაციონისთვის აუცილებელ ნივთიერებას, რომელსაც ადამიანი ძირითადად ხორცპროდუქტებიდან იღებს. ამგვარად, მსხალი, ვაშლის მსგავსად მინერალებით და ვიტამინებით ერთ-ერთი ყველაზე მდიდარი ხილია.

ისტორიული და ლიტერატურულ ცნობებით (Janik, 2009) მსხლის გვარის სამეცნიერო დასახელება წარმოშობილია ბერძნული სიტყვა „პირო“-დან (πιρὀς), რაც ქართულად ცეცხლს ნიშნავს. ეს სახელი მსხალს ხის ვარჯის ალისებური ფორმის და შემოდგომაზე ფოთლების შეფერილობის გამო შეერქვა. სამეცნიერო სიმბოლიზმში მსხლის ნაყოფის ფორმა, ანუ მსხლისებური ფორმა არაბულ რიცხვით სისტემის ციფრ ‘8’-ს შეესაბამება, ხოლო მათემატიკურ ლოგიკაში ჰორიზონტალური პერიოდული სიმბოლოთი უსასრულობა ‘∞’ გამოისახება. მსხლის ანტიკურ პერიოდში მოშენებაზე მიაწიშნებს ლიტერატურული ნაწარმოები „ოდისეა“,

რომელიც ჰომეროსის მიერ ჩვ. წ. აღ. მდე მე-9 საუკუნეში შეიქმნა. ეს ნაწარმოები ითვლება წყაროდ სადაც მსხალი პირველად არის მოხსენიებული. მსხლის და ზოგადად მეხილეობის მრავალფეროვან კულტურაზე მიუთითებს ქალაქ პომპეის და ჰერკულანუმის ნამარხებში აღმოჩენილი ჭურჭელი, რომელიც მოხატული იყო სხვადასხვა ხილის და მათ შორის მსხლის ნატურმორტებითაც. ძველი რომის ეს ქალაქები ჩვენი წელთ აღიცხვით 79 წელს განადგურდა ვულკან ვეზუვის ამოფრქვევის გამო. მსხლის დომესტიკაციის, ისევე როგორც ზოგადად მეხილეობის აღზევების ოქროს ხანას დასაწყისად ევროპაში რენესანსული პერიოდი (მე-16 საუკუნე) ითვლება. ეს ფაქტი ძირითადად ამ პერიოდის ფერწერული ნიმუშებით დგინდება. აღსანიშნავია, რომ მსხლის ევროპაში არსებული ჯიშების 95%-ს მე-16 საუკუნიდან დღემდე მიღებულ ჯიშებს შეადგენს, ხოლო 5 % - უფრო ძველს.

2.6. საქართველოში გავრცელებული მსხლის სახეობები და ადგილობრივი ჯიშები

პანტა (*Pyrus caucasica*) პირველად ა. ფიოდოროვმა აღწერა (Федоров, 1943). იგი ვორონოვის (Воронов, 1925) თეორიაზე დაყრდნობით და კავკასიაში გავრცელებულ ამ სახეობაზე დაკვირვების შედეგად მივიდა დასკვნამდე, რომ კავკასიაში ჩამოყალიბდა რეგიონის კლიმატურ და ლანდშაფტურ პირობებთან შეგუებული მსხლის განსხვავებული რასა, რომელიც ჩვეულებრივი მსხლისგან *P. communis* L. (= *P. pyraster* L.) განსხვავდებოდა კიდემთლიანი ფოთლებით და ლოკალური გავრცელებით ხასიათდებოდა. ფიოდოროვის დასკვნამდე პანტასაც ჩვეულებრივ მსხლად (*P. communis*) განიხილავდნენ, თუმცა ჩვეულებრივ მსხალს კიდედაკბილული ფოთლები აქვს და უფრო ფართო გავრცელებით ხასიათდება. მისი ხელოვნური გავრცელების არეალი მოიცავს ევროპის, ამერიკის და აფრიკის კონტინენტს, ბუნებრივი არეალი კი შუა აზია-ხმელთაშუაზღვეთის რეგიონში მდებარეობს (Browicz, 1993) და მხოლოდ კავკასიის ჩრდილო დასავლეთით კვეთს პანტის გავრცელების არეალს (Федоров, 1954) .

თანამედროვე ნომენკლატურით (Tuz, 1972) პანტა განთავსებულია გვარ *Pyrus*-ის სექცია *Pyrus*-ში. ზუსტი სისტემატიკური დახასიათება ასეთია:

Genus *Pyrus* L.

Section *Pyrus* Tuz (= *Achras* Fed.)

Cycl *Communes* (Maleev) Fed. (=Proles *Germanica* Dcne. ser. *Communes* Maleev)

Series *Boreales* Fed. (=Proles *Germanica* Dcne.)

Species *P. communis* subsp. *caucasica* (Fed.) Browicz.

Sin.: *P. communis* L. ; *P. caucasica* Fed.

მასთან გენეტიკურად ყველაზე ახლო მონათესავე სახეობებია ჩვეულებრივი მსხალი (*P. communis* L.) და ტყის მსხალი (*P. pyraster* L.). ამ სახეობებს შორის ახლო ნათესაური კავშირის არსებობა თანამედროვე ფილოგენეტიკური კვლევებითაც დასტურდება (Verbylaitė et al., 2006). ვავილოვი და რუბცოვი (Вавилов, 1929; Rubtsov, 1944) თვლიდნენ, რომ *P. caucasica* და *P. pyraster* ჩვეულებრივი მსხლის წინაპარი სახეობები არიან. თუმცა ზოგი ავტორის აზრით ეს სახეობები ფენოტიპურად მსგავსი არიან და მათი კლასიფიკაცია გეოგრაფიული გავრცელების მიხედვით მოხდა (Volk et al., 2006). *P. pyraster* -ის გავრცელების ადგილია შავი ზღვის დასავლეთ და სამხრეთ ნაწილი, ბალკანეთის ქვეყნები, თურქეთი და ზოგიერთი ევროპული ქვეყანა, ანუ ჩვეულებრივი მსხლის ბუნებრივი გავრცელების არეალის დასავლეთი ნაწილი. *P. caucasica* კი გავრცელებულია აღმოსავლეთით - კავკასიის ქვეყნებში, ანუ ჩვეულებრივი მსხლის გავრცელების არეალის უკიდურეს აღმოსავლეთით (სქემა 2). ახლო ნათესაური კავშირის გამო მსხლის გვარის თანამედროვე სისტემაში ველურ მსხლებს: *P. caucasica* და *P. pyraster* ჩვეულებრივი მსხლის ჯგუფში აერთიანებენ ქვესახეობებად:

Pyrus communis L. :

P. communis L. subsp. *caucasica* (Fed.) Browicz

P. communis L. subsp. *pyraster* (L.) Ehrh.

თუმცა ასეთი სისტემა ხშირ შემთხვევაში უხერხულობას ქმნის, იმ მხრივ, რომ ამ ქვესახეობების მოხსენიება კვლევების უმეტესობაში მაინც სახეობის სტატუსით ხდება.



სქემა 2. პანტის (*P. caucasica*) და ტყის მსხლის (*P. pyraster*) არელების ზოგადი მოდელი ლიტერატურული წყაროს (Volk et al., 2006) მიხედვით

პანტა კავკასიის ენდემია. მისი გავრცელების არეალი მოიცავს რუსეთის ჩრდილოეთ ნაწილს, ყირიმს, საქართველოს, აზერბაიჯანს და სომხეთს. ეს სახეობა მეზოფიტია, უმეტეს წილად იზრდება ფოთლოვან ტყეებში. ზღვის დონიდან 1500, ზოგჯერ კი 2200 მ.-მდე აღწევს. მორფოლოგიური თავისებურებების მიხედვით იგი მაღალი, 15-25 მ.-მდე სიმაღლის ხეა. პირამიდული ვარჯით. ახალგაზრდა ტოტები შიშველია, ნაცრისფერი ქერქით შემოსილი, ეკლიანი. ფოთლები შიშველია ან ქვედა მხარეზე ოდნავ აბლაბუდისებრი ბეწვით დაფარული, ნახევრად ტყავისებრი, ზედა მხარე პრიალაა. ფოთლის ფორმა კვერცხისებრი, მომრგვალო, ფართო-კვერცხისებრი, წაგრძელებული ან იშვიათად რომბულია, წაწვეტებული ან ბლაგვი, გრძელი ან

ძალზე გრძელი ყუნწებით. ფოთლის ფირფიტა კიდემთლიანია და წამწამებითაა დაფარული. ყვავილები ყვავილედში ფარადაა შეკრებილი. მოთეთრო ან ოდნავ მოვარდისფრო ფერისაა. ნაყოფი შიშველია, მრგვალი ან შეჭყლეტილ-სფეროსებრი, შევიწროვებული გრძელყუნწიანი (ქუთათელაძე, 1945). დამტვერვის ტიპი: ენტომოფილია (ზოოქორია). ყვავილობს აპრილ-მაისში, ნაყოფი მწიფდება ივნისის ბოლოდან სექტემბრის დასაწყისამდე. ქრომოსომათა რიცხვი: $2N=34$ (Tuz et al., 1983). არსებული ლიტერატურული და საჭერბარიუმო მონაცემებით, პანტა საქართველოს მთელ ტერიტორიაზეა გავრცელებული. იზრდება სხვადასხვა ტიპის ტყეებში, როგორც მშრალ ასევე ტენიან ხეობებში და ძირითადად პირველ და მეორე იარუსებს იკავებს. დასავლეთ საქართველოში იგი უმეტესად მთის ქვედა და შუა სარტყლის ტყეებში გვხვდება. გავრცელებულია ხევებსა და მდინარის პირებშიც. დასავლეთ საქართველოსგან განსხვავებით, აღმოსავლეთ საქართველოში, ჩამოთვლილი ჰაბიტატების გარდა, იგი გვხვდება ველებზე, ჭალის ტყეებში, ნათელ ტყეებში, წიწვოვან ტყეებში და სხვა. პანტისგან შექმნილი წმინდა კორომები “პანტიანები” მეორეული წარმოშობისაა და ჩნდება მიტოვებულ საძოვრებზე, სათიბებზე და განაჩებ ადგილებზე (შ. ქუთათელაძე 1946).

თბილისის ბოტანიკის ინსტიტუტის ჰერბარიუმში ინახება საქართველოს ტერიტორიაზე შეგროვებული პანტების საკმაოდ დიდი კოლექცია. დასავლეთ საქართველოდან საჭერბარიუმო მონაცემები შეგროვებულია რაჭაში, ონის მიდამოებში; ლეჩხუმში; სვანეთში - მესტიაში; მესხეთში - ასპინძაში, ახალციხის და ადიგენის მიდამოებში.; ზემო იმერეთში; გურიისა და სამეგრელოს ტყეებში და მდინარის ხეობებში; ბორჯომის ხეობაში - სოფელ ახალდაბის მახლობლად და ტყეებში, მდინარე მტკვრის მარჯვენა და მარცხენა სანაპიროებზე. ლიკანის მახლობლად, ბანისხევში, ჩითახევში, ბაკურიანის მიდამოებში. აღმოსავლეთ საქართველოში ქართლის სხვადასხვა რაიონში. კასპში, მდ. თორთლას მარჯვენა სანაპიროდან სოფელ ქვემოჭალის მახლობლად, რომელსაც ადრე “პანტიანსაც” უწოდებდნენ (კეცხოველი, 1935); გორის რაიონში, მდ. ლიახვის ნაპირებზე და

ტყეებში. თბილისის შემოგარენში - კოჯორი. თეთრი წყაროს რაიონში; კახეთში, საგარეჯოს, თელავის და ლაგოდეხის მიდამოებში; მესხეთში - არსებობს ძველი საჰერბარიუმო მასალები კონფლიქტური რეგიონების ტერიტორიიდანაც. აფხაზეთის ტყეებში პანტის მცირედ განსხვავებული, ფოთლის ფირფიტის აპიკალური ნაწილის კიდედაკბილული მორფოტიპები გვხვდება 1500-1800 მ-მდე დიაპაზონში ზღვის დონიდან: მდინარეების ბზიფის, კელასურის და კამანის ხეობებში. სოხუმის და მაჭარის მიდამოებში. შიდა ქართლში საჰერბარიო მასალა შეგროვილია ცხინვალის შემოგარენიდან და მდინარე ლიახვის და მეჯუდას ხეობებიდან.

საქართველო ითვლება მსხლის კულტურის წარმოშობის ერთ-ერთ კერად (ხომიზურაშვილი, 1973). ცნობილია, რომ მე-19 საუკუნის მიწურულამდე საქართველოში მხოლოდ მსხლის ადგილობრივი წარმოშობის ჯიშები არსებობდა. არსებული მონაცემებით, ისინი ჩამოყალიბდნენ ადგილობრივი მსხლის სახეობებიდან, მრავალსაუკუნოვანი ხალხური სელექციის გზით. უცხოური ჯიშები საქართველოში პირველად ქართლის ვაკეზე გავრცელდნენ. ასეთი ჯიშები ყინვებისადმი ნაკლებად მდგრადები იყვნენ, რის გამოც საქართველოს მთიან რეგიონებში ნაკლებად გვხვდებიან (კეცხოველი, 1957; ხომიზურაშვილი, 1973). ა. ტუზის მიხედვით (Туз, 1974) ქართული და სომხური მსხლის ჯიშები მეზობელი ქვეყნების – აზერბაიჯანის და დაღესტნის ჯიშებისგან მნიშვნელოვნად განსხვავდება. ტუზი ამას ხსნის შორეულ წარსულში ამ ქვეყნების მოსახლეობებს შორის არამჭიდრო კავშირით. ივანე ჯავახიშვილის განმარტებით სახელი “მსხალი” სხვადასხვა ქართულ დიალექტზე თითქმის მსგავსად ჟღერს: მეგრულად - “სხული”; ქანურად - “ცხული”; სვანურად “იცხ” და არ გავს ამ ხილის სახელს სხვა, მეზობელი და არამეზობელი სახელმწიფოების ენებზე. ჯავახიშვილს განმარტებული აქვს აგრეთვე მსხლის სხვადასხვა ჯიშის დასახელება, რაც ძირითადად ნაყოფის ფორმაზე, ფერზე, ზომაზე, გემოზე ან ხარისხზე მიუთითებს. მაგ. : “მცხულ-კვინჩხი” (ჩიტის მსხალი) პატარა ზომის ნაყოფის მქონე მსხლის ჯიშია. “მცხულ-ოქრო” ანუ ოქროს მსხალი ერთ-ერთ ჯიშს ნაყოფის ფერის გამო დაერქვა. “მცხულ-ჯომური” მჟავენაყოფა მსხალს ნიშნავს.

“მცხულ-შუკა” კი ჭანურად კიტრის ფორმის მსხალს ნიშნავს. სულხან-საბა ორბელიანის (“სიტყვის კონა”) განმარტებით “პანტა” ეწოდება ტყის მსხლებს, ხოლო “ჭკუტა” კი პატარა ზომის მსხლებს. საქართველოში მსხლის კულტურის ძველი დროიდან არსებობაზე მიუთითებს საქართველოს კუთხეებში სხვადასხვა გეოგრაფიული ადგილის დასახელებაც, როგორიცაა: სოფლის და მდინარის სახელი “სხალთა” (აჭარა), “სხალტის ქედი” (ქართლი), “სხლობანი” (კლარჯეთი) და სხვ. (ჯავახიშვილი, 1986).

“საქართველოს მეხილეობაში” (ხომიზურაშვილი, 1973) მსხლის ქართული, ადგილობრივი ჯიშები დაყოფილია ოთხ ჯგუფად:

1. გულაბი მსხლები. აქ გაერთიანებულია მაღალი ხარისხის ნაყოფის მქონე მსხლის ჯიშები. დაჯგუფების საფუძველს წარმოადგენს მათი ნაყოფის არომატული თვისებები და დიდი ზომა. ზუსტი წარმოშობა გაურკვეველია, თუმცა წყაროს მიხედვით ქართულ ჯიშებს განეკუთვნება.

2. პანტა მსხლები. ეს ჯგუფი აერთიანებს სხვადასხვა ზომის და ფორმის ნაყოფის და ფოთლების მქონე მსხლის ჯიშებს. მათი ამ ჯგუფში გაერთიანების საფუძველია ნაყოფის ჩაშავება მომწიფების დროს, როგორც ეს ველურ სახეობა პანტას ახასიათებს; ვარჯის ფორმა და მაღალი ტანის ზომა.

3. კალოს მსხლები. ამ ჯგუფში შედის ივლის-აგვისტოში მომწიფარი საადრეო მსხლები, რომლებიც სავარაუდოდ ასევე პანტა მსხლებისგან არიან წარმოშობილნი.

4. ხეჭეჭური მსხლები. ამ ჯგუფში ზამთრის ჯიშებია გაერთიანებული, რომლებიც ველურად მოზარდი სახეობების პირდაპირი გაკულტურების გზით წარმოიშვნენ.

ამავე წყაროს მიხედვით, მსხლის ქართული ჯიშების წარმოშობაში პანტას დიდი როლი მიუძღვის. მისგან წარმოშობილი ჯიშებია: პანტა მსხლები, კალოს მსხლები და ხეჭეჭურები. პანტის თესლ-ნერგებს კი იყენებენ მსხლის კულტურული ჯიშების საძირედ, რომლებიც ძლიერი ზრდით ხასიათდებიან.

თავი 3. კვლევის აქტუალობა

3.1. კვლევის აქტუალობა ზოგადი თვალსაზრისით

მსხლის სხვადასხვა სახეობაზე მრავალი კვლევა ჩატარებული. შედარებით საფუძვლიანად შესწავლილია კომერციული მნიშვნელობის სახეობები - აზიური მსხალი (*P. pyrifolia*) და ჩვეულებრივი მსხლის (*P. communis*) ჯგუფის ველური ტაქსონები, მათ ჯიშებთან ერთად (Dondini & Sansavini 2012). ასეთი კვლევის შედეგებს დიდი მნიშვნელობა ენიჭებათ გვარის ფილოგენიის და დომესტიკაციის საკითხების შესწავლისთვის. დღემდე ითვლება, რომ ევროპული კულტურული მსხლების ველურ ნათესავებს (*P. pyraster*, *P. caucasica*, *P. gharbiana* Trab., *P. nivalis*), ან მათი გენოფონდის მქონე მსხლის ჯიშების დიდ ასორტიმენტს შორის არ არსებობს გამოკვეთილი გენეტიკური და მორფოლოგიური საზღვრები. ამ თემაზე ინტენსიური მორფოლოგიური კვლევების დასაწყისად მე-19 საუკუნის პირველი ნახევარი ითვლება (Tuz et al., 1983). ამ პერიოდის მეხილეობის კულტურის ამსახველ გავლენიან გამოცემებს [Hanelt, 2001 (ევროპა); Downing, A. J. 1847-1855 (ამერიკა)] ფონად გასდევს ხეხილის სხვადასხვა კულტურების და მათ შორის მსხლის ველური ნათესავების ტაქსონომიის მოუწესრიგებლობით გამოწვეული ხარვეზები. ხშირად ასეთ წყაროებში ხეხილის სხვადასხვა ჯიშში ველური ფორმის სტატუსით იყო განხილული მათი ნაყოფის პომოლოგიური ნიშნების გამო, ან პირიქით, ველური მსხლები ჯიშების ჯგუფში ერთიანდებოდა მორფოლოგიური ნიშნების საფუძველზე. დროთა განმავლობაში ძველი გამოცემების რევიზია წარმოებდა ასეთი ხარვეზების გამოსასწორებლად. ტახტაჯიანის (Тахтаджян, 1966) და კრონქვისტის (Cronquist, 1981) შრომების გამოქვეყნების შემდეგ ეს შრომები გახდა ევროპული მეხილეობის ვალიდური კლასიფიკაციის საფუძველი, რამაც ხეხილის მრავალი კულტურის კლასიფიკაცია მოაწესრიგა. თანამედროვე კვლევებში და წყაროებში (Hancock & Lobos, 2008; Fischer, 2009; Dondini & Sansavini 2012) ხეხილის კულტურების გენოფონდის შემქმნელ სახეობების ერთმანეთისგან სხვაობას და მათთან

კონკრეტული კულტურის ჯიშების და ვარიაციების მრავალფეროვნების კავშირს მოლეკულურ-გენეტიკური საფუძველი გააჩნია. ხეილის კულტურების და მათ შორის მსხლის შემთხვევაშიც ასეთი მიდგომა მნიშვნელოვანია, როგორც მთლიანად გვარის ტაქსონომიურად მოწესრიგების, ასევე ჯიშების კლასიფიკაციისთვისაც. თანამედროვე პერიოდში მიუხედავად ასეთი ტიპის კვლევების ინტენსიფიკაციისა რიგი საკითხები მაინც შეუსწავლელი რჩება. მაგალითისთვის, მსხლის გვარის შემთხვევაში, მისი კავკასიის ევროგეონში გავრცელებული ველური წარმომადგენლების ტაქსონომიის უზუსტობის გამო ფაქტიურად ღიად რჩება კავკასიის და ევროპის მსხლის ჯიშების წარმოშობის საკითხები. ყველაზე მნიშვნელოვან ხარვეზს წარმოადგენს *P. caucasica*-ს და *P. pyraeaster*-ის ტაქსონომიური სტატუსის გაურკვევლობა. არსებულ თანამედროვე კვლევების თითქმის ნახევარში ეს ორი ტაქსონი ცალკეულ სახეობებად არიან წარმოდგენილი, რაც მათი მორფო-გენეტიკური კვლევა უდევს საფუძვლად. ხოლო რიგ, ასევე თანამედროვე კვლევებში, ეს სახეობები ჩვეულებრივი მსხლის (*P. communis*) ქვესახეობებად არიან განხილული. *P. caucasica*-ს და *P. pyraeaster*-ისთვის ქვესახეობის სტატუსის მინიჭების მთავარი მიზეზი არის მათი მორფო-გენეტიკურად ახლო კავშირი კულტურულ მსხალთან და ჰიბრიდიზაციის პროცესის არსებობა მსხლის გვარში, რომელიც გვარის იმ სექციაშია (სექც. *Pyrus*) ყველაზე მძაფრად წარმოდგენილი, სადაც ეს ორი ტაქსონია გაერთიანებული (Tuz et al., 1983; Browicz 1993). მარტივად რომ ვთქვათ, ითვლება, რომ *P. caucasica*-ს და *P. pyraeaster*-ს შორის მორფო-გენეტიკური სხვაობა არასაკმარისად მკვეთრად მიიჩნევა იმისთვის, რომ ისინი ცალკეულ სახეობებად ჩაითვალოს. ასეთი მიდგომა კითხვის ნიშნის ქვეშ აყენებს ჩვეულებრივი მსხლის (*P. communis*) ჯგუფის არსებობის საჭიროებას, რომელიც მოცემულ ორ ტაქსონთან ერთად მსხლის ევროპულ და კავკასიურ ჯიშებს მოიცავს. ამ ჯგუფის ევროპული ჯიშების კვლევებმა (Monte-Corvo et al., 2000; Volk et al., 2006; Voltas et al., 2007; Bassil & Postman, 2010; Wolko et al., 2010) აჩვენეს, რომ ისინი *P. caucasica*-ს და *P. pyraeaster*-ის გენოფონდის გარდა მნიშვნელოვნად იზიარებენ მსხლის სხვა სახეობების გენებსაც, რომლებიც

ჩვეულებრივ მსხალთან (*P. communis*) კავშირში არ არიან თანამედროვე სისტემატიკის მიხედვით. ამასთან მსხლის მატერნალურ გენოფონდთან დაკავშირებული თანამედროვე კვლევები (Katayama & Tachibana 2012; Korotkova et al., 2014) მიუთითებენ, რომ ქლოროპლასტული და მიტოქონდრიული გენებით მხოლოდ აზიური (სექც. *Pashia*-ს) და ევროპული (სექც. *Pyrus*-ის) ველური მსხლის მსხვილი ტაქსონური ჯგუფების განსხვავებაა შესაძლებელი. მათში გაერთიანებული სუბსექციები და სახეობები კი მსგავსია ამ მემკვიდრეობის მიხედვით. ეს მონაცემები მიუთითებენ იმაზე, რომ მსხლის გვარის თანამედროვე სისტემაც საკმაოდ ხელოვნურია და იგი შესაძლოა კვლავ ჩანაცვლდეს უფრო ლოგიკური სისტემით ახლო მომავალში.

მსხლის ჯიშების და მათი ველური ნათესავების გენოფონდის შესწავლა მნიშვნელოვანია: მსხლის ახალი ჯიშების გამოყვანისთვის; დეკორატიული ფორმების გამოყვანისთვის; მსხლის ჯიშების პროდუქტიულობის, ექსტრემალური პირობების და დაავადებების მიმართ მდგრადობის ამაღლებისთვის. აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ საბჭოთა კავშირის პერიოდში კავკასიიდან რუსეთში და ევროპის სხვადასხვა ქვეყანაში ველური მსხლების ნერგების გატანაც ხდებოდა. მსხლის სხვადასხვა სახეობა სამეცნიერო მიზნებით გამოყენებასთან ერთად, ანუ დენდროლოგიური და ბოტანიკური კოლექციების გარდა, პრაქტიკული მიზნებისთვისაც გამოიყენებოდა: ირგვებოდა ქარსაცავ ზოლებში, ტყე-პარკებში და გამოიყენებოდა სანამყენე საძირეებად (Брежнев & Коровина, 1981). საქართველოში სხვადასხვა ადგილზე (მაგ.: შიდა ქართლში, სოფ. სვენეთთან კვერნაქის ქედზე; რაჭაში ამბროლაურში) შემორჩენილია ველური პანტების ხელოვნური ნარგაობის ნაშთები. ადგილობრივი მოსახლეობისგან მიღებული ინფორმაციით ისინი საბჭოთა პერიოდში გაშენდნენ მეხილეობაში გამოყენების მიზნით.

მსხლის კულტურული ფორმების კვლევას დიდი ადგილი უკავია ისეთი საერთაშორისო ორგანიზაციების მიერ განხორციელებულ პროექტებში, როგორიცაა, ECPGR (European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources), რომლის

პროექტში საქართველოც არის ჩართული, GRIN (Germplasm Resources Information Network's) და სხვ. თბილისის ბოტანიკური ბაღი დიდი ბრიტანეთის ქიუს სამეფო ბოტანიკური ბაღის პარტნიორია თესლის ბანკის მილენიუმის პროექტში. ამ ბანკში დაცულია საქართველოს ველური მსხლების თესლებიც.

3.2. კვლევის აქტუალობა საქართველოში

საქართველოს ტერიტორიაზე გავრცელებულია კულტურული მცენარეების მრავალი ველური მონათესავე სახეობა, რაც განაპირობებს ჩვენი ქვეყნის მაღალ პოტენციალს ველური სახეობების კონსერვაციის და მათი გენეტიკური მასალის შეჯვარების ან მცნობის მიზნით გამოყენებისთვის (Bobokashvili et al. 2005). პანტა ცენტრალურ კავკასიაში გავრცელებული მსხლის სახეობებიდან ერთ ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანია, რადგან იგი ერთის მხრივ მსოფლიოში ყველაზე გავრცელებული მსხლის სახეობის - ჩვეულებრივი მსხლის წარმომშობ სახეობად, მეორეს მხრივ, კი მსხლის ქართული ჯიშების უმეტესობის გენოფონდის შემქმნელად ითვლება.

პანტაზე, ისევე როგორც საქართველოში გავრცელებულ მსხლის სხვა სახეობებზე საკმაოდ დიდი ლიტერატურული მასალაა დაგროვილი, თუმცა ეს მასალა მაინც ძალზე ზოგადი ხასიათისაა. კონკრეტულად კი წინამდებარე კვლევის აქტუალობას განაპირობებს შემდეგი საკითხები:

1. არ არის განსაზღვრული პანტის პოლიმორფიზმის – მისი მორფოლოგიურ ნიშანთა მრავალფეროვნების და პოპულაციებს შორის არსებული ფორმათა ნაირგვარობის გენეტიკური საფუძველი.

ცნობილია, რომ მსხლის გვარში შემავალი სახეობები ხასიათდებიან ჰიბრიდიზაციის მაღალი დონით. კ. ბროვიჩის მიხედვით (Browicz, 1993) კავკასიაში ჰიბრიდიზაცია ძირითადად ხდება მეზოფილურ პანტასა (*P. caucasica*) და ქსეროფილურ ბერყენებს (*P. salicifolia*) შორის. ამას ემეტება ალოტეტრაპლოიდიის მოვლენაც, რაც უახლესი მონაცემების მიხედვით საკმაოდ ფართოდ არის გავრცელებული გვარში (Chevreau et

al. 1996; Dirlewanger et al. 2004). ყოველივე აღნიშნული შესაძლოა საქართველოში გავრცელებული პანტის ზოგიერთი ფორმის წარმოშობის მიზეზი იყოს.

2. არ არის შესწავლილი *P. caucasica*-ს მორფოლოგიურ ნიშანთა ვარიაციულობა პოპულაციების დონეზე კვლევის რელევანტური - მორფომეტრიული მეთოდების საფუძველზე.

3. საქართველოს ხეხილზე არსებულ ლიტერატურულ წყაროებში მოცემულია მსხლის ჯიშების მორფოლოგიური დახასიათება, თუმცა კლასიფიკაცია არ ეფუძნება მსხლის ადგილობრივი ჯიშების შედარებითი მორფოლოგიური შესწავლას მეთოდებით, რომელიც ითვალისწინებს ჯიშების მორფოლოგიის მორფომეტრიულად შესწავლას და ველურ ნათესავთან მათი მსგავსების ან სხვაობის სტატისტიკურად მყარი მონაცემებით დასაბუთებას, რის განხორციელებაც კვლევის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს მიზნად დაისახა.

4. ადრეულ კვლევებში შესწავლილია და გამოვლენილია რამოდენიმე ფორმა ნაყოფის და ფოთლის ფორმის მიხედვით (კუბლაშვილი და სხვ., 1980). თუმცა არ არის ცნობილი უდევს თუ არა რაიმე კანონზომიერება საფუძველად მათ გავრცელებას. ფორმათა კლასიფიკაცია ძალიან ზოგადია და არ არის კონკრეტული ნომენკლატურა შემუშავებული.

5. არ არსებობს პანტის და მსხლის ქართული ჯიშების მოლეკულური კვლევის მონაცემები.

6. უცნობია პანტის პოპულაციების ეკოლოგიური, ფიტოსოციოლოგიური მახასიათებლები და მისთვის განსაზღვრული არ არის საფრთხეები (IUCN).

თავი 4. მასალა და მეთოდები

4. 1.მორფოლოგიური ანალიზი

4.1.1. მცენარეული მასალა მორფოლოგიური კვლევისთვის

მორფოლოგიურად შევისწავლეთ ველური და კულტურული მსხლების 239 ინდივიდი. ნიმუშების შეგროვება ხდებოდა საქართველოს სხვადასხვა ადმინისტრაციული რაიონის ბუნებრივ ჰაბიტატებში, ცოცხალ კოლექციებში და ადგილობრივ მიწათმოქმედთა ხილის ბაღებში. ველური მსხლების ტაქსონომიური გარკვევა მოხდა შ. ქუთათელაძის მიხედვით (ქუთათელაძე, 1947, 1980). ნიმუში მოიცავდა პანტის *P. caucasica* Fed. (= *P. communis* subsp. *caucasica* (Fed.) Browicz; N=100); საქართველოს ადგილობრივი და შემოტანილი ჯიშების (N=103); ბალანზეს პანტის *P. balansae* Decne. (= *P. communis* L.; N=8); ბერყენას *P. salicifolia* Pall. (N=8); დიმიტრის ბერყენას *P. demetrii* Kuth. (N=5);

ტყის მსხალს *P. pyraister* Burgsd. (= *P. communis* subsp. *pyraister* (L.) Ehrh.; N=4); ქართულ ბერყენას *P. georgica* Kuth. (N=3), სირიულ მსხალს *P. syriaca* Boiss., რომელიც პირველად მ. გვრიტიშვილის მიერ იქნა იდენტიფიცირებული საქართველოს ფარგლებში (N=3); კეცხოველის ბერყენას *P. ketzkhovelii* Kuth. (N=2) და სახოკიას ბერყენას *P. sachokiana* Kuth. ინდივიდებს. *P. pyraister*-ის ნიმუშები მოპოვებული იქნა ჰესენის (გერმანია) შემოგარენში სოფ. ერდაში . (N 50.681506° E 8.507645°, სიმაღლე 297 მ ზღ.დ.-დან) და ეიზახში (N 50.752841° E 8.320175°, სიმაღლე 384 მ ზღ.დ.-დან) მუხნარ-რცხილნარი ტყის პერიფერიულ ნაწილებში. სხვა ნიმუშები მოპოვებული იქნა საქართველოში (ცხრ. 2).

ცხრილი 2. ნიმუშებად აღებული მსხლის ჯიშების ნუსხა და შეგროვების ადგილები. ჯიშებს მინიჭებული აქვთ ორი კატეგორია (LC – Local cultivar), ადგილობრივი ჯიში (IC- Introduced Cultivar) შემოტანილი ჯიში. სოფლების და რაიონებისთვის მითითებულია რეგიონი ლათინური ინიციალით, თითოეული ჯიშისთვის განსაზღვრულია შეგროვებული ნიმუშის რაოდენობები.

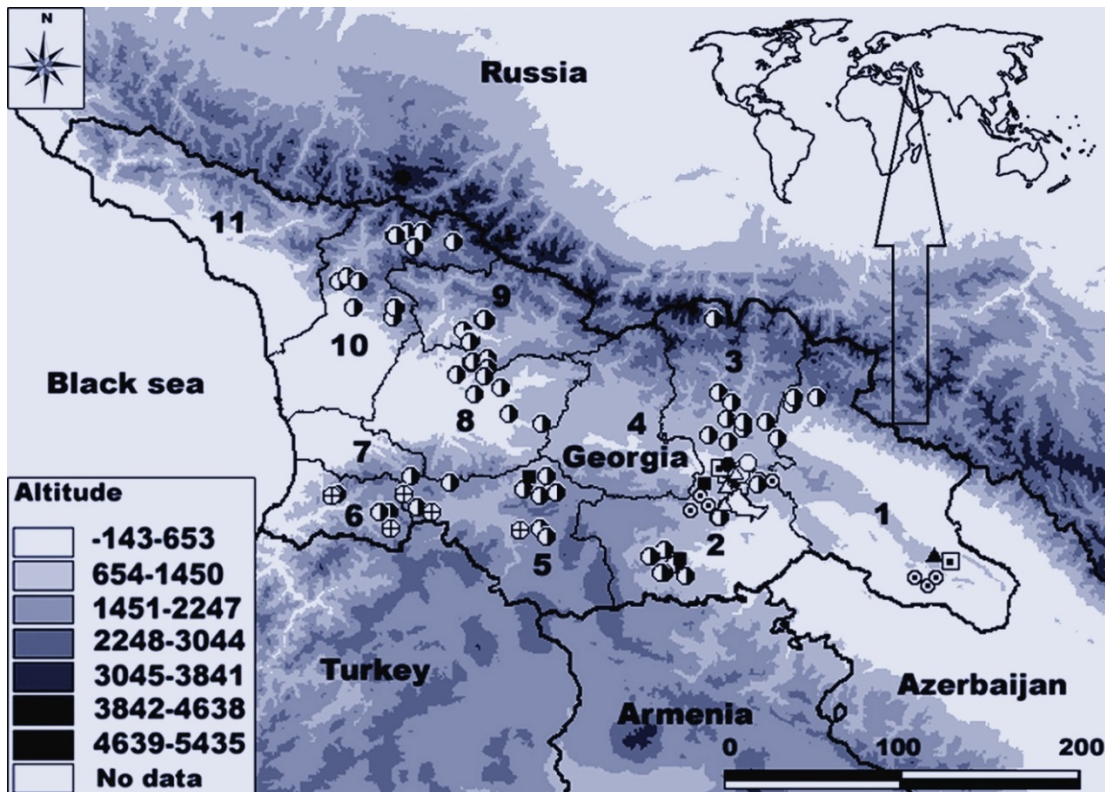
N	ჯიშის სახელწოდება	პროგენიტორი სახეობა	ჯიშის ჯგუფი და ლოკალურობა	წარმოშობა	მდებარეობა	ნიმუშების რაოდენობა
I	ქართული ადგილობრივი მსხლის ჯიშები					
1.	აყირო	უცნობია	იმერეთი, LC	საქართველო	ჭიათურა, I	2
2.	ბეზანი	უცნობია	სვანეთი, LC	საქართველო	ლახამულა, S	2
3.	ბორბალა	უცნობია	აჭარა, LC	საქართველო	სკრა, (IHVO ცოცხალი კოლექცია) K ფასანაური, K სქური, Sa	3
4.	გულაბი	<i>P. communis</i>	გულაბი მსხლების	საქართველო	ფასანაური, K	2

			ჯგუფი, ფართო გავრცელების, LC		ჯორკვალი, S	
5.	კახური გულაბი	<i>P. communis</i>	გულაბი მსხლების ჯგუფი, კახეთი, LC	საქართველო	შილდა, KH	1
6.	წითელგვერდა	<i>P. caucasica</i>	პანტა მსხლების ჯგუფი, ქართლი, LC	საქართველო	სკრა, (IHVO ცოცხალი კოლექცია) K წნისი, ელკანას ცოცხალი კოლექცია, SJ	2
7.	ყაბაყ არმუდი	<i>P. caucasica</i>	ხეჭეჭური მსხლების ჯგუფი, ფართო გავრცელების, LC	საქართველო	არალი, SJ	2
8.	ქართული მსხალი	<i>P. caucasica</i>	კალოს მსხლების ჯგუფი, ფართო გავრცელების, LC	საქართველო	ჭიათურა, I	2
9.	კაცისთავა	უცნობია	საქართველო, ფართო გავრცელების, LC	საქართველო	ნამონასტრალი, A	3
10.	ხეჭეჭური	<i>P. caucasica</i>	ხეჭეჭური მსხლების ჯგუფი, ფართო გავრცელების, LC	საქართველო	დაბა, SJ ჟოშხა, RL საქსრია, I შილდა, KH ფასანაური, K ნამონასტრალი, A წნისი, ელკანას ცოცხალი კოლექცია, SJ ზარზმა, SJ დიდვაკე, A	10
11.	ხინოს მსხალი	უცნობია	აჭარა, LC	საქართველო	ხინო, A	7
12.	ქორდა	უცნობია	მესხეთი, LC	საქართველო	წნისი, ელკანას ცოცხალი კოლექცია, SJ; ზარზმა, SJ	2
13.	კვიჭიკა	<i>P. caucasica</i>	პანტა მსხლების ჯგუფი, LC	საქართველო	ქვიანი, G	2
14.	მაჟრა	<i>P. caucasica</i>	პანტა მსხლების ჯგუფი, LC	საქართველო	რიკეთი, A	2
15.	მაქრე	<i>P. caucasica</i>	პანტა მსხლების ჯგუფი, LC	საქართველო	სეური, Sa	2
16.	ნანაზირი	უცნობია	მესხეთი, LC	საქართველო	არალი, SJ	2
17.	ნენეს მსხალი	<i>P. caucasica</i>	კალოს მსხლების ჯგუფი, ფართო გავრცელების, LC	საქართველო	წნისი, ელკანას ცოცხალი კოლექცია, SJ	2
18.	პანტა მსხალი	<i>P. caucasica</i>	პანტა მსხლების ჯგუფი, LC	საქართველო	დაბა, SJ ნიქოზი, K სეური, Sa	6
19.	სამარიობო	<i>P. caucasica</i>	კალოს მსხლების ჯგუფი, ფართო გავრცელების, LC	საქართველო	წნისი, ელკანას ცოცხალი კოლექცია, SJ	2
20.	სასელო	<i>P. caucasica</i>	კალოს მსხლების ჯგუფი, ფართო გავრცელების, LC	საქართველო	წნისი, ელკანას ცოცხალი კოლექცია, SJ	2
21.	თაფლა მსხალი	<i>P. caucasica</i>	კალოს მსხლების ჯგუფი,	საქართველო	ჟოშხა, RL	4

	(შაქარა)		ფართო გავრცელების, LC		ქვემო ქედი, A	
22.	შავმსხალა	<i>P. caucasica</i>	პანტა მსხლების ჯგუფი, LC	საქართველო	სქური, Sa კრებალო, RL ცაგერი, RL	4
23.	შოთას მსხალი (მერეთულა)	<i>P. communis</i>	საქართველო, BC	საქართველო	სკრა, (IHVO ცოცხალი კოლექცია) K	2
24.	თავრეჯული	<i>P. caucasica</i>	ხეჩეჭური მსხლების ჯგუფი, ფართო გავრცელების, LC	საქართველო	ნაქალაქევი, SJ	2
25.	წვრილმსხალა (სამურაზე პანტა)	<i>P. caucasica</i>	პანტა მსხლების ჯგუფი, LC	საქართველო	ლახამულა, S	2
26.	თულუხა	უცნობია	პანტა მსხლების ჯგუფი, LC	საქართველო	ფასანაური, K	2
II შემოტანილი ჯიშები						
27.	‘დუშესის ანგულემი’ (Duchesse d'Angouleme)	<i>P. communis</i>	შემოტანილი, IC	ბელგია	ტბეთი, RL ხაიში, S	3
28.	‘ზამთრის დეანი’ Winter Dechantsbirne	<i>P. communis</i>	შემოტანილი, IC	საფრანგეთი	სქური, Sa	2
29.	‘კომშა მსხალი’, ‘ფრანგულა’ (Beurré d' Hardanpont)	<i>P. communis</i>	შემოტანილი, IC	ბელგია, საფრანგეთი	სკრა, K ქვიანი, G	2
30.	‘ალექსანდრეს მსხალი’, ‘ზოსკის მსხალი’ (Beurré Bosque)	<i>P. communis</i>	შემოტანილი, IC	საფრანგეთი	ფხვენისი, K	3
31.	‘ანჟუის სილამაზე’ ‘ვირგლა მსხალი’ (Beurré d'Anjou)	<i>P. communis</i>	შემოტანილი, IC	საფრანგეთი	სკრა, (IHVO ცოცხალი კოლექცია) K	3
32.	‘ბარლეთი’, ‘ზაფხულის მსხალი’ (Bartlett)	<i>P. communis</i>	შემოტანილი, IC	ინგლისი, ამერიკა	აჭარა, SJ გრიგოლეთი, G	2
33.	‘ტყის ნობათი’ (Fondante des Bois)	<i>P. communis</i>	შემოტანილი, IC	ბელგია	სკრა, (IHVO ცოცხალი კოლექცია), K	3
34.	‘გორდამა’ (Gorham pear)	<i>P. communis</i> x <i>P. nivalis</i>	შემოტანილი, IC	ამერიკა	სკრა, (IHVO ცოცხალი კოლექცია) K	3
35.	‘კიფერის თესლნერგი’ (Kieffer pear)	<i>P. communis</i> 'Bartlett' x <i>P.</i> <i>pyrifolia</i> 'Sand pear'	შემოტანილი, IC	საფრანგეთი, ამერიკა	ვარიანი, K სქური, Sa	2
36.	‘ალაგირის შავი’ (Winter Nelis)	<i>P. communis</i>	შემოტანილი, IC	საფრანგეთი	სკრა, (IHVO ცოცხალი	2

					კოლექცია), K	
37.	‘შიკადო’ (Sand pear)	<i>P. pyrifolia</i>	შემოტანილი, IC	აღმოსავლეთ აზია	სკური, Sa კურზუ, Sa	2
38.	‘სენ-ჟერმენი’ (Saint Germain)	<i>P. communis</i>	შემოტანილი, IC	გერმანია	სკრა, (IHVO ცოცხალი კოლექცია), K	2

პანტის ფოთლები მოლეკულური შესწავლისთვის შეგროვდა ბუნებრივ ჰაბიტატებში 35 საიტზე საქართველოს 9 ადმინისტრაციულ რეგიონში (სქემა 3). პანტის ფოთლები შეგროვდა 4 განსხვავებულ ჰაბიტატში: 1) სამხრეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს მუხნარ-რცხილნარ ტყეებში (234–1387 მ. ზღ.დ.-დან დიაპაზონში) ძირითადი სახეობებით: *Quercus iberica*, *Carpinus caucasica*, *C. orientalis*, *Acer campestre*, *A. laetum*, *Cerasus avium*, *Fraxinus excelsior*, *Malus orientalis*, *Mespilus germanica*, *Prunus divaricata*, *Tilia begoniifolia*, *Cornus mas*, *Corylus avellana*, *Salix caprea*, *Clematis vitalba*, და ა.შ.



სქემა 3. ველური მსხლების ნიმუშების შეგროვების ადგილები საქართველოში: *P. caucasica* (●), *P. balansae* (⊕), *P. ketzkhoveli* (○), *P. salicifolia* (⊙), *P. demetrii* (⊞), *P. georgica* (-), *P. sachokiana* (▲), *P. syriaca* (△) სხვადასხვა ადმინისტრაციულ რეგიონში: 1) კახეთი; 2) ქვემო ქართლი; 3) მცხეთა-

მთიანეთი; 4) შიდა ქართლი; 5) სამცხე-ჯავახეთი; 6) აჭარა; 7) გურია; 8) იმერეთი; 9) რაჭა-ლეჩხუმი; 10) სამეგრელო-ზემო სვანეთი; 11) აფხაზეთი.

2) წიწვოვანი და ფოთოლმცვენი სახეობებით შექმნილ შერეულ ტყეებში კოლხური ქვეტყით (რაჭა და ზემო სვანეთი, 1212-1887 მ. ზღ.დ.-დან დიაპაზონში), ძირითადი სახეობებით: *Pinus kochiana*, *Picea orientalis*, *Quercus iberica*, *Carpinus caucasica*, *Crataegus kyrtostyla*, *Cornus mas*, *Daphne pontica*, *Frangula alnus*, *Rhododendron luteum*, *Ruscus ponticus*, *Sorbus torminalis*, *Tilia begoniifolia*, *Vaccinium arctostaphylos*, *V. vitis-idaea*; 3) წიფლის ტყეებში კოლხური ქვეტყით (იმერეთი, რაჭა, სამეგრელო და აჭარა 600-1950 მ. ზღ.დ.-დან დიაპაზონში), ძირითადი სახეობებით: *Abies nordmanniana*, *Picea orientalis*, *Pinus kochiana*, *Quercus imeretina*, *Q. hartwissiana*, *Acer laetum*, *Carpinus caucasica*, *Tilia begoniifolia*, *Ficus carica*, *Malus orientalis*, *Staphylea colchica*, *S. pinnata*, *Laurocerasus officinalis*, *Rhododendron ponticum*, *R. ungerii*, *Ruscus ponticus*, *R. colchicus*, *Ilex colchica*, *Daphne pontica*, *Epigaea gaultherioides*, *Vaccinium arctostaphylos*, *Viburnum orientale* and *Buxus colchica*; 4) საქართველოს სხვადასხვა რეგიონის ანთროპოგენულ ზონაში, სადაც პანტა გვხვდება ხე მცენარეების სახეობებთან ერთად - *Prunus divaricata*, *Punica granatum*, *Juglans regia*, *Cornus mas*, *Corylus avellana*, *Malus domestica* და ა.შ.

ბალანზეს პანტას (*P. balansae*) სინჯები შეგროვილი იქნა 4 საიტზე სამცხე-ჯავახეთის და აჭარის წიფლნარ-რცხილნარ ტყეებში (უმეტესად ტყის პერიფერიულ ნაწილებზე 840-1600 მ. ზღ. დ.-დან დიაპაზონში). წიფლნარ-რცხილნარები წარმოდგენილი იყო ძირითადი სახეობებით: *Fagus orientalis*, *Carpinus caucasica*, *C. orientalis*, *Quercus iberica*, *Acer campestre*, *Crataegus kyrtostyla*, *Cornus mas*, *Rhamnus imeretina*, *Euonymus europaea*, *Rhododendron luteum*, *Corylus avellana* და სხვ.

ნახევარუდაბნოებში გავრცელებული ბერყენებიდან, სახეობები: *P. salicifolia*, *P. demetrii*, *P. ketzkhoveli*, *P. sachokiana*, *P. georgica* და *P. syriaca* შეგროვდა 4 ადმინისტრაციულ რეგიონში 10 საიტზე (423-992 მ. ზღ. დ.-დან დიაპაზონში). შეგროვების ადგილებზე გავრცელებული იყო სემიარიდული ნათელი ტყეები ან

ხმელთაშუა ზღვის მშრალი ბუჩქნარის ტიპი ძირითადი სახეობებით: *Pistacia mutica*, *Ulmus minor*, *Rhamnus pallasii*, *Juniperus foetidissima*, *J. oblonga*, *Ephedra procera*, *Cotinus coggygria*, *Celtis australis*, *Paliurus spina-christi*, *Punica granatum*, და სხვ.

მორფოლოგიურად შესწავლილ იქნა 27 მსხლის ადგილობრივი ჯიშის 78 ინდივიდი და 12 შემოტანილი მსხლის ჯიშის 25 ინდივიდი (ჯამში 38 ჯიშის 103 ინდივიდი; ცხრ. 2). ადგილობრივი და შემოტანილი მსხლის ჯიშები შეგროვდა ყოფილი მეხილეობის, მეღვინეობის და მევენახეობის ინსტიტუტის (IHVO) ცოცხალ კოლექციაში (სკრა, გორის რაიონი; შიდა ქართლი). მსხლის ადგილობრივი ჯიშების ნიმუშები ასევე შეგროვდა „ელკანა“-ს ცოცხალი კოლექციაში (წნისი, ახალციხის რაიონი, სამცხე-ჯავახეთი). ადგილობრივი მსხლის ჯიშები გროვდებოდა მაღალმთიანი რეგიონების: აჭარის, ზემო სვანეთის, რაჭა-ლეჩხუმის, იმერეთის და სამცხე-ჯავახეთის სოფლებშიც. შემოტანილი ჯიშები შეგროვდა რეგიონების: ქართლის და სამეგრელოს ვაკე-დაბლობებზე განლაგებულ სოფლებში.

მორფოლოგიურ კვლევისთვის ნიმუშის აღება მოხდა საქართველოში იშვიათი გავრცელების მქონე ჯიშიდან ‘მიკადო’ ანუ ‘ქვიშის მსხალი’. ეს ჯიში ბუნებრივად აღმოსავლეთ აზიაშია გავრცელებული (ჩინეთი, იაპონია) და მის ველურ ნათესავად ამავე ტერიტორიაზე გავრცელებული მსხლის სახეობა *P. pyrifolia* (Burm.) Nak. ითვლება. ქვიშის მსხლის ნიმუში შეგროვდა სამეგრელოში სოფ. სქურში (წალენჯიხის მუნიციპალიტეტი) და სოფ. კურუმში (მარტვილის მუნიციპალიტეტი) ადგილობრივი მოსახლეების ხილის ბაღებში. სხვადასხვა რეგიონის სოფლებში შეგროვილი მსხლის ჯიშების იდენტიფიკაცია მოხდა კულტურული ხეხილის ატლასების (ხომიზურაშვილი და ერისთავი, 1931, 1941; ხომიზურაშვილი, 1973) მიხედვით. ერთ-ერთი ჯიშის სამეცნიერო სახელწოდება, რომელიც მორფოლოგიური ნიშნების მიხედვით პანტის შვილობილი ჯიშია, ვერ იქნა განსაზღვრული არსებული ლიტერატურული წყაროებით. ამ ჯიშის ნიმუშები შეგროვდა კინტრიშის ხეობის სოფელ ხინოში (მაღალმთიანი აჭარა). აქედან გამომდინარე, ნიმუში მონაცემთა ბაზაში შევიდა ‘ხინოს მსხლის’ სახელით.

4.1.2. ნიმუშების შეგროვება მორფოლოგიური ანალიზისთვის და საველე კვლევა

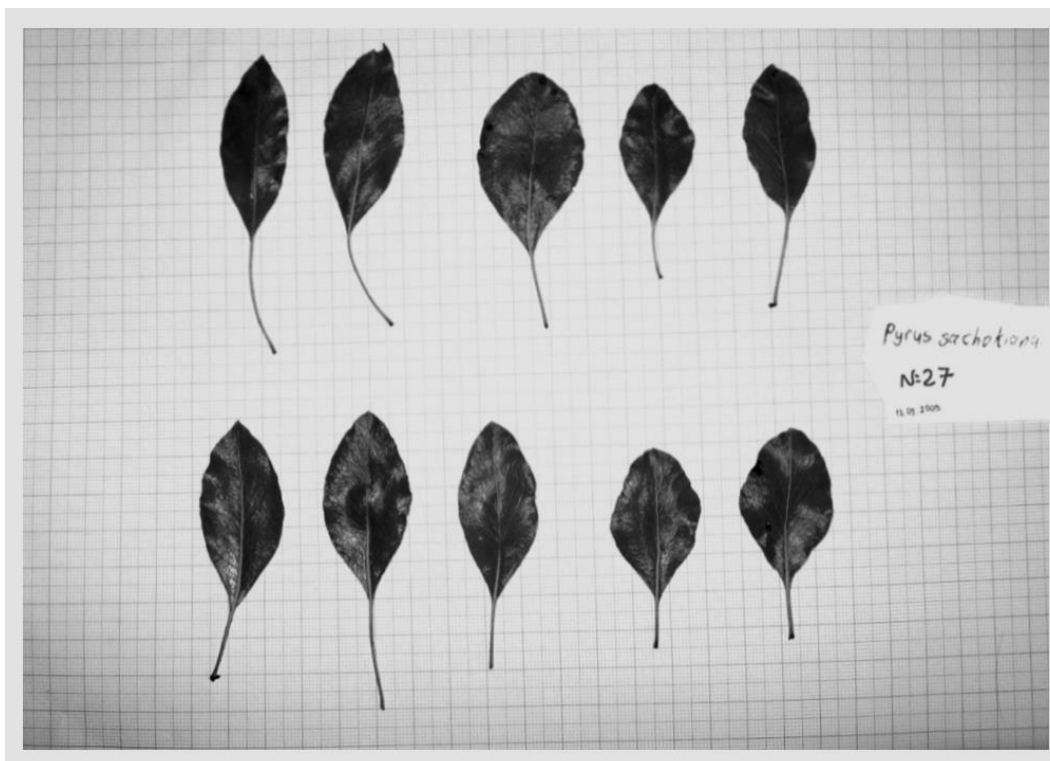
ველზე მსხლის სხვადასხვა საკვლევი ტაქსონის თითოეული ინდივიდიდან ნიმუშად 10 ზრდასრული ფოთლის და 5 ნაყოფის აღება ხდებოდა. ფოთლის ნიმუშები შეგროვდა აგვისტოს და სექტემბრის თვეებში 2009-2010 წლებში. სინჯები აღებული იქნა მხოლოდ ზრდასრული ხეების მერისტემული ზონიდან, ანუ ტოტის აპიკალური ნაწილიდან 10-15 სმ-ით უკან. მეთოდის ასეთი მიდგომა დაკავშირებულია ხე მცენარეებში მერისტემული ქსოვილის მოცულობასთან და ასაკობრივ განაწილებასთან. განმარტებისთვის, მერისტემული ქსოვილი შექმნილია გენეტიკურად მერყევი, არადიფერენცირებული პარენქიმული უჯრედებისგან. ამ ქსოვილის დიფერენციაციის ხარჯზე ხდება ხის დატოტვა და ზრდა. მერისტემა მცენარეებში ასევე პასუხისმგებელია რეგენერაციის პროცესზე და ორიენტირებულია გარემოს სტრესულ ფაქტორებზე სწრაფ რეაგირებაზე, რის გამოც მისი უჯრედების მეტაბოლიზმი გაცილებით აქტიურია მცენარის სხვა, ფიზიოლოგიურად აქტიური ქსოვილების უჯრედებთან შედარებით. მერისტემული ზონები ზრდასრული ხე მცენარეების ზროს და ტოტების აპიკალურ ნაწილებშია განთავსებული, ხოლო იუვენილურ ინდივიდებში ხის შტამბის და ვარჯის თითქმის 95%-ს ეს ქსოვილი ქმნის. მორფოლოგიური შესწავლისთვის ნიმუშის მერისტემულ ზონაში შეგროვება მიზანშეწონილი არ არის. ამ ზონაში, ხშირია ფოთლების და ნაყოფების გიგანტიზმის მოვლენა და მათი ფორმაც უფრო დიდ დიაპაზონში ცვალებადობს, ვიდრე მერისტემული ზონის მიღმა (Pruyn & Spicer, 2012). აქედან გამომდინარე მერისტემული ზონის ფოთლების და ნაყოფების მორფომეტრიული განაზომის ცდომილება დიდია და რეალურად ვერ ასახავს ინდივიდის მორფოლოგიურ მახასიათებლებს (Thibault et al., 1983; UPOV, 2000).

ზრდასრულად ჩაითვალა ხეები, რომლის ასაკიც საშუალოდ 7-10 წელს აღემატებოდა და მერქანი საბოლოოდ იყო ჩამოყალიბებული. ზრდასრული ასაკის პანტების (*P. caucasica*, *P. balansae*) შტამბის დიამეტრი 20-60 სმ ფარგლებში მერყეობს ადამიანის მკერდის სიმაღლეზე, ხოლო ხის სიმაღლე 12-15 მეტრს აღწევს. პანტები

სასიცოცხლო ფორმის მიხედვით მაღალი ან საშუალო ტანის ხეები არიან. ბერყენების უმეტესი სახეობა ზრდასრულობის ასაკში ჰაბიტუსით ძაღვზე განსხვავდება პანტებისაგან. ბერყენები სასიცოცხლო ფორმით საშუალო ან მაღალი ტანის ბუჩქები არიან, სიმაღლით 1-4 მ-მდე აღწევენ, შტამბის დიამეტრი კი 5-40 სმ-ს აღწევს.

ფოთლები შეგროვების შემდეგ თავსდება საჰერბარიო პრესში ნახევარი საათის განმავლობაში, რომ ფოთლის გამოშრობა ძლიერად არ მომხდარიყო. ფოთლები დაპრესვის შემდეგ იძენს ფორმას, რომელიც ორგანოზომილებიან სიბრტყეში სრულად თავსდება, რაც ნიმუშის ციფრული ფოტოგრაფიისთვის მნიშვნელოვან პირობას წარმოადგენს. საჰერბარიო პრესიდან ამოღებული ფოთლები თავსდება მილიმეტრიანი დანაყოფების მქონე ფურცლებზე და ხდება მათი ფოტოგრაფირება ისე, რომ ფურცელი (ზომა 45x35სმ) მთლიანად გამოჩენილიყო (სურ. 3). ყოველ სურათს თან ერთვის ეტიკეტი, სადაც აღინიშნება სახეობის ლათინური სახელწოდება, ნიმუშის ნომერი და თარიღი. ფოტოგრაფირება ხდება საშუალო მონაცემების მქონე ციფრული კამერით (მოდელი - Nikon Coolpix 5500). დიგიტალური იმიჯის გაფართოებად 8 მეგაპიქსელი იყო შერჩეული (3456x2304 პიქს.). გადაღება ხდება ხელოვნური განათების გამოყენებით.

შეგროვებულ ფოთლებზე გაკეთდა შემდეგი განაზომები: ფოთლის ფირფიტის სიგრძე (ფოთლის ფირფიტის ფუძიდან ფოთლის ფირფიტის წვერამდე) მონაცემის აკრონიმი - LBL (ინგლისური შესატყვისის - Leaf Blade Length მიხედვით); ფოთლის ფირფიტის სიგანე [ზომა ფოთლის ფირფიტის ყველაზე გაფართოებული კიდის ერთი ბოლოდან მეორე ბოლომდე (აკრ. LBW)]; ფოთლის ყუნწის სიგრძე (აკრ.: PL – Petiole Length); გამოითვლებოდა ფოთლის ყუნწის და ფირფიტის სიგრძეების ფარდობა (აკრ.: LR – Leaf Ratio) და ფოთლის ფირფიტის სიგრძის და სიგანის ფარდობა (აკრ.: LBR – Leaf Blade Ratio).



სურათი 3. მორფომეტრიული ანალიზისთვის გადაღებულ ფოთლების ციფრული ფოტოსურათის ნიმუში.

ნიმუშთან დაკავშირებული სხვა მონაცემები ინიშნებოდა ჟურნალში, რომელშიც იწერებოდა სახეობის ლათინური სახელწოდება, სინჯის ალების ადგილმდებარეობა, გეოგრაფიული კოორდინატები, ზღვის დონიდან სიმაღლე, ნიმუშის ნომერი, ჰაბიტატის ტიპი და ექსპოზიცია.

ნიმუშად აღებული ნაყოფები იზომებოდა ციფრული შტანგელით (მოდელი: Neiko 01409A Electronic Digital Caliper with LCD Screen). ნაყოფზე იზომებოდა შემდეგი დესკრიპტორული პარამეტრები: ნაყოფის სიგრძე (აკრ.: FL – Fruit Length); ნაყოფის ყველაზე გამსხვილებული ნაწილის დიამეტრი (აკრ.: FD – Fruit Diameter); ნაყოფის ყუნწის სიგრძე (აკრ.: FSL Fruit Stalk Length) და გამოითვლებოდა ნაყოფის ყუნწის სიგრძის და ნაყოფის დიამეტრის ფარდობა (აკრ.: FR – Fruit Ratio).

4.1.3. დესკრიპტორული ანალიზი

კვლევისთვის შერჩეული ინდივიდები შეფასდნენ 27 დესკრიპტორით (ცხრ. 3), რომელთაგანაც 13 ფოთლის და ღეროს ნიშნებს ასახავდა, ხოლო 14 - ნაყოფის ნიშნებს. მორფოლოგიური მახასიათებლები კვლევისთვის შეირჩა მორფომეტრიული ნიშნების დესკრიპტორების ნუსხის და მათი კვლევაში გამოყენების სახელმძღვანელოს (UPOV, 2000) მიხედვით, რომელიც შექმნილია კულტურული მსხლების და მათი ველური ნათესავების შესაფასებლად. მორფომეტრიული კვლევის დასაგეგმად გამოყენებული იქნა Voltas et al. (2007) მონაცემებიც, რომელშიც კვლევა დესკრიპტორების ნუსხაზე (UPOV, 2000) იყო დაფუძნებული.

ცხრილი 3. დესკრიპტორული მეთოდით განსაზღვრული მორფოლოგიური ნიშნების ნუსხა. თითოეული დესკრიპტორისთვის მოცემულია შესაბამისი მორფოლოგიური ნიშნის აღწერილობა და გრადაცია; აკრონიმი და დესკრიპტორის ნომენკლატურული ნომერი (UPOV, 2000).

ფოთლის, ტოტების, და ხის ნიშნები			ნაყოფის ნიშნები		
დესკრიპტორის ნომერი წყაროდან	ნიშნის აღწერილობა	აკრონიმი	დესკრიპტორის წყარო*	ნიშნის აღწერილობა	აკრონიმი
ლენდმარკული ანალიზი			Qualitative traits		
-	ფოთლის ფორმა (4 ჰარმონიკის საშუალო)	LSH	37	ნაყოფის სიგრძე: (1) მოკლე (2) საშუალო (3) ჭრბელი	FL
რაოდენობრივი მახასიათებლები			38	ნაყოფის მაქს. დიამეტრი: (1) მცირე (2) საშუალო (3) ფართო	FMD
14	ფოთლის ფირფიტის სიგრძე (სმ)	LBL	39	ნაყოფის ფორმა: ფარდობა სიგრძე/ დიამეტრი (1) ძალზე მცირე (2) მცირე (3) საშუალო (4) ფართო (5) ძალზე ფართო	RLD
15	ფოთლის ფირფიტის სიგანე (სმ)	LBW	44	ნაყოფის კანის ძირითადი ფერი (1) შეუმჩნეველი (2) მწვანე (3) მომწვანო მოყვითალო (4) ყვითელი (5) მოწითალო	FGC
16	ფარდობა ფოთლის ფირფიტის სიგრძე/სიგანე სმ)	RLW	46	ნაყოფის ტონური შეფერილობა (1) შეუმჩნეველი (2) მოწითალო	FOC

				ნარინჯისფერი (3) მოწითალო ვარდისფერი (4) ღია წითელი (5) მუქი წითელი (6) ნარინჯისფერი	
23	ყუნწის სიგრძე (სმ)	PL	50	ნაყოფის ყუნწის სიგრძე: (1) მოკლე (2) საშუალო (3) გრძელი	FSL
-	ყუნწის ფორმა	Psh	51	ნაყოფის ყუნწის ფორმა: (1) ფუძესთან გაფართოვებული (2) სწორი (3) წვერთან გაფართოვებული (4) გამსხვილებული თავით და ბოლოთი.	FSSh
-	ფოთლის ფარდობითი მონაცემი: ფოთლის ყუნწის სიგრძე/ფოთლის ფირფიტის სიგრძე	RLP	60	ნაყოფის რბილობის ტექსტურა (1) რბილი (2) გარდამავალი (3) უხეში	FTF
ხარისხობრივი ნიშნები			-	ნაყოფის რბილობის ფერი (1) ნათელი (2) მუქი	FCF
17	ფოთლის ფირფიტის ფუძის ფორმა (1) წამახული (2) ფართო კვერცხისებრი (3) მომრგვალებული (4) გულისებრი (5) ფართო ელიფსური (6) ვიწრო ელიფსური	LBB	-	ნაყოფის კვებითი ღირებულება (1) ძალზე დაბალი (2) დაბალი (3) საშუალო (4) კარგი (5) ძალზე კარგი	FEQ
18	ფოთლის ფირფიტის წვერის ფორმა (1) წამახული (2) წაწვეტებული (3) მომრგვალებული(4) ამოზურცული	LBA	სეზონური ნიშნები		
20	ფოთლის ფირფიტის კიდის ფორმა (1) მთლიანი (2) დატალღული (3) ხეხკბილა (4) დაკბილულია მხოლოდ აპიკალური ნაწილი	LBM	64	ყვავილობა: (1) ძალზე საადრეო (2) საადრეო (3) საშუალო (4) გვიანური (5) ძალზე გვიანური	TF
-	ფოთლის შებუსვა (1) შიშველი (2) ქეჩისებრი (3) ჯაგრისებრი ხშირი (4) ჯაგრისებრი მეჩხერი (5) მეჩხერად შებუსვილია მხოლოდ ფირფიტის კიდე და ყუნწი	LBC	-	ნაყოფის მოსხმის პერიოდი: 1) ძალზე საადრეო (2) საადრეო (3) საშუალო (4) გვიანური (5) ძალზე გვიანური	FA
-	ეკლების რაოდენობა ღეროზე (1) მეჩხერი (2) გარდამავალი (3) ხშირი (4) უეკლო	YST	65	ნაყოფის მომწიფების დრო: (1) ძალზე საადრეო (2) საადრეო (3) საშუალო (4) გვიანური (5) ძალზე გვიანური	FHM

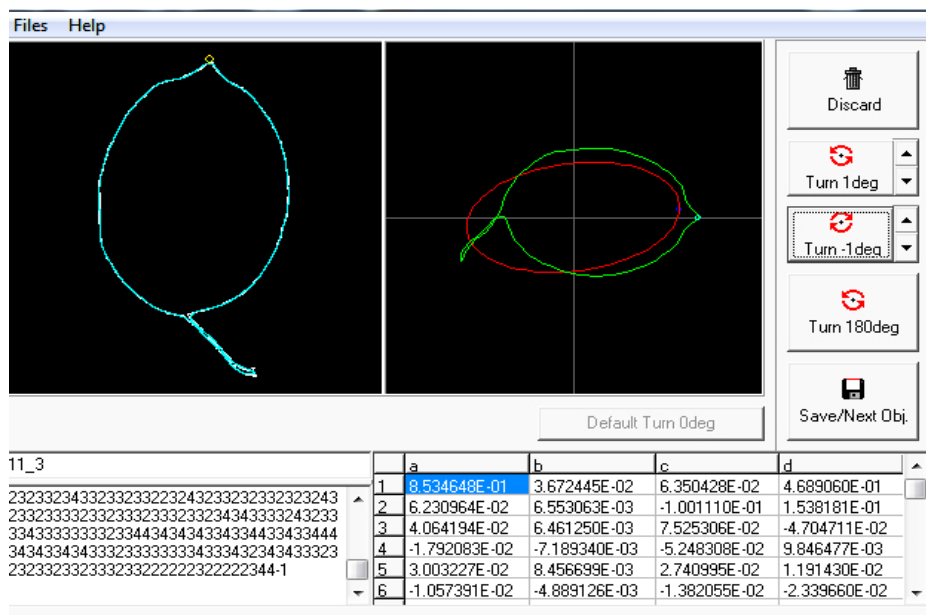
-	ვარჯის ფორმა (1) მომრგვალებული (2) ფართო ელიფსური (3) პირამიდული (4) ფართო პირამიდული	CSH	-	ნაყოფობის დასასრული: 1) ძალზე საადრეო (2) საადრეო (3) საშუალო (4) გვიანური (5) ძალზე გვიანური	EFP
---	--	-----	---	---	-----

ნაყოფის რბილობის სკლეროიდული უჯრედების რაოდენობების, ფოთლის შებუსვის სიხშირის და ტიპის და ფოთლის კიდის ფორმებისთვის დესკრიპტორების მისასადაგებლად გამოყენებული იქნა სტერეო მიკროსკოპი (Stemi DV4, Karl Zeiss, Germany). ორი მახასიათებელი - ხის ვარჯის ფორმა (TSh – Tree Shape), და ეკლების რაოდენობა (YST – Young Stem Thorns) დესკრიპტორულად განისაზღვრა ველზე. ველზე განისაზღვრა ასევე კულტურული ველური მსხლების სეზონური მახასიათებლებიც. ინფორმაცია შეგროვდა საველე შესწავლით და ადგილობრივი მოსახლეობის გამოკითხვით. მოპოვებული ინფორმაცია შედარდა ლიტერატურულ მონაცემებს (ხომიზურაშვილი და ერისთავი, 1931, 1941; შარაშენიძე, 1956, 1967; ახვლედიანი, 1956, 1958; წიქვაძე და ისაკაძე, 1969; ხომიზურაშვილი, 1973 (I, II); ქუთათელაძე, 1947, 1980; მესხიძე და სხვ., 2015).

კვლევისთვის დამატებითი მნიშვნელოვანი დესკრიპტორები: ნაყოფის რბილობის ფერი; თესლების რაოდენობა ნაყოფში; ვარჯის ფორმა; ეკლების რაოდენობა ახალგაზრდა ყლორტებზე; ასევე ფოთლის დესკრიპტორები აღებული იქნა IBPGR-ს მსხლის დესკრიპტორთა ნუსხიდან (Thibault et al., 1983). კვლევის საწყის ეტაპზე დესკრიპტორთა ნუსხებიდან რელევანტური დესკრიპტორების შესარჩევად განხორციელდა საპილოტო კვლევა, რომლის დროსაც მსხლის ჯიშების და სხვადასხვა ველური ტაქსონის 70 ინდივიდი შეფასდა UPOV (2000) ნუსხის ყველა დესკრიპტორით. დესკრიპტორები შეირჩნენ იმის მიხედვით, თუ რამდენად მაღალი იყო მათი ჯგუფთაშორის ვარიაბელობა. დესკრიპტორთა შერჩევის დროს ასევე ვიხელმძღვანელებთ საქართველოს ტერიტორიაზე გავრცელებული ველური მსხლებზე არსებული სისტემატიკური და ტაქსონომიური მონაცემებით (ქუთათელაძე, 1947, 1980). საბოლოო ჯამში კვლევაში სახელმძღვანელოდ შეიქმნა იმ

მორფოლოგიური ნიშნების მინიმალური ნუსხა, რომებიც ტაქსონურ ჯგუფებს ერთმანეთისგან მკვეთრად განასხვავებდნენ (ცხრ. 3).

მორფომეტრიული ანალიზისთვის საველე მასალების დიგიტალური ფოტოსურათები დამუშავდა ინტერნეტ სივრციდან თავისუფლად ჩამოტვირთვადი პროგრამული პაკეტით „Shape 1.3“, (Iwata, 2006), რომლის მეშვეობითაც საანალიზო ობიექტების ფორმა გარდაიქმნება ელიფსური ფურიეს მწკრივებად (Kuhl and Giardina, 1982). ასეთ სისტემას სხვანაირად ჰარმონიულ რიცხვთ მწკრივები ანუ ‘ჰარმონიკები’ ეწოდებათ. თითოეული საანალიზო ობიექტის, მოცემულ შემთხვევაში - ფოთლის ფორმის იდენტიფიკაციისათვის, პროგრამა იყენებს 20 კომპონენტთან ოთხ: a,b,c და d-ჰარმონიულ რიცხვთა მწკრივს, რომლებიც წარმოადგენენ ორგანოზომილების კოორდინატთა სიბრტყეზე საანალიზო ობიექტის კონტურის მდებარეობის აღმნიშვნელ წერტილებს (სქემა 4). a და b მწკრივები გამოსახავენ აბსცისათა, ხოლო c და d მწკრივები ორდინატთა ღერძზე ფოთლის კონტურის კოორდინატებს. ამგვარად, მოცემული პროგრამით ხდება საანალიზო ობიექტის ფორმის რიცხვით მონაცემში გადაყვანა.



სქემა 4. მორფომეტრიული პროგრამა - Shape 1.3-ით განხორციელებული გარდაქმნა. ფოთლის კონტური გამოსახული a,b,c,d-ჰარმონიულ რიცხვთა მწკრივებით, რომელთაგან a და b შეესაბამება აბსცისათა ხოლო c და d ორდინატთა ღერძზე ფოთლის კონტურის კოორდინატებს.

პროგრამული პაკეტი Shape მოიცავს რამოდენიმე დამხმარე პროგრამას, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელია ერთი საკვლევი ინდივიდის ფოთლები შედარდეს სხვა საკვლევი ინდივიდის ფოთლებს. ასევე შესაძლოა შედარდეს მცენარის სხვა ორგანოებიც (მაგ, ჯამის ფოთოლაკებს ან ყვავილის გვირგვინის ფურცლებს), რომელთა ფორმებიც შედარებადი არიან 2 განზომილებიან ფორმატში. მიუხედავად ამისა, მხოლოდ ამ პროგრამის გამოყენებით მიღებული ინფორმაცია არ არის საკმარისი ნიმუშებად შეგროვილ ფოთლების მორფოლოგიური შესწავლისთვის, რადგან პროგრამა აღიქვამს მხოლოდ მათ ფორმას ორ განზომილებაში. ასეთ შემთხვევაში ფოთლის სტრუქტურის განმსაზღვრელი სხვა მორფოლოგიური ნიშნები, კერძოდ - ფოთლის ფირფიტის კიდის დაკბილვა ან დატალღული ფორმა და ფოთლის სხვადასხვა ტიპის შებუსვა ანგარიშს მიღმა რჩება.

მოცემული მეთოდით მცენარეთა მორფოლოგიური შესწავლის სხვა ლიტერატურული პრეცედენტების გათვალისწინებით (Rohlf and Archie, 1984; Marcus et al., 1996; Yoshioka et al., 2004) პროგრამული პაკეტი Shape-ს გამოყენებით მიღებული მონაცემები გავამარტივეთ, კერძოდ ოთხი (a,b,c,d) 20 წევრიანი ჰარმონიკთა მწკრივები, რომელიც თითო ფოთლის ფორმის ამსახველ მონაცემად მივიღეთ, ერთ 20 წევრიან ჰარმონიულ მწკრივად გარდავქმენით. ამისთვის ჰაინესის და კრემპტონის (Haines & Crampton, 2000) მიერ შემოთავაზებული მეთოდი გამოვიყენეთ. აღნიშნული მეთოდის მიხედვით გარდაქმნა ხდება შემდეგი ფორმულით:

$$\sqrt{(a + b + c + d)2}$$

სადაც a,b,c და d ჰარმონიული რიცხვთა მწკრივებია, კოორდინატებით აბსცისა და კოორდინატთა ღერძებზე.

მიღებული მონაცემების გადატანა მოხდა საერთო მონაცემთა ბაზაში და სხვა მორფოლოგიური ნიშნების მონაცემებთან ერთად გაანალიზდა.

4.1.4. მორფომეტრიული მონაცემების სტატისტიკური ანალიზის მეთოდები

აღწერითი სტატისტიკის სახით რაოდენობითი მონაცემებისთვის, რომელიც ფოთლის განაზომებს მოიცავდა, დაითვალა სტანდარტული გადახრა და საშუალო სიდიდე. საშუალო სიდიდეები შედარდა ერთ-ფაქტორიანი ვარიანსას ანალიზის (One Way ANOVA), იგივე დისპერსიის ანალიზის პოსტ ჰოკის დიაპაზონის ტესტით. თანაბარი ვარიანსების ვარაუდისთვის გამოყენებული იქნა ტუკის სარწმუნო სხვაობათა სიწრფელის ტესტი, სადაც ალბათობისთვის შეირჩა ოპცია $p \leq 0.05$. ფოთლის თითოეული დესკრიპტორისათვის გამოითვალა ინდივიდუალური F-მნიშვნელობები, რომლებიც განსაზღვრავდნენ საერთო ჯგუფთაშორის სხვაობებს. კატეგორიული ცვლადების განაწილებათა ურთიერთსხვაობის გამოსავლენად დამოუკიდებლობის ტესტი χ^2 (ხი-კვადრატი) იქნა გამოყენებული. თითოეული ცვლადისთვის ასევე გამოითვალა სარწმუნოება ($p \leq 0.05$) და თავისუფლების ხარისხი (df). თითოეული კლასიფიკაციისთვის ჯგუფთაშორისი საშუალო ვექტორების სხვაობები შეფასდა უილკის ლამბდას მნიშვნელობით (λ). ეს მონაცემი გასაშუალოვდა ფიშერის (F) განაწილების ტესტით, რათა მომხდარიყო ცვლადთა ჯგუფს-შიდა და ჯგუფთაშორისი ვარიანსების განსაზღვრა (რაც უფრო დაბალია λ -ს მნიშვნელობა, მით უფრო მაღალია ჯგუფთა საშუალო მნიშვნელობებს შორის სხვაობა). ხარისხობრივი ცვლადებისთვის გამოთვლილი იქნა განაწილების სიხშირე და პროცენტული მაჩვენებლები.

პრინციპული კომპონენტების ანალიზი (PCA) ემყარებოდა კოეფიციენტების კოვარიაციულ მატრიცას კორელაციურის ნაცვლად, რადგან მეორე შემთხვევაში ვარიანსის მცირე მნიშვნელობის მქონე ცვლადები და ასევე ჰარმონიული რიცხვთა მწკრივები, რომლებიც ასევე რიცხვობრივად მცირე დიაპაზონში ვარირებდნენ, ვერ მოახდენდნენ გავლენას ჯგუფთა განცალკევებაზე.

დისკრიმინანტული ფუნქციის საფეხურობრივი ანალიზით (DFA) განისაზღვრა რაოდენობრივი მორფოლოგიური ნიშნები, რომლებიც ყველაზე მეტად განასხვავებდნენ საკვლევ ჯგუფებს. ყველა მორფოლოგიური ნიშნი, რომლებიც

ცვლადების სახით იქნა შენახული, გარდაიქმნა ფუნქციებად. მათი გამოყენებით განხორციელდა კანონიკური დისკრიმინაციის ანალიზი (CDF). სარწმუნოების დონის და შესაბამისი F-მნიშვნელობისთვის შეირჩა ალბათობის ზღვრული მნიშვნელობები - $p = 0.05$ და $p = 0.1$. შერჩეულ ნიშნებს შორის სხვაობის განსაზღვრისთვის მაჰალანობისის დისტანციები იქნა გამოყენებული. ფუნქციებით აიგო ჯგუფთაშორისი დისკრიმინაციის გამომსახველი სქემები. კანონიკური ფუნქციებად გამოყენებული იქნა ფუნქციები, რომლებსაც სარწმუნოება და F-მნიშვნელობა სხვებთან შედარებით ყველაზე მაღალი ჰქონდათ. CDF-ს თან ერთად ჯგუფთა წევრობის პროგნოზული კლასიფიკაციაც განხორციელდა. კლასიფიკაცია ჩატარდა ორი სქემით, სადაც ერთ შემთხვევაში ჯიშების ჯგუფები (მსხლის შემოტანილი და ადგილობრივი ჯიშები) გაერთიანდა ერთ ჯგუფად, ხოლო მეორე შემთხვევაში მათი ანალიზი მოხდა, როგორც ცალ-ცალკე ჯგუფებისა.

კლასტერული ანალიზი განხორციელდა იერარქიული კლასტერული ანალიზის (HCA) მეთოდით. კლასტერებს შორის დისტანციების, ანუ მსგავსების განსაზღვრისთვის გამოყენებული იქნა უორდის (Ward, 1963) მეთოდი, როგორც ამალგამაციის წესი. ეს მეთოდი იყენებს ვარიანსას ანალიზს კლასტერებს შორის მანძილების განსაზღვრისთვის და მინიმუმამდე დაყავს ნებისმიერი ორი (ჰიპოტეტური) კლასტერის კვადრატების ჯამი, რომლებიც ფორმირდებიან ანალიზის თითოეულ საფეხურზე. დისტანციების განაზომის ინტერვალად შერჩეული იქნა ევკლიდური დისტანცია, რომლითაც ანგარიშდება ობიექტებს შორის მანძილი მრავალგანზომილან სივრცეში.

სტატისტიკური ანალიზი განხორციელდა პროგრამული პაკეტებით SPSS v.13.0 (SPSS Inc., 2004) და Statistica 6.0 - თ (Hill & Lewicki, 2007).

4.2. გენეტიკური კვლევის მეთოდები

4.2.1. მცენარეული მასალა გენეტიკური კვლევისთვის და მონაცემთა ანალიზის მეთოდები

გენეტიკური ანალიზით, საქართველოში შეგროვილი მსხლის ველური და კულტურული ტაქსონის 150 ინდივიდი (ცხრ. 4, 6) შედარდა ევროპაში და კავკასიაში გავრცელებული კულტურული მსხლების ველური ნათესავების - პანტის (*P. caucasica*) და ტყის მსხლის (*P. pyrastrer*) 73 ინდივიდს (ცხრ. 5). ჯამურად გენეტიკურად 223 ინდივიდი იქნა გამოკვლეული.

საქართველოში შეგროვილი ველური და კულტურული მსხლების გენეტიკური მრავალფეროვნება შედარდა ამერიკის ეროვნული მცენარეთა გენოფონდის სისტემის (NPGS) ნიმუშებს: *P. caucasica* (N=42) და *P. pyrastrer* (N=31). ნიმუშები მოპოვებული იქნა ქალაქ კორვალისში მდებარე (Corvallis, OR, USA) ამერიკის ეროვნულ კლონური გენოფონდის საცავის (NCGR) მონაცემთა ბაზიდან (Volk et al., 2006; ცხრ. 5; სქემა 3).

ცხრილი 4. საქართველოში შეგროვილი ველური მსხლების ნიმუშები, გამოყენებული გენეტიკური კვლევებისათვის.

N	ტაქსონი	წარმომავლობა	ნიმუშის ნომერი	რეგიონი	ადგილმდებარეობა	რაოდ.(N=)
1	<i>P. balansae</i>	GE	119	სამცხე-ჯავახეთი	გოდერძის უღელტეხილი	1
2	<i>P. balansae</i>	GE	126	ლეჩხუმი	ლაჯაურის ხეობა	1
3	<i>P. balansae</i>	GE	183; 184; 185; 186; 187; 188; 189	აჭარა	ხინო, კინტრიშის ხეობა	7
4	<i>P. balansae</i>	GE	193	აჭარა	დიდვაკე, კინტრიშის ხეობა	1
5	<i>P. sachokiana</i>	GE	147	მცხეთა-მთიანეთი	მცხეთა	2
6	<i>P. caucasica</i>	GE	11; 12; 14	ქვემო ქართლი	კოჯორი	3
7	<i>P. caucasica</i>	GE	15; 16	ქვემო ქართლი	ბეთანია	2
8	<i>P. caucasica</i>	GE	17	ქვემო ქართლი	პანტიანი	1
9	<i>P. caucasica</i>	GE	22; 23	მცხეთა-მთიანეთი	კოტორაანთკარი	2
10	<i>P. caucasica</i>	GE	24; 26	მცხეთა-მთიანეთი	ბურიანი	3
11	<i>P. caucasica</i>	GE	27; 30	მცხეთა-მთიანეთი	ცხვარიჭამია	4
12	<i>P. caucasica</i>	GE	33	სამცხე-ჯავახეთი	ლიკანი	1
13	<i>P. caucasica</i>	GE	34	სამცხე-ჯავახეთი	ბორჯომი	1

14	<i>P. caucasica</i>	GE	35	სამცხე-ჯავახეთი	დაბა	1
15	<i>P. caucasica</i>	GE	41	იმერეთი	რიკოთი	1
16	<i>P. caucasica</i>	GE	42	იმერეთი	ვერტყვიჭალა	1
17	<i>P. caucasica</i>	GE	43; 44; 45; 46	იმერეთი	დაბაძველი	4
18	<i>P. caucasica</i>	GE	47; 48	იმერეთი	ტყიბული	2
19	<i>P. caucasica</i>	GE	49; 50; 68; 69	იმერეთი	ნაქერალა	4
20	<i>P. caucasica</i>	GE	51	რაჭა-ლეჩხუმი	ჟოშხა	1
21	<i>P. caucasica</i>	GE	52; 53	რაჭა-ლეჩხუმი	პატარაონი	2
22	<i>P. caucasica</i>	GE	55; 56; 57; 58	რაჭა-ლეჩხუმი	ტბეთი	4
23	<i>P. caucasica</i>	GE	61; 62; 63; 64	რაჭა-ლეჩხუმი	ჟოშხა	4
24	<i>P. caucasica</i>	GE	66	რაჭა-ლეჩხუმი	ნიკორწმინდა	1
25	<i>P. caucasica</i>	GE	67	რაჭა-ლეჩხუმი	შაორი	1
26	<i>P. caucasica</i>	GE	71-75	ქვემო ქართლი	ფიტარეთი	5
27	<i>P. caucasica</i>	GE	77, 79	კახეთი	მარტყოფი	2
28	<i>P. caucasica</i>	GE	85; 86; 87; 88	მცხეთა-მთიანეთი	ანანური	4
29	<i>P. caucasica</i>	GE	90; 91	ქვემო ქართლი	ქოროდლი	2
30	<i>P. caucasica</i>	GE	96; 97	მცხეთა-მთიანეთი	ფასანაური	2
31	<i>P. caucasica</i>	GE	102	მცხეთა-მთიანეთი	ბაზალეთი	1
32	<i>P. caucasica</i>	GE	139; 140	მცხეთა-მთიანეთი	დუშეთი	1
33	<i>P. caucasica</i>	GE	150	მცხეთა-მთიანეთი	მცხეთა	1
34	<i>P. caucasica</i>	GE	175	აჭარა	რიკეთი, ხულო	1
35	<i>P. caucasica</i>	GE	178	იმერეთი	ჭოგნარი	1
36	<i>P. caucasica</i>	GE	191	აჭარა	ხინო, კინტრიშის ხეობა	1
37	<i>P. caucasica</i>	GE	196, 198, 199, 201	სვანეთი	ენგურის ხეობა	4
38	<i>P. caucasica</i>	GE	205	სვანეთი	ჯვარი, ენგურის ხეობა	1
39	<i>P. caucasica</i>	GE	215	სამეგრელო	სქური, ტეხურის ხეობა	1
40	<i>P. caucasica</i>	GE	217; 218	სამეგრელო	ლებარდე, ხობის ხეობა	2
41	<i>P. demetreei</i>	GE	7	კახეთი	კასრისწყალი	1
42	<i>P. demetreei</i>	GE	21	მცხეთა-მთიანეთი	წიწამური	1
43	<i>P. demetreei</i>	GE	142, 143	მცხეთა-მთიანეთი	მცხეთა	3
44	<i>P. ketzkhovelii</i>	GE	149	მცხეთა-მთიანეთი	მცხეთა	4
45	<i>P. sachokiana</i>	GE	6	კახეთი	კასრისწყალი	3
46	<i>P. salicifolia</i>	GE	1; 2; 3; 4; 5	კახეთი	გარეჯი	5
47	<i>P. salicifolia</i>	GE	8; 9; 10	კახეთი	კასრისწყალი	3
48	<i>P. salicifolia</i>	GE	31	სამცხე-ჯავახეთი	ლიკანი	1
49	<i>P. salicifolia</i>	GE	127; 128; 129	თბილისი	ნუცუბიდის პლატო	3
50	<i>P. salicifolia</i>	GE	141, 146, 153	მცხეთა-მთიანეთი	მცხეთა, ჯვარი	3
51	<i>P. syriaca</i>	GE	131	თბილისი	ნუცუბიდის პლატო	2
52	<i>P. syriaca</i>	GE	144; 145	მცხეთა-მთიანეთი	მცხეთა, ჯვარი	2

გენეტიკურად საერთო ჯამში საქართველოში შეგროვილი კულტურული მსხლის 35 ინდივიდი იქნა გამოკვლეული. მათგან 19 ინდივიდი მსხლის ქართულ ადგილობრივ ჯიშებს წარმოადგენდა, რომელიც პანტის დომესტიკაციით იქნა მიღებული (Akhalkatsi et al., 2012; Asanidze et al., 2011). ადგილობრივი ჯიშები შეგროვდა საქართველოს მაღალმთიან რეგიონებში: აჭარა, სამცხე-ჯავახეთი, სვანეთი, ლეჩხუმი და რაჭა (ცხრ. 6). მსხლის ადგილობრივი ჯიშების 16 ინდივიდი, რომლებსაც გარდამავალი მორფოლოგიური ნიშნები ჰქონდათ პანტასა და ევროპულ ტყის მსხალს შორის, შეგროვდა დაბლობზე შემდეგ რეგიონებში: სამეგრელო, გურია, შიდა ქართლი, მცხეთა-მთიანეთი და კახეთი. ადგილობრივი და შემოტანილი მსხლის ჯიშები ასევე შეგროვდა ყოფილი მეხილეობის, მეღვინეობის და მევენახეობის ინსტიტუტის (IHVO) ცოცხალ კოლექციაში (სკრა, გორის რაიონი; შიდა ქართლი). მსხლის ადგილობრივი ჯიშების ნიმუშები (ცხრ. 6) შეგროვდა „ელკანა“-ს ცოცხალი კოლექციაში (წნისი, ახალციხის რაიონი, სამცხე-ჯავახეთი).

ცხრილი 5. გენეტიკურ ანალიზში ჩართული მსხლის სახეობები NPGS კოლექციიდან

N	ტაქსონი	წარმოშობა	ნიმუშის ნომერი	ქვეყანა	ადგილმდებარეობა	რაოდ. (N=)
53	<i>P. caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 1602	პოლონეთი	უცნობია	1
54	<i>P. caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 2053; 2054	რუსეთი	ბეკუშევსკია	2
55	<i>P. caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 690	რუსეთი	დომბაი	1
56	<i>P. caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 687; 688; 689; 717; 718; 719; 720; 727; 728; 729; 1192; 1193; 2037; 2038	რუსეთი	სტავროპოლი	14
57	<i>P. caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 1194; 1195; 2045; 2049; 2050	რუსეთი	ტებერდა	5
58	<i>P. caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 694; 695; 697; 698	რუსეთი	სვეტლოგრადი	4
59	<i>P. caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 680; 681; 731; 2040; 2043; 2532	რუსეთი	უცნობია	6
60	<i>P. caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 2056	რუსეთი	ქელეზნოვოდსკო	1
61	<i>P. caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 1674	სერბეთი	უცნობია	1
62	<i>P. caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 902	უკრაინა	ასკინია-ნოვა	1

63	<i>P. caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 2066	უკრაინა	ბარლაკოში	1
64	<i>P. caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 684; 685; 2060; 2064	უკრაინა	უცნობია	4
65	<i>P. caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 1191	უკრაინა	იალტა	1
66	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 1535	ჩეხეთი	უცნობია	1
67	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 714	გერმანია	უცნობია	1
68	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 1251	საფრანგეთი	უცნობია	1
69	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 1288	ირანი	უცნობია	1
70	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 1289; 1292	უნგრეთი	უცნობია	2
71	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 883	მაკედონია	ბოსავა-კავადარცი	1
72	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 993	მაკედონია	მავროვო	1
73	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 989	მაკედონია	სკლოპჯე	1
74	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 1638; 1640	მაკედონია	უცნობია	2
75	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 2059; 2067; 2068	მოლდოვა	უცნობია	3
76	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 1537; 1539; 1540	პოლონეთი	უცნობია	3
77	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 1633	პოლონეთი	კოვალიჩა	1
78	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 1671	რუმინეთი	ვალისორარას	1
79	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 1684	რუმინეთი	უცნობია	1
80	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 693; 710; 712; 1248; 1249; 1250; 1252; 1466; 1467; 2057	თურქეთი	უცნობია	10
81	<i>P. pyraister</i>	NPGS 2006	CPYR 881	უცნობია	უცნობია	1

გენეტიკური ანალიზისთვის გამოვიყენეთ მსხლის იგივე ინდივიდებიდან შეგროვილი ნიმუშები, რომლებიც მორფომეტრიულად იქნენ შესწავლილი. სხვაობა მორფომეტრიულ და გენეტიკურ კვლევაში გამოყენებულ ნიმუშებს შორის საქართველოში შეგროვილ ნიმუშთა რაოდენობა იყო. ჯამურად, საქართველოში ნიმუშებად აღებული ველური და კულტურული მსხლების 239 ინდივიდი იქნა მორფოლოგიურად შესწავლილი. აქედან გენეტიკურ კვლევაში მხოლოდ 150 ინდივიდის ნიმუში იქნა გამოყენებული. კონკრეტულად, გენეტიკურ კვლევაში გამოყენებული ნიმუშები შემდეგი რაოდენობებით იყვნენ წარმოდგენილი: პანტები [*P. caucasica* (N=73), *P. balansae* (N=9)] 82 ნიმუში; ბერყენები [*P. salicifolia* (N=15), *P. demetrii* (N=5), *P. ketzkhovelii* (N=4), *P. sachokiana* (N=5), *P. syriaca* (N=4)] 33 ნიმუში; კულტურული მსხლები [შემოტანილი ჯიშები (ICV, N=11); ადგილობრივი ჯიშები (LCV, N=12); ადგილობრივი ჯიშები გარდამავალი მორფოლოგიური ნიშნებით, იგივე

ჰიბრიდული ჯიშები (HCV, N=12)] 35 ნიმუში. NCGR-ს მონაცემთა ბაზებიდან მოპოვებული: კულტურული მსხლის ველური ნათესავი სახეობის [*P. caucasica* (N=42); *P. pyraister* (N=31)] 73 ნიმუში.

ნიმუშების შეგროვების ადგილების რუკაზე დატანა მოხდა პროგრამული პაკეტის 'ARC-GIS' გამოყენებით (Hijmans et al., 2012; სქემა 3). ფოთლის ნიმუშები ლაბორატორიულად დამუშავდა NPGPR-ს ფორტ-კოლინზის (Fort Collins, CO., USA) მოდულის ლაბორატორიაში.

ცხრილი 6. საქართველოში ნიმუშად აღებული მსხლის ჯიშები: ადგილობრივი (LCV), შემოტანილი (ICV), და მათ შორის გარდამავალი მორფოლოგიური ნიშნების მქონე (HCV) მსხლის ჯიშები.

N	ჯიშის სახელწოდება	ტაქსონი	ჯიშის ჯგუფი	აბრევიატურა	რეგიონი	ადგილმდებარეობა	ნიმუშის ნომერი
82	Beurre Bosque	<i>P. communis</i>	შემოტანილი	ICV	შიდა ქართლი	ფხვენისი, გორის რნ.	94
83	Beurre d'Anjou	<i>P. communis</i>	შემოტანილი	ICV	შიდა ქართლი	სკრის ცოცხალი კოლექცია, ახალშენი, ლენტეხის რნ.	134
84	Duchesse d'Angouleme	<i>P. communis</i>	შემოტანილი	ICV	შიდა ქართლი	სკრის ცოცხალი კოლექცია	136
85	Beurre d'Hardampont	<i>P. communis</i>	შემოტანილი	ICV	გურია	ქვიანი, ლანჩხუთის რნ.	179
86	კაცისთავა	<i>P. caucasica</i>	ხეჭეჭური	HCV	აჭარა	ნამონასტრალი, ქედა	162
87	ხეჭეჭური	<i>P. caucasica</i>	ხეჭეჭური	HCV	აჭარა	ნამონასტრალი, ქედა	161
88	ხეჭეჭური	<i>P. caucasica</i>	ხეჭეჭური	HCV	აჭარა	დიდვაკე, კინტრიშის ხეობა	194
89	ხეჭეჭური	<i>P. caucasica</i>	ხეჭეჭური	HCV	რაჭა-ლეჩხუმი	ჟოშხა, ამბროლაურის რნ.	65
90	კახური ხეჭეჭური	<i>P. caucasica</i>	ხეჭეჭური	HCV	კახეთი	შილდა, ყვარლის რნ.	81
91	გულაბი	<i>P. caucasica</i>	გულაბი	HCV	სამცხე-ჯავახეთი	ზარზმა, ადიგენის რნ.	172
92	Kiffer pear	<i>P. communis</i> 'Bartlett' x <i>P.</i>	შემოტანილი	ICV	შიდა ქართლი	შინდისი, გორის რნ.	95

		pyrifolia 'Sand pear'					
93	კვიჭიჭა	<i>P. caucasica</i>	პანტა მსხალი	LCV	გურია	ქვიანი, ლანჩხუთის რნ.	181
94	მაჟარა	<i>P. caucasica</i>	პანტა მსხალი	LCV	აჭარა	რიკეთი, ხულოს რნ.	174
95	მაქრე	უცნობია	უცნობია	HCV	სამეგრელო	სქური, წალენჯიხის რნ.	209
96	ნენეს მსხალი	<i>P. caucasica</i>	კალოს მსხალი	LCV	სამცხე-ჯავახეთი	წნისი, ელკანას კოლექცია	166
97	პანტა მსხალი	<i>P. caucasica</i>	პანტა მსხალი	LCV	სამეგრელო	სქური, წალენჯიხის რნ.	207; 213
98	პანტა მსხალი	<i>P. caucasica</i>	პანტა მსხალი	LCV	სამცხე-ჯავახეთი	დაბა, ბორჯომის რნ.	39; 40
99	საელიობო	<i>P. caucasica</i>	პანტა მსხალი	LCV	სამცხე-ჯავახეთი	წნისი, ელკანას კოლექცია	93
100	Bartlett	<i>P. communis</i>	შემოტანილი	ICV	შიდა ქართლი	სკრის ცოცხალი კოლექცია	154
101	სამარიობო	<i>P. caucasica</i>	კალოს მსხალი	LCV	სამცხე-ჯავახეთი	წნისი, ელკანას კოლექცია	164
102	სასელო	<i>P. caucasica</i>	კალოს მსხალი	LCV	სამცხე-ჯავახეთი	წნისი, ელკანას კოლექცია	165
103	შავმსხალა	<i>P. caucasica</i>	პანტა მსხალი	HCV	სამეგრელო	სქური, წალენჯიხის რნ.	210
104	შაქარა მსხალი	<i>P. caucasica</i>	პანტა მსხალი	LCV	რაჭა-ლეჩხუმი	სკრის ცოცხალი კოლექცია	116
105	თავრეჯული	<i>P. caucasica</i>	ხეჭეჭური	HCV	სამცხე-ჯავახეთი	ნაქალაქევი, ასპინძის რნ.	169
106	Fondante des bois	<i>P. communis</i>	შემოტანილი	ICV	შიდა ქართლი	სკრის ცოცხალი კოლექცია	155
107	Saint-Germain	<i>P. communis</i>	შემოტანილი	ICV	შიდა ქართლი	სკრის ცოცხალი კოლექცია	202
108	წითელგვერდა	უცნობია	უცნობია	HCV	სამცხე-ჯავახეთი	არალი, ადიგენის რნ.	160
109	წითელგვერდა	უცნობია	უცნობია	HCV	გურია	გრიგოლეთი, ლანჩხუთის რნ.	182
110	წითელგვერდა	უცნობია	უცნობია	HCV	სამცხე-ჯავახეთი	წნისი, ელკანას კოლექცია	168
111	Winter Dechantsbirne	<i>P. communis</i>	პანტა მსხალი	ICV	შიდა ქართლი	სკრის ცოცხალი კოლექცია	208

112	წვრილმსხალა (სამურაბე პანტა)	<i>P. caucasica</i>	პანტა მსხალი	ICV	სვანეთი	ლაზამულა, მესტიის რნ.	197
113	გულაბი	უცნობია	უცნობია	HCV	სამცხე- ჯავახეთი	წნისი, ელკანას კოლექცია	170
114	Winter Nelis (ალაგორის შავი)	<i>P. communis</i>	შემოტანილი	ICV	სვანეთი	ხაიში, მესტიის რნ.	204

ანალიზის დროს გენოტიპები განისაზღვრა მსხლის 216 ინდისათვის. გენეტიკურად გაანალიზდა მხოლოდ ის ინდივიდები, რომელთათვისაც დაკარგული მონაცემის ანუ ლოკუსების რაოდენობა ორს არ აღემატებოდა. სპეციფიური კონტრასტები შეირჩა გენეტიკური სხვაობის დასადგენად 1) ბერყენას (*P. salicifolia*); ტყის მსხლის (*P. pyrastrer*) და პანტას (*P. caucasica*); 2) *P. caucasica*-ს საქართველოში შეგროვებულ ნიმუშებსა და NPGS-ს ბაზებში მოპოვებულ ნიმუშებს შორის; 3) *P. caucasica*-ს და მსხლის საქართველოში შეგროვებულ ჯიშებს შორის. კონტრასტთა ყოველი წყებისთვის განისაზღვრა: ალელების საშუალო რიცხვი ლოკუსში; მოსალოდნელი ჰეტეროზიგოტურობა და ვარიანსების პროპორციის ინდექსი (Fst), რისთვისაც გამოყენებული იქნა პროგრამა 'GDA' (Lewis and Zaykin, 2001). ნიმუშის ზომის ვარიაციის კონტროლისთვის გამოყენებული იქნა გამეჩხერების მეთოდი, რომელიც განხორციელდა პროგრამით FSTAT v.2.9.3.2 (Goudet, 1995).

სხვაობათა მატრიცების და ყველაზე მართებული ე.წ. 'Neighbour-Joining' (მეზობელ-შემაკავშირებელი) დენდროგრამის შედგენისთვის გამოყენებული იქნა ნიმუშები, რომლებსაც შედარების შემდეგ დაკარგული მონაცემის რაოდენობა 30%-ზე დაბალი აღმოაჩნდათ. აღნიშნული სტატისტიკური ოპერაცია განხორციელდა პროგრამული პაკეტის 'DARwin' (Perrier et al., 2003; Perrier and Jacquemoud-Collet, 2006) მეშვეობით.

4.2.2. საველე ნიმუშების შეგროვების და შენახვის მეთოდი მოლეკულური ანალიზისთვის

ველური მსხლების საკვლევი ტაქსონებიდან ნიმუშების აღება ხდებოდა მათი პოპულაციის ზომის მიხედვით. საქართველოში ფართოდ გავრცელებული სახეობებიდან (*P. caucasica*, *P. balansae*, *P. salicifolia*, *P. demetrii*), რომელთა პოპულაციებიც შედარებით ფართო არეალს მოიცავენ, ნიმუშები საშუალოდ 10 კმ დისტანციის ინტერვალით დაშორებულ ტერიტორიებზე იქნა აღებული.

მცირერიცხოვანი პოპულაციებით წარმოდგენილი სახეობებისთვის (*P. sachokiana*, *P. georgica*, *P. takhtadzhiani*, *P. ketzkhoveli*, *P. fedorovii*, *P. oxyprion*) ნიმუშების აღება ხდებოდა პოპულაციის პერიფერიებზე და ცენტრში. მცირერიცხოვანი პოპულაციების შემთხვევაში აუცილებელი ხდება იმ გარემოების გათვალისწინება, რომ მსხლის გვარის სახეობები სხვა მრავალი მცენარის მსგავსად, როგორც თესლით, ასევე ვეგეტატიურად - ფესვის ამონაყრითაც მრავლდებიან. ეს ფაქტორი ართულებს იმის გარკვევას სად იწყება და სად მთავრდება ინდივიდი, რადგან ზოგ შემთხვევაში ერთ ფერდობზე წარმოდგენილი მცირე პოპულაცია რეალურად ორი ან სამი ინდივიდის ამონაყრისგან შეიძლება იყოს წარმოქმნილი. ვეგეტაციური გამრავლების უნარი არამხოლოდ მსხლის გვარისთვის ან ვარდისებრთა ოჯახისთვის არის დამახასიათებელი, იგი სხვა ოჯახების წარმომადგენელ სხვადასხვა სასიცოცხლო ფორმებშიც გვხვდება. ეს მოვლენა არ განეკუთვნება აპომიქსისის რომელიმე ტიპს, რადგან ვეგეტაციურ გამრავლებასთან ერთად, ნორმალური - სქესობრივი გამრავლების უნარიც არის შენარჩუნებული. სინჯების აღების დროს ხდებოდა სხვა ფაქტორების გათვალისწინებაც, როგორებიცაა:

- **ინდივიდის ასაკი.** ლიტერატურული წყაროების (Doyle & Dickson, 1987; Cheng et al., 1997; Pruyn & Spicer, 2012) მიხედვით სამიზნე სახეობის ინდივიდის ასაკი მნიშვნელოვანი ფაქტორია და მოქმედებს ნიმუშის ხარისხზე. ნიმუშების აღება ხდებოდა მოზრდილი ან ზრდასრული ინდივიდებიდან ანუ ხეებიდან,

რომლებსაც კარგად ჩამოყალიბებული მერქანი და ვარჯი ჰქონდათ. ზრდასრული ინდივიდებიდან ნიმუშის აღების დროსაც ხდებოდა კონკრეტული პრინციპის დაცვა, კერძოდ - ფოთლები გროვდებოდა ხის ვარჯის შუა ნაწილში არსებული ტოტებიდან, ტოტის აპიკალური ნაწილიდან (კენწეროდან) უკან, 10-15 სმ-ის დაშორებით. მოლეკულური კვლევისთვის ფოთლების შეგროვების დროს რეკომენდირებულია ნიმუში არამერისტემულ ზონაში იქნეს შეგროვილი, რადგან მერისტემული ზონის ფოთლები ძნელად ინახება გენეტიკური ანალიზისთვის, მათში დნმ-ი დენეტურაცია სწრაფად ხდება.

- **სეზონი.** ფოთლის ნიმუშები გროვდებოდა მაისიდან ივნისის პირველი ნახევრის ჩათვლით. უფრო გვიან პერიოდში, განსაკუთრებით შემოდგომაზე ფოთლის ნიმუშების შეგროვება მოლეკულური კვლევისთვის რეკომენდირებული არ არის ორი ძირითადი მიზეზის გამო:

1. სოკოვანი დაავადებები. სხვადასხვა ხე მცენარეს რამოდენიმე ათეული სოკოვანი პარაზიტი ჰყავს. მსხლის გვარის როგორც ველური, ისე კულტურული წარმომადგენლებში ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია სოკოვანი დაავადებები: მსხლის ჟანგა, გამოწვეული გვარი *Gymnosporangium* - ის წარმომადგენელი პარაზიტული სოკოებით (*G. sabinae*, *G. fuscum*, *G. libocedri*); ასევე სხვადასხვა სახის ქეცი - 'ყავისფერი ხალი' გამოწვეული პათოგენური სოკოსგან *Stemphylium vesicarium*; 'შავი ხალი' -გამოწვეული პათოგენური სოკო *Venturia pyrina*; ქეცის ერთ-ერთი ფართოდ გავრცელებული ტიპი, გამოწვეული პარაზიტი სოკო *Podosphaera leucotricha*-თი (Гврителишвили 1982; Luz, 2014). ეს პათოგენური სოკოები ნაყოფთან ერთად ფოთლებსაც აზიანებენ. როგორც წესი სოკოვანი დაავადებები გაზაფხულზე გამოსულ ნორჩ ფოთლებზე არ გვხვდება. სოკოვანი პათოგენებით დასნებოვნება ზაფხულის პერიოდიდან იწყება და

ზაფხულის ბოლოს ან შემოდგომაზე ნიმუშად შეგროვილი ფოთლები მაღალი ალბათობით ერთდროულად რამოდენიმე პათოგენური სოკოთი შეიძლება იყოს ინფიცირებული. იმ შემთხვევაშიც კი, თუ ერთი შეხედვით დაუზიანებელი ფოთოლები შეგროვდა შემოდგომაზე, მასზე მაინც იქნება პარაზიტი სოკოს სპორები, რომლებიც შეუიარაღებელი თვალით არ ჩანს. მიუხედავად იმისა, რომ ფოთლის გამოშრობა პათოგენური სოკოების გამრავლებას უშლის ხელს, მაინც დიდი ალბათობა იქმნება რომ ექსტრაქციის დროს ამ სოკოს გენებიც მოხვდნენ საანალიზო არეში და სინჯის დაბინძურება გამოიწვიონ.

2. მეორადი მეტაბოლიზმი მცენარეებში. ეს პროცესი ფოთოლმცვენ ხე მცენარეებში უმეტეს წილად ნაყოფობის ფენოლოგიურ ფაზაში იწყება. მარადმწვანე სახეობებში, გაცილებით ადრე - ყვავილობის ან ყვავილის მტვრის წარმოქმნის ფენო-ფაზიდან იწყება. მეორადი მეტაბოლიზმის დროს წარმოიქმნება ნივთიერებები, რომლებიც მნიშვნელოვანია მცენარის ზრდა-განვითარებისთვის, თუმცა პირველადი მეტაბოლიტებისგან განსხვავებით ამ ნივთიერებებს არ აქვთ აუცილებელი როლი მცენარის სიცოცხლის შენარჩუნებაში ან ფუნქციონირებაში. მეორადი ნაერთები ხშირ შემთხვევაში პირველადი მეტაბოლიტების ინჰიბირებას ახდენენ, რაც მცენარეში სხვადასხვა ფიზიოლოგიური პროცესის დასრულებას უწყობს ხელს. მეორადი ნაერთები განაპირობებენ მცენარის ფოთლის ან ნაყოფის სხვადასხვაგვარ პიგმენტაციას ნორჩობიდან მომწიფებამდე; აქვთ მცენარის დამცავი ფუნქცია, რომელიც მათ იცავს გამოვებისგან, სხვადასხვა ტიპის სოკოვანი, ბაქტერიული ან მწერებით გამოწვეული დაავადებისგან. ასევე გვევლინებიან ბუნებრივ ანტიბიოტიკებად, ინსექტიციდებად და ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებად, რაც ხშირად მცენარეების სამედიცინო მნიშვნელობასაც განსაზღვრავს.

მეორადი მეტაბოლიტები ხელის შემშლელ ფაქტორს წარმოადგენენ მოლეკულური ანალიზისთვის, რადგან მათი მოშორება ლაბორატორიულ სამუშაოს ართულებს და დნმ-ის სუფთა სახით ექსტრაქცია მათი თანაობისას თითქმის შეუძლებელია. ამიტომ მოლეკულური კვლევისთვის მიზანშეწონილია ახალგაზრდა ფოთლების შეგროვება (Cheng et al., 1997).

ნიმუშებად აღებული მსხლის თითოეული ინდივიდის ფოთლები, საიდანაც უნდა მომხდარიყო დნმ-ის ექსტრაქცია ფასოვდებოდა საშრობის ქაღალდის სტრუქტურის მქონე სპეციალურ კონვერტებში, რომლებსაც ტენის მაღალი გამტარობა აქავთ. ნიმუშები ინახებოდა პლასტმასის კონტეინერებში. ნიმუშებისთვის სიმშრალის შესანარჩუნებლად კონტეინერებში თავსდებოდა 100-150 გ. 'სილიკაგელი' (სილიკონის ჟელე - გრანულოვანი ნივთიერება, რომელიც გარემოდან ტენს იწოვს). სინჯებიანი კონტეინერები ინახებოდა მზის შუქისგან დაცულ ადგილზე, რადგან მზის რადიაციის პირდაპირი ზემოქმედებაც დნმ-ის დენატურაციის ფაქტორს წარმოადგენს.

4.2.3. ნიმუშების მომზადება მოლეკულური შესწავლისთვის

მოლეკულური ანალიზისთვის შეგროვილი ფოთლებიდან ხდებოდა 2 სმ² მოცულობის (საშუალოდ 15 მგ) ქსოვილის აღება. თითოეული ინდივიდის სინჯი თავსდებოდა ეპენდორფის 1.5 მილილიტრიან სინჯარაში და ხდებოდა მათი რეგისტრაციაში გატარება. რეგისტრირების დროს თითოეულ სინჯს ენიჭებოდა ლაბორატორიული კოდები, რომლებიც მოიცავდნენ სპეციფიურ აბრევიატურებს და ნომრებს. პირველი კოდი აღნიშნავდა სინჯის რაობას და მის რიგით ნომერს. გვარი მსხლის (Pyrus) ლათინური სახელწოდებიდან გამომდინარე მსხლის ყველა ლაბორატორიულ სინჯს მინიჭებული ჰქონდა აბრევიატურა 'PYR' და რიგითი ნომერი (მაგ PYR0001). მეორე კოდი გამიზნული იყო სინჯის წარმომავლობის და

სახეობის საიდენტიფიკაციოდ, ამგვარად საქართველოში შეგროვილ სინჯებს მიენიჭათ ეროვნული დომენის აღმნიშვნელი ლათინური აბრევიატურა 'GE' და მცენარეთა ბინარული ნომენკლატურიდან გამომდინარე - მოცემული სინჯის გვარის და სახეობის აღმნიშვნელი აბრევიატურა მაგ.: *P. caucasica*-ს შემთხვევაში - GE.P.CAUC; *P. salicifolia*-ს შემთხვევაში - GE.P.SAL და ა.შ. პირველი სარეგისტრაციო კოდის დატანა ხდებოდა ეპენდორფის სინჯარის თავსახურზე, ხოლო მეორესი - სინჯარის გვერდზე. სინჯების რეგისტრაცია მოიცავდა ასევე ლაბორატორიული ჟურნალის წარმოებას. ჟურნალში აისახებოდა, თუ რომელმა სინჯებმა დამუშავების რა ლაბორატორიული ეტაპები გაიარა.

4.2.4. დნმ-ის ექსტრაქციის მეთოდი

დნმ-ის საექსტრაქციოდ გამოყენებული იქნა NCGRP ლაბორატორიაში აპრობირებული CTAB ბუფერის რეაქციაზე (Lodhi et al., 1994) დაფუძნებული მეთოდი, რომელიც გამშრალი ფოთლებიდან მაღალი ხარისხის დნმ-ის მიღების უკეთეს შედეგს უზრუნველყოფს, ვიდრე 'კიაჯენის' (QIAGEN) ან სხვა მწარმოებლის საექსტრაქციო რეაქტივების კომპლექტები (DNasy plant DNA Extraction Kit).

ექსტრაქციის ქიმიური ფაზის დაწყებამდე, სინჯარებში, სადაც ფოთლის ქსოვილები იყო, თავსდებოდა მცირე ზომის რკინის სტერილური ბურთულები. სინჯარბი თავსდებოდა საფქვავ მოწყობილობაში (მოდელი: RETCH Mixer Mill MM 200), რომელიც სწრაფი როტაციით 2 წუთის განმავლობაში (200 ბიძგი/წთ) ფქვავდა სინჯარებში მოთავსებულ ფოთლის გამომშრალ ქსოვილებს. დაფქვის შემდეგ ხდებოდა ფოთლების ქსოვილის ქიმიური რეაქტივებით დამუშავება CTAB რეაქციის ლაბორატორიული მეთოდის მიხედვით, რომელიც NCGRP ლაბორატორიის მიერ მცირედ იყო მოდიფიცირებული:

CTAB რეაქტივზე დაფუძნებული (Lodhi et al., 1994) დნმ-ის ექსტრაქციის მოდიფიცირებული ლაბორატორიული მეთოდი

ბუფერი და რეაგენტები:

CTAB - ცეტილ-ტრიმეთილ-ამონიუმ-ბრომიდი $((C_{16}H_{33})N(CH_3)_3Br)$

CTAB ბუფერი (2%-იანი CTAB რეაქტივი ძლიერი მარილით. 1000 მლ)

100 მლ 1 M ტრის HCl pH 8.0

280 მლ 5 M NaCl

40 მლ 0.5 M EDTA

20 გ CTAB (ცეტილ-ტრიმეთილ-ამონიუმ-ბრომიდი)

მთლიანი მოცულობა ზავდება 1 ლ-მდე, ddH₂O-თი

BME ანუ βME - ბეტა-მერკაპტოეთანოლი (HOCH₂CH₂SH)

დღე 1

CTAB ინკუბაცია (Lodhi et al., 1994):

- o მზადდება CTAB+BME (CTAB 600 μl/BME 6 μl თითო სინჯარისთვის) და ხდება ნარევის წინასწარი გათბობა 65 °C წყლის აბაზანით 30 წთ-ის განმავლობაში.
- o გამთბარი CTAB/BME-ს 600 μl ნარევი გადაგვაქვს ფოთლის ქსოვილიან ეპენდორფის სინჯარებში. ნარევისთვის და ფოთლის დაქუცმაცებული ფირფიტის შერევა ხდება 10 წთ 'ვორტექსირებით' (ვორტექსის აპარატზე ანჯღრევით).
- o რეაქტივების და ფოთლის მტვრის ნარევიანი სინჯარები ლაგდება სინჯარების კონტეინერში და თავსდება 65 °C-ზე გამთბარ წყლის აბაზანაში 1 სთ-ის განმავლობაში.
- o შეტივტივებული ნაწილაკების დასალექად სინჯარები ცენტრიფუგირდება 4 °C ტემპერატურაზე 2-3 წთ-ის განმავლობაში (1200 ბრ/წთ).

ექსტრაქცია ქლოროფორმის გამოყენებით:

- o დალექვის შემდეგ თხევადი ფაზა გადაგვაქს იდენტური კოდირების მქონე ახალ 1.5 მლ ეპენდორფის სინჯარებში პიპეტის უფილტრო წვერით.
- o რნაზა (RNase) პროპორციით 0.1მგ RNase - 0.19მგ TE ბუფერში თითო სინჯარისთვის, 2 μ l რაოდენობით შეგვაქვს სინჯის შემცველ სინჯარებში. სინჯარები კონტეინერით თავსდება 37 °C-ზე გამთბარ წყლის აბაზანაში 30 წთ-ის განმავლობაში.
- o ჰუდში, ანუ ვინტილაციის მქონე დამცავ კამერაში გადაგვაქვს კონტეინერში მოთავსებული სინჯარები და თითო სინჯარაში შეგვაქვს 500 μ l 24:1-ზე გაზავებული ქლოროფორმ/იზოამილი-ალკოჰოლის ნარევი. სინჯარებს ხელით, ნელი ტემპით ვანჯღრევთ ვიდრე სინჯარებში არსებული ნარევი რძისფერს მიიღებს. (რეაქციის არ წარმართვის შემთხვევაში ალტერნატივაა ქლოროფორმ/იზოამილი-ალკოჰოლის ჩანაცვლება 25:24:1-ზე გაზავებული ფენოლ/ქლოროფორმ/იზოამილ-ალკოჰოლით).
- o შეტივტივებული ნარჩენების დასაღეჟად სინჯარები ცენტრიფუგირდება 4 °C ტემპერატურაზე 5 წთ-ის განმავლობაში (1400 ბრ/წთ).
- o ჰუდში სინჯარებიდან თხევადი ფაზა ახალ, წინამორბედი სინჯარების იდენტური ლაბორატორიული კოდირების მქონე 1.5 მილილიტრიან ეპენდორფის სინჯარებში გადაგვაქვს ფილტრიანი პიპეტის წვერით. გადატანა ფრთხილად უნდა მოხდეს, ისე რომ თხევად ფაზას ნალექი არ გადაყვეს ახალ სინჯარებში.

დნმ-ის გახსნა (პრეციპიტაცია):

- o 2/3-ზე მოცულობის თანაფარდობით თითოეულ სინჯარაში შეგვაქვს ცივი იზოპროპანოლი (333 μ l იზოპროპანოლი 500 μ l სინჯის მოცულობაზე)
- o დნმ-ის პრეციპიტაციისთვის სინჯის შემცველი სინჯარები ინახება მაცივარში - 20 °C ტემპერატურაზე ერთი ღამის (12-15 სთ-ის) განმავლობაში.

დღე 2

დნმ-ის გასუფთავება

- o ცილოვანი მასის დასაღეჭად სინჯარები ცენტრიფუგირდება 4 °C ტემპერატურაზე 5 წთ-ის განმავლობაში (1200 ბრ/წთ).
- o სინჯარებიდან ვაცილებთ თხევად ნალექზედა სითხეს (სუპერნატანტს) ისე, რომ ცილოვანი ნალექი არ გაყვეს. სინჯარებში ნარჩენ სუპერნატანტს ვაშრობთ სპეციალური ცენტრიფუგით (blotting rim). გაშრობის შემდეგ სინჯარების ფსკერზე ან გვერდზე უნდა ჩანდეს ცილის გრანულისებრი ნალექი.
- o სინჯარებში ნალექის გასარეცხად შეგვავს 200 µl TE (Tris EDTA) ბუფერი და ხელით ფრთხილად ვანჯღრევთ ნალექის გახსნამდე.
- o სინჯარებში ვამატებთ 1/10 მოცულობითი წილის 2.5M ნატრიუმის აცეტატის ხსნარს (pH 5.2) და ცივ, 100%-იან ეთანოლს (10 µl ნატრიუმის აცეტატი და 200 µl ეთანოლი თითო სინჯარაში).
- o კვლავ ხდება დნმ-ის გახსნა ერთი ღამის განმავლობაში. სინჯის სინჯარები ინახება მაცივარში -20 °C ტემპერატურაზე.

დღე 3

- o სინჯარების შიგთავსი გადაგვაქვს ახალ, ფილტრიან სინჯარებში, რომელიც ნუმერაციით ემთხვევა წინამორბედ სინჯარებს.
- o სინჯის სინჯარები ცენტრიფუგირდება 4 °C ტემპერატურაზე 5 წთ-ის განმავლობაში (1200 ბრ/წთ).

დნმ-ის სინჯის საბოლოო გარეცხვა და გრძელვადიანი შენახვისთვის გამზადება:

- o სინჯარებში ფილტრიდან ნალექს ფრთხილად ვრეცხავთ 500 µl 70%-იანი ეთანოლით. ეთანოლი პიპეტით სინჯარის მემბრანის ცენტრში უნდა მოვახვედროთ.

- o სინჯარები ცენტრიფუგირდება 4 °C ტემპერატურაზე 5 წთ-ის განმავლობაში (1200 ბრ/წთ).
- o ვაცილებთ ეთანოლს სინჯარებიდან და მის ნარჩენს ვაშრობთ ვაკუუმიან ცენტრიფუგაში.
- o სინჯარებში შეგვაქვს 65 °C ტემპერატურაზე გამთბარი 30-100 µl TE ბუფერი. სინჯარებს 65 °C ტემპერატურის წყლის აბაზანაზე ვაჩერებთ 45 წთ-ის განმავლობაში.
- o სინჯის შემცველი სინჯარები ცენტრიფუგირდება 4 °C ტემპერატურაზე 5 წთ-ის განმავლობაში (1200 ბრ/წთ).
- o სინჯები ახალ 1.5 მილილიტრიან ეპენდორფის სინჯარებში გადაგვაქვს. ამ ჯერზე სინჯარებს უკეთდება წებოვანი ეტიკეტი, რომელზეც წინამორბედ სინჯარების იდენტური ლაბორატორიული კოდები იწერება თარიღთან ერთად.
- o ექსტრაგირებული დნმ-ის ხარისხს ვამოწმებთ გელ-ელექტროფორეზის საშუალებით. მაღალი ხარისხის სინჯები, რომლებიც უმინარევო დნმ-ს შეიცავენ ინახება -80 °C ტემპერატურაზე მაცივარში.

4.2.5. ექსტრაგირებული დნმ-ის გელ-ელექტროფორეზი

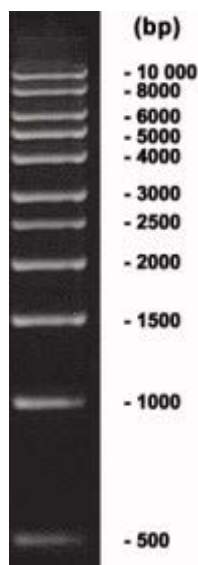
საკვლევი დნმ-ის სინჯების გელ-ელექტროფორეზისთვის მზადდებოდა 0.9%-იანი აგაროზას გელი. ამისთვის 1.98 გრამი აგაროზას გელის ფქვილი (ბრენდი 'Agarose NEEQ ultra-quality') იხსნებოდა 250 მილილიტრ TAE (ტრის-აცეტატ-EDTA) ბუფერში. ნარევის ადუღება მიკროტალღურ ღუმელში ეტაპობრივად ხდებოდა 100°C ტემპერატურაზე, რომ აგაროზა სრულად გახსნილიყო. 50-60 °C-მდე შეგრილების შემდეგ ხსნარი იხსმებოდა გელის ფირფიტაზე, სადაც ჩამაგრებული იყო დანაყოფების ამომტვიფრავი ძგიდე და ჩერდებოდა გაცივებამდე.

ელექტროფორეზის ეტაპისთვის გამიზნული ნაზავი (Master mix) თითო სინჯისთვის მზადდებოდა შემდეგი თანაფარდობით: 4 µl მოცულობა ჩამტვირთველი

ბუფერი (Loading Dye)/1 μ ლ მოცულობა ფლუორესცენტული ბუფერი (Cyber Green™ dye)/1 μ ლ მოცულობა საანალიზო დნმ-ის სინჯი.

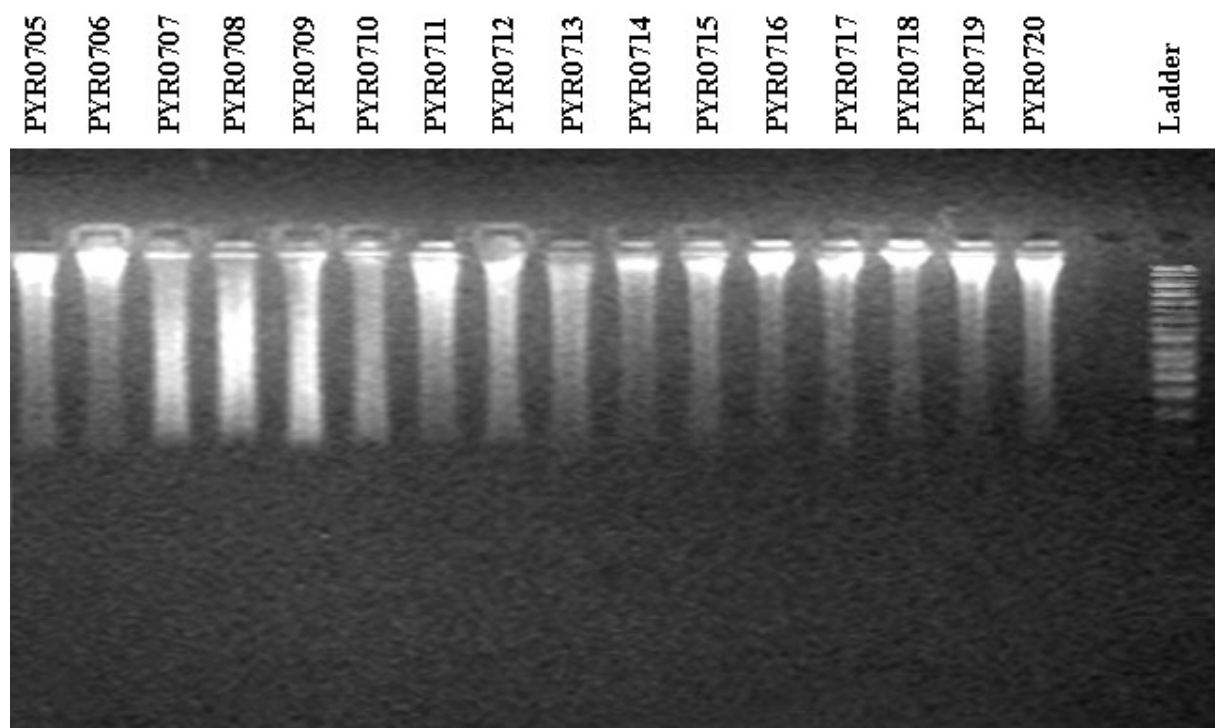
გელი თავსდება ელექტროფორეზის აპარატში, სადაც TAE-ბუფერიც იყო მოთავსებული. გელში პიპეტით ხდება ელექტროფორეზისთვის მომზადებული 6 μ ლ სინჯების და ფრაგმენტების ზომის ინდიკატორი რეაქტივის (Ladder) ჩატვირთვა, რომელიც გელის ვიზუალიზაციის ანუ გამჟღავნების დროს საფეხურობრივ სტრუქტურას იღებს. ელექტროფორეზის პროცესი მიმდინარეობდა 100 ვოლტზე 1 სთ-ის და 30 წთ-ის განმავლობაში.

გელის გამოსახულების გადაღება და დოკუმენტირება ხდება ხელსაწყოთი - 'Gel Doc™ 2000, Gel Documentation Systems'. გელზე გამომჟღავნებული მოლეკულების ფრაგმენტების ზომის დადგენა ხდება საფეხურობრივი წყობის მქონე ინდიკატორით (სქემა 5)



სქემა 5. მოლეკულების ფრაგმენტების ზომის ინდიკატორი (Ladder) და მისი დანაყოფების შესაბამისი ზომები მოცემული ბაზალურ წყვილებში (bp)

ექსტრაგირებული დნმ-ის სინჯების გამომჟღავნებით აღმოჩნდა, რომ მოლეკულები ზომის გამო გელზე ზედა (10000 bp) ინდიკატორის დანაყოფის გასწვრივ ლაგდებოდნენ. სინჯში სხვა ცილოვანი ან ნახშირწყალბადოვანი მინარევის არსებობის შემთხვევაში ინდიკატორის სხვა, უფრო დაბალი ერთეულის გასწვრივაც ჩნდებოდა ლაქა. დნმ-ის დენატურაციის შემთხვევაში, რაც ასევე არასასურველი შედეგია, ლაქა გელზე სინჯის შესაბამისი დანაყოფის მთელ სიგრძეზე წარმოიქმნებოდა (სურ. 4).



სურათი 4. გელზე გამომჟღავნებული დნმ-ის ფრაგმენტების მაგალითი. როგორც სურათიდან ჩანს, სინჯებში: PYR 707, 708, 710, და 713 დნმ-ი დენატურირებულია, ხოლო სინჯში PYR709 დნმ-ის გარდა სხვა ცილოვანი მინარევებიც არის მაღალი კონცენტრაციით.

სინჯები, რომლებზეც ელექტროფორეზის მონაცემებმა არასასურველი შედეგი უჩვენა, გადიოდნენ ხელახალი გასუფთავების ეტაპს.

სინჯების ხელახალი გასუფთავების ეტაპი:

- o რნაზა (RNase) პროპორციით 0.1მგ RNase - 0.19მგ TE ბუფერში თითო სინჯარისთვის, 2 μ l რაოდენობით შეგვაქვს სინჯის სინჯარებში. სინჯარები კონტეინერით თავსდება 37 °C-ზე გამთბარ წყლის აბაზანაში 30 წთ-ის განმავლობაში.
- o თითოეულ სინჯარაში შეგვაქვს 50 μ l ამონიუმის აცეტატი და 300 μ l (100 μ l სინჯის მოცულობისთვის).
- o დნმ-ის გახსნისთვის სინჯის სინჯარები ინახება მაცივარში -20 °C ტემპერატურაზე ერთი ღამის განმავლობაში.
- o სინჯის სინჯარები ცენტრიფუგირდება 4 °C ტემპერატურაზე 5 წთ-ის განმავლობაში (1200 ბრ/წთ).
- o ხდება ნალექზედა სითხის მოშორება სინჯის შემცველი სინჯარებიდან. სუპერნატანტის ნარჩენის ამოშრობა სინჯარებიდან ხდება ვაკუუმთან ცენტრიფუგაში.
- o სინჯს ემატება 100 μ l TE ბუფერის ხსნარი.
- o გასუფთავებული დნმ-ის ხარისხს ვამოწმებთ გელ-ელექტროფორეზის საშუალებით. თუ ხარისხის შემოწმებისას ისევ დადგინდა, რომ სინჯი არ გასუფთავდა სათანადოდ ან დნმ-ი არ არის სინჯში, მაშინ ასეთი სინჯის ამოღება უნდა მოხდეს კვლევითი ექსპერიმენტიდან.
- o გასუფთავებული სინჯები სხვა სინჯებთან ერთად ინახება -80 °C ტემპერატურაზე მაცივარში.

4.2.6. პოლიმერაზას ჯაჭვური რეაქცია და გამოყენებული მიკროსატელიტური მარკერები

გენეტიკურ ანალიზში გამოყენებული იქნა 11 მიკროსატელიტური მარკერი: GD12, GD96, GD142, GD147, CH01D08, CH01D09, CH01F07A, CH02B10, CH02D12, CH01h01, NH015a. მარკერები შეირჩა ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით

(Liebhard et al., 2002; Hemmat et al., 2003; Bao et al., 2007) და კვლევის ამერიკელი თანამონაწილეს გ. ვოლკის Volk et al. (2006) გამოქვეყნებული კვლევის საფუძველზე (ცხრ. 7), რომელიც ჩვენს მიერ დაგეგმილი მოლეკულური კვლევის წინამორბედი იყო.

ცხრილი 7. მსხლის ტაქსონების გენეტიკურ ანალიზში გამოყენებული ლოკუსების მახასიათებლები: ლოკუსის დასახელება; დნმ-ის პრაიმერის (F მარჯვნივ მიმართული, R მარცხნივ მიმართული) სექვენსები განმეორებადი მოტივებით; ალელების ზომის დიაპაზონი გამოსახული ბაზალურ წყვილებში (bp); გენეტიკურ რუკაზე, ანუ ქრომოსომულ ჯგუფში ადგილმდებარეობის მონაცემი და ლიტერატურული წყარო.

ლოკუსი	F პრაიმერი	R პრაიმერი	ალელების ზომა	ქრომოსომული ჯგუფი	წყარო
GD12	TTG AGG TGT TTC TCC CAT TGG A	CTA ACG AAG CCG CCA TTT CTT T	136-170	10	Hemmat et al., 2003
GD96	CGG CGG AAA GCA ATC ACC T	GCC AGC CCT CTA TGG TTC CAG A	141-175	1	Hemmat et al., 2003
GD142	GGC ACC CAA GCC CCT AA	GGA ACC TAC GAC AGCAAA GTT ACA	132-188	3	Hemmat et al., 2003
GD147	TCC CGC CAT TTC TCT GC	AAA CCG CTG CTG CTG AAC	122-148	4	Hemmat et al., 2003
CH01d08	CTC CGC CGC TAT AAC ACT TC	TAC TCT GGA GGG TAT GTC AAA G	226-300	15	Liebhard et al., 2002
CH01d09	GCC ATC TGA ACA GAA TGT GC	CCC TTC ATT CAC ATT TCC AG	118-175	12	Liebhard et al., 2002
CH01f07a	CCC TAC ACA GTT TCT CAA CCC	CGT TTT TGG AGC GTA GGA AC	176-226	10	Hemmat et al., 2003
CH02b10	CAA GGA AAT CAT CAA AGA TTC AAG	CAA GTG GCT TCG GAT AGT TG	113-159 bp (18)	2	Liebhard et al., 2002
CH02d12	AAC CAG ATT TGC TTG CCA TC	GCT GGT GGT AAA CGT GGT G	213-255	11	Hemmat et al., 2003
CH01h01	GAA AGA CTT GCA GTG GGA GC	GGA GTG GGT TTG AGA AGG TT	97-123	17	Liebhard et al., 2002
NH015a	TTG TGC CCT TTT TCC TAC C	CTTT GAT GTT ACC CCT TGC TG	95-127	17	Bao et al., 2007

ამპლიფიკაციისთვის გამოყენებული იქნა NGCPR-ს ლაბორატორიის მიერ მოდიფიცირებული მეთოდი. პოლიმერაზას ჯაჭვური რეაქცია ჩატარდა 1.5 μ ლ მთლიანი მოცულობით. თითოეული რეაქციისთვის 10-50 ნანოგრამი მსხლის ტაქსონების დნმ-ის სინჯი და 0.3 დან 0.7-მდე μ ლ მოცულობის პრაიმერები იქნენ კომბინირებული 1.5 ერთეულ ტაგ-პოლიმერაზასთან. რეაქციისთვის გამოყენებული იქნა 1X ბუფერი (Promega buffer) [-HCl - 10 mM, KCL - 45 mM და 0.1% იანი Triton X-100; MgCl₂ - 25mM და 20 mM dNTP] (Volk et al., 2006) ცხრილში პირობითად

მოცემულია ერთ-ერთ პრაიმერზე მისადაგებული მოდელი (ცხრ. 8). იგი ასახავს პოლიმერაზას ჯაჭვური რეაქციისთვის საჭირო რეაგენტების მონაცემებს და რაოდენობებს.

ცხრილი 8. NGCPR-ს კოლორადოს ლაბორატორიის მიერ შემუშავებული პოლიმერაზას ჯაჭვური რეაქციის ლაბორატორიული მეთოდი.

პრაიმერი: GD12	F - TTG AGG TGT TTC TCC CAT TGG A
	R- CTA ACG AAG CCG CCA TTT CTT T
ქრომოსომული ჯგუფი	10
‘პი-სი-არ’ -ის ნარევი (Master mix)	მთლიანი მოცულობა 0.65 ml
1X ბუფერი (Promega buffer)	200 µl
HCl 10 mM	110 µl
KCL 45 mM	45 µl
MgCl ₂ 25mM	5 µl
dTTP 20mM	10 µl
dATP 20mM	10 µl
dCTP 20mM	10 µl
dGTP 20mM	10 µl
dd H ₂ O	250 µl
პოლიმერაზას ჯაჭვური რეაქცია	
რეაქციის ტიპი (ზომის მიხ.)	15 µl რეაქცია
მსხლის ტაქსონის გენომური დნმ-ი	0.6 µl
‘პი-სი-არ’ -ის ნარევი	6.5 µl
მარცხნივ მიმართული პრაიმერი 10 µM	0.3 µl
მარჯვნივ მიმართული პრაიმერი 10 µM	0.3 µl
ტაქ პოლიმერაზა	0.3 µl
dd H ₂ O	დანარჩენი 15 µl - მდე

ამპლიფიკაცია განხორციელდა თერმოციკლერის მოდელ ‘TPC 200’-ით. პოლიმერაზას ჯაჭვური რეაქციისთვის თერმოციკლერი პროგრამირებული იყო შემდეგნაირად:

- საწყისი ციკლი - 2წთ/95 °C.
- მომდევნო 30 ციკლი - 30წმ/95 °C.
- განულების ტემპერატურები მოყვანილი წყაროების მიხედვით (ცხრ. 7) პრაიმერ სპეციფიურია და ჩატარებული ამპლიფიკაციების დროს სხვადასხვა პრაიმერებისთვის 50 დან 60 °C-მდე მერყეობდა.

- 1 ციკლი - 15წმ /75 °C.
- ამპლიფიკაციის დასასრული საფეხური - 2წთ/75 °C.

4.2.7. PCR - პროდუქტების გელ-ელექტროფორეზი და სექვენირება

გამზადებული პოლიმერაზას ჯაჭვური რეაქციის პროდუქტები 1:1-ზე გაზავდა ელექტროფორეზისთვის მომზადებული ნაზავით, რომელიც შეიცავდა 95%-იან ფორმალდეჰიდს, 50 mM EDTA-ს და ბრომალდეჰიდის ლურჯი ჩამტვირთავი ბუფერს (Brom aldehyd Blue Loading Dye). მომზადებული სინჯები დენატურირდა 95 °C-ზე 3 წთ-ის განმავლობაში.

ელექტროფორეზისთვის გამოყენებული იქნა 6.5%-იანი აკრილამიდის გელი (LI-COR KB PLUS ბრენდის აკრილამიდით მომზადებული) და 1X TBE ბუფერი (89 ტრის, 89 ბორის მჟავა, 20 EDTA). გელ-ელექტროფორეზი მოიცავდა 1სთ-ს და 45წთ-ს და ხორციელდებოდა 1500 ვოლტ, 40 ვატ და 40ამპერი ძალის ელექტრობის გამოყენებით. სექვენირება განხორციელდა სექვენსერით 'LI-COR 4200'-ით 45 °C ტემპერატურაზე. ციფრული გამოსახულებები სექვენსერიდან პორტირდა პროგრამაში 'LI-COR Saga generation 2' და ამ პროგრამითვე დამუშავდა. ყოველი რეპლიცირებული სინჯის ალელები შემოწმდა თითოეულ ლოკუსში. ლოკუსებისთვის, რომელთა განმეორებების ალელებიც არ იყო იდენტური, კეთდებოდა აღნიშვნა „დაკარგული მონაცემი“ (Missing data) მომდევნო ანალიზებისთვის. ალელთა ზომების კალიბრაცია მოხდა NCGRP-ს მონაცემთა ბაზებში არსებული მსხლის და ვაშლის ტაქსონების ნიმუშების მონაცემებთან შედარებით (PI 590184; PI 588853; FI 588850)

4.2.8. გამოქვეყნებული გენეტიკური მონაცემები

სადოქტორო ნაშრომში შეტანილი იქნა გენეტიკური კვლევის მონაცემებიც, რომლებიც ჯერ-ჯერობით არ არის გამოქვეყნებული. ასეთი მონაცემების

გამოყენებით განხორციელდა ორი ტიპის ანალიტიკური ექსპერიმენტი, რომელთა საერთო მიზანსაც წარმოადგენს მსხლის ველურ ნათესავებს და ჯიშებს შორის გენთა მიმოცვლის პროცესის არსებობის დადგენა და ტაქსონებს შორის ნათესაური კავშირების დაზუსტება.

1) საანალიზო მონაცემთა ბაზაში დამატებით ჩართული იქნა აზიური მსხლის ჯიშების ორი პროგენიტორი სახეობის - ზამთრის მსხლის (*P. nivalis* Jacq.) და ქვიშის მსხლის (*P. pyrifolia* (Brum.) Nakai.) მიკროსატელიტური მონაცემები NCGRP-ს მონაცემთა ბაზებიდან. *P. nivalis*-ის და *P. pyrifolia*-ს გენეტიკური მონაცემები სხვა მონაცემთა მსგავსად NCGR-ს მონაცემთა ბაზებიდან იქნა მოპოვებული. *P. nivalis*-ი კ. ბროვიჩის (Brovitz, 1983) მიხედვით ევროპულ კულტურულ მსხლებსაც ენათესავება მორფოლოგიურად და ჩართულია ჰიბრიდიზაციის პროცესში, რომელიც მსხლის გვარის სექცია *Pyrus* (Fed.) Browicz. ფართოდ გავრცელებული მოვლენაა. *P. pyrifolia* კი აღმოსავლეთ აზიური სახეობაა (Tuz, 1974). იგი სისტემატიკურად მსხლის გვარის განცალკევებულ სექცია *Pashia* (Koehne)-შია განთავსებული და აღმოსავლეთ აზიური მსხლის ჯიშების უახლოვეს ნათესავ სახეობად ითვლება. კვლევაში გამოყენებულ საერთო მონაცემთა ბაზას, რომელიც 216 ინდივიდის მონაცემებს მოიცავდა, დაემატა *P. nivalis*-ის 18 ინდივიდის მონაცემები, რომელთა ნიმუშებიც მოპოვებული იყო თურქეთის, ბულგარეთის და ირანის ტერიტორიებზე და *P. pyrifolia*-ს 20 ინდივიდის მონაცემები, რომელთა შეგროვების ადგილებად NPGS-ს ბაზაში მითითებული: იყო ჩინეთი, ბჰუტანი და ნეპალი.

მონაცემები, ჯგუფური ცვლადების სახით გაანალიზდა ჰიბრიდიზაციის არსებობის გენეტიკური ბაზისის გასარკვევად და ურთიერთგამმიჯნავი საზღვრების დასადგენად კულტურულ მსხლებს და ასევე მათ ველურ ნათესავებს შორის.

მონაცემთა ანალიზის და ვიზუალიზაციისთვის გამოყენებული იქნა პროგრამა STRUCTURE v. 2.3.4 (Pritchard, et al. 2000). კულტურულ და ველურ მსხლებს შორის გენეტიკური მრავალფეროვნების და არსებული სხვაობების განსაზღვრისათვის განხორციელდა ბაიეზიანური კლასტერული ანალიზი, რომელიც 11

მიკროსატელიტური მარკერით ჩატარებული კვლევის მონაცემს ეფუძნებოდა. პოპულაციების რაოდენობის პარამეტრის (k) განსაზღვრა მისი რანგის სიმულაციით მოხდა. თითოეული k -ს მნიშვნელობისთვის განისაზღვრა აბსოლუტური, იგივე აპოსტერიორული ალბათობები. აბსოლუტური ალბათობები გამოითვალა MCMC (Markov-Chain, Monte Carlo) მეთოდის გამოყენებით. ჩაწერის ('burn-in') ციკლი 50000-ჯერ განმეორდა თითოეული ჯაჭვის სიმულაციის დროს. k -ს თითოეული მნიშვნელობისათვის 20-ჯერ მოხდა MCMC ჯაჭვის სიმულაცია. პოპულაციების რაოდენობის მაქსიმალურ ზღვრად, რომელზე უფრო მეტიც გასაანალიზებელ მონაცემებში მაღალი ალბათობით არ გამოვლინდებოდა, მიჩნეული იქნა 20 პოპულაცია. კლასტერული ანალიზის შემდეგ k -ს ალბათობის მონაცემთა წყება ($\ln \text{Pr}[X/K]$), რომელიც სიმულაციის შემაჯამებელ ნუსხაში იქნა ნანახი, გამოყენებული იქნა k -ს ყველაზე შესაძლო მნიშვნელობის გამოთვლისთვის. გამოთვლა განხორციელდა ბაიეზიანური კანონის ფორმულით:

$$\text{Pr}(k) = \frac{e^{Ki}}{\sum e^{Ki}}$$

სადაც: e არის ექსპონენტი, ხოლო K არის i -ური პოპულაციის ალბათობა.

სიმულაციის შემაჯამებელი ნუსხიდან ამოღებული k -ს მნიშვნელობების გამოთვლის გასამარტივებლად ეს მნიშვნელობები გაიყო 100-ზე, რადგან ნუსხაში მოცემული k -ს ორიგინალური რიცხვითი გამოსახულებები ძალზე დიდი იყო იმისთვის, რომ რომელიმე სტატისტიკური პროგრამით მომხდარიყო მათი ანალიზი.

პროგრამის მიერ მოდელირებული დენდროგრამებზე განშტოებებს შორის დისტანცია გამოითვალა მეზობელ-შემაკავშირებელი ალგორითმის მისადაგებით ალელებს შორის არსებულ სიხშირეთა სხვაობების მატრიცისთვის (Saitou & Nei, 1987; Felsenstein, 2005).

პროგრამა STRUCTURE და ბაიეზიანურ წესზე დაფუძნებული გენეტიკური სტრუქტურის ანალიზის მეთოდი განკუთვნილია პოპულაციების გენოფონდის შედარებითი ანალიზისთვის. ეს მეთოდი ფართოდ გამოიყენება ადამიანთა და ცხოველთა პოპულაციურ გენეტიკაში, თუმცა თანამედროვე პერიოდში იგი პოპულარული გახდა მცენერეთა ბიოლოგიაშიც. არსებობს სხვადასხვა თემატიკის კვლევები მცენარეთა გენეტიკის მიმართულებით, სადაც გენეტიკური სტრუქტურის ანალიზის მეთოდი წარმატებით არის გამოყენებული სხვადასხვა მცენარის პოპულაციებს შორის სხვაობის გამოსავლენად ან ჰიბრიდიზაციის პროცესის შესასწავლად (Ovando-Medina et al., 2011; Schanzer et al., 2012; Vergara et al., 2014; Ahmad et al., 2015; Welt et al., 2015). მეთოდი ძირითდად ორიენტირებულია შიდასახეობრივი ტაქსონური ჯგუფების ანალიზზე, ანუ ერთმანეთს ჯგუფურ ცვლადებს ადარებს და ეფუძნება ასეთ ჯგუფებში გაერთიანებული ინდივიდების მიკროსატელიტური მარკერული დნმ-ის მონაცემებს. მიუხედავად პროგრამა STRUCTURE-ს პოპულარობის და მის ახალ ვერსიებში ამ პროგრამის შესაძლებლობის კიდევ უფრო დახვეწისა, პროგრამის შემქმნელები იუწყებიან (Pritchard, et al. 2000), რომ სტრუქტურულად რთული სექვენსების ანალიზის შემთხვევაში, პოპულაციების ან უფრო მსხვილი ტაქსონური ჯგუფების მაღალი რიცხვის ალბათობის დროს პროგრამამ შესაძლოა ხარვეზულად წარმოადგინოს ფერები სქემებზე და მათში ხელოვნურად გამოსახოს ისეთი ახალი ფერი, ანუ ჯგუფი, რომელიც სინამდვილეში არ არსებობს. ხარვეზის მიზეზად სახელდება პროგრამის ალგორითმის მოქმედების წესი. ალგორითმი რიცხვით მონაცემებს, რომლითაც მოცემულია მიკროსატელიტური მარკერული დნმ-ის სექვენსის მახასიათებლები, კერძოდ მისი სამიზნე ლოკუსში ცვალებადობის ფარგლები და გამოყენებული მარკერის სიგრძის გამოვლენილი ცვალებადობა, გადაყავს ფერებში. k -ს მაღალ ალბათობებზე პროგრამა მიკროსატელიტური მარკერის მცირე ცვალებადობასაც მაღალ მნიშვნელობას ანიჭებს, ანუ რაც უფრო მეტად იზრდება k -ს რიცხვი, პროგრამა STRUCTURE ცდილობს მეტი ფერით გამოსახოს თითოეული ინდივიდის გენეტიკური

მრავალფეროვნება და საბოლოოდ დომინანტური ფერების ფრაგმენტაციასაც ახდენს. ამიტომ, რეალისტური შედეგის მიღებისთვის რეკომენდირებულია მეტ-ნაკლებად მსგავსი გენოფონდის ტაქსონების შედარება. ამავე წყაროს, ანუ პროგრამის სახელმძღვანელოს მიხედვით ასეთ ხარვეზთან გამკლავების წესად მითითებულია დაკვირვება, თუ რამდენად დომინანტურია ეს ფერი ერთ-ერთ ცალკეულ ტაქსონში k -ს დაბალ მნიშვნელობაზე, ან სხვა პროგრამის გამოყენება, რომლითაც k -ს ყველა მნიშვნელობის საშუალო მნიშვნელობაზე დაყვანა ხდება.

კვლევის ფარგლებში ეს მეთოდი გამოყენებული იქნა მსხლის ველური და კულტურული ტაქსონების შედარებისთვის, რომელთა ვალიდაციაც მორფოლოგიური ნიშნების საფუძველზე მოხდა საქართველოს მეხილეობის და ფლორის მონაცემებზე დაყრდნობით (ხომიზურაშვილი და ერისთავი, 1931, 1941; ქუთათელაძე, 1947, 1980; ხომიზურაშვილი, 1973). მიზეზი, რის გამოც მსხლის ზოგიერთი ადგილობრივი სახეობების, მაგალითად წითელი ნუსხის სახეობების: *P. ketzkhoveli*-ს; *P. demetrii*-ს, *P. georgica*-ს, *P. oxyprion*-ის და *P. sachokiana*-ს ჩართვა ვერ მოხერხდა გენეტიკური სტრუქტურის ანალიზში, იყო შეგროვილი მონაცემების არასაკმარისი რაოდენობა ამ სახეობების ტაქსონების, იგივე ჯგუფური ცვლადების ფორმირებისთვის. ეს პრობლემა მხოლოდ წითელი ნუსხის სახეობების შემთხვევაში გაჩნდა, რადგან ველზე მათი ინდივიდების რაოდენობა, საიდანაც ერთდროულად მორფოლოგიური და გენეტიკური ანალიზისთვის სინჯის შეგროვება იყო შესაძლებელი, ძალზე ცოტა იყო. ამასთან, ამ ჩამოთვლილი სახეობების უმეტესობის ერთეული ინდივიდები ძალზე დიდი ტერიტორიული ინტერვალით იყვნენ დაშორებული ერთმანეთთან, ხოლო *P. ketzkhoveli*-ს შემთხვევაში საქართველოს მასშტაბით მისი მხოლოდ 6 ზრდასრული ინდივიდი იქნა აღმოჩენილი და არსებობს გამართლებული ეჭვი, რომ ამ სახეობის რიცხოვნობა საქართველოში ჯამურად 20 ინდივიდს არ აჭარბებს. მოცემული მეთოდით ჩატარებულ ანალიზში გამოყენებული იქნა მხოლოდ ისეთი ტაქსონური ჯგუფები, რომლებიც 18-20 ან მეტ ინდივიდს

მოიცავდნენ, რადგან რაც უფრო მცირერიცხოვანია ტაქსონური ჯგუფი, მით უფრო არასრულფასოვანია მის გენეტიკურ სტრუქტურაზე გაკეთებული დასკვნა.

2) გენეტიკური ანალიზისთვის საქართველოში შეგროვილი 215 ნიმუში დამუშავდა ლაბორატორიულად. საპუბლიკაციო (Asanidze et al., 2014) მასალად კი მხოლოდ 150 ნიმუში იქნა გამოყენებული, რომელთა გენოფონდის დახასიათებაც 11 ლოკუსით განხორციელდა. სრული რაოდენობის, ანუ 215 ნიმუშის გენოფონდის დახასიათება 7 ძირითადი მიკროსატელიტური მარკერით მოხდა, რომლებიც შეესაბამებიან ლოკუსებს: GD12, GD96, GD142, CH01D08, CH01D09, CH01F07A და CH02D12. ლოკუსებზე არსებული წყაროების მიხედვით (Liebhard et al., 2002; Hemmat et. al., 2003; Bai et al., 2007) ეს ლოკუსები წარმოადგენენ საბაზისო, ნაკლებად ცვალებად გენთა ლოკუსებს. სხვა ლოკუსები: GD147, CH02b10, CH01b01, NH01a, რომელთა ამოღებაც მოხდა მოცემული ანალიზიდან, განეკუთვნებიან შედარებით სწრაფად ცვალებად გენთა ლოკუსებს, რომლებიც ინდივიდუალურია მხოლოდ კონკრეტული სახეობისთვის ან სახეობათა ჯგუფისთვის. უმეტეს წილად ეს ლოკუსები განეკუთვნება რაოდენობრივ ნიშნების და მცენარის იმუნიტეტის განმსაზღვრელი გენებს (Quantitative Trait Loci ანუ QTL-ები), რომელთა აქტივაცია ან ცვლილებაც ზოგ შემთხვევაში გარემო პირობების ზემოქმედებით ხდება (Cavanagh et. al., 2008). მოცემული ანალიზის შემთხვევაში მონაცემთა ასეთი ფილტრაციის მიზანს წარმოადგენს მსხლის ველური ნათესავების და ჯიშების შედარებით მყარი, ტაქსონომიურად მნიშვნელოვანი კავშირების მიხედვით შეფასება და მათ შორის არსებული ნათესაური კავშირების დაზუსტება.

მსხლის ველური და კულტურული ჯიშების 215 ინდივიდის 7 მარკერით განსაზღვრული გენეტიკური მონაცემები გამოყენებული იქნა კლასტერული ანალიზისთვის, რომლითაც აისახა კავშირი საქართველოს ტერიტორიაზე ნიმუშებად აღებული 13 ველური მსხლის ტაქსონს (*P. caucasica*, *P. balansae*, *P. demetrii*, *P. salicifolia*, *P. salicifolia* var. *angustifolia*, *P. ketzkhovelii*, *P. georgica*, *P. sachokiana*, *P. takhtadzhianii*, *P. oxyprion*, *P. fedorovii*, *P. syriaca*, Morpha Doubleflowered); NCGR-ს

მონაცემთა ბაზებში მოპოვებულ კულტურული მსხლების 3 ველური ნათესავი [*P. pyraeaster*, *P. nivalis*, *P. pyrifolia*] და საქართველოში ნიმუშებად აღებული მსხლის შემოტანილ (N=12) და ადგილობრივ (N=24) ჯიშებთან ('Bartlett', 'Beurré Bosque', 'Beurré d' Hardanpont', 'Beurré d'Anjou', 'Duchesse d'Angouleme', 'Fondante des Bois', 'Gorham pear', 'Kieffer pear', 'Mikado' ('Sand pear'), 'Saint Germain', 'Winter Dechantsbirne', 'Winter Nelis', 'ზეზანი', 'ბორბალა', 'გულაბი', 'თავრეჯული', 'თაფლა მსხალი', 'თულუხა', 'კაცისთავა', 'კახური გულაბი', 'კვიჭიჭა', 'მაჟარა', 'მაქრე', 'ნანაზირი', 'ნენეს მსხალი', 'პანტა მსხალი', 'საელიობო', 'სამარიობო', 'სასელო', 'ქორდა', 'ყაბაყ არმუდი' 'შავმსხალა', 'წვრილმსხალა', 'წითელგვერდა' ('გვერდწითელა'), 'ხეჭეჭური', 'ზინოს მსხალი'). საანალიზოდ შერჩეული იქნა ველური მსხლების იმ ინდივიდების გენეტიკური მონაცემები, რომლებიც მორფოლოგიური მახასიათებლებით ძალზე ახლოს იდგნენ ეტალონურ ნიმუშთან, ანუ ჰოლოტიპთან, რომლიდანაც მოხდა სახეობის აწერა ან შიდასახეობრივი ტაქსონის განსაზღვრა. თითოეული ჯგუფი შეიქმნა 10-10 ინდივიდით ველური მსხლების შემთხვევაში და 5-5 ინდივიდით - კულტურული მსხლების შემთხვევაში. კულტურული მსხლების იდენტიფიკაციის დროს ვიხელმძღვანელებთ როგორც საქართველოს მეხილეობის მონაცემებით, ასევე ზოგიერთი დამატებითი ლიტერატურული წყაროთი (Смирнов 1966; Лихонос и другие., 1983), რომლითაც გადამოწმდა ჯიშთა ნომენკლატურის აუთენტურობა.

დენდროგრამა კვლავ პროგრამული პაკეტის 'DARwin' მეშვეობით აიგო. მეზობელ-შემაკავშირებელი მეთოდით დენდროგრამის შექმნისთვის ამალგამაციის წესად გამოყენებული იქნა D_A დისტანციის გაზომვის მეთოდი (Nei et al., 1983), რომელიც ემყარება საკვლევი ჯგუფების ლოკუსებში ალელების განაწილების სიხშირის და ალელების რაოდენობის ურთიერთკავშირს.

4.3. ნაპრალების ანალიზი (გეო-ანალიზი)

4. 3. 1. ნაპრალების ანალიზის მეთოდი

ნაპრალების ანალიზის მეთოდი შერჩეული იქნა კავკასიური პანტის (*P. caucasica*) საკონსერვაციო პრიორიტეტულობის განსაზღვრისთვის. იგი არ განეკუთვნება საქართველოს ან კავკასიის წითელი ნუსხის სახეობებს, თუმცა განხორციელებული მორფო-გენეტიკური კვლევებით საქართველოს ტერიტორიაზე მსხლის სხვა მეზოფილური სახეობის - ბალანზეს პანტის (*P. balansae*) გავრცელების დადასტურებამ წარმოშვა საფუძვლიანი ვარაუდი, რომ *P. caucasica* საქართველოში მხოლოდ დიდი კავკასიონის ცენტრალურ და აღმოსავლეთ ნაწილზეა გავრცელებული. მოცემული კვლევის ამოცანას წარმოადგენს *P. caucasica*-ს და *P. balansae*-ს არელების გამიჯვნა საქართველოს ტერიტორიაზე, რის საფუძველზეც შესაძლებელი გახდება *P. caucasica*-ს გავრცელების საზღვრების დადგენა და შესაბამისად, ამ სახეობის მოწყვლადობის სტატუსის შეფასება. იმ გარემოების გარდა, რომ საქართველოში პანტის ორი სახეობაა გავრცელებული, გასათვალისწინებელია ის ფაქტიც, რომ საქართველოში ცოტაა ისეთი ადგილი სადაც ველური მსხლების გავრცელების არეალში არ იჭრება სამეურნეო ზონა სოფლების, ნასოფლარების, სათიბ-სადოვრების, და ბაღების სახით. ანთროპოგენური ფაქტორების გარდა მსხლის ჯიშების თესლი გავრცელებას გარეული ცხოველებიც უწყობენ ხელს, რომელიც ბუნებრივ ჰაბიტატში მოხვედრის შემდეგ მოცემული ჯიშის გენოფონდის მქონე თესლნერგად აღმოცენდება. აღნიშნული ფაქტორები ზრდიან პანტის სახეობების შეწუხების ხარისხს ბუნებაში და მათ შეჯვარების ალბათობას მსხლის კულტურულ და გაველურებულ ფორმებთან, რაც მათ შორის მორფოლოგიური და გენეტიკური საზღვრის გაქრობის საფრთხეს ქმნის. პანტებისთვის მისადაგებული მსხლის ველური ნათესავის სტატუსი მიუთითებს მათ ეკონომიკურ მნიშვნელობაზეც და ქმნის ადამიანის მიერ მათი პოპულაციის შემცირების ალბათობას. ჩამოთვლილი მიზეზების გამო მნიშვნელოვანი ხდება პანტების საკონსერვაციო ღირებულების განსაზღვრა, თუმცა მოცემული კვლევა მიზნად ისახავს მოწყვლადობის სტატუსის რევიზიას მხოლოდ ერთი სახეობის პანტისთვის (*P. caucasica*), რადგან ბალანზეს

პანტის ტაქსონომიური სტატუსი საფუძვლიანად არ არის დადგენილი და დამატებით მორფო-გენეტიკურ კვლევას საჭიროებს.

ნაპრალების მეთოდის სახელწოდება სხვადასხვაგვარად არის თარგმნილი ქართულ ენაზე. მას ბიოლოგიაში უმეტეს წილად მოიხსენიებენ, როგორც ნაპრალების ანალიზს (Akhalkatsi, 2008), რადგან მეთოდის ამოსავალი ტერმინის (ინგლისური შესატყვისიდან - Gap) ქართული თარგმანი არის ცარიელი ადგილი, ან ნაპრალი. მსგავსი მეთოდი გამოიყენება სოციოლოგიური და საბაზრო ეკონომიკური მიმართულების სტატისტიკური ანალიზის დროსაც. ამ დარგების ტერმინოლოგიით მეთოდი ქართულად „დანაკლისი ინფორმაციის ანალიზის“ ან „დეფიციტის ანალიზის“ მეთოდად მოიხსენიება.

ნაპრალების ანალიზის გამოყენებით შესაძლებელია პრაგმატულად განისაზღვროს ტაქსონის მოწყვლადობის სტატუსი. ამ მეთოდით ფასდება სახეობის ან მისი პოპულაციებიდან ერთ-ერთის არეალის რა ნაწილი ხვდება დაცული ტერიტორიის ფარგლებს შიგნით და რომელი - მის ფარგლებს გარეთ ე.წ. 'ნაპრალებში'. სამიზნე ტაქსონის არეალის რაც უფრო დიდი ნაწილი ხვდება დაცული ტერიტორიის გარეთ, მით უფრო მაღალია მოწყვლადობის საფრთხე მისთვის. იმ შემთხვევაში თუ არ არის განსაზღვრული საკვლევი ტაქსონის დაცულობის ხარისხი ან გამართლებულ ეჭვს იწვევს ამ ტაქსონის დაცულ ტერიტორიაზე მოხვედრილი ინდივიდების სისტემატიკური სტატუსი, ტაქსონს პირდაპირ ენიჭება მოწყვლადის სტატუსი (Maxted et al., 2008). მეთოდი შეფასების ოთხ საფეხურს ე.წ. 'ნაბიჯს' მოიცავს:

ნაბიჯი 1. საკვლევი სამიზნე ტაქსონის და ტერიტორიის განსაზღვრა: საწყის ეტაპზე საჭიროა კონკრეტულად განისაზღვროს საკვლევი ტაქსონის რანგი, ანუ დადგინდეს რას ვიკვლევთ - გვარს, სექციას, სახეობას თუ პოპულაციას. ასევე განისაზღვრება კვლევის ტერიტორიული ფარგლები, რომელიც, ხშირ შემთხვევაში სამიზნე ტაქსონის გავრცელებაზეც არის დამოკიდებული. მოცემული ორი პარამეტრის განსაზღვრით დგინდება კვლევის მასშტაბი (მაგ.: გლობალური, რეგიონული, ქვეყნის ან პროვინციის მასშტაბით განხორციელებული კვლევა).

ნაბიჯი 2. ბუნებრივი მრავალფეროვნების შეფასება: ეს საფეხური მოიცავს სამიზნე ტაქსონის მრავალფეროვნების განსაზღვრას ტაქსონის რანგის შესაბამისად. იმის მიხედვით, თუ რა რანგზე ხდება ტაქსონის გამოკვლევა, მრავალფეროვნება განისაზღვრება გვარის, სექციის, სახეობის ან სახეობის შიდა სტრუქტურულ დონეებზე. ამასთან აუცილებელია სამიზნე ტაქსონის ნათესაური კავშირების და გენოფონდის განსაზღვრა.

ნაბიჯი 3. სამიზნე ტაქსონის კონსერვაციის სტატუსის განსაზღვრა: მოცემულ ეტაპზე განისაზღვრება კონსერვაციის ეფექტურობა. ამისთვის საჭიროა ერთმანეთს შედარდეს შერჩეული ტაქსონის *in situ* და *ex situ* კონსერვაციის ტაქტიკების ეფექტურობა.

ნაბიჯი 4. კონსერვაციის სტრატეგიის რეფორმულირება: ეს საფეხური მოიცავს სამიზნე ტაქსონის კონსერვაციის მასშტაბების შეფასებას. შეფასება ხდება სამიზნე ტაქსონის კონსერვაციის სტატუსის საფუძველზე. იმის მიხედვით, თუ ტაქსონის მრავალფეროვნება რამდენად სრულად არის მოხვედრილი დაცულ ტერიტორიაზე და არის თუ არა ეს მრავალფეროვნება სრულფასოვნად დაცული, კონსერვაციის სტრატეგიის რეფორმულირება განაპირობებს სტრატეგიის რეფოკუსირებას და მიმართულია ტაქსონის მრავალფეროვნების მაქსიმალურ დაცვაზე, ანუ ტაქსონის დაუცველი ნაწილების - ნაპრალების შევსებაზე. რევიზირებული პრიორიტეტები გულისხმობენ *in situ* და *ex situ* კონსერვაციის დამატებით ღონისძიებების გატარებას სამიზნე ტაქსონის გენოფონდის სრულყოფილი დაცვის უზრუნველსაყოფად.

აღნიშნული კონცეფციის მიხედვით (Maxted et al., 2008) არსებობს კულტურული მცენარის ველური ნათესავების (CWR) გენოფონდის სამი რანგი: პირველი ჯგუფის გენოფონდი (GP-1), რომელიც მოიცავს ორ ქვეჯგუფს: GP-1A - კულტივირებადი ფორმები და GP-1B - ჯიშის გაველურებული ან სარეველა ფორმები; მეორე ჯგუფის გენოფონდი (GP-2), რომელიც ჯიშის და მისი პირდაპირი ხაზის ნათესავი სახეობის შედარებით შორი ნათესაობის მქონე სახეობებს მოიცავს. ეს ის სახეობებია, რომლებიც იგივე გვარში ან სექციაში არიან განთავსებული

ტაქსონომიურად, სადაც სამიზნე ტაქსონი ან მისი კულტურული ფორმაა ლოკალიზებული. ამ დაშორებული ნათესაობის მქონე სახეობებიდან გენთა გადაცემა სამიზნე ტაქსონის ჯიშისთვის შესაძლებელია, მიუხედავად იმისა, რომ ამ პროცესის განხორციელება ტრადიციული გზით ძნელად მიიღწევა; მესამე ჯგუფის გენოფონდი (GP-3) მოიცავს იმ სახეობებს, რომლებიც ნათესავურად უფრო დაშორებულები არიან სამიზნე ტაქსონისგან, ვიდრე მეორე ჯგუფის გენოფონდის სახეობები. ეს სახეობები ტაქსონომიურად სხვა გვარის ან ოჯახის წარმომადგენლები არიან, რომელთაგანაც გენთა გადაცემა სამიზნე ტაქსონის კულტურული ფორმისთვის შეუძლებელია, ან მიიღწევა მხოლოდ ჯიშების გამოყვანის უახლესი მეთოდებით - ემბრიონული იმპლანტაციით და გენური ინჟინერიით.

ტაქსონური ჯგუფის კონცეფცია გამოიყენება ველური ნათესავებს და ჯიშებს შორის ნათესაობის დონის განსაზღვრისათვის. ტაქსონური ჯგუფების კონცეფციის განსაზღვრება გულისხმობს, რომ ტაქსონომიური დისტანცია და გენეტიკური დისტანცია ერთმანეთთან პირდაპირ კავშირშია. ველური ნათესავების ტაქსონური რანგი განისაზღვრება შემდეგი სახით (Maxted, 2003, Kell et al., 2007) :

ტაქსონური ჯგუფი TG-1a – ჯიში

ტაქსონური ჯგუფი TG-1b – იგივე სახეობა, რაც ჯიში

ტაქსონური ჯგუფი TG-2 – იგივე სექცია ან ჯგუფი, რაც ჯიში

ტაქსონური ჯგუფი TG-3 – იგივე ქვეგვარი, რაც ჯიში

ტაქსონური ჯგუფი TG-4 – იგივე გვარი

ტაქსონური ჯგუფი TG-5 – იგივე ოჯახი, მაგრამ განსხვავებული გვარი, რაც ჯიში

ამგვარად, აღნიშნული გენეტიკური და ტაქსონური ჯგუფების ერთობლივი გამოყენება იძლევა საშუალებას ზუსტად განისაზღვროს თუ რა რანგით ენათესავებიან მოცემული ველური და კულტურული მცენარეები ერთმანეთს.

ნაპრალების ანალიზით შეფასდა *P. caucasica*-ს საქართველოს ფარგლებში გავრცელებული პოპულაცია. შეფასება მოხდა ნაპრალების ანალიზის საანგარიშო

სისტემით (ცხრ. 9), რომელიც განსაზღვრავს CWR-ების საკონსერვაციო პრიორიტეტულობას.

ცხრილი 9. კულტურული მცენარეების ველური ნათესავების (CWRs) საკონსერვაციო პრიორიტეტულობის ანგარიშის სისტემა

N	სახელწოდება	სტატუსი	ქულა
1	საფრთხე (IUCN)	კრიტიკულ საფრთხეში მყოფი (CR)	10
		საფრთხეში მყოფი (EN)	7
		მოწყვლადი (VU)	4
		საფრთხესთან ახლოს მყოფი (NT)	2
		არ არის შეფასებული (NE)	1
		საფრთხის წინაშე ნაკლებად მდგომი (LC)	0
2	იშვიათობა	გავრცელებულია 1 10X10 კმ ² (UTM)	10
		გავრცელებულია 2-5 10X10 კმ ² (UTM)	7
		გავრცელებულია 6-20 10X10კმ ² (UTM)	4
		გავრცელებულია 21-50 10X10 კმ ² (UTM)	2
		გავრცელებულია > 50 10X10 კმ ² (UTM)	0
3	ენდემურობა	მხოლოდ საქართველოს	10
		კავკასიის	5
		სამხრეთ-აღმოსავლეთ ევროპის	2
		ევროპის	0
4	გენოფონდი	გენოფონდი 1b/ ტაქსონური ჯგუფი 1b	10
		გენოფონდი 2/ ტაქსონური ჯგუფი 2	6
		ტაქსონური ჯგუფი 3	4
		ტაქსონური ჯგუფი 4	2
		გენოფონდი 3/ ტაქსონური ჯგუფი 5	0

ამ სისტემის თითოეული პუნქტი მოიცავს სტატუსის სამიზნე ტაქსონისთვის მისანიჭებელ კრიტერიუმის ნუსხას. ნუსხის თითოეულ ერთეულს შეესაბამება კონკრეტული ქულა. ტაქსონისთვის კონკრეტული კრიტერიუმის მისადაგება განსაზღვრავს შესაბამის ქულას. რაც უფრო მეტ ქულას დააგროვებს ჯამურად სამიზნე ტაქსონი, მით მაღალია მისთვის მოწყვლადობის რისკი.

4.3.2. მასალები ნაპრალების ანალიზისთვის

ნაპრალების ანალიზის მეთოდით *P. caucasica*-ს და *P. balansae*-ს გავრცელების 215 წერტილი შეფასდა. სახეობების არეალის შეფასება ეფუძნებოდა საველე კვლევების დროს შეგროვილ ინფორმაციას - გეოგრაფიულ ლოკაციებს, სადაც ამ

სახეობების ყოფნა დაფიქსირდა. საფრთხის დონე *P. caucasica*-სთვის განისაზღვრა IUCN-ის კრიტერიუმების მიხედვით (IUCN, 2001). სახეობის იშვიათობის დადგენა მოხდა *P. caucasica*-ს გავრცელების არეალში მისი შეხვედრიანობის სიხშირის საფუძველზე, რომელიც რუკაზე დაითვალა 10x10 კმ² რეზოლუციის ბადით. გავრცელების და ენდემურობის დადგენა მოხდა კავკასიის რეგიონში *P. caucasica*-ს გავრცელებაზე არსებული ფლორისტული მონაცემებზე დაყრდნობით (ექვთიმიშვილი და სხვ., საქართველოს ფლორა ტ. 5, 1949; Карягин, 1954; Гроссгейм, 1952; Тахтаджян, 1958; კეცხოველი, 1959; Davis, 1972.) და TBI-ს საჰერბარიო მონაცემებზე დაყრდნობით. გენოფონდის და ტაქსონური ჯგუფების კრიტერიუმის მისადაგება *P. caucasica*-სთვის მოხდა ლიტერატურული წყაროების საფუძველზე (; ხომიზურაშვილი და ერისთავი, 1939; ქუთათელაძე, 1980; ხომიზურაშვილი, 1973).

P. caucasica-ს და *P. balansae*-ს გავრცელების წერტილები რუკაზე დატანა მოხდა პროგრამა ArcGis 9.3-ის (Esri, 2009) მეშვეობით. სახეობების საბაზისო არეალის განსაზღვრისთვის გამოყენებული იქნა 'მინიმალურად ამოზურცული პოლიგონური კარკასის' (IUCN, 2001) [Minimum convex hull] მეთოდი. ამ მეთოდით ტაქსონის გავრცელების წერტილები რუკაზე შემოისაზღვრება კონტურით. კონტურს წარმოადგენს უმცირესი ზომის პოლიგონი, რომელიც ტაქსონის გავრცელების ყოველ წერტილს მოიცავს იმ პირობის გათვალისწინებით, რომ მისი გაშლის შიდა კუთხე არ უნდა აჭარბებდეს 180°-ს (Burgman & Fox, 2003).

თავი 5. შედეგები

5.1. მორფოლოგიური კვლევის შედეგები

მორფოლოგიური კვლევით მსხლის 9 სახეობის (*P. caucasica*, *P. balansae*, *P. pyrastrer*, *P. salicifolia*, *P. demetrii*, *P. georgica*, *P. ketzkhoveli*, *P. sachokiana*, *P. syriaca*) 201 ინდივიდი და კულტურული მსხლების (ადგილობრივი ჯიშები LC და შემოტანილი ჯიშები IC) 38 ინდივიდი გაანალიზდა, ჯამურად მორფომეტრიული მონაცემების

საფუძველზე გაანალიზდა 239 ინდივიდი. მორფომეტრიული განაზომები მოიცავდა ფოთლის ღეროს და ნაყოფის 6 რაოდენობრივ, 20 ხარისხობრივ და ერთ ლენდმარკულ დესკრიპტორს, რომელიც 20 წევრიან ჰარმონიულ რიცხვთა მწკრივს წარმოადგენდა. საშუალო და სტანდარტული ცდომილება გამოითვალა ყველა რაოდენობრივი ცვლადისთვის (ცხრ. 10).

ცხრილი 10. ერთ-ფაქტორიანი ვარიანსას ანალიზის შედეგები. საშუალოს და სტანდარტული ცდომილების ვარიაცია (ჯგუფთა შორისი, ჯგუფებს შიდა და საერთო); კვადრატების ჯამი; თავისუფლების ხარისხი (df); კვადრატების საშუალო; ფიშერის ინდექსი (F); უილკის ლამბდა (λ) და მათი სარწმუნოების კოეფიციენტები. მონაცემები მიღებულია თითოეული შესწავლილი ინდივიდის 10 ფოთლის განაზომის საფუძველზე (ჯამურად 2390 ფოთლის განაზომი)

მახასიათებელი	საშ. (სმ)	სტ. ცდომილება	ვარიაცია	კვადრ. ჯამი	df	კვადრ. საშუალო	F	სარწ.	λ	სარწ.
LBL (ფირფ. სიგრძე)	3.88	0.03	ჯგუფებს შორის	3059.734	44	58.841	90.922	.000	.476	.000
P. caucasica	3.6261	.03050	ჯგუფებს შიდა ჯამური	1389.449	2359	.647				
LCs	5.0957	.04227		4449.183	2369					
ICs	4.6058	.09745								
P. balansae	3.6638	.08405								
P. pyraster	4.1367	.12914								
P. ketzkhoveli	2.0800	.07204								
P. demetrii	2.1880	.06526								
P. georgica	2.3700	.04450								
P. sachokiana	2.5900	.07371								
P. salicifolia	1.2138	.03284								
P. syriaca	2.7733	.06378								
LBW(ფირფ. სიგანე)	5.99	0.03	ჯგუფებს შორის	3136.078	44	60.309	46.899	.000	.548	.000
P. caucasica	5.0753	.04077	ჯგუფებს შიდა ჯამური	2760.908	2359	1.286				
LCs	7.2002	.05334		5896.986	2369					
ICs	7.8083	.12405								
P. balansae	5.1638	.07662								
P. pyraster	5.5633	.24511								
P. ketzkhoveli	4.5400	.08504								
P. demetrii	5.9840	.09940								
P. georgica	5.8700	.23025								

<i>P. sachokiana</i>	5.0400	.18750								
<i>P. salicifolia</i>	6.6563	.17097								
<i>P. syriaca</i>	6.9467	.13049								
RLW(ფარდობა-სიგრძე/სიგანე)	1.83	0.02	ჯგუფებს შორის	2670.778	44	51.361	100.237	.000	.119	.000
<i>P. caucasica</i>	1.4511	.00818	ჯგუფებს შიდა	1100.113	2359	.512				
LC	1.4547	.00881								
IC	1.7379	.02702								
<i>P. balansae</i>	1.4515	.03046								
<i>P. pyraeter</i>	1.3377	.03100								
<i>P. ketzkhoveli</i>	2.2243	.07336								
<i>P. demetrii</i>	2.8625	.10131	ჯამური	3770.892	2369					
<i>P. georgica</i>	2.5155	.12041								
<i>P. sachokiana</i>	1.9592	.08873								
<i>P. salicifolia</i>	5.8108	.22914								
<i>P. syriaca</i>	2.5411	.07731								
PL (ყუნწის სიგრძე)	3.99	0.03	ჯგუფებს შორის	1988.509	44	38.241	33.367	.000	.653	.000
<i>P. caucasica</i>	4.047	.0393	ჯგუფებს შიდა	2460.603	2359	1.146				
LC	4.782	.0463								
IC	3.991	.0921								
<i>P. balansae</i>	3.838	.1203								
<i>P. pyraeter</i>	2.987	.1523								
<i>P. ketzkhoveli</i>	2.130	.0442								
<i>P. demetrii</i>	2.840	.1201	ჯამური	4449.112	2369					
<i>P. georgica</i>	2.967	.1043								
<i>P. sachokiana</i>	2.260	.2491								
<i>P. salicifolia</i>	1.413	.0533								
<i>P. syriaca</i>	4.173	.1209								
Psh(ყუნწის ფორმა)			ჯგუფებს შორის	4.683	44	.090	508.878	.000	.195	.000
<i>P. caucasica</i>	.103	.0005	ჯგუფებს შიდა	.380	2359	.000				
LC	.197	.0007								
IC	.200	.0000								
<i>P. balansae</i>	.100	.0000								
<i>P. pyraeter</i>	.100	.0000								
<i>P. ketzkhoveli</i>	.100	.0000								
<i>P. demetrii</i>	.100	.0000	ჯამური	5.063	2369					
<i>P. georgica</i>	.100	.0000								
<i>P. sachokiana</i>	.100	.0000								

<i>P. salicifolia</i>	.100	.0000								
<i>P. syriaca</i>	.100	.0000								
RLP (ფარდობა - ფირფ./ყუნწი)	1.729	0.022	ჯგუფებს შორის	1604.868	44	30.863	104.377	.000	.266	.000
<i>P. caucasica</i>	1.3168	.01053	ჯგუფებს შიდა	634.841	2359	.296				
LC	1.3577	.04527								
IC	1.6524	.01682								
<i>P. balansae</i>	1.4203	.03595								
<i>P. pyraister</i>	1.9315	.07656								
<i>P. ketzkhovelii</i>	2.1403	.04063								
<i>P. demetrii</i>	2.2477	.07404	ჯამური	2239.709	2369					
<i>P. georgica</i>	2.0142	.07388								
<i>P. sachokiana</i>	2.4187	.19845								
<i>P. salicifolia</i>	5.1360	.18704								
<i>P. syriaca</i>	1.6874	.20198								

ვარიანსას ერთს-ფაქტორიანმა ანალიზმა აჩვენა, რომსაშალოს და სტანდარტული ცდომილების ჯგუფებს შორისი ვარიაცია ჯგუფებს შიდა ვარიაციას სარწმუნოდ აჭარბებდა ($p < 0.001$) ყველა პარამეტრით. ფიშერის განაწილების კოეფიციენტები მაღალი ჰქონდათ ფოთლის ყუნქის სიგრძეს (PL) და ფოთლის ფირფიტის სიგანეს (LBW), რაც მიუთითებს ამ მორფოლოგიური ნიშნების ძლიერ სხვაობაზე გაანალიზებულ ტაქსონურ ჯგუფებში. დამოუკიდებლობის ინდექსის (df) და ხი-კვადრატის (χ^2) მონაცემებმა, უფრო კონკრეტულად მათმა თანაფარდობამ გამოავლინა, რომ ფოთოლზე, ნაყოფზე და ღეროზე გაზომილი კატეგორიული ცვლადების განაწილება ერთმანეთისგან სარწმუნოდ განსხვავდებოდა ჯგუფთა შორის (ცხრ. 11). ეს შედეგი გაამყარა უილკის ლამბდას (λ) და ფიშერის განაწილების (F) კოეფიციენტებმაც.

ცხრილი 11. ფოთლის ნაყოფის და ღეროს კატეგორიული (ხარისხობრივი) ცვლადების სტატისტიკური ანალიზის შედეგები. დამოუკიდებლობის ინდექსის (df) და ხი-კვადრატის ფარდობა (χ^2) სარწმუნოების კოეფიციენტით; და, უილკის ლამბდას (λ) და ფიშერის განაწილების (F) კოეფიციენტებ მათი სარწმუნოების კოეფიციენტებით ($p < 0.05$; $N=239$).

კატეგორიული ცვლადები	Chi-square/df	Sig.	Wilk's Lambda	F	Sig.
----------------------	---------------	------	---------------	---	------

LBB	29.3445	.000	.865	3.851	.000
LBA	43.0032	.000	.958	1.081	.378
LBM	74.9524	.000	.497	25.073	.000
LT	144.794	.000	.917	9.893	.000
YST	43.8413	.000	.058	403.524	.000
CSH	88.6667	.000	.169	121.951	.000
FL	65.5476	.000	.201	98.244	.000
FMD	59.8667	.000	.201	98.433	.000
RLD	71.6615	.000	.458	29.272	.000
FGC	100.137	.000	.864	3.904	.000
FOC	106.425	.000	.600	16.473	.000
FSL	17.8429	.000	.426	33.372	.000
FST	90.3429	.000	.377	40.927	.000
FTF	115.9	.000	.459	29.195	.000
FCF	23.33	.000	.434	32.225	.000
FEQ	40.6548	.000	.171	119.652	.000
TF	37.7893	.000	.903	11.799	.000
FA	153.571	.000	.801	27.300	.000
FHM	106.312	.000	.936	7.483	.001
EFP	175.904	.000	.942	6.794	.001

უილკის ლამბდას (λ) მონაცემები მიუთითებენ დესკრიპტორების - LBM, YST, CSH, FL, FMD, RLD, FSL, FST, FEQ, FCF, FTF ძლიერ ჯგუფთაშორის სხვაობაზე. აღმოჩნდა, რომ ჯგუფთა შორის სუსტად ვარიებენ დესკრიპტორები - LBB, LBA, LT, FGC, FOC, TF, FA, FHM და EFP. მათ შორის მოხვდა ორი დესკრიპტორი LBB და LBA, რომლებიც ტაქსონომიურად ძალზე მნიშვნელოვანი მორფოლოგიური მახასიათებლები არიან ველური მსხლების ტაქსონების განსასხვავებლად.

გამოთვლილი იქნა ამ ორი (LBB და LBA) ტაქსონომიურად მნიშვნელოვანი ნიშნების განაწილების სიხშირის პროცენტული მაჩვენებელი. იგივე მონაცემების გამოთვლა მოხდა დამატებით ორი მორფოლოგიური დესკრიპტორისთვის LBM-ს (ფოთლის ფირფიტის კიდის ფორმა) და FCF-თვის (ნაყოფის რბილობის შეფერილობა), რომლებიც ასევე მნიშვნელოვანი ტაქსონომიურ ნიშნებს წარმოადგენენ მსხლის ველური და კულტურული ტაქსონების იდენტიფიკაციისთვის. შედეგებმა უჩვენეს (ცხრ. 12), რომ *P. caucasica* და *P. pyraeaster*-ი ერთმანეთისგან მნიშვნელოვნად განსხვავდება ფოთლის ფირფიტის კიდის დაკბილვის ფორმით. *P. caucasica*-ს იგი მთლიანი აქვს, ხოლო *P. pyraeaster*-ს - დაკბილული. *P. balansae*-ს ფოთლის ფირფიტის კიდე მხოლოდ წვეროში აქვს დაკბილული. სხვა სახეობებს ფირფიტის კიდე ძირითადად მთლიანი აქვთ *P.*

demetrii-ს და *P. georgica*-ს განსხვავებით, რომლებშიც დაკბილვა შერეული ტიპით არის წარმოდგენილი, უმეტეს წილად კი ამ სახეობების ფირფიტის კიდე დატალღულია.

ნაყოფის რბილობის მუქი შემადგენლობა *P. caucasica*-ს, *P. balansae*-ს და მსხლის ადგილობრივი ჯიშების 43.3%-სთვის აღმოჩნდა საერთო ნიშანი. ფოთლის ფუძის და წვეროს ფორმები ძალზე ვარიაციული აღმოჩნდა ტაქსონთა შორის.

ცხრილი 12. ფოთლის და ნაყოფის ოთხი ტაქსონომიურად მნიშვნელოვანი დესკრიპტორული ნიშანის განაწილების სიხშირე (%) მსხლის 9 სახეობაში და 38 ჯიშში.

		LBB - ფოთლის ფირფიტის ფუძის ფორმა (%)						ფოთლის ფირფიტის წვეროს ფორმა (%)			
ტაქსონი	N	წამახული	ფართო კვერცხისებრი	მომრგვალებული	გული სებრი	ფართო ელიფსური	ვიწრო ელიფსური	წამახული	წაწვეტებული	მომრგვალებული	ამოზურცული
<i>P. caucasica</i>	1000	8.8	49.0	26.5	8.8	6.9	0	40.2	56.9	2.9	0
LCs	810	16.4	37.3	25.4	3.0	17.9	0	38.8	55.2	6.0	0
ICs	220	0	66.7	33.3	0	0	0	75.0	25.0	0	0
<i>P. balansae</i>	80	50.0	25.0	0	0	25.0	0	75.0	25.0	0	0
<i>P. pyraister</i>	30	0	66.7	33.3	0	0	0	0	100	0	0
<i>P. salicifolia</i>	80	0	0	0	0	0	100	12.5	0	0	87.5
<i>P. demetrii</i>	30	0	0	0	0	0	100	60.0	0	0	40.0
<i>P. georgica</i>	50	0	0	100	0	0	0	33.3	0	0	66.7
<i>P. ketzkhovelii</i>	20	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100
<i>P. sachokiana</i>	10	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100
<i>P. syriaca</i>	30	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100
		LBM - ფოთლის ფირფიტის კიდის დაკბილვის ტიპი(%)				FCF- რბილობის შეფერილობა (%)					
ტაქსონი	N	მთლიანო	დატალღული	დაკბილული	დაკბილული წვერო	N	ნათელი	მუქი			
<i>P. caucasica</i>	1000	100	0	0	0	500	0	100			
LCs	810	41.8	0	47.8	10.4	405	56.7	43.3			
ICs	220	0	75.0	25.0	0	110	100	0			
<i>P. balansae</i>	80	0	0	0	100	40	0	100			
<i>P. pyraister</i>	30	0	66.7	33.3	0	15	100	0			
<i>P. salicifolia</i>	80	100	0	0	0	40	100	0			
<i>P. demetrii</i>	30	40.0	60.0	0	0	15	100	0			
<i>P. georgica</i>	50	66.7	33.3	0	0	25	100	0			
<i>P. ketzkhovelii</i>	20	0	100	0	0	10	100	0			
<i>P. sachokiana</i>	10	100	0	0	0	5	100	0			
<i>P. syriaca</i>	30	100	0	0	0	15	100	0			

პრინციპულ კომპონენტთა ანალიზის (PCA) ორი განსხვავებული პროცედურა განხორციელდა: 1) პირველ შემთხვევაში გამოყენებული იქნა ფოთლის ფორმის დესკრიპტორი (20 წევრიანი ჰარმონიკი); 6 ფოთლის რაოდენობრივი დესკრიპტორული მონაცემი და 14 ღეროს, ფოთლის და ნაყოფის ხარისხობრივი

დესკრიპტორული მონაცემი. PCA ჩატარდა კოეფიციენტთა კოვარიაციული მატრიცის გამოყენებით. 6 დესკრიპტორი: LBC, FGC, TF, FA, FHM და EFP, რომლებსაც λ-ს არასაკმარისი მაჩვენებელი ჰქონდათ, ანალიზიდან გამოირიცხა. ოთხი მათგანი სეზონურ დესკრიპტორს წარმოადგენდა. დარჩენილი 21 დესკრიპტორიდან, რომლებიც პრინციპულ კომპონენტებად (PC) გარდაიქმნენ, პირველმა სამმა კომპონენტმა ჯამურად ვარიაციის 72.83% ასახა (PC1 - 47.14%, PC2 - 16.13%, PC3 - 9.56%). PCA-ს სქემის ასაგებ ფაქტორებად გამოყენებული იქნა PC1 და PC2 კომპონენტები. პირველი ფაქტორი მოიცავდა ფოთლის და ნაყოფის რაოდენობრივ და ხარისხობრივ დესკრიპტორებს: LBM, LBW, LBL, PL, FOC, FL, FSH, FMD, FEQ, დესკრიპტორები, რომლებიც მე-2 ფაქტორში გაერთიანდნენ LBB, LBA, LBL და FCF, ასევე ფოთლის და ნაყოფის მორფოლოგიურ ნიშნებს ასახავდნენ (ფოთლის ფირფიტის სიგრძე, ფუძის და წვეროს ფორმები; ნაყოფის რბილობის შეფერილობა). 2) PCA-ს მეორე ვერსია განხორციელდა ფოთლის 6 რაოდენობრივ და 6 ხარისხობრივ დესკრიპტორული მონაცემის საფუძველზე. ანალიზში გამოყენებული იქნა ფოთლის ფორმის ამსახველი 20 წვერიანი ჰარმონიკი. დანარჩენი მორფომეტრიული მონაცემები ანალიზიდან გამოირიცხა. დარჩენილი 13 დესკრიპტორისგან შექმნილმა PC-ებიდან პირველმა სამმა ვარიაციის 77.74% ასახა (PC1 - 36.12%, PC2 -16.13%, PC3 - 29.71%,11.91%). PCA-ს სქემის ასაგებ ფაქტორებად კვლავ PC1 და PC2 იქნა გამოყენებული. პირველი მათგანი მოიცავდა ფოთლის ფირფიტის წვეროს და ფუძის ფორმის, ფირფიტის კიდის ფორმის ხარისხობრივ დესკრიპტორებს და ფოთლის ყუნწის და ფირფიტის სიგრძე-სიგანის განაზომებს (LBM, LBB, LBA, PL, LBW, LBL). მეორე ფაქტორში გაერთიანდა ფოთლის ფარდობითი სიდიდეები, შებუსვის ამსახველი ხარისხობრივი დესკრიპტორი (RLP, RLW, LBC) და ფოთლის ფორმის ამსახველი დესკრიპტორის ჰარმონიული რცხვთა მწკრივის პირველი 3 კომპონენტი, რომლებსაც ყველაზე მაღალი რიცხვითი მნიშვნელობები ჰქონდათ.

საფეხურობრივი DFA, რომელიც მაჰალანობისის დისტანციების მეთოდზე იყო დაფუძნებული, განხორციელდა საკვლევი ტაქსონური ჯგუფების

დისკრიმინაციისთვის და ჯგუფებში მათი წევრობის პროგნოზირებადი მოდელის ასაგებად. PCA-ს შემთხვევაშიც DFA-ს მსგავსად ორი განსხვავებული პროცედურით წარიმართა: 1) პირველ შემთხვევაში ღეროს, ფოთლის და ნაყოფის 7 რაოდენობრივი და 14 ხარისხობრივი დესკრიპტორული მონაცემი იქნა გამოყენებული; 2) მეორე შემთხვევაში კი, PCA-ს შემთხვევაში გამოყენებული რედუქციის წესის მსგავსად, ღეროს, ფოთლის და ნაყოფის 7 რაოდენობრივი და 6 ხარისხობრივი დესკრიპტორული მონაცემი გამოვიყენეთ. ტაქსონთა დისკრიმინაციისთვის გამოყენებული იქნა ჯგუფური ცვლადების სამი სხვადასხვა კლასიფიკაციის სისტემა 1) „ტაქსონური ჯგუფები“, რომელიც მოიცავდა ველური მსხლების 9 სახეობას და ჯიშების ორ ჯგუფს (LC-ადგილობრივი ჯიშები და IC-შემოტანილი ჯიშები); 2) „ველური ნათესავები“, რომელიც მოიცავდა მოცემული კვლევის დროს გამოვლენილ 4 პროგენიტორ სახეობას (*P. caucasica*, *P. balansae*, *P. pyraster*, და *P. ketzkhoveli*) და ჯიშების ორივე ჯგუფს; 3) ერთ ჯგუფად გაერთიანებულ 38 ჯიშს და მათონ მორფოლოგიურად დაკავშირებულ 4 ველურ მსხალს.

ცხრილი 13. DFA-ს შედეგები. დამაჯგუფებელი ცვლადები არიან: 1) "ტაქსონური ჯგუფები" (9 სახეობა, 2 ჯიშების ჯგუფი LC და IC), 2) "პროგენიტორი სახეობები" (4 სახეობა, 2 ჯიშების ჯგუფი LC და IC) და 3) "ჯიშები" (4 სახეობა, 27 LC და 9 IC). პირველი და მესამე დამაჯგუფებელი ცვლადები დაფუძნებულები არიან პრინციპულ კომპონენტებზე, რომლებიც მიღებულია ფოთლის, ღეროს და ნაყოფის 21 დესკრიპტორიდან. მეორე დამაჯგუფებელი ცვლადი მიღებულია 12 მორფოლოგიური დესკრიპტორის და ფოთლის ფორმის ამსახველი 20 წევრიანი ჰარმონიკებიდან. (N=237).

"ტაქსონური ჯგუფით" განხორციელებული დაჯგუფების მონაცემები						
ფუნქცია	საკუთარი მნიშვნელობები	ვარიანსას %	კუმულაციური %	კანონიკური კორელაცია	ალბათობის დონე	λ
1	14.120	73.9	73.9	.966	.000	.008
2	4.509	23.6	97.5	.905	.000	.008
3	.237	1.2	98.7	.438	.000	.643
"ველური ნათესავებით" განხორციელებული დაჯგუფების მონაცემები						
ფუნქცია	საკუთარი მნიშვნელობები	ვარიანსას %	კუმულაციური %	კანონიკური კორელაცია	ალბათობის დონე	λ
1	2.324	77.8	77.8	.836	.000	.171
2	.484	16.2	94.0	.571	.000	.567

3	.091	3.0	97.1	.289	.000	.841
"ჯიშებით" განხორციელებული დაჯგუფების მონაცემები						
ფუნქცია	საკუთარი მნიშვნელობები	ვარიანსას %	კუმულაციური %	კანონიკური კორელაცია	ალბათობის დონე	λ
1	19.682	87.0	87.0	.976	.000	.005
2	1.092	4.8	91.9	.723	.000	.105
3	.601	2.7	94.5	.613	.000	.219

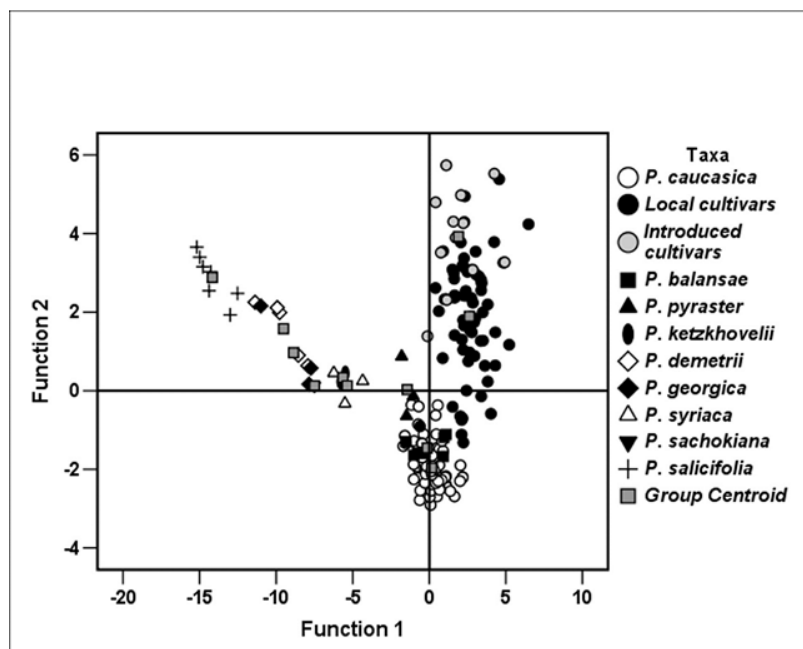
ტაქსონური ჯგუფებით გაკეთებული კლასიფიკაციის დროს (ცხრ. 13) პირველი სამი კანონიკური დისკრიმინანტის ფუნქციას (CDF) დისკრიმინაციის ძალის ყველაზე მაღალი მაჩვენებლები ჰქონდათ (98.7%). მათგან პირველ ორს λ -ს მნიშვნელობა სარწმუნოდ მისაღები ჰქონდათ (0.008), ხოლო მესამე CDF-ს გაცილებით მაღალი (0.643), რის გამოც პირველი ორი ფუნქციის გამოყენებით მოხდა დისკრიმინაციის სქემის აგება. კლასიფიკაციის შედეგებმა (ცხრ. 14) დააჯგუფა საკვლევი ინდივიდებიდან (237) 185, ანუ 77.73%. ჯგუფებში სწორად განაწილების მაჩვენებელი ყველაზე დაბალი LC ჯგუფს ჰქონდა (73.1%).

ცხრილი 14. 239 ინდივიდის კლასიფიკაცია, რომლებიც განეკუთვნებიან 9 წელური მსხლის სახეობას, მსხლის ადგილობრივი ჯიშების (LC) დაშემოტანილი ჯიშების (IC) ჯგუფებს CDF-თი.

"ტაქსონური ჯგუფით" განხორციელებული დაჯგუფების მონაცემები												
ტაქსონი	სიზუსტის %	Pc	LC	IC	Pb	Pp	Pk	Pd	Pg	Psy	Psa	Psl
P. caucasica (Pc)	79.8	79.8	-	-	20.2	-	-	-	-	-	-	-
LC	73.1	7.5	73.1	14.9	4.5	-	-	-	-	-	-	-
IC	83.3	-	8.3	83.3	-	8.4	-	-	-	-	-	-
P. balansae (Pb)	75.0	25.0	-	-	75.0	-	-	-	-	-	-	-
P. pyraeter (Pp)	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-
P. ketzkhovelii (Pk)	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-
P. demetrii (Pd)	80.0	-	-	-	-	-	-	80.0	-	-	20.0	-
P. georgica (Pg)	100	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-
P. syriaca (Psy)	100	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-
P. sachokiana (Psa)	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-
P. salicifolia (Psl)	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
ჯამი	77.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
"პროგენიტორი სახეობებით" განხორციელებული დაჯგუფების მონაცემები												
ტაქსონი	სიზუსტის %	Pc	LC	IC	Pb	Pp	Pk					
P. caucasica (Pc)	94.8	94.8	2.3	-	2.4	-	-					
LC	38.4	21.5	38.4	22.4	5.1	12.3	0.3					
IC	81.7	-	7.5	81.7	-	5.8	5.0					
P. balansae (Pb)	95.0	-	5.0	-	95.0	-	-					
P. pyraeter (Pp)	73.3	-	-	26.7	-	73.3	-					
P. ketzkhovelii (Pk)	100.0	-	-	-	-	-	100.0					
Total	74.4	-	-	-	-	-	-					
"ჯიშებით" განხორციელებული დაჯგუფების მონაცემები												
ტაქსონი	სიზუსტის %	LC	%		IC	%						

<i>P. caucasica</i>	36.8	კვიპიჭა წვრილმსხალა ქორდა ნენეს მსხალი თავრეჯული სამარიობო პანტა მსხალი ბეზანი ქართული მსხალი აყირო თაფლა მსხალი ბორბალა	21.0 9.2 8.2 5.4 4.9 3.9 3.5 2.3 2.0 1.3 1.2 0.3	-	-
<i>P. balansae</i>	81.25	ხინოს მსხალი შავმსხალა	17.5 1.25	-	-
<i>P. pyraister</i>	43.3	გვერდწითელა	66.7	-	-
<i>P. ketzkhoveli</i>	90.0			გულაბი მსხალი	10.0
ჯამი	46.8				

იგი 7.5% - ით დაჯგუფდა *P. caucasica*-ს ტაქსონთან, 4.5%-ით - *P. balansae*-ს ტაქსონთან და 14.9%-ით IC ჯგუფთან. ადგილობრივი ჯიშების ბოლო ჯგუფი დაჯგუფდა *P. pyraister*-ის ტაქსონთან. ქართულ ველურ მსხლებთან ამ ჯგუფის კავშირი არ გამოვლინდა. 237 ინდივიდის მონაცემებზე აგებულ DFA-ს გაფანტვის სქემაზე, რომელიც „ტაქსონური ჯგუფებით“ არის კლასიფიცირებული, ინდივიდები 3 ჯგუფად დაჯგუფდნენ (სქემა 6, A).

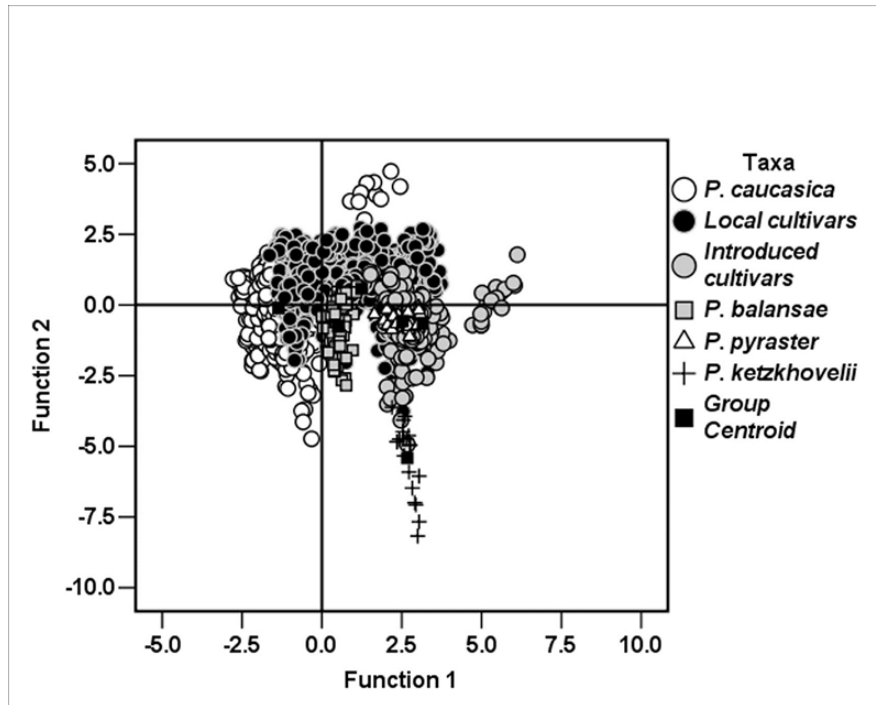


სქემა 6, A

სქემა 6. მსხლის ველური სახეობების და ჯიშების 239 ინდივიდის DFA -ს დისპერსიის სქემები, რომლებზეც მონაცემები დაჯგუფებულია ორი დამაჯგუფებელი ცვლადის გამოყენებით: (A) "ტაქსონური ჯგუფი" (დეროს, ფოთლის და ნაყოფის 20 მორფოლოგიური დესკრიპტორი და 20 წევრიანი ფოთლის ფორმის ამსახველი ლენდმარკული ჰარმონიკები); (B) "პროგენიტორი სახეობები" (12 მორფოლოგიური ნიშანი და 20 წევრიანი ფოთლის ფორმის ჰარმონიკები).

პირველი განცალკევებული ჯგუფი ფორმირებულია ველური მსხლის სახეობებით: *P. salicifolia*, *P. demetrii*, *P. georgica*, *P. sachokiana* და *P. syriaca* სქემის ზედა მარცხენა მხარეზე. ქვედა შუა ნაწილზე განლაგებულია პროგენიტორი სახეობები - *P. caucasica*, *P. balansae*, *P. pyraister*, *P. ketzkhoveli* და მსხლის ადგილობრივი ჯიშების ჯგუფის ნაწილი. ადგილობრივი ჯიშების ჯგუფის სხვა მსხლის ნაწილი შემოტანილი ჯიშების ჯგუფთან ერთად სქემის ზედა ნაწილშია განლაგებული *P. pyraister*-თან ერთად, რომლის ინდივიდების ნაწილიც შერეულია შემოტანილი ჯიშების ჯგუფთან.

საფეხურობრივი DFA-მ, რომელიც განხორციელდა დამაჯგუფებელი ცვლადით „პროგენიტორი სახეობები“, 20 წევრიანი ფოთლის ფორმის ჰარმონიკებით, ფოთლის 6 რაოდენობრივი და 6 ხარისხობრივი დესკრიპტორის გამოყენებით, კუმულაციური ვარიანსას მაღალი მონაცემი - 97.1% მიაწიჭა პირველ სამ CDF-ს (ცხრ. 6). λ -ს მნიშვნელობა სარწმუნო იყო პირველი CDF-სთვის (0.171) და ნაკლებად სარწმუნო დანარჩენი ორი CDF-სთვის (0.567 და 0.841).



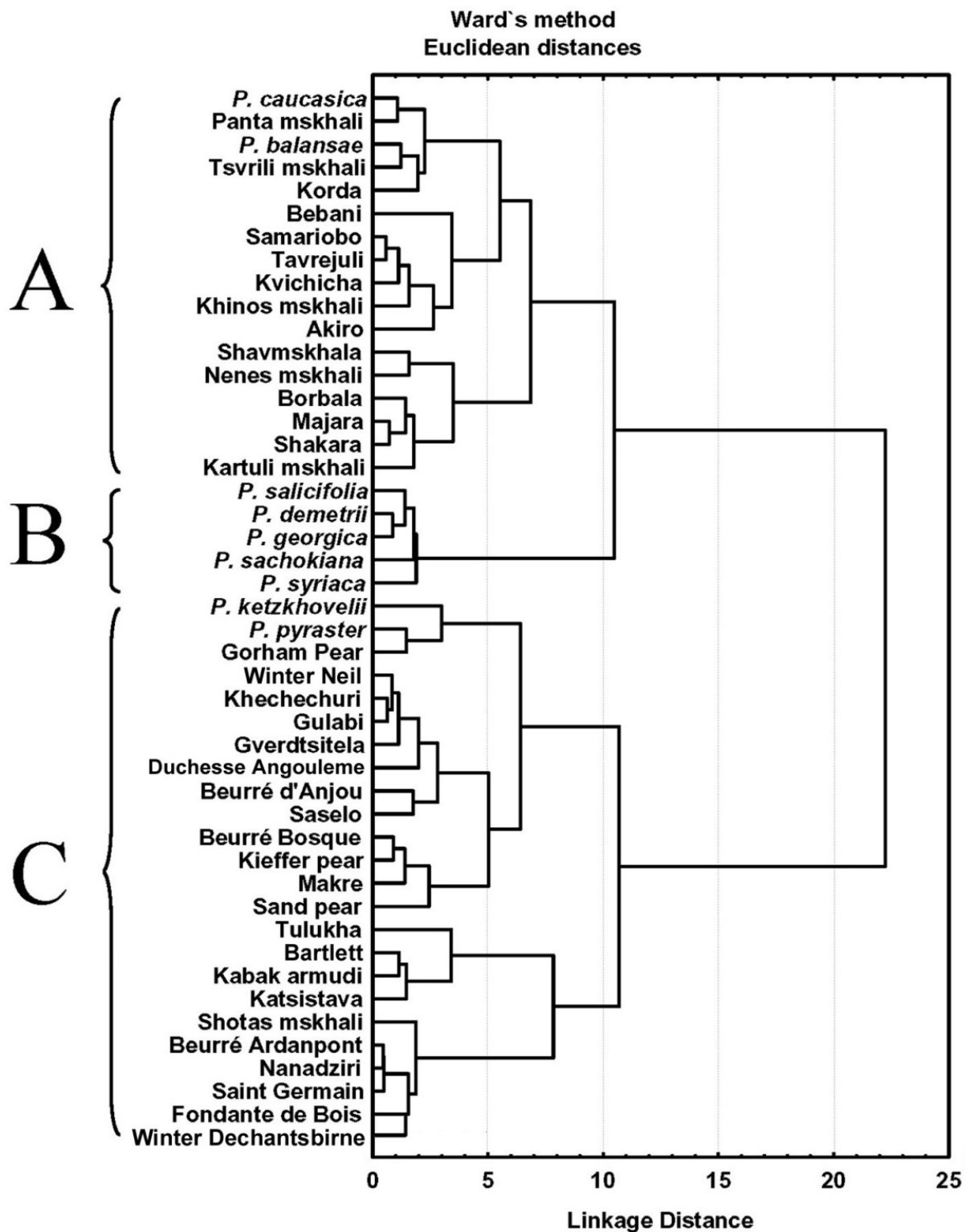
სქემა 6, B

კლასიფიკაციის რეზულტატის მიხედვით ინდივიდების 74.4% სწორად იქნა განაწილებული ჯგუფებში, რომელიც შედგენილი იყო 4 პროგენიტორი სახეობის - *P. caucasica*, *P. balansae*, *P. pyraeaster* და *P. ketzkhovellii* და ორი ჯიშის ჯგუფისაგან (LC, IC). *P. caucasica* 94.8%-ით სწორად განაწილდა და კავშირი გამოავლინა LC ჯგუფთან (2.3%), *P. balansae* -სთან (2.9%) და *P. ketzkhovellii* -სთან (0.5%). LC ჯგუფი ძლიერ არის გაბნეული ჯგუფებს შორის და მისი ჯგუფებში წევრობის სიზუსტის მაჩვენებელი მხოლოდ 38.4%-ს აღწევს. ეს ჯგუფი ყველა ტაქსონთან არის დაკავშირებული (სქემა 6, B) და ახლო ნათესაობას ავლენს *P. caucasica*-თან (21.5%) IC ჯგუფთან (22.4%). ამ ჯგუფის ინდივიდები განაწილდნენ ასევე *P. balansae* -ს (5.1%), *P. pyraeaster* -ის (12.3%) და *P. ketzkhovellii* -ის (0.3%) ჯგუფებში (ცხრ. 14).

დამაჯგუფებელ ცვლადთა კლასიფიკაციის სისტემა „ჯიში“ DFA-ში გამოყენებული იყო მსხლის ცალკეული ჯიშების დასაჯგუფებლად მათ პოტენციურ პროგენიტორ სახეობებთან. მოცემული კლასიფიკაციით განხორციელებული DFA-ს ბაზისად გამოყენებული იქნა ღეროს, ფოთლის და ნაყოფის 20 დესკრიპტორული მონაცემი, რომელიც რაოდენობრივ და ხარისხობრივ ცვლადებს მოიცავდა და კვლავ ფოთლის

ფორმის 1 გამომსახველი ლენდმარკული დესკრიპტორს, რომელიც 20 წევრიან ჰარმონიკებს წარმოადგენდა თითო ფოთლისათვის. პირველი ორი CDF-ს მოცემულ შემთხვევაშიც ვარიანსას მაღალი კუმულატიური პროცენტული მაჩვენებელი - 94.5% ჰქონდათ (ცხრ. 6) და მათი λ -ს მნიშვნელობაც დაბალი, ანუ მნიშვნელოვანი იყო. კლასიფიკაციის შედეგებმა (ცხრ. 7) უჩვენა, რომ 237 დან მხოლოდ 111 ინდივიდი (46.8%) განაწილდა სწორად ჯგუფებში, რომელიც შექმნილი იყო 38 ჯიშის და მსხლის პროგენიტორი 4 სახეობისგან (ჯამში 42 ჯგუფი). ყველაზე დიდი გადაფარვა დაფიქსირდა ჯიშებს შორის. ზოგიერთი ჯიში ძალზე დაბალი სიზუსტით განაწილდა ჯგუფებში მაგ.: 'ხეჭეჭური' (5%), 'ზამთრის მსხალი' ['Winter Nelis'] (8.35%) და გულაბი (13.3%). დიდი მსგავსება (36.8%) გამოვლინდა ადგილობრივ ჯიშებს (LC) - 'კვიჭიჭა', 'წვრილმსხალა', 'ზინოს მსხალი', 'ნენეს მსხალი', 'თავრეჯული', 'სამარიობო', 'პანტა მსხალი', 'ბებანი', 'ქართული მსხალი', 'აყირო', 'თაფლა მსხალი', 'ზორბალა' და *P. caucasica*-ს შორის. შემოტანილმა ჯიშებმა (IC) ძალზე ძლიერი მსგავსება გამოავლინეს *P. pyraster*-თან და თითქმის 100%-იანი სიზუსტით განლაგდნენ ჯგუფებში. *P. pyraster*-თან საკმაოდ დიდი მსგავსება (33.3%) გამოავლინეს ადგილობრივმა ჯიშებმა 'წითელგვერდამ' და 'თულუხამ'. 10%-იანი მსგავსება გამოვლინდა *P. ketzkhovelii*-სა და შემოტანილ ჯიშს შორის 'Gorham pear' ('გორძამა'), რომელიც 'ბერყენას' სინონიმითაც არის ცნობილი.

ურთიერთკავშირი ველური მსხლის 9 სახეობასა და 37 ჯიშს შორის ასახულია იერარქიული კლასტერული ანალიზით (HCA) აგებულ დენდროგრამაზე (სქემა 7). მცენარეული მასალის თავში მოცემულ ცხრილში (ცხრ. 2; თავი 4.1.3.) ჯიშები 'კახური გულაბი' და 'გულაბი' ცალ-ცალკეა გრაფებშია განთავსებული დენდროგრამაზე ეს ორი ტაქსონი ერთ ტაქსონად 'გულაბი' არის წარმოდგენილი, რადგან DFA მეთოდით ჯგუფებში განაწილების დროს მათ ძლიერი ურთიერთმსგავსება გამოავლინეს (98.7%). ტაქსონები დენდროგრამაზე განაწილებულია 3 ძირითად ჯგუფში:



სქემა 7. HCA დენდროგრამა აგებული ევკლიდური დისტანციების გამოყენებით, სადაც უორდის მეთოდი გამოყენებულია, როგორც ამალგამაციის წესი. 39 ჯიშის და 9 ველური მსხლის ურთიერთ მორფოლოგიური კავშირი გამოსახულია სამი A, B და C კლასტერის სახით.

1) პირველი ჯგუფი მოიცავს *P. caucasica*-ს და *P. balansae*-ს ველური ტაქსონებიდან და 15 ადგილობრივ ჯიშს; 2) მეორე ჯგუფში გაერთიანებულია ბერყენების ჯგუფის წარმომადგენელი 5 სახეობა, რომლებიც გამოცალკევდნენ პროგენიტორი მსხლების და ჯიშების ჯგუფებიდან. 3) მესამე ჯგუფი კი მოიცავს *P. pyraster* -ს, *P. ketskhovelii*-ს და მსხლის 22 ადგილობრივ და შემოტანილ ჯიშს.

P. pyraster-ი და *P. ketskhovelii* ძალზე ახლოს განლაგდა ჯიშ 'გორძამასთან' ('Gorham pear') კლასტერ C-ში და 23 დისტანციის ერთეულით გამოცალკევდა სხვა (A და B) ჯგუფებისაგან. სხვადასხვა ტაქსონებმა გამოავლინეს ძალზე ახლო (≤ 1) ურთიერთკავშირი: 1) *P. caucasica*-მ და 'პანტა მსხალმა'; 2) *P. balansae*-მ და 'წვრილმსხალამ'; 3) 'სამარიობომ' და 'თავრეჯულმა'; 4) 'მაჟარამ' და 'თაფლა მსხალმა'; 5) *P. demetrii*-მ და *P. georgica*-მ; 6) 'Winter Nelis-მა', და 'ხეჭეჭურმა', 'გულაბმა' და 'გვერდწითელამ'; 7) 'Sand pear-მა' (მიკადომ), 'Kieffer pear-მა', 'Beurré Bosque-მ' და ქართულმა ჯიშმა 'მაქრე'; 8) 'Bartlett-მა', 'ყაბაყ-არმუდმა' და 'კაცისთავამ'; 9) 'Beurré Ardanpont-მა', 'Saint Germain-მა' და ქართულმა ჯიშმა 'Nanadziri'.

5.2. გენეტიკური კვლევის შედეგები

ველური მსხლები: მსხლის ქართული ჯიშების ველური ნათესავი *P. caucasica*, და ევროპული ჯიშების პროგენიტორი *P. pyraster* ერთმანეთისგან მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან გენეტიკური სტრუქტურით, როგორც ამას წყვილი *F_{ST}* მნიშვნელობების პერმუტაციის ტესტი უჩვენებს (ცხრ. 15).

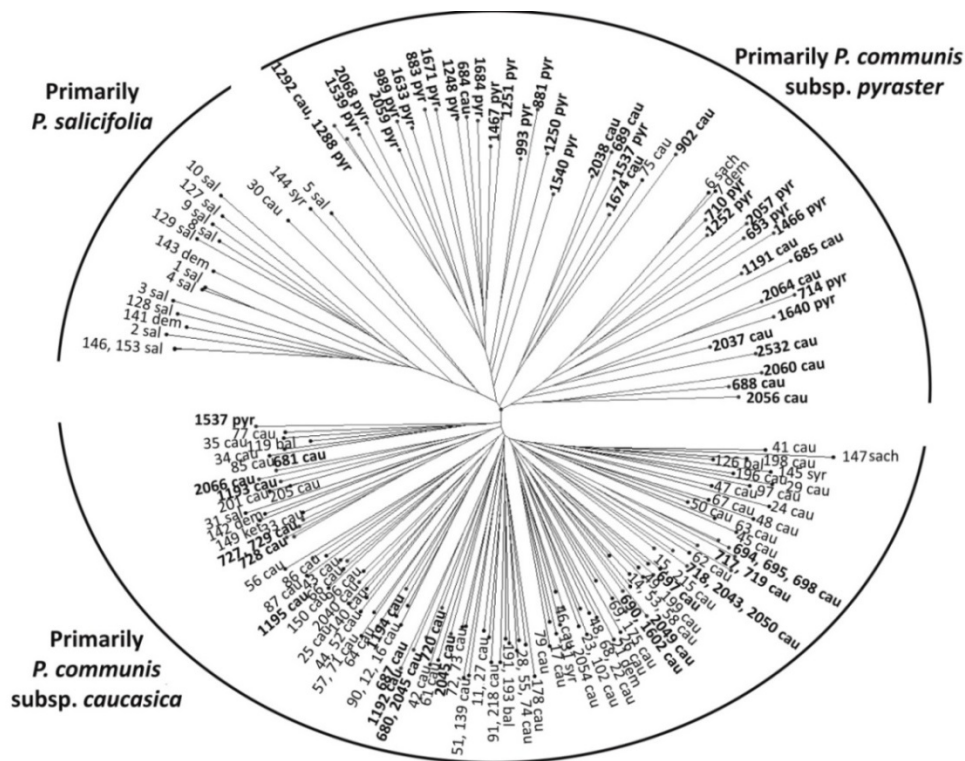
ცხრილი 15. გენეტიკური სხვაობა *P. caucasica*-ს, *P. pyraster*-ს და *P. salicifolia*-ს შორის. ცხრილში მოცემულია ინდივიდთა რიცხვი (n), ალელების საშუალო რაოდენობა ლოკუსში, ეფექტური

ჰეტეროზიგოტულობა (H_e), ალელთა მრავალფეროვნება, გენეტიკური სხვაობა (F_{ST}), და F_{ST} -ს დამაჯერებლობის ინტერვალები.

ტაქსონი	n	ალელების საშუალო/ ლოკუსში	H_e	ალელთა მრავალფეროვნება (N=12 ინდ.)	F_{ST}	დამაჯერებლობის 95% -იანი ინტერვალი
<i>P. caucasica</i>	112	17	0.761	9		
<i>P. pyraeter</i>	28	12	0.840	9	0.135	0.077 - 0.203
<i>P. salicifolia</i>	14	9	0.746	8		

ინდივიდთა შორის დისტანციების გრაფიკულმა გამოსახულებამ გამოავლინა, რომ *P. salicifolia* დამაჯერებლად იყო ცალკე კლასტერად გამიჯნული. ეს კლასტერი ასევე მოიცავდა *P. syriaca*-ს და *P. demetrii*-ს ინდივიდებსაც. *P. pyraeter*-ის ინდივიდები განაწილდნენ სხვადასხვა კლასტერებში და დაჯგუფდნენ: NPGS-ს ბაზებიდან მოპოვებული *P. caucasica*-ს ნიმუშებთან საქართველოს ტერიტორიაზე შეგროვებულ *P. caucasica*-ს თან (ნიმუში N75). *P. sachochiana*-ს (6 sach) და *P. demetrii* -ს (7 dem) თითო ნიმუში დაჯგუფდა NPGS-ბაზის *P. pyraeter* და NPGS *P. caucasica*-ს ნიმუშებთან (სქემა 8) საქართველოს ტერიტორიაზე შეგროვებული 73 *P. caucasica*-ს ნიმუშიდან 41 გენეტიკურად NPGS *P. caucasica*-ს ნიმუშების მსგავსი აღმოჩნდა. ორივე ტაქსონური ჯგუფი ძალზე ახლოს და ჯგუფდა *P. balansae*-ს საქართველოში შეგროვილ 10 ნიმუშთან. ამასთან, *P. sachokiana*-ს ერთი ნიმუში (145 sach), *P. demetrii* -ს 4 ნიმუში და *P. ketzkhovelli*-ს ერთი ნიმუში *P. caucasica*-ს კლასტერში მცირე ჯგუფის სახით განლაგდნენ. ეს ფაქტი მიუთითებს აღნიშნული ინდივიდების გენომებს შორის საერთო გენების არსებობაზე, ანუ ჰიბრიდიზაციაზე. აღსანიშნავია, რომ ამ ბუნებრივი ჰიბრიდების პროგენიტორი არის *P. caucasica* და არა პირიქით.

დენდროგრამის მიხედვით *P. balansae*-ს ნიმუშები *P. caucasica*-ს კლასტერში არიან გაფანტული, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ ეს ორი სახეობა გენეტიკურად მკაცრად დიფერენცირებული არ არის, რასაც ვასკვნიტ გამოყენებული მიკროსატელიტური მარკერების საფუძველზე.



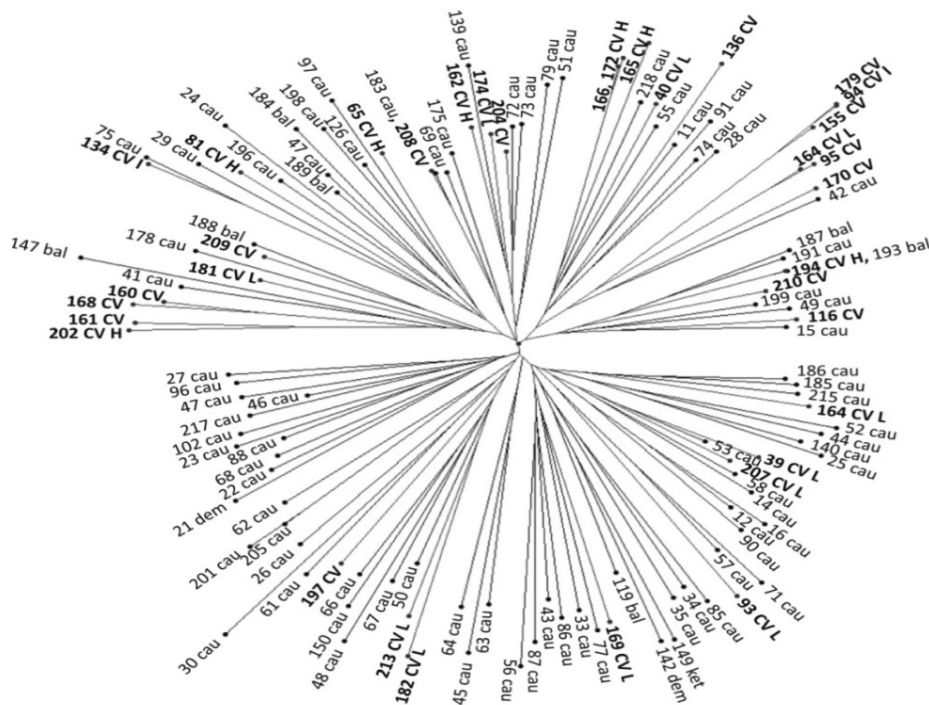
სქემა 8. მეზობელ-შემაკავშირებელი დენდროგრამა, რომელზეც ილუსტრირებულია გენეტიკური დისტანციები: ღია ფერში მოცემულ - USDA-ARS მცენარეთა ეროვნული გენოფონდის სისტემის ნიმუშებს : *P. caucasica* (cau) და *P. pyraeaster* (pyr); მუქ ფერში გამოსახულ - საქართველოში შეგროვილი ველური მსხლების ნიმუშებს: *P. caucasica* (cau), *P. salicifolia* (sal), *P. demetrii* (dem), *P. syriaca* (syr), *P. sachokiana* (sach), *P. balansae* (bal), *P. ketzkhovelli* (ket) and *P. bulgarica* (bul) შორის. დენდროგრამის პრედომინანტული რეგიონები *P. salicifolia*, *P. pyraeaster*, და *P. caucasica* მარკირებულია. ნიმუშების რაოდენობრივი მონაცემები ნაჩვენებია ცხრილში (ცხრ 6,7; თავი 4.2.7).

საქართველოში შეგროვილი ველური *P. caucasica*-ს ნიმუშები შედარდა USDA-ARS მცენარეთა ეროვნული გენოფონდის სისტემის *P. caucasica*-ს ნიმუშებს, რათა გარკვეულიყო, თუ რამდენად არსებობდა მათ შორის განსხვავება. მიუხედავად იმისა, რომ ნიმუშთა ორივე წყებას ჰეტეროზიგოტულობის და ალელთა მრავალფეროვნების მსგავსი დონე ჰქონდათ, ისინი განსხვავდებოდნენ გენეტიკური სხვაობის (F_{ST}) მონაცემებით (0.0257, დამაჯერებლობის 95%-იანი ინტერვალით 0.013-დან 0.042-მდე; ცხრ. 16).

ცხრილი 16. გენეტიკური სხვაობა *P. caucasica*-ს საქართველოში შეგროვილ და NPGS ბაზიდან აღებულ (Volk et al., 2006) ნიმუშებს შორის. ცხრილში მოცემულია ინდივიდთა რიცხვი (n), ალელების საშუალო რაოდენობა ლოკუსში, ეფექტური ჰეტეროზიგოტულობა (He), ალელთა მრავალფეროვნება, გენეტიკური სხვაობა (F_{ST}), და F_{ST} -ს დამაჯერებლობის ინტერვალები.

ტაქსონი	n	აღაღების საშუალო/ ლოკუსში	He	აღელთა მრავალფეროვნება (N=39 ინდ.)	F _{ST}	დამაჯერებლობ ის 95% -იანი ინტერვალი
<i>P. caucasica</i> (GE)	71	15	0.727	13	0.0257	0.013 - 0.042
<i>P. caucasica</i> (NPGS)	41	13	0.791	12		

ეს მონაცემები უჩვენებს, რომ საქართველოში მოპოვებული *P. caucasica*-ს ნიმუშების გენეტიკური მრავალფეროვნება შედარებით დაბალია NPGS ბაზიდან აღებული *P. caucasica*-ს ნიმუშების მრავალფეროვნებისგან, რაც განასხვავებს ამ ორ ჯგუფს ერთმანეთისაგან.



სქემა 9. მეზობელ-შემაკავშირებელი დენდროგრამა, რომელზეც ილუსტრირებულია გენეტიკური დისტანციები: მსხლის ჯიშებსა და ველურ სახეობებს შორის. სახეობები და ჯიშები შესაძლო ნათესაურ კავშირში არიან *P. caucasica*-სთან. საქართველოში შეგროვილი ჯიშებიდან

დენდროგრამაზე - ადგილობრივი ჯიშები (CV L), შემოტანილი ჯიშები (CV, CV I) და მათ შორის გარდამავალი მორფოლოგიური ნიშნების მქონე ჯიშები (CV H) მონიშნულები არიან მუქ ფერად ფრჩხილებში მითითებული აკრონიმებით. ველური სახეობები: *P. demetrii* (dem), *P. syriaca* (syr), *P. sachokiana* (sach), *P. balansae* (bal), და *P. ketzkhovelli* (ket) მონიშნულები არიან ღია ფერად, ფრჩხილებში მათთვის მითითებული აკრონიმებით. ნიმუშების რაოდენობრივი მონაცემები ნაჩვენებია ცხრილში (ცხრ 6, 8; თავი 4.2.7.).

საქართველოში შეგროვილ მსხლის 35 ჯიშს და *P. caucasica*-ს 73 ინდივიდს შორის ინდივიდთა შორისმა დისტანციების ვიზუალიზაციამ უჩვენა, რომ მორფოლოგიური კვლევით იდენტიფიცირებული მსხლის ადგილობრივი ჯიშები *P. caucasica*-ს კლასტერში არიან გაბნეული (სქემა 9) მიღებული შედეგი უჩვენებს, რომ მსხლის ჯიშები ახლო ნათესაურ კავშირში არიან *P. caucasica*-სთან, როგორც ქართული ჯიშების და ევროპაში გავრცელებული ველური სახეობის *P. pyraster*-ის პირველად ველურ ნათესავ სახეობასთან.

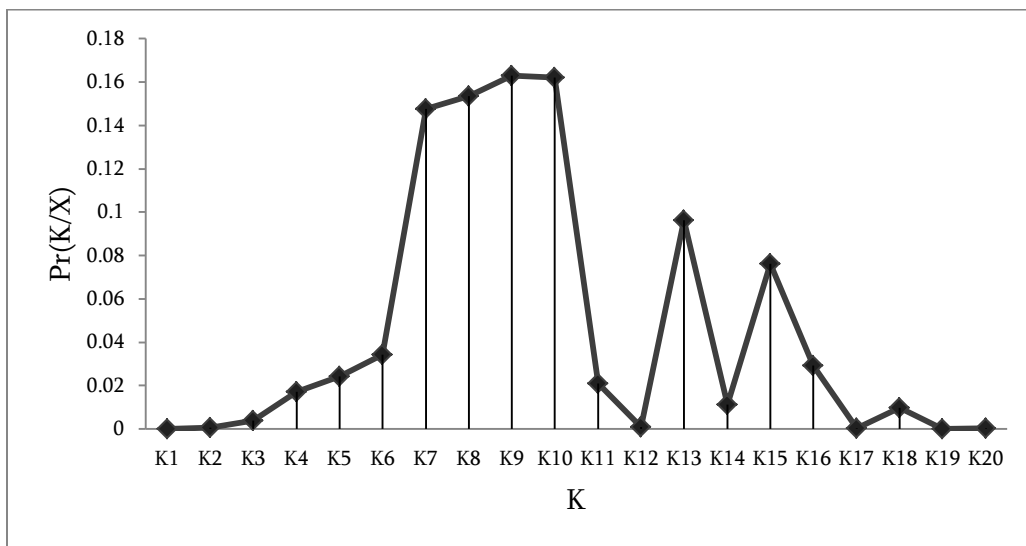
ცხრილი 17. გენეტიკური სხვაობა მსხლის ჯიშებსა და *P. caucasica*-ს საქართველოში შეგროვილ ნიმუშებს შორის. ცხრილში მოცემულია ინდივიდთა რიცხვი (n), ალელების საშუალო რაოდენობა ლოკუსში, ეფექტური ჰეტეროზიგოტულობა (He), ალელთა მრავალფეროვნება, გენეტიკური სხვაობა (F_{ST}), და F_{ST} -ს დამაჯერებლობის ინტერვალები.

ტაქსონი	n	ალელების საშუალო/ლოკუსში	He	ალელთა მრავალფეროვნება (N=39 ინდ.)	F_{ST}	დამაჯერებლობის 95%-იანი ინტერვალი
მსხლის ჯიშები (GE)	9	6	0.696	6	0.002	-0.010 to 0.017
<i>P. caucasica</i> (GE)	71	15	0.727	6		

მსხლის ჯიშებს და *P. caucasica*-ს შორის გენეტიკური ნათესაობის შესწავლამ გამოავლინა, რომ გენეტიკური სხვაობა მათ შორის უმნიშვნელოა ($F_{ST} = 0.0002$, დამაჯერებლობის 95%-იანი ინტერვალით -0.010-დან 0.017-მდე; ცხრ. 17).

ბაიეზიანურ კანონზე დაფუძნებული სტრუქტურული ანალიზით 10 მორფოლოგიური ტაქსონი გაანალიზდა ჯგუფური ცვლადის სახით: 1) *P. caucasica*

Fed. 2) *P. balansae* Deciasne, 3) *P. nivalis* Jacq., 4) *P. salicifolia* Pall., 5) *P. syriaca* Boiss, 6) *P. pyrifolia* (Brum.) Nakai. 7) *P. pyrastrer* L, 8) *P. caucasica* -ს დომესტიკაციით მიღებული მსხლის ადგილობრივი ჯიშები, 9) *P. pyrastrer*-სა და *P. caucasica* -ს გან მიღებული მსხლის ჯიშებს შორის გარდამავალი (ჰიბრიდული) მორფოლოგიური ნიშნების მქონე მსხლის ადგილობრივი ჯიშები, 10) ევროპიდან შემოტანილი მსხლის ჯიშები. კლასტერული ანალიზით მიღებულმა აბსოლუტური ალბათობების გრაფიკულმა გამოსახვამ უჩვენა, რომ პოპულაციების შესაძლო რაოდენობა გაანალიზებულ მონაცემებში 7-ს არ აღემატებოდა (სქემა 10). მიუხედავად იმისა, რომ სქემაზე მოცემულ გრაფიკზე პირველი ექსპონენციალური ზრდა სიმულაციის დროს ფიქსირდება, როცა პოპულაციის (k) სავარაუდო რაოდენობა 4-ის ტოლია, შვიდი პოპულაციის არსებობა გაანალიზებულ მონაცემებში უფრო მაღალია, რადგან ეს მაჩვენებელი k -ს მნიშვნელობა 7-ზე ნახტომისებურად გაიზარდა.

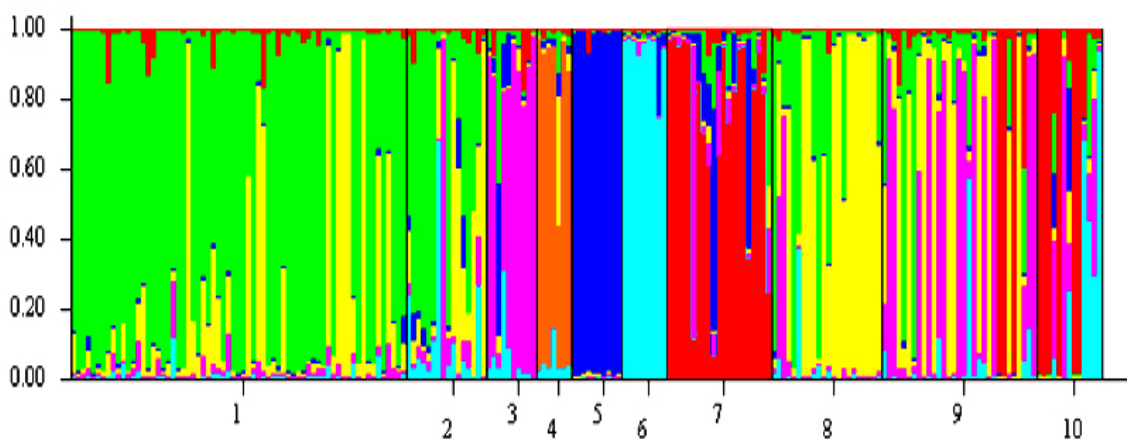


სქემა 10. პოპულაციათა რაოდენობის ალბათობა. სქემაზე $Pr(K/X)$ -ს ლოგარითმულ სკალაში გადაყვანილი მაჩვენებლები დაკავშირებულია k -ს სიმულაციების წინასწარგანსაზღვრულ (1-დან 20-მდე) დიაპაზონთან და გრაფიკულად გამოსახავს k -ს ყველაზე შესაძლო მნიშვნელობას გაანალიზებულ მონაცემებში.

მორფოლოგიურად განსაზღვრული ტაქსონური ჯგუფების სტრუქტურულმა ანალიზმა (სქემა 11) უჩვენა, რომ *P. caucasica*-ს. (1), *P. balansae*-ს (2), და *P. caucasica* -ს

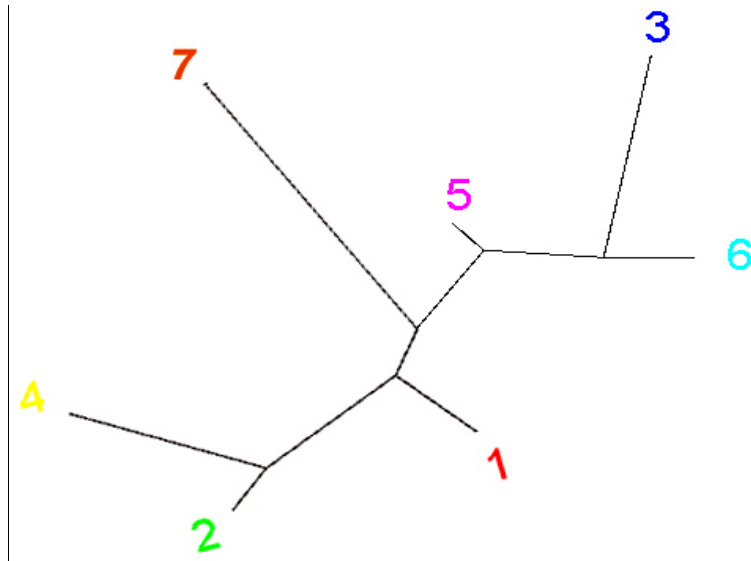
დომესტიკაციით მიღებული ჯიშებს (8) მსგავსი გენეტიკური სტრუქტურა აქვთ. სამივე ჯგუფში დომინირებს ყვითელი ფერი, ეს სტრუქტურული ფერი გვევლინება *P. balansae*-ს გენოფონდის რეალისტური საზღვრებად. როგორც სქემა 11-დან ჩანს, ეს სტრუქტურული ფერი *P. balansae*-ს (2) მორფოლოგიურად დადგენილ საზღვრებს ბევრად სცილდება და *P. caucasica*-ს (1) ტაქსონურ ჯგუფშიც თვალსაჩინოდ არის წარმოდგენილი, რომელიც სტრუქტურულად მწვანე ფერით არის გამოსახული სქემაზე. ველზე შეგროვებული მონაცემების გადამოწმებით დადგინდა, რომ *P. caucasica*-დ მიჩნეული ინდივიდები, რომელშიც ყვითელი ფერი დომინირებს, დასავლეთ საქართველოში, კერძოდ რაჭის, სვანეთის და იმერეთის ტერიტორიებზეა შეგროვილი. დანარჩენი ორი სტრუქტურული ფერი - ვარდისფერი და წითელი, რომლებიც მეტ-ნაკლებად არიან წარმოდგენილი *P. caucasica*-ს (1), *P. balansae*-ს (2) და 15 აბორიგენული მსხლის ჯიშის ინდივიდებში (8), ეკუთვნის *P. nivalis*-ს (3) და *P. pyraister*-ს (7), რაც ჰიბრიდიზაციის პროცესზე მიუთითებს ამ ტაქსონებს შორის. ევროპული მსხლების პროგენიტორი ველური სახეობა *P. pyraister*-ი (7) ევროპიდან შემოტანილ ჯიშებთან (10) გენეტიკური სტრუქტურით ძალზე ახლოს განლაგდა. ჰიბრიდული მორფოლოგიური ნიშნების მქონე მსხლის ადგილობრივი ჯიშები (9) თითქმის თანაბრად იზიარებენ ოთხი ველური პროგენიტორის: *P. caucasica*-ს (1), *P. balansae*-ს (2), *P. nivalis*-ის (3) და *P. pyraister*-ის (7) გენებს. აღმოსავლეთ აზიური მსხლების პროგენიტორ სახეობა *P. pyrifolia*-სთან (6) გენთა მიმოცვლის კვალი მცირედ ფიქსირდება კავკასიურ პანტებში (1,2) და მათგან მიღებულ ქართულ მსხლის ჯიშებში (8), ისევე როგორც *P. pyraister*-ის (7) ჯგუფში, თუმცა ეს მონაცემი ნაკლებად სარწმუნოა, რადგან ევროპული და აზიური ველური მსხლები დიდი ტერიტორიული ინტერვალით არიან ერთმანეთს დაცილებული, თუმცა ჰიბრიდიზაციის წყარო შესაძლოა გახდეს აზიიდან შემოტანილი კულტურული ჯიშები. *P. pyrifolia*-ს (6) გენები მართლაც გაცილებით დიდი რაოდენობით არის წარმოდგენილი ევროპულ ჯიშებში (10), ვიდრე მათ ველურ პროგენიტორებში. ველური ტაქსონების - *P. balansae* (2), *P. nivalis* (3), *P. syriaca* Boiss, 6) *P. pyrifolia* (6), და *P. pyraister* (7) ჯგუფებში მცირედ

ფიქსირდება *P. syriaca*-სთან (5) გენთა მიმოცვლის კვალი, რომელიც მსხლის რამოდენიმე შუაზიური ჯიშის არაპირდაპირ პროგენიტორ სახეობად ითვლება. ტირიფფოთოლა ბერყენას (*P. salicifolia*) ჯგუფი (4) მისი გენების საბაზისო სტრუქტურით გამიჯნულია ყველა სხვა ტაქსონისგან. ეს ჯგუფი არ გასცემს გენებს, თუმცა ძალზე მცირე რაოდენობით კავკასიურ პანტების (1,2) გენთა რეციპიენტს წარმოადგენს.



სქემა 11. გენოფონდის სტრუქტურული ანალიზის შედეგი. სქემაზე ძელაკებით გამოსახული კლასტერებით მოცემულია მორფოლოგიური ჯგუფების: *P. caucasica* (1); *P. balansae* (2); *P. nivalis* (3); *P. salicifolia* (4); *P. syriaca* (5); *P. pyrifolia* (6); *P. pyrastra* (7); *P. caucasica* -ს დომესტიკაციით მიღებული მსხლის ადგილობრივი ჯიშები (8); ჰიბრიდული მორფოლოგიური ნიშნების მქონე მსხლის ადგილობრივი ჯიშები (9) და ევროპიდან შემოტანილი მსხლის ჯიშები (10) გენეტიკური სტრუქტურის ურთიერთმსგავსება.

სტრუქტურული ანალიზის ძელისებური სვეტების სქემაზე (სქემა 11) მოცემული ფერები ასახავენ 7 სტრუქტურულ ჯგუფს, იმ პოპულაციების ყველაზე შესაძლო რაოდენობის (k -ს) რიცხვს, რომელიც კლასტერული ანალიზის შემაჯამებელი ნუსხიდან აღებული აბსოლუტური ალბათობების და k -ს სიმულა ციებისთვის წინასწარგანსაზღვრულ (1-დან 20-მდე) დიაპაზონის ანალიზით გამოვლინდა. გამოვლენილი ჯგუფების ურთიერთკავშირი და დისტანცია მოცემულია სქემა 12-ზე.



სქემა 12. მორფოლოგიურად ვალიდურ ტაქსონებში კლასტერული ანალიზით გამოვლენილი 7 სტრუქტურული ჯგუფის ურთიერთკავშირის ამსახველი დენდროგრამა.

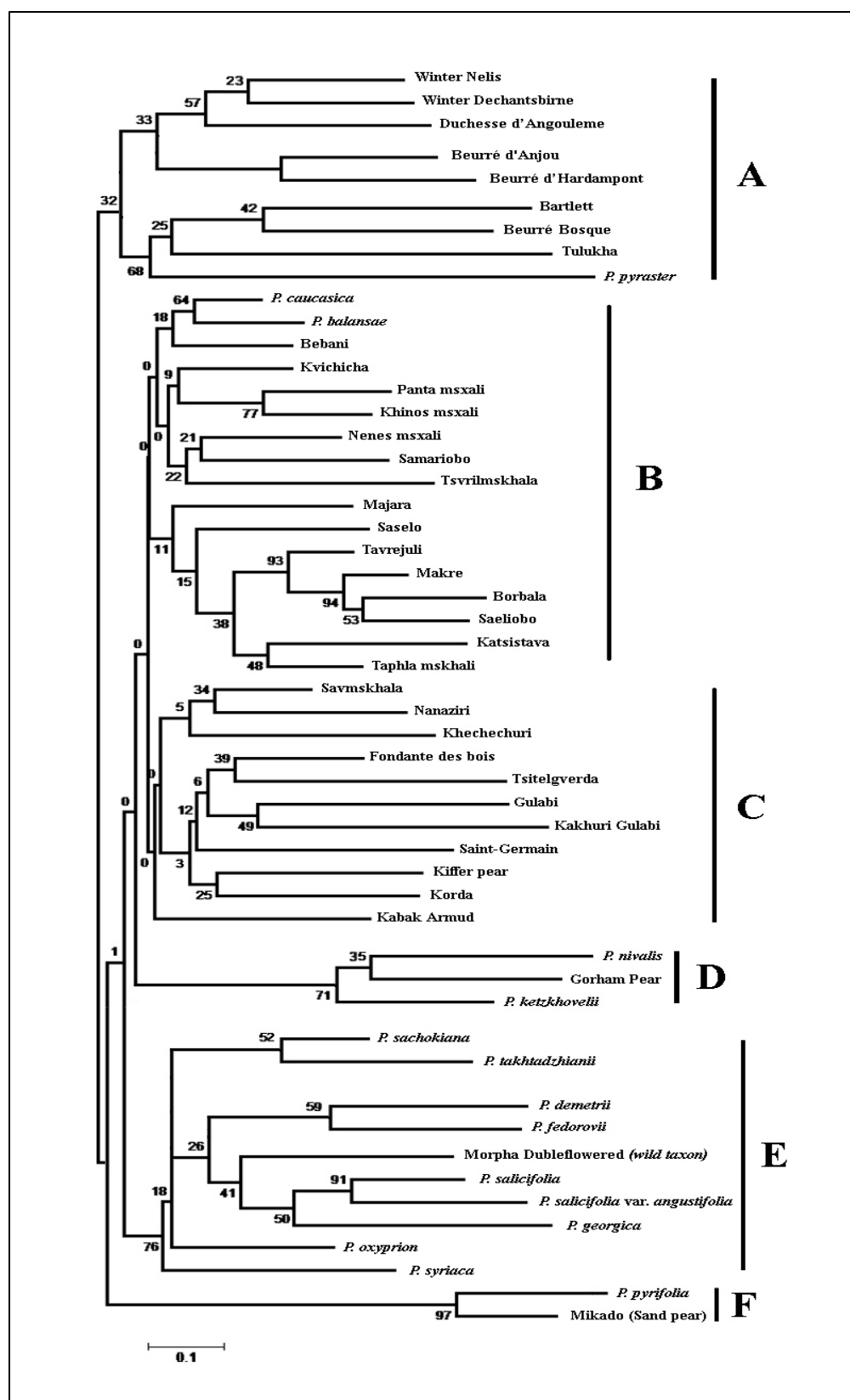
სქემაზე ნაჩვენებ დენდროგრამაზე (სქემა 12) სხვადასხვა ფრად შეფერილი რიცხვების ფერების მიხედვით კავკასიურ პანტას (*P. caucasica*) შეესაბამება მე-2 სტრუქტურული ჯგუფი, *P. balansae*-ს მე-4 სტრუქტურული ჯგუფი; *P. pyraister* -ს ძირითადად 1-ლი ჯგუფი; *P. salicifolia*-ს მე-7 ჯგუფი. *P. nivalis*-ს მე-5; *P. syriaca*-ს მე-3, ხოლო *P. pyrifolia*-ს მე-6 ჯგუფი.

მორფოლოგიურ მახასიათებლებზე დაყრდნობით შექმნილი ტაქსონური ჯგუფების გენეტიკური სტრუქტურის კვლევა უჩვენებს, რომ გენეტიკური მონაცემებით გამოვლენილი პოპულაციები სტრუქტურულად არ ემთხვევიან მორფოლოგიურ ტაქსონურ ჯგუფებს. მიუხედავად იმისა, რომ ცალკეულ მორფოლოგიურ ტაქსონში ფერების მიხედვით განსაზღვრული პოპულაცია დომინირებს, შესწავლილი ტაქსონების მორფოლოგიური და გენეტიკური საზღვრები ერთმანეთისგან განსხვავდება. შედეგი ნათლად მიუთითებს ჰიბრიდიზაციაზე, რომელიც არამხოლოდ კულტურულ მსხლებში, არამედ ველურ მსხლებშიც თვალსაჩინოდ არის გამოხატული.

საქართველოს ტერიტორიაზე ნიმუშებად აღებული 13 ველური მსხლის ტაქსონს (*P. caucasica*, *P. balansae*, *P. demetrii*, *P. salicifolia*, *P. salicifolia* var. *angustifolia*, *P.*

ketzkhoveli, *P. georgica*, *P. sachokiana*, *P. takhtadzhianii*, *P. oxyprion*, *P. fedorovii*, *P. syriaca*, Morpha Doubleflowered); NCGR-ს მონაცემთა ბაზებში მოპოვებულ კულტურული მსხლების 3 პროგენიტორ სახეობას [*P. pyraister*, *P. nivalis*, *P. pyrifolia*] და საქართველოში შეგროვილი მსხლის შემოტანილ (N=12) და ადგილობრივ (N=24) ჯიშების შორის ურთიერთკავშირი ასახულია დენდროგტამაზე (სქემა 13). მეზობელ-შემაკავშირებელი დენდროგრამა შექმნილია ჩამოთვლილი ტაქსონების 7 მიკროსატელიტური მარკერით (GD12, GD96, GD142, CH01D08, CH01D09, CH01F07A და CH02D12) შეფასების საფუძველზე.

სქემაზე გამოსახულ მეზობელ-შემაკავშირებელი დენდროგრამაზე (სქემა 13) გაანალიზებული ტაქსონები 6 კლასტერში (A,B,C,D,E და F კლასტერებში) განაწილდა. კლასტერი A მოიცავს *P. pyraister*-ს და ევროპიდან შემოტანილ მსხლის ჯიშებს ('Winter Dechantsbirne', 'Winter Nelis', 'Bartlett', 'Beurré Bosque', 'Beurré d' Hardanpont', 'Beurré d'Anjou', 'Duchesse d'Angouleme',) აღსანიშნავია, რომ კლასტერს შიგნით ევროპიდან შემოტანილი ზამთრის, ანუ გვიანური ჯიშები 'Winter Dechantsbirne', და 'Winter Nelis' ერთად, ხოლო „ბერე“ ჯგუფის მსხლები - 'Bartlett', 'Beurré Bosque', 'Beurré d' Hardanpont', 'Beurré d'Anjou', 'Duchesse d'Angouleme' ცალკე, ერთმანეთთან ახლოს დაჯგუფდნენ, რაც ამ ჯგუფების ჯიშების ერთმანეთისგან მცირედ განსხვავებაზე მიუთითებს. ამ ჯგუფში მოხვდა ადგილობრივი ჯიშის სტატუსით მოპოვებული ჯიში 'თულუხაც'. ეს ჯიში მორფოლოგიური ანალიზის დროსაც ევროპულ მსხლის ჯიშებთან დაჯგუფდა. 'თულუხას' ევროპულ მსხლის ჯიშებთან და მათ პროგენიტორთან დაჯგუფების ორი სავარაუდო მიზეზი არსებობს: 1. 'თულუხა' მსხლის რომელიმე ევროპული ჯიშის ქართული სინონიმია; 2. ეს ჯიში ყოფილი საბჭოთა კავშირის პერიოდში იქნა გამოყვანილი ევროპული ჯიშების ჰიბრიდიზაციის გზით. თუმცა ვერც ერთი დასკვნა ვერ მყარდება რაიმე წყაროთი.



სქემა 13. საქართველოში შერგოვილი და NCGR მონაცემთა ბაზებიდან აღებული ველური და კულტურული მსხლების ყველა ტაქსონის მეზობელ-შემაკავშირებელი დენდროგრამა. დენდროგრამაზე ტაქსონური ჯგუფების განლაგების მართებულობის სიზუსტე ასახულია ბუთსტრაფ მნიშვნელობებით, რომლებიც თითოეულ განშტოებაზე რიცხვებით არიან მოცემული.

კლასტერ B-ში გაერთიანდნენ კავკასიური პანტები - *P. caucasica*, *P. balansae*, და ქართული ადგილობრივი მსხლის ჯიშები : 'ბებანი', 'კვიჭიჭა', 'ხინოს მსხალი', 'პანტა მსხალი', 'ნენეს მსხალი', 'სამარიობო', და 'წვრილმსხალა' რომლებიც იგივე სუბკლასტერში მოექცნენ, სადაც პროგენიტორი სახეობები არიან მოთავსებული ეს ჯიშები მორფოლოგიურადაც *P. caucasica*-ს ნიშნების იდენტური ნიშნების მატარებლები არიან, რომლებიც მეხილეობის მონაცემებით პანტა მსხლების ჯგუფს განეკუთვნებიან. ამ სუბკლასტერის ჯიშები *P. caucasica*-ს პირდაპირი გზით გამორჩევით, ანუ დომესტიკაციით მიღებულ ჯიშებად შეიძლება ჩაითვალოს.

B კლასტერის მეორე სუბკლასტერში განთავსდნენ ჯიშები: 'მაჟარა', 'სასელო', 'თავრეჯული', 'მაქრე', 'ზორბალა', 'საელიობო', 'კაცისთავა' და 'თაფლა მსხალი'. ამ ჯიშების უმრავლესობა მეხილეობის მონაცემებით კალოს მსხლის ჯგუფს განეკუთვნება და ველური ნათესავებიდან *P. balansae*-ს იდენტური მორფოლოგიური ნიშნებით ხასიათდებიან.

C კლასტერი მოიცავს ევროპიდან შემოტანილ რამოდენიმე ჯიშს: 'Saint Germain', 'Kieffer pear', 'Fondante des Bois' და ადგილობრივ მსხლის ჯიშებს *P. caucasica*-სა და *P. pyraster*-ს შორის გარდამავალი მორფოლოგიური ნიშნებით. დამატებით უნდა აღინიშნოს, რომ C კლასტერში გაერთიანებული ჯიშების გენოფონდს *P. caucasica*-სა და *P. pyraster*-ის გარდა ნაწილობრივ *P. nivalis*-იც ქმნის, როგორც ეს გენოფონდის სტრუქტურულმა ანალიზმა აჩვენა. თუმცა ამ ჯიშებში არ არის გამოხატული აღნიშნული ველური პროგენიტორის ერთ-ერთი მთავარი დამახასიათებელი მორფოლოგიური ნიშანი - ფოთლის ქეჩისებრი შებუსვა.

D კლასტერი ორ პროგენიტორ სახეობას *P. nivalis*-ს, *P. ketzkhovellii*-ს და ერთ ჯიშს - 'Gorham pear'-ს მოიცავს. ეს ჯიში აზიაში, ევროპაში და ამერიკაშიც არის

გავრცელებული. ქართულად ამ ჯიშს: 'გორძამად' ან 'ბერყენა მსხლად' მოიხსენიებენ. მორფოლოგიური კვლევის დროს 'გორძამა' *P. ketzkhovelii*-სთან დაჯგუფდა, თუმცა ეს სახეობა არ არის ცნობილი როგორც მსხლის ჯიშების პირველი ჯგუფის ველური ნათესავი. გენეტიკურ ანალიზში *P. nivalis*-ის გენეტიკური მონაცემების ჩართვამ გამოავლინა მისი ნათესაური კავშირები კეცხოველის ბერყენასთან და 'გორძამა მსხალთან', რომლებიც *P. nivalis*-ის მორფოლოგიურ ნიშნებს იზიარებენ.

E კლასტერში სამ სუბკლასტერად გაერთიანდნენ საქართველოს ტერიტორიაზე შეგროვილი ბერყენები: *P. demetrii*, *P. salicifolia*, *P. salicifolia* var. *angustifolia*, *P. georgica*, *P. sachokiana*, *P. takhtadzhianii*, *P. oxyprion*, *P. fedorovii*, *P. syriaca*, *Morpha* *Dubleflowered*. ამ ჯგუფის ველურ მსხლეზე ჯიშებთან კავშირის თვალსაზრისით შესაძლოა ითქვას, რომ მათი გენები არ მონაწილეობენ მსხლის კულტურული ჯიშების გენოფონდში. თუმცა, მიუხედავად დენდროგრამაზე გამიჯნული პოზიციისა დიდი ალბათობით ეს სახეობებიც ჰიბრიდიზაციის პროცესის მონაწილეები არიან, როგორც *P. caucasica*-ს გენების რეციპიენტები. ბერყენების ფილოგენიის და ტაქსონომიის საკითხების დეტალური გარკვევა საჭიროებს დამატებით მოლეკულურ კვლევებს.

F კლასტერში გაერთიანდნენ *P. pyrifolia* და მსხლის აღმოსავლეთ აზიური ჯიში 'მიკადო', იგივე 'ქვიშის მსხალი', რომელსაც *P. pyrifolia*-ს იდენტური მორფოლოგიური ნიშნები აქვს. სხვა კლასტერებისგან F კლასტერი დიდი დისტანციით არის გამიჯნული და მის პოზიციას დენდროგრამაზე მაღალი ბუთსტრაფული მხარდაჭერა (95%) აქვს. ეს შედეგი ლოგიკურია რადგან ტაქსონომიურად ეს სახეობა მსხლის გვარის განსხვავებულ სექციაში - *Pashia* (Koehne)-შია განთავსებული.

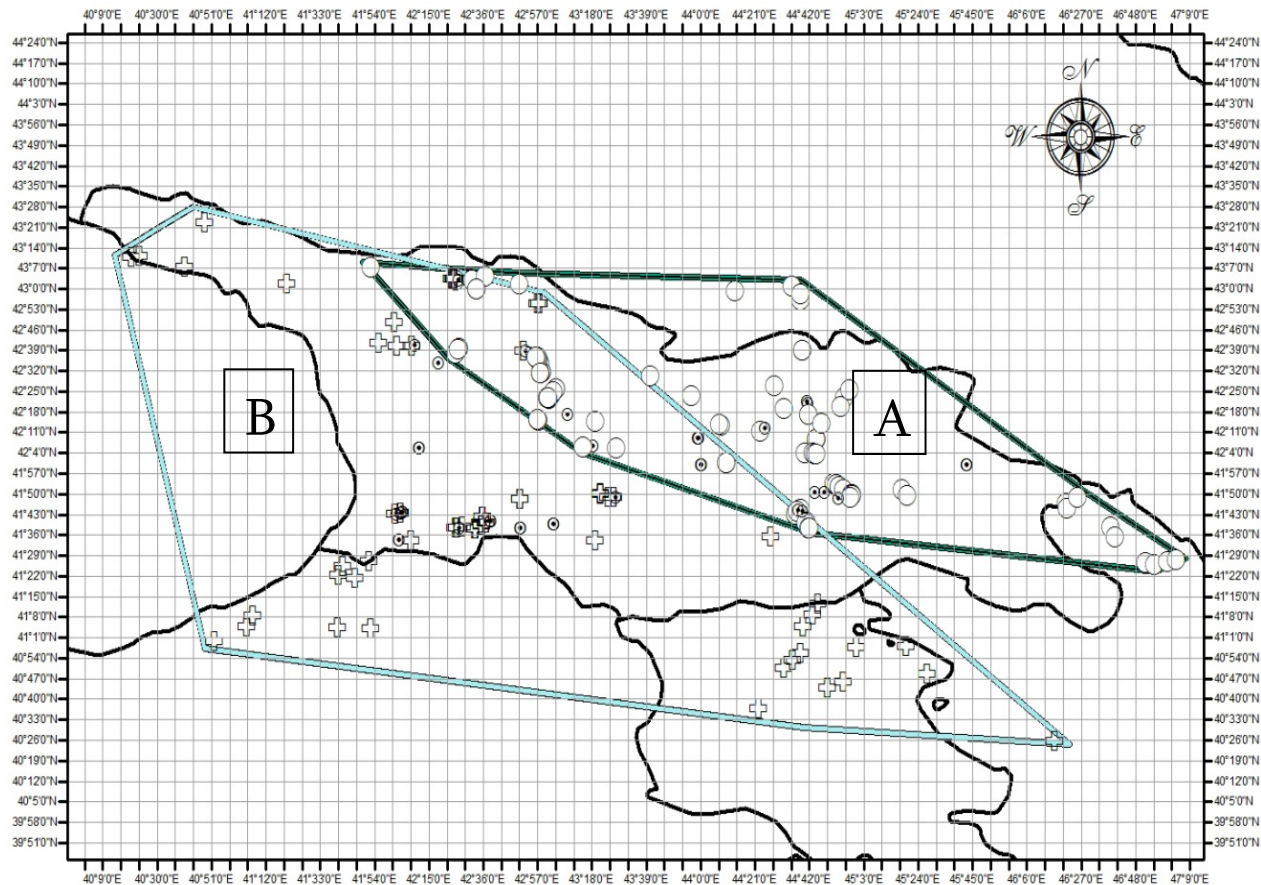
5.3. ნაპრალების-ანალიზის შედეგები

კავკასიური პანტის (*P. caucasica*) გავრცელების შესწავლით დადგინდა, რომ მისი ბუნებრივი არეალი კავკასიის ეკორეგიონს არ სცდება. ლიტერატურული

წყაროების, ჩვენს მიერ განხორციელებული სავსე კვლევების დროს შეგროვილი მონაცემების და ბოტანიკის ინსტიტუტის (TBI) საჭერბარო ნიმუშების კვლევით ჯამურად ველური პანტების (*P. caucasica*, *P. balansae*) 215 გავრცელების წერტილი იქნა გაანალიზებული კავკასიის ეკორეგიონში (ფართობი - 580000 კმ²). შედეგად დადგინდა: პანტების გავრცელების ვერტიკალური საზღვრები კავკასიის ეკორეგიონის დასავლეთ ნაწილში (დიდი კავკასიონის დასავლეთ ნაწილში - კრასნოდარის აღმოსავლეთის მხარე; დასავლეთ საქართველო; ყარაჩაი-ჩერქეზეთის სამხრეთის მხარე; ყაბარდო-ბალყარეთის სამხრეთის მხარე) ზღვის დონიდან 85-2200-მდე მერყეობს; სამხრეთ ნაწილში (მცირე კავკასიონზე - თურქეთის ჩრდილო-აღმოსავლეთის მხარე; სომხეთის ჩრდილოეთის მხარე; სამხრეთ საქართველო) - ზღვის დონიდან 560-2000 მეტრის დიაპაზონში; აღმოსავლეთ ნაწილში (დიდი კავკასიონის აღმოსავლეთ ნაწილში - აღმოსავლეთ საქართველოს ჩრდილოეთ მხარე; ჩრდ. ოსეთის, ინგუშეთის და ჩეჩნეთის სამხრეთის მხარეები; აზერბაიჯანის ჩრდილო-დასავლეთის მხარე) ზღვის დონიდან 142-1930 მეტრის დიაპაზონში. *P. caucasica*-ს ჰაბიტატი ტერიტორიულად ემთხვევა მცირე და დიდი კავკასიონის მუხნარების, წიფლნარების, რცხილნარების სხვადასხვა ფორმაციის ტყეებს და შერეული ტიპის ტყეებს. იშვიათად გვხვდება წიწვოვანი ტყეების პერიფერიულ ნაწილებში. იგი ასევე იშვიათად, ერთეულების სახით არის გავრცელებული ჭარბტენიან ტყეებში. *P. caucasica*-ს არეალი არ მოიცავს ზღვის პირა ქვიშნარ ჰაბიტატებს, ჭაობიან ტყეებს, არიდულ ნათელ ტყეებს, სემიარიდულ და არიდულ მცენარეულ თანასაზოგადოებებს. მაღალ მთაში ეს სახეობა მხოლოდ სუბალპური ტყეების ქვედა ვერტიკალურ საზღვრებთან ახლოს ვრცელდება და ძირითადად ასეთი ტყის პერიფერიებს იკავებს.

გავრცელების ბუნებრივი საზღვრების დასადგენად აიგო პანტების გავრცელების (*P. caucasica*, *P. balansae*) სქემატური გამოსახულება რუკაზე (სქემა 14) სახეობის პოვნის წერტილების მიხედვით. ამ სქემების მიზანია უჩვენოს განსხვავება *P. caucasica*-ს (სქემა 14, A) და *P. balansae*-ს (სქემა 14, B) არეალებს შორის, რომლებიც

რუკაზე პოლიგონებით არიან შემოსაზღვრული. არეალი ნაჩვენებია *P. caucasica*-ს (N=150), *P. balansae*-ს (N=65) პოვნის 215 წერტილის მიხედვით და არ მოცავს არ ყოფნის მონაცემებს.



სქემა 14. პანტების არეალი. (A, ○) *P. caucasica*-ს არეალი (B, ✚) *P. balansae*-ს არეალი. ბადის დანაყოფების რეზოლუცია 10x10 კმ². სქემაზე ჯიშები მოცემულია - ● აღნიშვნით.

ჩვენი მონაცემების მიხედვით, *P. caucasica* გავრცელებულია მხოლოდ დიდი კავკასიონის ცენტრალურ და აღმოსავლეთ ნაწილებზე. ჯიშების ნიმუშების აღების წერტილების მიხედვით (სქემა 14; A,B) ჩანს, რომ საქართველოში მათი გავრცელება *P. caucasica*-ს არეალს თითქმის მთლიანად ემთხვევა.

საქართველოს ტერიტორიის ფარგლებში *P. caucasica*-ს კონსერვაციული პრიორიტეტულობის შესაფასებლად მისი გავრცელების სიხშირე დაითვალა 10x10 კმ²-იანი დანაყოფების მიხედვით, რომელშიც ამ სახეობის არეალი ხვდება. არ არსებობს მონაცემები იმის შესახებ, თუ რამდენად მაღალია ამ სახეობის დაცულობის

ხარისხი, ან რამდენად დიდია მისთვის გადაშენების საფრთხე დაცული ტერიტორიების მიღმა. ამის გამო ნაპრალების-ანალიზის შეფასების სისტემაში *P. caucasica*-სთვის არსებული ენდემურობის და იშვიათობის კრიტერიუმები მისი გავრცელების მაქსიმალური ტერიტორიის შესაბამისი ქულით შეფასდა. კვადრატები, რომელშიც *P. caucasica* და ჯიშები ერთად დაჯგუფდნენ, სათვალავში არ იქნა მიღებული (ცხრ. 18).

მორფოლოგიურ და გენეტიკურ მონაცემებზე დაყრდნობით *P. caucasica* კულტურული მცენარეების ველური ნათესავების გენოფონდის და ტაქსონის 1b ჯგუფში ხვდება, რადგან იგი ადგილობრივი მსხლის ჯიშების პირდაპირი ხაზის პროგენიტორია. ამ სტატუსს შეფასების სისტემით ყველაზე მაღალი ქულა (10) შეესაბამება. ეს მონაცემი თეორიულად ნიშნავს იმას, რომ პანტის, როგორც ველური სახეობის სამეურნეო დანიშნულება დიდია, რაც მომავალში მისი გადაშენების ერთ-ერთი მიზეზი შეიძლება გახდეს თუ არ შემუშავდა ბუნებაში მისი აღდგენის გეგმა.

მსხლის მორფოლოგიური ტაქსონების გენოფონდის კლასტერული ანალიზის (სქემა 12, 13; თავი 5.2) მიხედვით *P. caucasica*-ს ჰიბრიდული ფორმებიც მოხვდა ამ სახეობისთვის მორფოლოგიურად განსაზღვრულ ტაქსონურ ჯგუფში. მიღებული შედეგების გადამოწმებით დადგინდა, რომ *P. caucasica*-ს ველზე შეგროვებული ნიმუშებიდან ჰიბრიდული გენოფონდის მატარებლები იყვნენ ის ინდივიდები, რომელთა შეგროვებაც ანთროპოგენული ზონის მახლობლად განლაგებულ ტყეებში მოხდა. ეს გარემოება *P. caucasica*-ს ინდივიდების პოვნის ალბათობას ძლიერ ამცირებს ანთროპოგენულ ზონებში, რადგან ამ სახეობის ინდივიდები და ბუნებრივი ჰიბრიდები ხშირ შემთხვევაში მორფოლოგიურად ერთმანეთის იდენტურები არიან.

ცხრილი 18. ნაპრალების-ანალიზით *P. caucasica*-ს შეფასების შედეგები.

პუნქტები	სტატუსი	ქულა
საფრთხე (IUCN)	არ არის შეფასებული (NE)	1
იშვიათობა	წარმოდგენილია 6-20 კვადრატში (10 კმ² x 10 კმ²)	4
ენდემურობა	მხოლოდ კავკასიაში	5

GP1+2	გენოფონდი 1b / ტაქსონური ჯგუფი 1b	10
ჯამი		20

ჩვენ ხელთ არსებული ინფორმაციის საფუძველზე ნაპრალების-ანალიზით შეფასების სისტემით საქართველოს ტერიტორიაზე *P. caucasica*-ს 20 ქულა მიენიჭა, რაც მიუთითებს ამ სახეობის მაღალ კონსერვაციულ პრიორიტეტულობაზე ჩვენი ქვეყნის ფარგლებს შიგნით. რაც შეეხება *P. caucasica*-სთვის მისადაგებულ საფრთხის (IUCN) კატეგორიას, თანამედროვე წარმოდგენით (Hunter & Heywood, 2011) იგი კავკასიაში დაბალი რანგისაა და შესაბამებელია კატეგორია - საფრთხის წინაშე ნაკლებად მყოფი (LC). ჩვენ ვთვლით, რომ *P. caucasica*-სთვის საფრთხე რეალისტურად არ არის შეფასებული კავკასიის რეგიონში და მისი სტატუსი კატეგორიზებული უნდა იყოს როგორც 'NE' - არ არის შეფასებული.

თავი 6. განხილვა

სადოქტორო თეზისში წარმოდგენილმა კვლევებმა მსხლის პროგენიტორი სახეობები დააკავშირა საქართველოს ადგილობრივ და შემოტანილ ჯიშებს. მათი ნათესაური კავშირი დაზუსტდა მორფოლოგიური და გენეტიკური კვლევით და განისაზღვრა *P. caucasica*-ს პოპულაციური სტრუქტურა საქართველოში, რაც კვლევით მიღებულ მთავარ სამეცნიერო სიახლედ შეიძლება ჩაითვალოს.

მორფოლოგიური კვლევა განხორციელდა ველური და კულტურული მსხლების ტაქსონების 27 დესკრიპტორული მორფოლოგიური ნიშნის (Thibault et al., 1983; UPOV, 2000) მორფომეტრიული ანალიზის საფუძველზე. სამიზნე ტაქსონურ ჯგუფებს შორის ნათესაური კავშირების გენეტიკური კვლევა კი განხორციელდა 11 მიკროსატელიტური მარკერით, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ველური სახეობებს და კულტურული ჯიშებს შორის ნათესაური კავშირების კვლევაში. მიკროსატელიტური მარკერები მაღალი სიზუსტით ავლენს ამ ნათესაურ კავშირებს თავისი თვისებების - რეპროდუქციულობის, კო-დომინანტურობის,

პოლიმორფიზმის და გადაცემის უნარის გამო (Volk et al., 2006; Yamamoto et al., 2002). გამოყენებული მეთოდები უზრუნველყოფენ ჩატარებული კვლევის რელევანტობას.

1) თეზისი აგებულია მონაცემებზე, რომლებიც სტატისტიკური თვალსაზრისით სრულყოფილად არ შეიძლება ჩაითვალოს როდესაც მსჯელობა ეხება ბერყენების სახეობების ან მორფო-გენეტიკურ ანალიზში ჩართული თითოეული ჯიშის იდენტობას. ბერყენას სახეობები და მსხლის სხვადასხვა ჯიშები ნაშრომში აღქმული უნდა იქნენ როგორც ჯგუფური ცვლადები შემდეგი გრადაციით: ბერყენა მსხლების ჯგუფი, ადგილობრივი მსხლის ჯიშების ჯგუფი, გარდამავალი მორფოლოგიური ნიშნების მქონე ადგილობრივი მსხლის ჯიშების ჯგუფი და შემოტანილი მსხლის ჯიშების ჯგუფი. მორფოლოგიური კვლევის სტატისტიკურ ანალიზში ბერყენები ცალკეული სახეობების ჯგუფებად არიან წარმოდგენილი მიუხედავად იმისა, რომ ინდივიდების რიცხვი თითოეული სახეობის ჯგუფში უმეტეს წილად 10-ზე მცირეა ან ამ რიცხვს დიდად არ აღემატება. გენეტიკური კვლევის სტატისტიკურ ანალიზში ბერყენას სახეობები და მსხლის ჯიშებიც, რომლებიც შესადარებელი ჯგუფის შექმნისთვის იქნა გამოყენებული პანტებთან, მხოლოდ ჯგუფური ცვლადების სახით არიან წარმოდგენილი და ამ მხრივა ხარვეზი გამოსწორებულია. საანალიზო ობიექტების განხილვა ჯგუფურ ცვლადების სახით საკმაოდ ფართოდ გავრცელებული პრაქტიკაა კულტურული მცენარეების ველური ნათესავების, კულტურული ჯიშების გენოფონდის, ან თუნდაც ამ ჯგუფის მცენარეების გარემო ფაქტორებით გამოწვეული მორფო-გენეტიკური ცვალებადობის შესწავლის დროს. მოცემული ნაშრომის კვლევის დიზაინი და შედეგები თანხვედრაშია მსგავს კვლევების (Volk et al., 2007; Wolko et al., 2010) დიზაინთან და შედეგებთან, რომლებშიც წარმოდგენილია მსხლის ველური ნათესავების და ჯიშების ურთიერთშედარებითი კვლევები. თეზისში განხილული მორფოლოგიური ნიშნით შექმნილი საკვლევი ჯგუფები ეფუძნება მორფომეტრიული კვლევის შედეგებს, ამიტომ შესაძლოა უხერხულობას ქმნიდეს ზოგ შემთხვევაში ამ ტერმინის ხმარება მორფოლოგიური კვლევის შედეგების განხილვამდე. ასეთი ფორმულირება არასწორი მაინც არ არის, რადგან ჯგუფების განსაზღვრა ლიტერატურულ წყაროებზე დაყრდნობით მოხდა მორფომეტრიული კვლევის ჩატარებამდე. მორფომეტრიულმა კვლევამ გამოავლინა მსხლის ადგილობრივი ჯიშების ახალი ჯგუფი

გარდამავალი მორფოლოგიური ნიშნებით *P. caucasica*-ს და *P. pyraeaster*-ს შორის. „საქართველოს ხილის“ და „საქართველოს მეხილეობის“ დოკუმენტაციით პომოლოგიური ნიშნებით ამ ჯიშების ნაყფის რბილობი სიმწიფის დროს არ შავდება, ანუ განსხვავებულ ჯგუფს წარმოადგენს აბორიგენული პანტა მსხლებისგან, რომლებსაც ეს პომოლოგიური ნიშანი საპირისპირო აქვს. ამგვარად, მორფომეტრიული კვლევის შედეგი არის ნათესაური კავშირის დადგენა მსხლის ველურ ნათესავებს და ჯიშებს შორის და არა ჯიშების ჯგუფებად კლასიფიკაცია.

2) მორფოლოგიური და გენეტიკური კვლევით დადგინდა, რომ საქართველოში გავრცელებული პანტა ერთგვაროვანი არ არის. მორფოლოგიური კვლევის დროს საქართველოს ფარგლებში დიდი კავკასიონის აღმოსავლეთ ნაწილში შეგროვილი პანტის ნიმუშები მორფოლოგიურად გაიმიჯნა მცირე კავკასიონზე შეგროვილი პანტებისაგან. ანალიზის შედეგებით მცირე კავკასიონზე გავრცელებული პანტის პოპულაციამ მორფოლოგიურად გარდამავალი პოზიცია დაიკავა კავკასიის ენდემურ მსხლის სახეობას (*P. caucasica*) და ევროპაში გავრცელებულ ველურ მსხალს (*P. pyraeaster*) შორის, რომლებიც ახლომონათესავე სახეობებად ითვლებიან. ლიტერატურული და საჰერბარიო მონაცემების კვლევით დადგინდა, რომ პანტის მცირე კავკასიონზე გავრცელებული პოპულაცია მსხლის გვარის კვლევის ადრეულ პერიოდში ფრანგი ბოტანიკოსის ჟოზეფ დეკანეს (J. Decaisne) მიერ 1872-74 წლებში იყო აღმოჩენილი როგორც ახალი სახეობა-*Pyrus balansae* Decaisne. ეს სახეობა შ. ქუთათელაძის (1947) მიერ დადგენილი იქნა საქართველოს ფლორისათვის, თუმცა მის ნაშრომში არ არის ამ სახეობის ზუსტი მორფოლოგიური აღწერილობა და გავრცელების დეტალები მოცემული. მცირე კავკასიონის პანტები გავრცელების მხრივაც შუალედურ ადგილს იკავებენ ამ ორ სახეობას შორის. *P. pyraeaster*-ის გავრცელების საზღვარი თურქეთის სამხრეთ ნაწილს აღწევს, ხოლო *P. caucasica*-ს გავრცელება დიდი და მცირე კავკასიონის მთათა სისტემებით არის შემოსაზღვრული. *P. balansae*-ს ნიმუშები შეგროვდა მცირე კავკასიონზე, თურქეთის საზღვის მახლობლად. ლიტერატურული ცნობებით (Гроссгейм, 1952; Davis, 1972)

დადგინდა, რომ ეს სახეობა აფხაზეთში, თურქეთის და ხმელთაშიაზღვეთის სხვა ქვეყნებშიც ვრცელდება.

გენეტიკური კვლევით საქართველოში შეგროვილ კავკასიურ პანტას (*P. caucasica*) და ბალანზეს პანტას (*P. balansae*) შორის სხვაობა სარწმუნოდ ვერ განიხილება ბალანზეს პანტას ნიმუშების სიმცირის გამო, თუმცა ამ სახეობებს შორის სხვაობა ვლინდება საქართველოში შეგროვილი *P. caucasica*-ს ნიმუშების გენეტიკური მონაცემების შედარებით NPGS-ბაზაში *P. caucasica*-ს სახელით შესულ ნიმუშებთან, რომლებიც *P. balansae*-ს სავარაუდო გავრცელების ტერიტორიებზე იყო შეგროვილი. ანალიზის დროს საქართველოში შეგროვილი ბალანზეს პანტის ნიმუშები NPGS - ს ბაზიდან აღებულ *P. balansae*-ს ნიმუშებთან დაჯგუფდნენ და მცირედ გაემიჯნენ საქართველოში შეგროვილ *P. caucasica*-ს ნიმუშებს. მიკროსატელიტურ მონაცემთა საერთო ანალიზით დადგინდა, რომ *P. balansae* ნათესაურად უფრო ახლო კავშირში იმყოფება *P. caucasica*-სთან, ვიდრე *P. pyraister*-თან, თუმცა მას მორფოლოგიური ნიშნებით უფრო მეტად უახლოვდება ვიდრე კავკასიურ პანტას.

ო. კუბლაშვილს (კუბლაშვილი და სხვ., 1980) ნაშრომში განხილული აქვს კავკასიური პანტის (*P. caucasica*) რამოდენიმე მორფოლოგიური ტიპი ქვემო სვანეთის ტერიტორიაზე, რომლებიც კატეგორიზებულია ნაყოფის და ფოთლის ყუნწის სიგრძის, ნაყოფის ფორმის და ფოთლის მორფოლოგიური ნიშნების მიხედვით. სადოქტორო თემის ფარგლებში განხორციელებული კვლევით ასეთი მორფოტიპები მთელ საქართველოს ტერიტორიაზე გამოვლინდა, თუმცა დისპერსიული ანალიზით (სქემა 6) ეს მორფოტიპები ცალკე ჯგუფად არ დაჯგუფდნენ, რაც ნიშნავს, რომ განხილული მორფოლოგიური ნიშნების მრავალფეროვნებას და ზომებს რაიმე ტერიტორიული კონცენტრირება არ ახასიათებს და თანაბრად ცვალებადობს საქართველოს ტერიტორიაზე გავრცელებული პანტების (*P. caucasica*, *P. balansae*) პოპულაციებში. *P. caucasica*-ს შიდაპოპულაციური დანაწევრება გენეტიკური მონაცემებითაც არ მყარდება, პირიქით, აღმოჩნდა რომ, საქართველოში არსებული *P. caucasica*-ს პოპულაცია უფრო დაბალი ჰეტეროზიგოტულობით ხასიათდება, ვიდრე

იგივე სახეობის NPGS კოლექციის ნიმუშები, რომლებიც კავკასიის ეკორეგიონის მეზობლად ან დაშორებულ ქვეყნებშია ნიმუშებად აღებული (ცხრ. 16).

3) 11 მიკროსატელიტურ მარკერით ჩატარებული გენეტიკური კვლევის შედეგები დაემთხვა მორფოლოგიური კვლევით მიღებულ შედეგებს. ორივე ტიპის კვლევამ უჩვენა, რომ: 1) მსხლის ქართული ადგილობრივი ჯიშები (სქემა 7, თავი 5.1.; სქემა 13; თავი 5.2.), რომლებსაც *P. caucasica*-ს მსგავსი მორფოლოგიური ნიშნები აქვთ, გენეტიკურადაც ახლო ნათესაურ კავშირში არიან *P. caucasica*-სთან; 2) გარდამავალი, ანუ ჰიბრიდული მორფოლოგიური ნიშნების მქონე მსხლის ქართული ჯიშები გენეტიკურად ორი ძირითადი პროგენიტორის *P. caucasica*-ს და *P. pyramidalis*-ის გენოფონდს იზიარებენ; 3) მსხლის ევროპული ჯიშები, რომლებსაც მსხლის ჯიშების ევროპაში გავრცელებული ველური ნათესავის (*P. pyramidalis*) მსგავსი მორფოლოგიური ნიშნები აქვთ, გენეტიკურადაც ამ სახეობასთან ახლო ნათესავეები არიან.

7 მიკროსატელიტური მარკერით განხორციელებულმა მოლეკულურმა ანალიზმა თვალსაჩინოდ განაცალკევა (სქემა 13; თავი 5.2.) *P. caucasica*-ს და *P. balansaes*-ს დომესტიკაციის გზით მიღებული მსხლის ჯიშები საქართველოში გავრცელებული სხვა მსხლის ჯიშებისაგან და საერთო ჯამში საქართველოს ტერიტორიაზე გამოავლინა მსხლის ჯიშების 5 ჯგუფი: 1) მსხლის ადგილობრივი ჯიშები, რომლებიც მეხილეობის მონაცემებით (ხომიზურაშვილი, 1973) აბორიგენული ჯიშების სახელითაც არიან ცნობილი, მიღებული გენეტიკურად ახლო ნათესავი კავკასიური პანტების (*P. caucasica*-ს, *P. balansaes*-ს) დომესტიკაციის გზით; 2) ადგილობრივი მსხლის ჯიშები, რომლებიც რამოდენიმე პროგენიტორი სახეობის (*P. caucasica*, *P. balansaes*, *P. pyramidalis*, *P. nivalis*) გენოფონდს იზიარებენ და მორფოლოგიურადაც ძალზე მრავალფეროვნები არიან; 3) ევროპიდან შემოტანილი ჯიშები 'Gorham pear', რომლის პირდაპირი ხაზის პროგენიტორიც არის აზიაში და ჩრდილო-აღმოსავლეთ ევროპაში გავრცელებული ველური მსხლის სახეობა *P. nivalis*. მორფოლოგიურ კვლევაში მსხლის ეს ჯიშები საქართველოსთვის ენდემურ სახეობასთან

P. ketzkhovelii-სთან დაჯგუფდა, გენეტიკური მონაცემებით *P. nivalis*-სა და *P. ketzkhovelii*-ს შორის ახლო ნათესაური კავშირი გამოვლინდა, რაც საინტერესო ფაქტია, რადგან *P. ketzkhovelii* კულტურული მსხლების პროგენიტორ სახეობად არ არის ცნობილი; 4) ევროპიდან შემოტანილი მსხლის ჯიშები, რომლებიც ძირითადად *P. pyrae*-ის გენოფონდს იზიარებენ და 5) აღმოსავლეთ აზიაში გავრცელებული ე.წ. 'ქვიშის მსხლის' ჯიში ('მიკადო'), რომელიც ამავე ტერიტორიაზე გავრცელებული მსხლის მონოფილეტური სახეობის - *P. pyrifolia*-ს დომესტიკაციით არის მიღებული.

4) კვლევის შედეგებმა უჩვენა, რომ *P. caucasica*-ს ნიმუშები, რომლებიც საქართველოშია შეგროვებული ჰეტეროზიგოტულობის დაბალი მაჩვენებლით განსხვავდება NPGS კოლექციიდან მოპოვებული *P. caucasica*-ს ნიმუშებისგან, რომელიც მოპოვებულია ირანში, მაკედონიაში, მოლდოვაში, პოლონეთში, რუმინეთში, რუსეთში, სერბეთში და უკრაინაში (ცხრ. 7). ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით (Федоров, 1947; ქუთათელაძე, 1980), პანტა (*P. caucasica*) კავკასიის ენდემური სახეობაა. მისი კავკასიის რეგიონის ფარგლებს გარეთ (Volk et al., 2006; Yamamoto and Chevreau, 2009) მოხვედრის მიზეზი არის საბჭოთა კავშირის პერიოდში *P. caucasica*-ს ველური ფორმების გავრცელება სხვა ქვეყანაში. იგი ევროპის და აზიის ქვეყნის ბოტანიკურ ბაღებში და ტყე-პარკებში საკოლექციო მიზნებით ირგვებოდა (Брежнев & Коровина, 1981). *P. caucasica*-ს ინდივიდები საბჭოთა კავშირის ქვეყნებიდან ევროპულ ქვეყნებში სამირების სახითაც გაჰქონდათ. მათი გამოყენება ახალი ჯიშების და ნამყენების გამოსაყვანად ხდებოდა, ასევე ირგვებოდნენ ქარსაცავ ზოლებშიც (Смирнов, 1966; Соколов и др., 1980; Лихонос и др., 1983). ჩვენს მიერ ჩატარებული გენეტიკური კვლევის შედეგად შეიქმნა მყარი არგუმენტები საქართველოს მსხლის ჯიშების და მათი ლოკალურად გავრცელებული პროგენიტორი პანტების (*P. caucasica*, *P. balansae*) მრავალფეროვნების ავტონომიურობაზე.

5) ცნობილია, რომ მსხლის ყველა სახეობა, განსაკუთრებით კი გვარ *Pyrus*-ის სექცია *Pyrus*-ის წარმომადგენელი სახეობები გენეტიკურად ურთიერთშეთავსებადები არიან (Westwood and Bjornstad, 1971; Browicz, 1993) და არ არსებობს მათ შორის ჰიბრიდიზაციის შემაკავებელი ბარიერი. ეს ტენდენცია ჩვენს მიერ გაანალიზებული მონაცემებითაც ნათლად გამოვლინდა. მიღებულმა შედეგები ადასტურებს, რომ ჰიბრიდიზაცია არა მხოლოდ მსხლის ჯიშებში, არამედ ველურ მსხლებშიც ფართოდ გავრცელებული მოვლენაა, რაც თანხმობაში მოდის კ. ბროვიჩის (Browicz, 1993) მსხლის სახეობების ჰიბრიდულობის თეორიასთან. მიუხედავად იმისა, რომ კლასტერული ჯგუფები მკაფიოდ გაიმიჯნენ ველური ნათესავების მიხედვით, მორფოლოგიური და გენეტიკური ანალიზის დროს მსხლის ევროპიდან შემოტანილი რამოდენიმე ჯიშში (სქემა 9, თავი 5.2.) ქართულ ჯიშებთან, ხოლო ადგილობრივი ჯიშები ეროპული ჯიშების ჯგუფებში გადანაწილდნენ. გენეტიკურმა კვლევამ გამოავლინა, რომ საქართველოში ნიმუშად აღებული ზოგიერთი ინდივიდი, რომელიც მონაცემთა ბაზაში ველური სახეობების სტატუსით მოხვდნენ (*P. demetrii*, *P. ketzkhovellii*, *P. syriaca*, *P. sachokiana*;) ბერყენების და პანტის ჰიბრიდები აღმოჩნდნენ. სახეობათა შორის გენეტიკური დისტანციების დადგენის დროს (სქემა 8, თავი 5.2.) ეს ინდივიდები *P. caucasica*-ს კლასტერში გაერთიანდნენ. ტენდენცია შედარებით ნათლად გამოვლინდა მორფოლოგიური მახასიათებლებით განსაზღვრული ტაქსონური ჯგუფების გენეტიკური სტრუქტურის, ანუ გენოფონდის გაანალიზების შედეგად (სქემა 11, 12; თავი 5.2.). კვლევამ უჩვენა, რომ მონაცემების ანალიზით გამოვლენილი 7 პოპულაცია სტრუქტურულად არ ემთხვევა მორფოლოგიურად განსაზღვრულ ტაქსონურ ჯგუფებს.

6) ისტორიული ცნობებით (ჯავახიშვილი, 1986) საქართველომ მსხლის ჯიშების მიმოცვლა მეზობელ ქვეყნებთან მრავალი საუკუნის წინ დაიწყო. საქართველოში პანტის დომესტიკაცია უძველესი დროიდან ხდებოდა ადგილობრივი მოსახლეობის მიერ (Asanidze & Akhikatsi, 2011). პანტის პირდაპირი გზით დომესტიკაციასთან

ერთად მსხლის ველურ ნათესავებს შორის გენთა ბუნებრივი მიმოცვლის პროცესის არსებობის და მსხლის შემოტანილი ჯიშების უძველესი დროიდან დაწყების მიუხედავად ჩვენ კვლევაში პანტის ჯიშები და ჰიბრიდული მორფოლოგიური ნიშნების მქონე მსხლის ქართული ჯიშებიც *P. caucasica*-ის ახლო ნათესავები აღმოჩნდნენ. ჩვენ ვფიქრობთ, რომ ეს შედეგი დამაჯერებელია, რადგან სხვა, მეთოდურად ჩვენი კვლევების მსგავსი კვლევებით დადგინდა, რომ ევროპაში გავრცელებულ ველურ პროგენიტორი სახეობებიც მსგავს ახლო ნათესაურ კავშირში არიან მსხლის ევროპულ ჯიშებთან (Voltas et al., 2007; Wolko et al., 2010). ამ ორი სახეობის გენთა დომინირება მსხლის ევროპულ ჯიშებში არის წარმოდგენის საფუძველი, რომლის მიხედვითაც *P. caucasica* და *P. pyraister* განიხილებიან ამ ჯიშების პროგენიტორებად, ანუ გენეტიკურად ყველაზე ახლოს მდგომ ნათესავებად.

მორფოლოგიური და გენეტიკური კვლევებით დაზუსტდა მსხლის ადგილობრივი ჯიშების მრავალფეროვნების და წარმოშობის რამოდენიმე მნიშვნელოვანი დეტალი. ლიტერატურულ წყაროებში (ხომიზურაშვილი და ერისთავი, 1931, 1941; შარაშენიძე, 1956, 1967; ახვლედიანი, 1956, 1958; წიქვაძე და ისაკაძე, 1969; ხომიზურაშვილი, 1973 (I, II); ქუთათელაძე, 1947, 1980; მესხიძე და სხვ., 2015) მითითებულია მსხლის სხვადასხვა ქართული ჯიშის წარმოშობის ადგილი. ამ წყაროებით დგინდება, რომ კალოს მსხლის ჯგუფის ჯიშების უმეტესობა მესხეთის და აჭარის ტერიტორიაზე წარმოიშვა, თუმცა არ არსებობს ამის დამადასტურებელი ზუსტი დოკუმენტური მასალა ან ისტორიული ცნობა, რადგან ეს ჯიშები მრავალი საუკუნეა უკვე, რაც არსებობენ. ნაშრომში წარმოდგენილი მორფოლოგიური და გენეტიკური კვლევის შედეგები ამყარებს წარმოდგენას კალოს მსხლების აჭარის და მესხეთის ტერიტორიაზე წარმოშობაზე. მათი მიხედვით დგინდება, რომ აჭარაში და მესხეთში პანტის სხვა სახეობა - ბალანზეს პანტა (*P. balansae*) არის გავრცელებული, რომელიც კავკასიური პანტისგან (*P. caucasica*) მცირედ არის გამიჯნული მორფო-გენეტიკური მახასიათებლებით. მორფოლოგიურმა კვლევამ უჩვენა, რომ მორფოლოგიური ნიშნებით კალოს მსხლები უფრო მეტად ენათესავებიან *P. balansae*-

ს ვიდრე *P. caucasica*-ს (სქემა 7), რაც ნათელს ხდის კალოს მსხლების აჭარის და მესხეთის ტერიტორიაზე წარმოშობის მიზეზს - აქ მათი პროგენიტორი სახეობაა გავრცელებული, საიდანაც მათი დომესტიკაცია მოხდა. პანტა მსხლების წარმოშობის კერა სავარაუდოდ მოიცავს შიდაქართლის მცხეთა-მთიანეთის და კახეთის დასავლეთ ნაწილის მთისწინეთს და მთის ზედა სარტყელს სადაც მათი ველური ნათესავი - კავკასიური პანტა (*P. caucasica*) არის გავრცელებული. გულაბი მსხლების და ხეჭეჭური მსხლების ჯიშების წარმოშობა კი უნდა მომხდარიყო დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს ვაკე-დაბლობებზე, სადაც საქართველოში სხვა ქვეყნებიდან შემოტანილი მსხლის ჯიშები სწრაფად ვრცელდებოდა, რადგან მათი გენოფონდი ერთდროულად რამოდენიმე ველური ნათესავის, მათ შორის ევროპაში გავრცელებული ტყის მსხლის (*P. pyraeaster*) გენებით არის შექმნილი, რომელიც საქართველოს ტერიტორიაზე ბუნებრივად არ გვხვდება. *P. pyraeaster*-ის გენები საქართველოში მისი ჯიშების შემოტანით გავრცელდა და გულაბი მსხლების და ხეჭეჭური მსხლების ჯიშთა გენოფონდის ერთ-ერთი წყარო გახდა.

7) კეცხოველის ბერყენა (*P. ketzkhovelii*) შ. ქუთათელაძის (1946) მიერ იქნა აღმოჩენილი, როგორც საქართველოსთვის ენდემური სახეობა. ეს სახეობა სემ-ქსეროფიტი ბერყენების ჯგუფს განეკუთვნება და განთავსებულია გვარ *Pyrus*-ის სექცია *Pyrusis*-ის სუბსექცია *Xeropyrenaia*-ში სახეობებთან: *P. syriaca*, *P. demetrii*, *P. eldarica*, *P. fedorovii*, and *P. oxyprion*-თან ერთად. მიუხედავად ფოთლის ქეჩისებრი შებუსვისა, რაც *Xeropyrenaia*-ს სუბსექციის სახეობების საერთო დამახასიათებელი ნიშანია, იგი ფოთლის ოვალური კვერცხისებრი ფორმით და საკვებად ვარგისი, თუმცა ძალზე მცირე ზომის, ბერყენას ნაყოფისებრი ნაყოფებით უახლოვდება *P. caucasica*-ს, რომელიც გვარის იგივე სექციის სუბსექციაში *Euachras* (= sub.sect *Pyrus*) არის განთავსებული. ეს ორი სუბსექცია მორფოლოგიური სხვაობის გარდა განსხვავებულია იმითაც, რომ *Xeropyrenaia*-ს სახეობები ნახევრად მშრალ (სემი-ქსეროფილურ) გარემოში არიან გავრცელებული, ხოლო *Euachras*-ის სახეობები -

ზომიერად ტენიან (მეზოფილურ) გარემოში. გენეტიკური კვლევის შედეგების მიხედვით ეს სახეობა გვარ *Pyrus*-ის სექცია *Pyrus*-ის სუბსექცია *Argyromalon*-ში (მსხლის ქსეროფიტი სახეობები) განთავსებულ სახეობასთან *P. nivalis* დაჯგუფდა (სქემა 13; თავი 5.2.). *P. nivalis*-ი არის მსხლის მრავალი დეკორატიული ჯიშის და რაც მთავარია 'პერის' ჯიშის მსხლების ('Perry pears') პირდაპირი ხაზის პროგენიტორი (Sisko et al., 2009). პერის ჯგუფის მსხლები გამოყვანილია საფრანგეთში და მოიცავენ მსხლის ჯიშებს, რომლის ნაყოფიდანაც ალკოჰოლური სასმელი 'პერი' (Perry) მზადდება. კეცხოველის ბერყენას (*P. ketzkhoveli*), ისევე, როგორც საქართველოში გავრცელებული სხვა ბერყენების ნათესაური კავშირების დადგენა საჭიროებს უფრო დეტალურ მოლეკულურ-გენეტიკურ კვლევებს.

8) გასული საუკუნის 30-იან წლებში ვავილოვმა (Вавилов 1926, 1931) კავკასიას, მცირე აზიას, ირანს და თურქმენეთს მიაჩნჯა მსხლის დომესტიკაციის მეორეული ცენტრის სტატუსი. საქართველოში პრეისტორიული პერიოდიდან ხდებოდა მსხლის მოშენება და ადგილობრივი ჯიშების ასორტიმენტიც უფრო მრავალფეროვანი უნდა ყოფილიყო, ვიდრე თანამედროვე პერიოდში. ამაზე მოწმობს დმანისის სოფ. შულავერის და არუხლოს მიდამოებში ნახევრადგანამარხებული ნარჩენების კვლევები, სადაც მსხლის თესლები მრავლად იქნა აღმოჩენილი. ეს ნამარხები 6000 წლით არიან დათარიღებული ჩვ. წ. აღ.-მდე (Kushnareva, 1997). ამ ფაქტზე დაყრდნობით შესაძლოა გაკეთდეს დასკვნა, რომ პრეისტორიულ პერიოდში საქართველოს ტერიტორიაზე მაცხოვრებელმა ხალხმა მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა თანამედროვე მსხლის ჯიშების წარმოშობაში. ამ ფაქტს ისტორიული წყაროებიც ამყარებს (ჯავახიშვილი, 1930). კავკასიისთვის ენდემური ველური მსხლის სახეობა - პანტა (*P. caucasica*) საქართველოში ყველაზე ფართოდ არის გავრცელებული დანარჩენი ველური მსხლების 10 სახეობასთან შედარებით. იგი მსხლის ჯიშების პროგენიტორი სახეობაა სხვა არსებული ლიტერატურული წყაროების მიხედვითაც (ხომიზურაშვილი, 1973), რაც ამყარებს იმ აზრს, რომ

ჯიშების დომესტიკაცია ადგილობრივად ხდებოდა საქართველოს ტერიტორიაზე. ეს მაგალითები მიუთითებენ, რომ მსხლის დომესტიკაცია საქართველოს და კავკასიის ტერიტორიაზე ადრეულ, პრეისტორიულ პერიოდში დაიწყო (Akhalkatsi et al., 2012). არსებული ცნობებით (ხომიზურაშვილი, 1973), საქართველოში უძველესი დროიდან აპრიორულად მსხლის ადგილობრივი ჯიშების კულტივაცია ხდებოდა. ეს ჯიშები მიღებული იყო ადგილობრივი მოსახლეობის მიერ ველური მსხლების სელექციის და ჰიბრიდიზაციის კომბინირებული ხერხებით. მსხლის უძველესი ქართული ჯიშები ნარჩუნდებოდნენ მე-19 საუკუნის დასაწყისამდე. ეს პერიოდი ფორმალურად ითვლება ევროპის, აზიის და რუსეთის ტერიტორიებიდან მსხლის ჯიშების შემოტანის დაწყების დროდ, თუმცა მოცემული კვლევით მიღებული შედეგები ადასტურებს რომ ეს პროცესი გაცილებით ადრე უნდა დაწყებულიყო, რადგან მსხლის ქართული ძირძველი ჯიშების ნაწილი რამოდენიმე ველური ნათესავის მორფო-გენეტიკურ ნიშნებს ატარებს. მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით ვაკეთებთ დასკვნას, რომ საქართველოში მსხლის ჯიშებიდან ძველ ჯიშებს წარმოადგენენ *P. caucasica*-ს და *P. balansae*-ს დომესტიკაციით მიღებული ჯიშები, რომლებიც ამ პროგენიტორ სახეობებთან ყველაზე ახლოს დაჯგუფდნენ (სქემა 13 კლასტერი B; თავი 5.2.). ხოლო მსხლის სხვა ქართული ჯიშები, რომელთა გენოფონდშიც *P. pyraister*-ის გენებიც მონაწილეობენ (სქემა 13 კლასტერი C; თავი 5.2.), გამოყვანილი უნდა იყვნენ პრეისტორიულ პერიოდში.

გენეტიკური კვლევის ერთ-ერთი მთავარი შედეგია კავკასიისთვის ენდემურ პანტას (*P. caucasica*) და ევროპაში გავრცელებულ *P. pyraister*-ს შორის გენეტიკური სხვაობის დადგენა. ამ მონაცემს ამყარებს სხვა წყაროც, კერძოდ გენეტიკურ კვლევაში ჩვენი ამერიკელი თანაავტორების მიერ ადრეულ პერიოდში გამოქვეყნებული პუბლიკაცია (Volk et al., 2006). სხვაობა ამ ორ სახეობას შორის, საქართველოს ტერიტორიაზე გავრცელებული *P. caucasica*-ს პოპულაციის დაბალი ჰეტეროზიგოტულობა და საქართველოში პანტისგან მიღებული ადგილობრივი სელექციური მსხლის ჯიშების არსებობა მიუთითებს, რომ კავკასია და საქართველო,

როგორც მისი ნაწილი, შუაზიისგან დამოუკიდებელ ცალკეულ შტოს წარმოადგენდა მსხლის დომესტიკაციის თვალსაზრისით (Asanidze et al., 2014). ეს შედეგი შესაძლოა გამოდგეს კავკასიის მოსახლე ეთნიკური ჯგუფების იდენტურობის (Tarkhnishvili et al., 2014) განმსაზღვრელ ერთ-ერთ დამატებით მაგალითად.

9) ბერყენების ჯგუფი მორფოლოგიურ და გენეტიკურ კვლევებში ჩართული იქნა როგორც შესადარებელი ჯგუფი. ამ ჯგუფზე ორიენტირებით მოხდა დადგენა, თუ რა გენეტიკური დისტანციით იყვნენ დაშორებული ერთმანეთისაგან კულტურული მსხლის პროგენიტორი სახეობები *P. caucasica*, *P. balansae* და *P. pyraster*. ასევე გამოვლინდა რამდენად ძლიერი იყო საქართველოში გავრცელებული მსხლის გვარის წარმომადგენლებს შორის ჰიბრიდიზაცია. 7 მიკროსატელიტური მარკერით განხორციელებულ გენეტიკურ კვლევაში გამოყენებული იქნა საქართველოში შეგროვილი ბერყენას სახეობების მხოლოდ ის ინდივიდები, რომლებიც მორფოლოგიურად ძალზე ახლოს იდგნენ თავის ჰოლოტიპთან. მონაცემთა ვიზუალიზაციამ მეზობელ-შემაკავშირებელ ხეზე (სქემა 13 კლასტერი D, E; თავი 5.2.) უჩვენა, რომ ბერყენას სახეობები კულტურული მსხლების პროგენიტორი სახეობებისგან საკმაოდ დიდი დისტანციით არიან დაშორებული. ხეზე მათი შტოების ლოკალიზაციის რელევანტურობა გამყარდა ბუტსტრაპების მაღალი მაჩვენებლით (71%-D კლასტერისთვის და 76%-E კლასტერისთვის). ეს მონაცემი მიუთითებს, რომ მიუხედავად ბერყენების და პანტას შორის ჰიბრიდული ფორმების არსებობისა, ბერყენას სახეობები მაინც საკმაოდ შორ ნათესაურ კავშირში იმყოფებიან პანტებთან (*P. caucasica*, *P. balansae*), ვიდრე პანტების მორფოლოგიურად ახლო მონათესავე სახეობა, ევროპული ველურ მსხალი (*P. pyraster*).

10) საველე კვლევების დროს საქართველოში გავრცელებულ მსხლის გვარში გაცილებით დიდი მორფოლოგიური მრავალფეროვნება გამოვლინდა, ვიდრე აქამდე ლიტერატურული წყაროებით (ქუთათელაძე, 1946, 1980) იყო ცნობილი. ახალი

მორფოლოგიური ტიპები ძირითადად ბერყენა მსხლების ჯგუფში იქნა შენიშნული. ერთ-ერთი ახალი მორფოტიპი, რომელსაც 'ბუთხუზა ბერყენა' ეწოდა, მორფოლოგიური შეფასების შემდეგ გენეტიკურადაც იქნა გადახედული საქართველოში გავრცელებულ ყველა ბერყენას სახეობასთან ერთად (სქემა 13 კლასტერი E; თავი 5.2.). 'ბუთხუზა' ბოტანიკური ტერმინოლოგიით ეწოდება მცენარეს, რომლის ყვავილის გვირგვინის ფურცლებიც ნორმაზე მეტია. მსხლის გვარის წარმომადგენლების ყვავილს, ისევე როგორც ვარდისებრთა ოჯახის წარმომადგენელ ყველა ველური სახეობის ყვავილებს, გვირგვინის ფურცლების რაოდენობა 5 აქვთ. ბუთხუზა ბერყენას ყვავილის გვირგვინის ფურცლები კი 7 დან 9-მდე მერყეობს. ყვავილის გვირგვინის ფურცლების რაოდენობის გაზრდა მუტაციით არის გამოწვეული და ყვავილის მტვრიანების შემცირების ხარჯზე ხდება. შედეგად ამ სახეობას დაუქვეითდა ფერტილურობა, თუმცა მას უნარჩუნდა ვეგეტაციურად გამრავლების უნარი. ბუთხუზა ბერყენა აღმოჩენილი იქნა დოქტორ მ. გვრიტიშვილის მიერ. სასიცოცხლო ფორმით ეს მორფოტიპი არის საშუალო ზომის ბუჩქი. ბუთხუზა ბერყენას ფოთლები ფორმით ვიწრო ლანცეტისებურია. ფოთლები და ფოთლის ყუნწი ქეჩისებრად არიან შებუსული. ფოთლის ფირფიტის კიდეები დაკბილულია. ფოთლის ყუნწი მოკლეა. მისი სიგრძე ფოთლის სიგრძის 1/3-ს შეადგენს. ყვავილის გვირგვინის ფურცლების რაოდენობა 7-9. მცენარე უნაყოფოა. ეს მორფოტიპი მცირე პოპულაციის სახით ნანახია თბილისის შემოგარენში მხოლოდ ერთ ადგილზე, კერძოდ ნუცუბიდის პლატოს მიმდებარე ტერიტორიაზე. გენეტიკურად ეს მორფოტიპი ბერყენების ჯგუფში განცალკევებულ პოზიციას იკავებს (სქემა 13 კლასტერი E; თავი 5.2.). ამ მორფოტიპის ნათესაური კავშირების გამოვლენის და ტაქსონომიური სტატუსის განსაზღვრა დამატებით კვლევებს საჭიროებს. აღსანიშნავია, რომ მსგავსი მორფოტიპები მრავლადაა საქართველოში და მათი შესწავლა მომდევნო კვლევებში იგეგმება.

11) ნაპრალების-ანალიზით შეფასდა კავკასიური პანტა (*P. caucasica*), როგორც კულტურული მცენარის ველური ნათესავი და დადგინდა, რომ იგი კონსერვაციული თვალსაზრისით პრიორიტეტული სახეობაა (ცხრილი 16; თავი 5.3.). აღსანიშნავია, რომ ბერყენების საქართველოში გავრცელებული ყველა სახეობა შესულია კავკასიის რეგიონის თანამედროვე წითელ ნუსხაში (Nakhutsrishvili et al., 2014). ჩვენი კვლევით განისაზღვრა, რომ *P. caucasica*-ს არეალი დიდი კავკასიონის ცენტრალურ და აღმოსავლეთ ნაწილებს მოიცავს. მცირე კავკასიონზე და დიდი კავკასიონის დასავლეთ ნაწილში პანტის სხვა სახეობა - *P. balansae* არის გავრცელებული. პანტები არ არიან წითელ ნუსხაში შესული, თუმცა ვფიქრობთ, რომ *P. caucasica*-ს სტატუსი უნდა გადაიხედოს.

თავი 7. დასკვნები

- *P. caucasica*-ს პოპულაცია საქართველოს ტერიტორიის ფარგლებში ერთგვაროვანი არ არის. მცირე კავკასიონზე და დიდი კავკასიონის დასავლეთ ნაწილში გავრცელებული პოპულაცია, რომელიც დიდი კავკასიონის ცენტრალურ და აღმოსავლეთ ნაწილში გავრცელებული აღმოჩნდა საქართველოს ფლორისთვის დადგენილი, თუმცა ლიტერატურული წყაროებით ნაკლებად ცნობილი სხვა მეზოფიტი სახეობა - ბალანზეს პანტა (*P. balansae*).
- გენეტიკური კვლევის შედეგები მეტწილად თანხვედრაშია მორფოლოგიური კვლევით მიღებულ შედეგებთან. ორივე მათგანი ადასტურებს, რომ კავკასიური პანტა (*P. caucasica*) მისი ევროპაში გავრცელებული მონათესავე სახეობისგან - ტყის მსხლისგან (*P. pyraeaster*) გამიჯნული სახეობაა და შექმნილი აქვს ავტონომიური ველური და კულტურული მრავალფეროვნება თავის გავრცელების დიაპაზონში.
- გამოიკვეთა ტენდენცია, რომ საქართველოში გავრცელებული ბერყენები მცირე წილით არიან ჩართული ჰიბრიდიზაციის პროცესში პანტებთან, თუმცა მათი

გენები არ ფიქსირდება მსხლის ქართული ჯიშების გენოფონდში, რადგან ბერყენები *P. caucasica*-ს გენების რეციპიენტები არიან.

- გენტ მიმოცვლა ხდება როგორც მსხლის ველურ ნატესავებში, ასევე მსხლის ჯიშებშიც ეს თეორია მსხლის გვარის საქართველოში გავრცელებულ წარმომადგენლების მაგალითზეც დადასტურდა.
- კვლევის შედეგად გამოიკვეთა, რომ *P. caucasica* ძალზე ახლო ნათესაურ კავშირშია მსხლის ქართულ „პანტა მსხლების“ და „კალოს მსხლების“ ჯგუფის ჯიშებთან, თუმცა მსხლის სხვა ქართული ჯიშებიც - „ხეჭეჭური მსხლების“ და „გულაბი მსხლების“ ჯგუფის ჯიშებიც საკმაოდ ახლოს ენათესავებიან ამ სახეობას.
- კეცხოველის ბერყენა (*P. ketzkhoveli*), რომელიც აქამდე არ იყო ცნობილი, როგორც მსხლის ჯიშების პირველი ჯგუფის ველური ნათესავი სახეობა, ახლოს დაჯგუფდა ჯიშებთან. კერძოდ ‘გორძამასთან’ (Gorham pear) და სავარაუდო პროგენიტორ სახეობა *P. nivalis*-თან. აქედან გამომდინარე *P. ketzkhoveli*-ს გამოყენება შესაძლებელია მსხლის ახალი ჯიშების გამოსაყვანად.
- საქართველოში გავრცელებული მსხლის ადგილობრივი ჯიშებიდან ყველაზე ძველს „პანტა მსხლების“ და „კალოს მსხლების“ ჯგუფის ჯიშები წარმოადგენენ, რომლებიც მიღებულები არიან *P. caucasica*-ს და *P. balansae*-ს სელექციის გზით. „ხეჭეჭური მსხლების“ და „გულაბი მსხლების“ ჯგუფის ჯიშების გამოყვანა შედარებით თანამედროვე პერიოდში მოხდა შეჯვარების და სელექციის კომბინირების გზით, რის შედეგადაც ამ ჯგუფის მსხლის ჯიშებს ჩამოუყალიბდათ გარდამავალი მორფო-გენეტიკური ნიშნები ორ მთავარ ველურ ნათესავს - *P. caucasica*-ს და *P. pyraeaster*-ს შორის .
- დადგინდა, რომ *P. caucasica*-ს პოპულაცია გაცილებით მცირე არეალს მოიცავს როგორც კავკასიის ეკო რეგიონში, ასევე საქართველოშიც, ვიდრე აქამდე იყო

ნავარაუდები. აქედან გამომდინარე საჭიროა მისი კონსერვაციული სტატუსის გადახედვა.

- მიღებული შედეგებით გამოიკვეთა ტენდენცია, რომლითაც მყარდება ბროვიჩის (Browicz, 1993) სახეობათა ჰიბრიდულობის ჰიპოთეზა. ამასთან აშკარაა, რომ მსხლის ჯიშები, განსაკუთრებით - მსხლის ევროპული ჯიშები არამხოლოდ ორი პროგენიტორის *P. caucasica*-ს და *P. pyraister*-ის (ჩვეულებრივი მსხლის - *P. communis*-ის ჯგუფის სახეობების) გენოფონდს, არამედ *P. nivalis*-ის გენებსაც იზიარებენ, რომელიც ჩვეულებრივი მსხლის ჯგუფის სახეობა არ არის. ეს შედეგი ა. ტუზის (Tuz, 1972) გამოთქმულ შეხედულებას ემთხვევა.
- მიღებული შედეგები ზოგადად თანხვედრაშია საქართველოში გავრცელებული მსხლის გვარის წარმომადგენლების შ. ქუთათელაძისეულ (1980) კლასიფიკაციასთან. კერძოდ ეს თანხვედრა გამოიხატება იმაში, რომ მეზოფიტი პანტები და ქსეროფიტი ბერყენები მორფო-გენეტიკურად განცალკევდნენ ერთმანეთისგან ჩვენი კვლევის შედეგების მიხედვითაც. თუმცა, იმ ფაქტის გათვალისწინებით, რომ კვლევის დროს პანტის და ბერყენების ჰიბრიდებიც იქნა გამოვლენილი, მივდივართ დასკვნამდე, რომ საქართველოში გავრცელებული ველური მსხლების, განსაკუთრებულად ბერყენების ტაქსონომიური სტატუსი უნდა გადაიხედოს და დაზუსტდეს დეტალური მორფო-გენეტიკური კვლევის საფუძველზე.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ახვლედიანი, შ. ნ. 1956. თესლიანი კულტურები (ვაშლი, მსხალი) რაჭა-ლეჩხუმში და მისი განვითარების პერსპექტივები : დის. სოფლ. მეურნ. მეცნ. კანდ. /; საქ. სას.-სამ. ინ-ტი. - თბილისი.
2. ახვლედიანი, შ. 1958. მსხლის ადგილობრივი ჯიშები რაჭა-ლეჩხუმში. მმმსკ-ის სამეცნ. შრომების კრებული, ტომი XI, თბილისი.

3. დოლიძე, ჟ. 1965. ახალი მონაცემები საქართველოს აღმავილური ფლორის შესახებ. საქ. სსრ. მეცნ. აკადემიის მოამბე XL:2,
4. ექვთიმიშვილი, მ. მანდენოვი, ი. სახოკია მ. [და სხვ.] 1949. საქართველოს ფლორა. ტომი 5 (Rosacea-Leguminosae). რედ. ა. ხარაძე. საქ. სსრ მეცნ. აკად. გამ-ბა და სტ., თბილისი.
5. კეცხოველი, ნ. 1935. საქართველოს მცენარეულობის ძირითადი ტიპები. თბ. : სახ. უნ-ტის გ-ბა, გამომცემლობა "ტფილისი".
6. კეცხოველი, ნ. 1960. საქართველოს მცენარეული საფარი. საქ. სსრ მეცნ. აკად. გამ-ბა და სტ., თბილისი.
7. კუბლაშვილი ო. დ., მარჯანიშვილი ი. ვ., ჯუღელი ნ. დ., მინდიაშვილი ჟ. მ., ჩხეტიანი ი. დ., კუბლაშვილი რ. ი. 1980. დასავლეთ საქართველოს ველური ხეხილის რესურსებისა და ფორმათა შედგენილობის შესწავლა. განაკვეთი: ქვემო სვანეთის ველური ხეხილის რესურსების და ფორმათა ნაირგვარობის შესწავლა. საქ. სსრ მეცნ. აკადემია. ბოტანიკის ინს-ტი. - თბ. : საქ. სსრ მეცნ. აკად. გამ-ბა და სტ.
8. მესხიძე, ა., ჭაღალიძე, რ., ქამადაძე, დ., ქედელიძე, ნ. მსხლის ჯიშების მრავალფეროვნება აჭარის ზღვისპირეთის დაბლობსა და მთიან ზონაში. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. 34, გვ.: 122-125. თბილისი.
9. ნადირაძე, შ. 1968. ქართლის ადგილობრივი მსხლის ზამთრის ჯიშები. მეზღუბის, მევენახ. და მეღვინ. ინსტ. შრომები. 17-18, გვ.: 52-64.
10. ქუთათელაძე შ. 1946, საქართველოს ველური მსხლები : ბიოლოგიურ მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი სადისერტაციო შრომის თეზისები / საქ. სსრ მეცნ. აკადემია. ბოტანიკის ინს-ტი. - თბ. : საქ. სსრ მეცნ. აკად. გამ-ბა და სტ.
11. ქუთათელაძე შ. 1980, საქართველოს პანტები და ბერყენები. თბილისი საქართველოს ბოტანიკური ინსტიტუტის შრომები. ტომი XI.
12. შარაშენიძე, დ. 1956. მსხლის კულტურა შიდა კახეთში. მონოგრაფია. საქართველოს სსრ სოფლის მეურნეობის სამინისტრო, თბ.
13. შარაშენიძე, დ. 1966. მსხალი. საბჭოთა საქართველო, თბ.
14. წიქვაძე, შ., ისაკაძე, ლ. 1969. მსხლის კულტურა მესხეთში. საბჭოთა საქართველო, თბ.
15. ხომიზურაშვილი, ნ. 1973 I. მეხილეობა: სახელმძღვ. სას.-სამ. ინ-ტის მეზღუბა-მევენახეობისა და მეზღუბნეობის ფაკ-ტის სტუდენტებისათვის. განათლება, თბ.

16. ხომიზურაშვილი, ნ. 1973 II. საქართველოს მეხილეობა. ტ. III. თესლოვანი კულტურები. „მეცნიერება“, თბილისი.
17. ხომიზურაშვილი, ნ., ერისთავი, ე. 1939. საქართველოს კულტურული ფლორის ატლასი, ტომი I. საქართველოს ადგილობრივი ჯიშები. რედ. ნ. კეცხოველი. ტექნიკა და შრომა, თბ.
18. ხომიზურაშვილი, ნ., ერისთავი, ე. 1941. საქართველოს კულტურული ფლორის ატლასი, ტომი II. საქართველოს სამრეწველო ხილის ჯიშები. რედ. ნ. კეცხოველი. ტექნიკა და შრომა, თბ.
19. ჯავახიშვილი, ი. 1986, თხზულებანი : 12 ტომად / საქ. სსრ მეცნ. აკადემია. - თბ. - 26სმ. ტ. 5 [ტომის რედ.: პ. გუგუშვილი, ვ. ჩანტლაძე].
20. Ahmad, S., Kaur, S., Lamb-Palmer, N.D., Lefsrud, M., Singh, J. 2015. Genetic diversity and population structure of *Pisum sativum* accessions for marker-trait association of lipid content. The crop journal. Flora, Elsevier. Vol. 3 (3), Pp: 238-245
21. Akhalkatsi, M., 2009. Conservation and sustainable use of crop wild relatives in Samtskhe-Javakheti. Project report (“Recovery, Conservation, and Sustainable Use of Georgia's Agricultural diversity”). Published by Georgian Society of Nature Explorers “Orchis” and Biological Farming Association “Elkana”.
22. Aldasoro, J., J. Aedo A. and Garmendia, M., F. 1996. The genus *Pyrus* L. (Rosaceae) in south-west Europe and North Africa. Bot. journ. of Linn. Soc. 121, 143-158.
23. Asanidze, Z., Akhalkatsi, M., Gvritishvili, M. 2011. Comparative morphometric study and relationships between the Caucasian species of wild pear (*Pyrus* spp.) and local cultivars in Georgia. Flora, Elsevier. Vol. (206) 11, 974 – 986.
24. Asanidze, Z. Akhalkatsi, M. 2011. Morphological relationships between wild and cultivated pears in Georgia. Proc. Georg. Acad. Sci. Biol. Ser. B.
25. Asanidze, Z., Akhalkatsi, M., Henk A.D., Richards Ch. M., and Volk. G.M. 2014. Genetic relationships between wild progenitor pear (*Pyrus* L.) species and local cultivars native to Georgia, South Caucasus. Flora 209: 504-512.
26. Akhalkatsi M., Ekhvaia J., Asanidze Z. 2011. "Diversity and genetic erosion of ancient crops and wild relatives of agricultural cultivars for food: implications for nature conservation in Georgia (Caucasus)". Intech. DOI: 10.5772/30286.
27. Bao, L., Chen, K., Zhang, D., Cao, Y., Yamamoto, T., Teng, Y., 2007. Genetic diversity and similarity of pear (*Pyrus* L.) cultivars native to East Asia revealed by SSR (simple sequence repeat) markers. Genet. Resour. Crop Evol. Vol. 54. Pp.: 959–971.
28. Bassil, N., Postman J.D. 2010. Identification of European and Asian pears using EST-SSRs from *Pyrus*. Genet Resour Crop Evol. Vol. 57. Pp.:357–370.

29. Batello, C., Avanzato, D., Akparov, Z., Kartvelishvili, T., Melikyan, A., 2010. Gardens of Biodiversity. Conservation of Genetic Resources and Their Use in Traditional Food Production Systems by Small Farmers of the Southern Caucasus. FAO, Rome, pp. 114–116.
30. Bläsing, U. 2004. Birnennamen aus Hems, in: Vorarbeiten zur Feststellung und Beschreibung der Birnenarten und ihrer regionalen Namen im östlichen Schwarzmeergebiet. Iran Cauc. 8, 81–129.
31. Bobokashvili, Z., Kvaliashvili, V. and Dzeria, K. 2005, Wild relatives for stone, pipe and nut fruits in Georgia. Georgian Research Institute of Horticulture, Viticulture and Oenology, 0159 Tbilisi, Georgia. First International Conference on Crop Wild Relative Conservation and Use. 14-17 September, Agrigento, Sicily, Italy.
32. Browicz, K., 1982. Chorology of Trees and Shrubs in South-West Asia and Adjacent Regions. PWN, Varshava-Poznan.
33. Browicz, K., 1993. Conspectus and chorology of the genus *Pyrus* L. Arbor Kórnickie 38, 17–33.
34. Burgman, M. A., Fox, J. C. 2003. Bias in species range estimates from minimum convex polygons: Implications for conservation and options for improved planning. Animal Conservation Vol. 6, Pp: 19 – 28.
35. Cavanagh, C., Morell, M., Mackay, I., Powell, W. 2008. From mutations to MAGIC: resources for gene discovery, validation and delivery in crop plants. Current Opinion in Plant Biology, Elsevier. Vol. 11, Pp: 215-221.
36. Cheng, F. S., Brown, S. K., Weeden, N. F. 1997. A DNA extraction protocol from various tissues in woody plants. HortScience 32(5): 921-922.
37. Chevreau E., Leuliette S., Gallet M. 1997. Inheritance and linkage of isozyme loci in pear (*Pyrus communis* L.) Theor Appl Genet Vol. 94.
38. Cronquist, A. 1981. An Integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. ISBN: 9780231038805.
39. Davis, P.D. 1972. Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 4. University Press. Edinburg.
40. Decaisne, M., I. 1872-74. Memoire sur La famille des pomacees. Nov. Archives du museum. X. Paris.
41. Dirlewanger E., Graziano E., Joobeur T., Garriga-Caldere F. 2004. Comparative mapping and marker-assisted selection in Rosaceae fruit crops.(26): 9891–9896.
42. Dondini, L., Sansavini, S. 2012. European Pear. In book: Fruit Breeding: Handbook of Plant Breeding, Vol. 8 (3), Pp.: 369-413, DOI 10.1007978-1-4419-0763-9-11 Springer.

43. Doyle, J., J. Dickson, E., E. 1987. Preservation of Plant Samples for DNA Restriction Endonuclease Analysis. *Taxon* Vol. 36, pp. 715-722.
44. Downing, A. J. 1847-1855. The fruits and fruit trees of America; the culture, propagation, and management, in the garden and orchard, of fruit trees generally; with descriptions of all the finest varieties of fruit, native and foreign, cultivated in this country. Vol. I-XIX. Publisher: New York, J. Wiley & sons.
45. Esri, 2009. ArcGis 9.3. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, CA.
46. FAO, 2010. Agriculture and breeding developed since the Neolithic in the Report "Gardens of Biodiversity, Conservation of genetic resources and their use in traditional food production systems by small farmers of the Southern Caucasus". Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
47. Fischer, M. 2009. Pear breeding. In book: 'Breeding Plantation Tree Crops: Temperate Species' edited by Mohan, J. Sh. & Priyadarshan, P.M. ISBN: 978-0-387-71203-1. Pp.: 135-160. Springer.
48. Gagnidze R. 2005. Vascular Plants of Georgia. A Nomenclatural Checklist. Tbilisi.
49. Goudet, J., 1995. FSTAT, a program for IBM PC compatibles to calculate Weir and Cockerham's (1984) estimators of F-statistics. *J. Hered.* 86,485-486.
50. Grant, K., Russel, Ch. & Everill, P. 2009. Anglo-Georgian Expedition to Nokalakevi. Interim report on excavations in July 2009. Interim Report
Available from:
<http://www.nokalakevi.org/Downloads/Reports/English/Site/2009.pdf>.
51. Haines, J., Crampton, J. S. 2000. Improvements to the method of fourier shape analysis as applied in morphometric studies. *Palaeontology*, Vol. 43 (4), pp. 765-783.
52. Hamon, C. 2008. From Neolithic to Chalcolithic in the Southern Caucasus: Economy and Macrolithic Implements from Shulaveri-Shomu Sites of Kwemo-Kartli (Georgia). *Paléorient*, CNRS Éditions. Vol. 34 (2), Pp: 85-135.
53. Hancock, J.F., Lobos, G.A. 2008. Pears. In book: 'Temperate fruit crop breeding: germplasm to genomics' Ed. Hancock J.F. ISBN: 978-1-4020-6907-9 (Online). Pp.: 299-395. Springer.
54. Hanelt, P. 2001. Mansfeld's Encyclopedia of Agricultural and Horticultural Crops (except ornamentals). First English edition based on a revision of the German editions of 1959 (Mansfeld, R.) and 1986 (Schultze-Motel, J.) . Ed. by Hanelt, P. and the Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (Vol. 1-6). Springer.
55. Hemmat, M., Weeden, N.F., Brown, S.K., 2003. Mapping and evaluation of *Malus × domestica* microsatellites in apple and pear. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128, 515-520.

56. Hijmans, R.J., Guarino, L., Mathurm, P., 2012. DIVA-GIS Version 7.5, <http://www.diva-gis.org/download>.
57. Hill, T., Lewicki, P. 2007. Statistics: Methods and Applications. Dell, Tulsa, OK.
58. Hunter, D., Heywood. V. 2011. Crop Wild Relatives - A manual of *in situ* conservation. Earthscan London Washington, DC. P-149.
59. IUCN, 2001. IUCN Red List categories, version 3.1 International Union for the Conservation of Nature, Species Survival Commission, Gland, Switzerland.
60. Jackson, J., E. 2003. Biology of apples and pears. Cambridge University Press; ISBN 9786610414512, 634/11.
61. Janik, J. 2009. The Pear in History, Literature, Popular Culture, and Art. West Lafayette, Indiana, 47907-1165, USA
62. Katayama, H., Tachibana M. 2012. Phylogenetic utility of structural alterations found in the chloroplast genome of pear: hypervariable regions in a highly conserved genome. Tree Genetics & Genomes. Vol. 8. Pp.:313–326.
63. Kell, S. P., Jury, S. L., Knüpffer, H., Ford-Lloyd, B. V. & Maxted, N. 2007. PGR Forum: serving the Crop Wild Relative user community. *Boccone* 21: 413-421. ISSN 1120-4060.
64. Koehne, E. 1893. Deutsche dendrologie. Stuttgart.
65. Korotkova, N., Nauheimer, L., Ter-Voskanyan, H., Allgaier, M., Borsch, T. 2014. Variability among the Most Rapidly Evolving Plastid Genomic Regions is Lineage-Specific: Implications of Pairwise Genome Comparisons in *Pyrus* (Rosaceae) and Other Angiosperms for Marker Choice. *PLoS One*. Vol. 9 (11). DOI: 10.1371/journal.pone.0112998.
66. Kuhl, F.P., Giardina, C.R., 1982. Elliptic Fourier features of a closed contour. *Comp. Graph. Ima. Proc.* 18, 236–258.
67. Kushnareva K. Kh. 1997. The Southern Caucasus in Prehistory: Stages of Cultural and Socioeconomic Development from the Eighth to the Second Millennium B.C. Translated by H. N. Michael. ISBN 978-0-924171-50-5. University of Pennsylvania Press.
68. Lewis, P.O., Zaykin, D., 2001. GDA User's Manual, <http://lewis.eeb.uconn.edu/lewishome>
69. Liebhard, R., Gianfranceschi, L., Koller, B., Ryder, C.D., Tarchini, R., Weg, E., vande Gessler, C., 2002. Development and characterization of 140 new microsatellites in apple (*Malus × domestica* Borkh.). *Mol.Breed.*10, 217–241.

70. Lodhi, M.A., Ye, G., Weeden, N.F., Reisch, B.I. 1994 A simple and efficient method for DNA extraction from grapevine cultivars and *Vitis* species. *Plant Molecular Biology Reporter* Vol.12,Pp: 6-13.
71. Lyonnet , B., Guliyev, F., Bouquet, L., Bruley-Chabot, G., Samzun, A., Pecqueur, L., Jovenet, E., Baudouin, E., Fontugnee, M., Raymond, P., Degorre, E., Astruc, L., Guilbeau D., Le Dosseur, G., Benecke, N., Hamon, C., Poulmarc'hl, M., Courcier, A. 2015. Mentesh Tepe, an early settlement of the Shomu-Shulaveri Culture in Azerbaijan. *Quaternary International*, Elsevier.
72. Luz, J. P., 2014. Apple and Pear. *Diseases of Temperate Horticultural Plants*. Edited by Raymond George A.T., and Roland T.V. Fox. ISBN-10: 1845937732. pp. 3-21.
73. Marcus, L. F., Corti M., Loy A., Naylor G. J. P. and D. E. Slice, Eds. 1996. *Advances in Morphometrics*. NATO Advanced Science Institute Series A: Life Sciences, vol. 284. New York, Plenum Press.
74. Maxted, N. 2003. Conserving the genetic resources of crop wild relatives in European protected areas. – *Biological Conservation* 113(3): 411-417.
75. Maxted, N., E. Dulloo, B.V. Ford-Lloyd, J.M. Iriondo and A. Jarvis. 2008. Gap analysis: a tool for complementary genetic conservation assessment. *Diversity and Distributions*, 14: 1018–1030.
76. Monte-Corvo, L., Cabrita, L., Oliveira, C., Leitão, J. 2000. Assessment of genetic relationships among *Pyrus* species and cultivars using AFLP and RAPD markers. *Genetic Resources and Crop Evolution* Vol. 47. Pp.: 257–265.
77. Nakhutsrishvili, G., Gagnidze, R., Shetekauri, Sh., Manvelidze, Z., Memiadze, N., Kharazishvili, D., Batsatsashvili, K. 2014. *Georgia*. In: *Red List of Endemic Plants of the Caucasus: Armenia, Azerbaidjan, Georgia, Iran, Russia, and Turkey*. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden (MSB) 125. Missouri Botanical Garden Press, Saint Louis. ISBN 9780915279821
78. Nei, M., Tajima, F., Tateno, Y. 1983. Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data. *J Mol Evol* 19: 153-170.
79. Ovando-Medina, I., Sánchez-Gutiérrez, A., Lourdes A.A., Espinosa-García, F., Núñez-Farfán, J., Salvador-Figueroa, M. 2011. Genetic Diversity in *Jatropha curcas* Populations in the State of Chiapas, Mexico *Diversity*, Vol. 3(4), Pp: 641-659.
80. Pallas, P., S. 1812. *Travels through the southern Provinces of the Russian Empire in the years 1793 and 1794; Second edition*. In two volumes. Vol. I. London.

81. Perrier, X., Flori, A., Bonnot, F., 2003. Data analysis methods. In: Hamon, P., Seguin, M., Perrier, X., Glaszmann, J.C. (Eds.), Genetic Diversity of Cultivated Tropical Plants. Enfield Sci. Publ., Montpellier, pp. 43–76.
82. Perrier, X., Jacquemoud-Collet, J.P., 2006. DARwin Software, <http://darwin.cirad.fr/Darwin>
83. Pritchard, J. K., Stephens, M., and Donnelly, P. 2000 a. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 155:945–959.
84. Pruyn, M. L., Spicer, R.. 2012 Parenchyma. In: eLS. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. <http://www.els.net> [doi: 10.1002/9780470015902.a0002083.pub2]
85. Redher, A. 1949. Bibliography of cultivated trees and shrubs hardy in the cooler temperate regions of the northern hemisphere. Jamaica plain.
86. Rohlf, F.J., Archie, J.W., 1984. A comparison of Fourier methods for the description of wing shape in mosquitoes (Ritera culicidae). *Syst. Zool.* 33, 302–317.
87. Rubtzov, G., A. 1944, Geographical distribution of genus *Pyrus* and trends of factors in its evolution. *Amer. Naturalist* 78, 777.
88. Schanzer, I. A., Semenova, M.V, Shelepova, O.V., Voronkova, T.V. 2012. Genetic diversity and natural hybridization in populations of clonal plants of *Mentha aquatica* L. (Lamiaceae). *Wulfenia*, Vol. 19, Pp: 131–139.
89. Schneider, C., K. 1906. *Pyrus* L. in *Handbuch der Laubholzkunde* 1, 655. Jena.
90. Seifriz, W. 1932. Sketches of the vegetation of some southern provinces of soviet Russia. III. Plant life in the Bakuriani Basin, Minor Caucasus. *J. Ecol.* 20, 53–68.
91. Shatilova, I., Mchedlishvili, N., Rukhadze, L., Kvavadze, E. 2012. The vegetation and flora history of Georgia. Georgian National Academy of Science Press, Tbilisi. Monograph, 192 p.
92. Sisko, M., Javornik, B., Siftar, A., Ivankik, A. 2009. Genetic Relationships among Slovenian Pears Assessed by Molecular Markers. *J. Amer. Soc. Hhort. Sci.* 134(1):97–108.
93. SPSS Inc., 2004. SPSS v. 13.0 user's guide. McGraw-Hill, New York.
94. Tarkhnishvili, D., Gavashelishvili, A., Murtskhvaladze, M., Gabelaia, M., Tevzadze, G. 2014. Human Paternal Lineages, Languages and Environment in the Caucasus. *Human Biology Open Access Pre-Prints*. Paper 54.
95. Thibault, B., Watkins, R., Smith, R.A., 1983. Descriptor List for Pear (*Pyrus*). IBPGR Secretariat, Rome.

96. Tuz A. S., Likhonos F. D., Lobachev A. Y. 1983. Cultivated flora of the USSR. Pome fruit trees (apple, pear and quince). Vol. 14. Moscow: Kolos. 156-157 p. (In Russian). N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Industry [VIR], St. Petersburg, Russia.
97. Tuz, A., S. 1974, On the origin and the evolution of genus *Pyrus*. "Botanicheski jurnal" vol 52. N12. Institute of dendrology 62-035 Kornik, Poland.
98. UPOV, 2000. Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Uniformity and Stability. Pear (*Pyrus communis* L.). UPOV, Geneva.
99. Verbylaitė, R. Ford-Lloyd, B., Newbury, J. 2006. The phylogeny of woody Maloideae (Rosaceae) using chloroplast trnL-trnF sequence data. School of Biosciences, University of Birmingham, U. K. © Lietuvos mokslų akademijos leidykla, Biologija; Pp 60–63.
100. Vergara, R., Gitzendanner, M.A., Soltis, D.E., Soltis, P.S. 2014. Population genetic structure, genetic diversity, and natural history of the South American species of *Nothofagus* subgenus *Lophozonia* (Nothofagaceae) inferred from nuclear microsatellite data. *Ecology and Evolution*, Vol. 4 (12), Pp: 2450–2471.
101. Volk, G.,M., Richards, C.,M., Henk, A.,D., Reilley, A.,A., Bassil, N.,V., Postman, J.,D. 2006. Diversity of wild *Pyrus communis* based on microsatellite analyses. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 131, 408–417.
102. Voltas, J., Pemán, J., Fusté, F., 2007. Phenotypic diversity and delimitation between wild and cultivated forms of the genus *Pyrus* in North-eastern Spain based on morphometric analyses. *Genet. Res. Crop Evol.* 54, 1473–1487.
103. Wagner, S. B. R., Kleinschmit, I. J. 2003, EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for wild apple and pear (*Malus sylvestris* and *Pyrus pyrastrer*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. Drawings: *Pyrus pyrastrer*, Giovanna. Bernetti. © IPGRI
104. Ward, J. H., 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Am. Statist. Assoc.* 58, 236-244.
105. Welt, R.S., Litt, A., Franks, S.J. 2015. Analysis of population genetic structure and gene flow in an annual plant before and after a rapid evolutionary response to drought. *Oxford Journals, Science & Mathematics, AoB PLANTS*. Vol. 7. Pp: 1-9.
106. Westwood, M. N., Bjornstad, H. O. 1971. Some fruit characteristics of interspecific hybrids and extent of self-sterility in *Pyrus*. *Bull. Torrey Bot. Club* 98, 22–24.
107. Wolko, L., Antkowiak, W., Lenartowicz, E., Bocianowski, J. 2010. Genetic diversity of European pear cultivars (*Pyrus communis* L.) and wild pear [*Pyrus*

- pyraster* (L.) Burgsd.] inferred from microsatellite markers analysis. Genet. Res. CropEvol. 57, 801–806.
108. Yamamoto, T., Chevreau, E., 2009. Pear genomics. In: Folta, K.M., Gardiner, S.E. (Eds.), Genetics and Genomics of Rosaceae. Springer, NY.
109. Yamamoto, T., 2002. Simple sequence repeats for genetic analysis in pear. Euphytica 124, 129–137.
110. Yoshioka, Y., Iwata, Y., Oshawa, R., Ninomya, S. 2004. Analysis of Petal Shape Variation of *Primula sieboldii* by Elliptic Fourier Descriptors and Principal Component Analysis. Annals of Botany 94: 657–664.
111. Zohary, D., Hopfman, M. 2000. Domestication of Plants in the Old World. The Origin and Spread of Cultivated Plants in West Asia, Europe and the Nile Valley, 3rd ed. Oxford Univ. Press, Oxford.
112. Андрусов, Н.И. 1961. Керченский известняк и его фауна. В кн.: Академик Н.И. Андрусов. Избранные труды. Том I. Изд-во АН СССР, с. 31–108
113. Брежнев, Д. Д., Коровина, О. Н. 1981. Дикие сородичи культурных растений флоры СССР. Л. Колос; 188–190.
114. Вавилов Н. И. 1926. Центры происхождения культурных растений. Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. 26, 3.
115. Вавилов, Н. И. 1931. Дикие родичи плодовых деревьев Азиатской части СССР и Кавказа и проблема происхождения плодовых деревьев // Тр. по прикл. ботан., генет. и селекции. Т. 26. Вып. 3. С. 85–107.
116. Воронов, Ю. Н. 1925. Новые кавказские виды р. *Pyrus* L. Известия главного Бот. Сада СССР. Том XXVI (6). Издательство всесоюзного института по прикладной ботанике и новых культур. Ленинград.
117. Воронов, Ю. Н. 1925. Материалы к познанию диких груш (*Pyrus* s. str.) Кавказского края. труды по прикладной ботанике и селекции. Том XIV (3), стр 73–90. Издательство всесоюзного института по прикладной ботанике и новых культур. Ленинград.
118. Воронов, Ю. Н. 1927. Дикорастущие родичи плодовых деревьев и кустарников кавказского края и Педней Азии. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Том XIV. Издательство всесоюзного института по прикладной ботанике и новых культур. Ленинград.
119. Гвретишвили, М., Н. 1982. Грибы рода *Cytospora* Fr. в СССР. - Тбилиси: Сабчота Сакартвело, - 216 с.
120. Гроссгейм, А. А. 1946. Растительные ресурсы Кавказа. Баку. 671 с.

121. Гроссгейм, А. А. 1952. Флора Кавказа. В 7 томах. Том 5 (Rosaceae-Leguminosae). Изд-во Академии наук СССР. Ленинград.
122. Дуганова, Е. А. 1972. Самоплодность, взаимоопыление и партенокарпия груши. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Ленинград. Том 46 (2). стр.: 100-110.
123. Карягин, И. И. (ред.). 1954. Флора Азербайджана. Том 5. Rosaceae-Leguminosae. Академия наук Азербайджанской СССР. Баку.
124. Коваловский, А. 1973. Каталог ископаемых растений Кавказа, часть I. Мецниереба, Тбилиси.
125. Лихонос, Ф. Д., Туз, А. С., Лобачев, А. Я. 1983. Культурная флора СССР. Т.14. Семечковые (яблоня, груша, айва) / Ред. Витковский В.Л., Коровина О.Н. Колос, Ленингр.
126. Малеев, В. П. 1939, *Pyrus* L. Груша. Флора СССР. IX. Москва-Ленинград
127. Смирнов, В. Ф. 1966. Пятьсот новых сортов яблони и груши, выведенных в СССР. Московское о-во испытателей природы АН СССР. Наука, Москва.
128. Соколов, С. Я., Связева, О. А., Кубли, В. А. 1980. Ареалы деревьев и кустарников СССР. Том 2. Гречишные - Розоцветные Ленинград: Изд-во "Наука", Ленинградское отделение, 144 с.
129. Тахтаджян, А. Л. 1958. Флора Армении. Том 3. (Platanaceae-Crassulaceae). Академия наук Армянской СССР. Ереван.
130. Тахтаджян А. Л. 1966. Система и филогения цветковых растений. Академия наук СССР, Ботанический институт имени В.Л. Комарова. Ленинград, "Наука".
131. Тахтаджян, А. Л. 2012. Конспект флоры Кавказа (Conspectus florum Caucasi): В 3 т. / Отв. ред. А.Л. Тахтаджян; Российская акад. наук, Ботанический институт им. В.Л. Комарова. - СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК.
132. Туз, А. С. 1972. К вопросу классификации рода *Pyrus* L. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Том 46, вып. 2
133. Федоров А. А. 1937. Новый вид груши из Южной Армении Сбор. науч.труд.Ботю. общ. Арм. Фил. Ак. Наук СССР. II. Ереван.
134. Федоров, А. А. 1943. Кавказские представители рода *Pyrus* L. s. str. Монография. Рукопис.

დანართი

პანტის (*Pyrus caucasica* Fed.) მრავალფეროვნების და დომესტიკაციის პროცესის კვლევის თემატიკაზე გამოქვეყნებული პუბლიკაციები:

1. **Asanidze, Z.**, Akhalkatsi, M., Gvritishvili, M. 2011. Comparative morphometric study and relationships between the Caucasian species of wild pear (*Pyrus* spp.) and local cultivars in Georgia. Flora, Elsevier. Vol. (206) 11, 974 – 986.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367253011001186>

2. **Asanidze, Z.**, Akhalkatsi, M., Henk, A.D., Richards Ch. M., Volk G. M. 2014. Genetic relationships between wild progenitor pear (*Pyrus* L.) species and local cultivars native to Georgia, South Caucasus. Flora, Elsevier (209), 504–512.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367253014000930>

3. Akhalkatsi M., Ekhvaia J., **Asanidze Z.** 2012. "Diversity and genetic erosion of ancient crops and wild relatives of agricultural cultivars for food: implications for nature conservation in Georgia (Caucasus)". Intech. DOI: 10.5772/30286. Free downloadable. Link: <http://www.intechopen.com/books/perspectives-on-nature-conservation-patterns-pressures-and-prospects/diversity-and-genetic-erosion-of-ancient-crops-and-wild-relatives-of-agricultural-cultivars-for-food>

4. Akhalkatsi, M., **Asanidze, Z.** 2015. *Pyrus caucasica* Fed. - Ancestor of Georgian Pear Landraces. Sci. Tech. and Dev. vol. 34 (2): 105-108.

5. **Asanidze, Z.** Akhlkatsi, M. 2011. Morphological relationships between wild and cultivated pears in Georgia. Proc. Georg. Acad. Sci. Biol. Ser. B. vol. 9 (1-4); 20-27.



Contents lists available at ScienceDirect

Flora

journal homepage: www.elsevier.de/flora



Comparative morphometric study and relationships between the Caucasian species of wild pear (*Pyrus* spp.) and local cultivars in Georgia

Zezeva Asanidze^{a,*}, Maia Akhalkatsi^a, Mirian Gvritishvili^b

^a Ilia State University, Institute of Ecology, Cholokashvili Ave., 3/5, 0162 Tbilisi, Georgia

^b Ilia State University, National Botanical Garden, Botanical str., 1, 0105 Tbilisi, Georgia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 21 December 2010

Accepted 26 April 2011

Keywords:

Caucasus
Domestication
Georgia
Pear cultivars
Pyrus caucasica
Pyrus spp.

ABSTRACT

Morphological diversity in *Pyrus* spp. occurring in wild populations in Georgia has been evaluated and their relationships to local and introduced pear cultivars were determined using statistical discrimination between taxa, based on leaf and fruit traits. Eight native for Georgia wild species of pear – *P. caucasica* Fed., *P. balansae* Decne., *P. salicifolia* Pall., *P. demetrii* Kuth., *P. georgica* Kuth., *P. ketskhoveli* Kuth., *P. sachokiana* Kuth., *P. syriaca* Boiss. – and the non-native European pear – *P. pyrastrer* (L.) Burgsd. – have been compared with 36 local and introduced pear cultivars. A total of 237 individuals were sampled in natural habitats, living collections and peasant grounds in different regions of Georgia. The individuals were evaluated for 27 morphological traits, which included 6 quantitative and 6 qualitative leaf and shoot descriptors and 14 qualitative fruit descriptors. Shape of the leaf blade was analysed using Fourier outline shape analysis method. 20 harmonics of Fourier coefficients per leaf and 10 leaves per individual were used. Multivariate Canonical Discriminant Analysis showed close relations between cultivars and 4 wild species – *P. caucasica*, *P. balansae*, *P. pyrastrer* and *P. ketskhoveli*. According to hierarchical cluster analyses, the endemic species *P. caucasica* and *P. balansae*, native for Georgia, are aggregated only with 15 domesticated Georgian aboriginal local cultivars. *P. pyrastrer* and *P. ketskhoveli* clustered with different introduced and local cultivars. Crossing of these two wild taxa might have been first domestication events of pear in prehistorically times. Local aboriginal Georgian edible pear cultivars might have been originated from the native wild species of pear, *P. caucasica* and *P. balansae*. Many other pear cultivars in Georgia are associated with *P. communis*, probably originated through breeding selection in past historical times and resulting from recent activities of breeding stations in Georgia.

© 2011 Published by Elsevier GmbH.

Introduction

Pyrus caucasica Fed. and *P. pyrastrer* (L.) Burgsd. are regarded as the main wild ancestors from which the cultivated European pear (*P. communis* L.) has probably evolved (Zohary and Hopf, 2000; Volk et al., 2006; Yamamoto and Chevreau, 2009). *P. caucasica* ('Panta' in Georgian) is an endemic species of the Caucasus (Kuthateladze, 1980; Brezhnev and Korovina, 1981). Its occurrence outside of the Caucasus region (Volk et al., 2006; Yamamoto and Chevreau, 2009) might be explained by planting of this tree in Soviet time in orchards and forest gardens for producing vegetative and generative rootstocks for fruit trees (Sokolov et al., 1980). Originally, it is distributed in natural habitats of broad-leaved and mixed coniferous forests at low, middle and upper montane belts

(500–1800 m a.s.l.) of the Greater and Lesser Caucasus Mountains (Ketskhoveli, 1960). Genetically it is differentiated from *P. pyrastrer* which is native to Eastern and Central European countries, the Balkan Peninsula and Turkey. However, both species show close genetic relations to domesticated pears (Volk et al., 2006). This situation put us into the idea to compare *P. caucasica* with local Georgian cultivars of pear and reveal relationships between them.

Wild pear first was identified in the Caucasus as European pear – *P. communis* (Marschall von Bieberstein, 1808). Fedorov in a manuscript of 1943 described wild pear in the Caucasus as a Caucasian pear. Lately, Grossheim (1952) validated the status of a separate species to the Caucasian pear – *P. caucasica*, based on morphological differences between pear taxa of leaf margins. These are entire in *P. caucasica* and serrate in *P. communis* and *P. pyrastrer* (Grossheim, 1952; Fedorov, 1954). Browicz (1982, 1993) placed related pear species as wild subspecies to *P. communis* in the recent taxonomic treatment of the genus *Pyrus*. This successfully reflects close morphological relationships between subspecies in the "communis" group. However, Caucasian pear is considered as a separate species by many authors (Seifrizz, 1932; Grossheim,

* Corresponding author.

E-mail addresses: zezeva.asanidze.1@iliauni.edu.ge (Z. Asanidze), maia.akhalkatsi@iliauni.edu.ge (M. Akhalkatsi), mirian.550@yahoo.com (M. Gvritishvili).

1946; Ketskhoveli, 1960; Tuz, 1974; Brezhnev and Korovina, 1981; Bläsing, 2004), based on arguments that the differences are not only morphological features, but as well the separate geographic area of distribution. There are two other species of sect. *Pyrus* related to the “communis” group in the Caucasus. The one species is *P. balansae* Decne., distributed in western Georgia, Northern Turkey (Lazeti, former Georgian territory and thus closely linked with pear cultivation there) and on Greek islands (Chouliaras et al., 2003). The second relic species – *P. boissieriana* Buhse – occurs in Talish Mountains (Azerbaijan and Northern Iran). These species have serrate upper parts of the leaf margins (Kuthateladze, 1947); they were considered as synonyms of *P. communis* by Browicz (1993). The European wild pear, *P. pyrastrer*, occurs up to the middle regions of Turkey and does not reach the Georgian boundary.

The most probable centre of origin of the genus *Pyrus* is suggested the mountainous region of western China (Komarov, 1908, 1931). Wild species of pear appeared in the Caucasus, Asia Minor and the western regions of the Old World due to an exchange of floras with Central Asia in the Tertiary period (Rubzov, 1944; Yamamoto and Chevreau, 2009). Tertiary remains of leaves of the fossil species *P. theobroma* were found in western Europe (village Perschlug, Austria) and in the Caucasus (Kakheti's Kavkasioni Mountains, Georgia) in middle and lower-middle Sarmatian deposits together with representatives of a mixed flora that includes a number of evergreen plants, which attests to a subtropical or warm flora (Rubzov, 1944). Wild pear species have diverged into numerous local ecogeographical races and species, which are interfertile with the cultivated pear. These species have enriched the genetic variation of cultivated pears through hybridization and introgression (Rubzov, 1944; Watkins, 1986). Among these interfertile wild pears some are distributed in Georgia under the names *P. salicifolia* Pall., *P. syriaca* Boiss., *P. georgica* Kuth., *P. demetrii* Kuth., etc. (Brezhnev and Korovina, 1981).

According to Kuthateladze (1980) in total 11 taxonomic units of wild pear occur in Georgia, which territory comprises 67 000 km². Among them *P. caucasica* is most widespread. This species is considered as the main progenitor species of Georgian local pear cultivars (Khomizurashvili, 1973). According to literature data (Khomizurashvili, 1973; Likhonos et al., 1983) cultivated pears from Europe and Russia appeared in Georgia at the end of 19th century. Before there existed only the local cultivars. The local Georgian names of the cultivated pear ‘Mskhali’ and wild Caucasian pear ‘Panta’ exists in all Georgian dialects; they do not have analogues in any other language (Javakhishvili, 1930). The Georgian names of cultivated and wild pears are linked with geographic objects such as mountains (Skhaltbis Range in Kartli, Mt. Mskhal-Gori in Kakheti's Kavkasioni), rivers (R. Skhaltba), or villages (Pantiani, Skhalt, Skhlobani, etc.): Javakhishvili (1930). The name of wild Caucasian pear ‘Panta’ is used among cultivars called ‘Panta Mskhali’, i.e. cultivar with name of wild pear. Moreover, the classification of Georgian pear cultivars (Khomizurashvili, 1973) contains a group of landraces with the same name. This classification system divides Georgian cultivars into four groups: ‘Gulabi’, ‘Panta Mskhali’, ‘Kalos Mskhali’, and ‘Khechchuri’. The name of each group represents the name of a cultivar, which is considered as a typical representative of a group. In the ‘Gulabi’ group are included both local and introduced cultivars with most high economic values, big juicy fruits with sweet taste. The ‘Panta Mskhali’ group contains local varieties with small fruits becoming black after maturation, as it is a character feature of wild Caucasian pear. The ‘Kalos Mskhali’ group includes local cultivars with bigger fruits than the second group. The ‘Khechchuri’ group matures in late autumn with juicy fruits containing a big amount of stone cells. According to Khomizurashvili (1973) the last three groups originated by direct domestication of wild pear in Georgia. Although, some signs of selective breeding are remarkable as well. Relation-

ships between wild *P. caucasica* and local cultivars are mirrored by a high morphological variability of leaf and fruit forms.

Morphological criteria that include characteristics of leaves and fruits, together with the presence or absence of thorns on shoots, that best distinguish wild and cultivated forms, are traditionally used, based on statistical significance, to identify taxonomically *Pyrus* taxa (Paganova, 2003, 2009; Voltas et al., 2007). Even if fruit morphology may give more useful tree characteristics for identification purposes owing to the selection process undergone during domestication (Voltas et al., 2007), in particular the leaf form shows high variability in the wild Caucasian pear and the Georgian cultivars. Therefore, in this study, we compared quantitative and qualitative morphological characters of leaf and fruit that might enable to determine relationships between wild *Pyrus* spp. and cultivars. Besides *P. caucasica*, we included in the investigation the following Caucasian wild species: *P. balansae*, *P. salicifolia*, *P. georgica*, *P. demetrii*, *P. ketzkhoveli*, *P. syriaca*, *P. sachokiana* and also the European wild pear, *P. pyrastrer*, collected in Germany. Studied cultivars include both local and introduced varieties.

The aims of the present study were: (1) to evaluate the morphological diversity in *Pyrus* spp. occurring in the wild populations in Georgia and determine their relationships to cultivars using morphological discrimination between taxa; (2) to reveal possible relationships between Caucasian wild species related to domesticated pear and local cultivars of Georgia; and (3) to estimate the possible incidence of domestication events of wild *Pyrus* spp. based on morphological similarity with local cultivars.

Materials and methods

Plant material

A total of 237 wild and cultivated pear trees were sampled in natural habitats, from living collections and in peasant grounds in different regions of Georgia. Wild pear species were determined according to Kuthateladze (1947, 1980). The pear accessions evaluated in this study consisted of Caucasian endemic *P. caucasica* Fed. (= *P. communis* subsp. *caucasica* (Fed.) Browicz; *n* = 100), local Georgian and introduced pear cultivars (*n* = 103), *P. balansae* Decne. (= *P. communis* L.; *n* = 8), *P. salicifolia* Pall. (*n* = 8), Caucasian endemic *P. demetrii* Kuth. (*n* = 5), *P. pyrastrer* (L.) Burgsd. (= *P. communis* subsp. *pyrastrer* (L.) Ehrh.; *n* = 4), Caucasian endemic *P. georgica* Kuth. (*n* = 3), *P. syriaca* Boiss. recorded by M. Gvritishvili for the first time in Georgia (*n* = 3), Caucasian endemic *P. ketzkhoveli* Kuth. (*n* = 2), and one Georgian endemic *P. sachokiana* Kuth. (*n* = 1). *P. pyrastrer* was collected in Germany, Hessen, in surroundings of village Erda (N 50.681506°, E 8.507645°, 297 m a.s.l.) and village Eibach (N 50.752841°, E 8.320175°, 384 m a.s.l.) in Oak-Hornbeam forest edges. All other wild species were collected in different administrative regions of Georgia (Fig. 1).

Pyrus caucasica was sampled in 32 populations in different administrative regions of Georgia (Fig. 1). The trees were located at altitudes ranging from 234 m a.s.l. (Dabadzveli, Imereti region) to 1890 m a. s. l. (Damala, Meskheti). *P. caucasica* occurs in 4 different habitats: (1) Oak-hornbeam forests in East and South Georgia (234–1387 m a.s.l.) with *Quercus iberica*, *Carpinus caucasica*, *C. orientalis*, *Acer campestre*, *A. laetum*, *Cerasus avium*, *Fraxinus excelsior*, *Malus orientalis*, *Mespilus germanica*, *Prunus divaricata*, *Tilia begoniifolia*, *Cornus mas*, *Corylus avellana*, *Salix caprea*, *Clematis vitalba*, etc.; (2) Pine forests with Kolchic understory of *Rhododendron luteum* (Pinetum azaleosum), in Svaneti (1212–1887 m. a.s.l.): *Pinus kochiana*, *Picea orientalis*, *Quercus iberica*, *Carpinus caucasica*, *Crataegus kyrtostyla*, *Cornus mas*, *Daphne pontica*, *Frangula alnus*, *Rhododendron luteum*, *Ruscus ponticus*, *Sorbus torminalis*, *Tilia begoniifolia*, *Vaccinium arctostaphylos*, *V. vitis-idaea*; (3) Beech forests

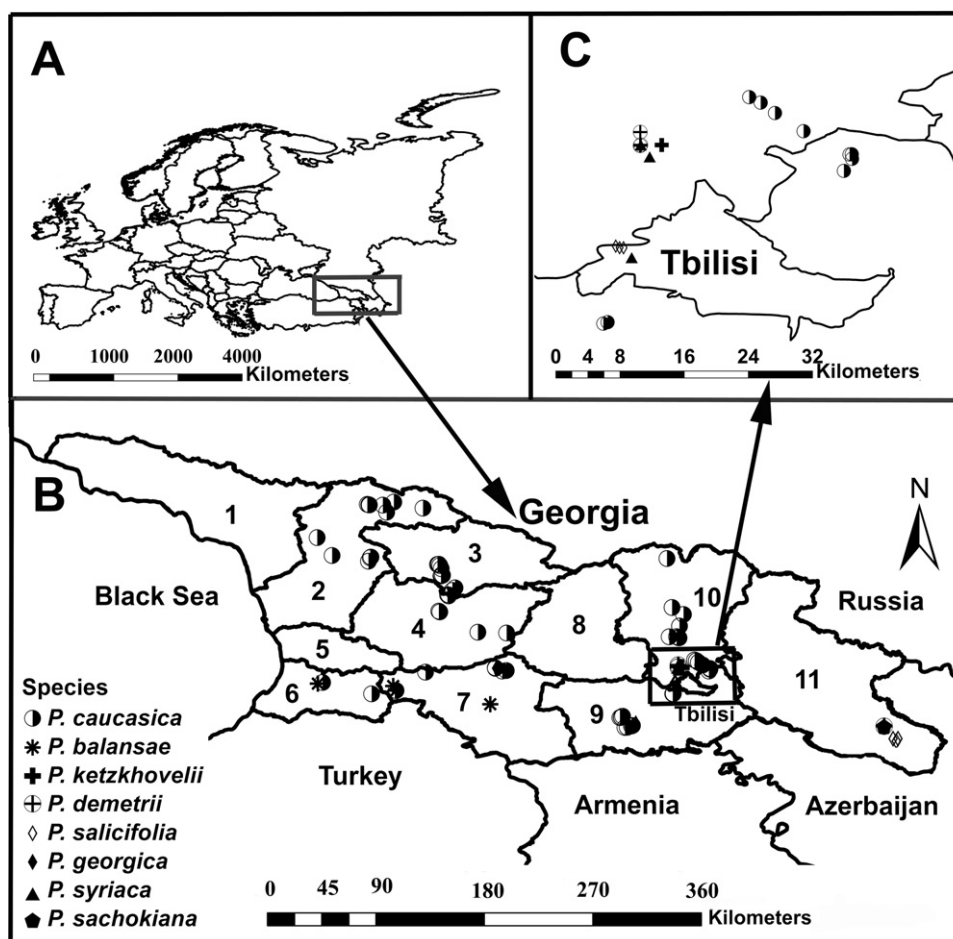


Fig. 1. (A) Location of Georgia in the Caucasus; (B) Sampling sites of wild species of pear: *P. caucasica*, *P. balansae*, *P. ketzkhovelii*, *P. demetrii*, *P. salicifolia*, *P. georgica*, *P. syriaca* and *P. sachokiana* in different administrative regions of Georgia: (1) Abkhazia; (2) Samegrelo-Zemo Svaneti; (3) Racha-Lechkhumi; (4) Imereti; (5) Guria; (6) Adjara; (7) Samtskhe-Javakheti; (8) Shida Kartli; (9) Kvemo Kartli; (10) Mtskheta-Mtianeti; (11) Kakheti. (C) Sampling sites of wild pear species near capital of Georgia Tbilisi.

with Kolchic understory (*Fageta fruticosa colchica*) in Imereti, Racha, Samegrelo and Adjara (600–1890 m a.s.l.) with *Abies nordmanniana*, *Picea orientalis*, *Pinus kochiana*, *Quercus imeretina*, *Q. hartwissiana*, *Acer laetum*, *Carpinus caucasica*, *Tilia begoniifolia*, *Ficus carica*, *Malus orientalis*, *Staphylea colchica*, *S. pinnata* and evergreen understory with *Laurocerasus officinalis*, *Rhododendron ponticum*, *R. unguernii*, *Ruscus ponticus*, *R. colchicus*, *Ilex colchica*, *Daphne pontica*, *Epigaea gaultherioides*, *Vaccinium arctostaphylos*, *Viburnum orientale* and *Buxus colchica*; (4) Wild Caucasian pear occurs among vegetation of urban and rural areas in different regions of Georgia together with *Prunus divaricata*, *Punica granatum*, *Juglans regia*, *Cornus mas*, *Corylus avellana*, etc.

P. balansae occurs in beech forests with Kolchic understory in Adjara and Samegrelo (Fig. 1). The other species – *P. salicifolia*, *P. demetrii*, *P. georgica*, *P. syriaca* and *P. ketzkhovelii* – are growing in the dry open woodlands in the East Georgia (423–992 m a.s.l.; Fig. 1) with *Pistacia mutica*, *Ulmus carpinifolia*, *Rhamnus pallasii*, *Juniperus foetidissima*, *J. oblonga*, *J. polycarpus*, *J. rufescens*, *Ephedra procera*, *Cotinus coggygria*, *Celtis australis*, *Paliurus spina-christi*, etc. The rare endemic species *P. sachokiana* is found only in Dedoplistskaro district, on Mt. Shavi Mta (N 41.26209°, E 46.63101°, 805 m a.s.l.; Fig. 1).

81 individuals of 27 Georgian local (LC) and 22 individuals of 9 introduced (IC) cultivars (total 103 individuals of 36 cultivars) were studied. Introduced cultivars were obtained from the collection of the Institute of Horticulture, Viticulture and Oenology (IHVO), village Skra, Gori distr., Georgia. Local cultivars were sampled in the collection of aboriginal cultivars of Biological Farming Association

“ELKANA” in village Tsnisi, Akhaltsikhe distr., Georgia. Many local cultivars were collected in peasant grounds in different regions of Georgia (Table 1). ‘Sand pear’ was found only in peasant ground in Samegrelo. The names of local Georgian pear cultivars collected in villages were checked according to Khomizurashvili (1973). The name of cultivar ‘Khinosh mskhali’ was not identified and we used name of the village where it was collected.

Field sampling

10 mature leaves and 5 fruits per individual were collected from randomly selected plants in each location from August to the end of September 2009 and 2010. The samples were obtained only from adult trees with diameters at breast height ranging from 0.20 m to 0.90 m. Tree height of *P. caucasica* and cultivars reached up to 30 m. The shortest trees were those of *P. salicifolia* (3–5 m). Coordinates and elevation were determined by GPS Etrex, Legend HCx, Garmin, and the respective habitat type and plant community were identified. Leaves were pressed and kept in herbarium and later digitalized by Nikon Coolpix 5500 camera for morphometric and landmark analyses.

Morphological characterization

The individuals were evaluated for 27 morphological traits, which included 13 leaf and shoot descriptors and 14 fruit descriptors (Table 2). Selection of morphological characters followed the recommendation by UPOV (2000) for *P. communis* L. Most traits

Table 1

List of 81 individuals of 27 Georgian local (LC) and 22 individuals of 9 introduced (IC) pear cultivars used in this study. The respective cultivar group is determined according to Khomizurashvili (1973) as 'Panta mskhali', 'Khechekhuri', 'Kalos mskhali' and 'Gulabi' groups. The first three groups are associated with *P. caucasica* as progenitor. The 'Gulabi' group is considered as *P. communis*. The progenitor of some local cultivars is not determined and identification is based on their occurrence in historical regions of Georgia: A – Adjara; I – Imereti; K – Kartli; KH – Kakheti; RL – Racha-Lechkhumi; S – Svaneti; SA – Samegrelo; SJ – Samtskhe-Javakheti. Cultivars originated by selective breeding in Georgia are named as breeding cultivars (BC). Introduced cultivars are from different countries and belong to *P. communis* and *P. pyrifolia*.

N	Cultivar name	Species	Cultivar group	Origin	Location	No. of accessions
I	Georgian local cultivars					
1	Akiro	Not identified	Imereti, LC	Georgia	Chiatura, I	2
2	Bebani	Not identified	Svaneti, LC	Georgia	Lakhamula, S	2
3	Borbala	Not identified	Adjara, LC	Georgia	Pkhvenisi, K	3
					Pasanauri, K Squri, SA	
4	Gulabi	<i>P. communis</i>	Gulabi group	Unknown	Shilda, KH	3
					Pasanauri, K	
					Chorkvali, S	
5	Gverdsitela	<i>P. caucasica</i>	Panta mskhali Kartli, LC	Georgia	Gori, K Arali, SJ	4
					Tsnisi, SJ Grigoleti, G	
6	Kabak armudi	<i>P. caucasica</i>	Khechekhuri	Georgia/Turkey	Arali, SJ	2
7	Kartuli mskhali	<i>P. caucasica</i>	Kalos mskhali	Georgia	Chiatura, I	2
8	Katsistava	Not identified	Georgia, LC	Georgia	Namonastrali, A	3
9	Khechekhuri	<i>P. caucasica</i>	Khechekhuri	Georgia	Daba, SJ	10
					Joshka, RL	
					Sakasria, I	
					Shilda, KH	
					Pasanauri, K	
					Namonastrali, A	
					Tsnisi, SJ	
					Zarzma, SJ	
					Didvake, A	
					Kviani, G	
10	Khinos mskhali	Not identified	Adjara, LC	Georgia	Khino, A	7
11	Korda	Not identified	Meskheta, LC	Georgia	Zarzma, SJ	2
12	Kvichicha	<i>P. caucasica</i>	Panta mskhali	Georgia	Kviani, G	2
13	Majara	<i>P. caucasica</i>	Panta mskhali	Georgia	Riketi, A	2
14	Makre	<i>P. caucasica</i>	Panta mskhali	Georgia	Squri, SA	2
15	Nanaziri	Not identified	Meskheta, LC	Georgia	Arali, SJ	2
16	Nenes mskhali	<i>P. caucasica</i>	Kalos mskhali	Georgia	Tsnisi, SJ	2
17	Panta mskhali	<i>P. caucasica</i>	Panta mskhali	Georgia	Daba, SJ	6
					Nikozi, K	
					Skuri, SA	
18	Samariobo	<i>P. caucasica</i>	Kalos mskhali	Georgia	Tsnisi, SJ	2
19	Saselo	<i>P. caucasica</i>	Kalos mskhali	Georgia	Tsnisi, SJ	2
20	Sazapkhulo mskhali	<i>P. caucasica</i>	Khechekhuri	Georgia	Joshka, RL	2
21	Shakara	<i>P. caucasica</i>	Kalos mskhali	Georgia	Kved-Kedi, A	2
22	Shavmskhala	<i>P. caucasica</i>	Panta mskhali	Georgia	Squri, SA	4
					Squri, SA	
					Chrebalo, RL	
					Tsageri, RL	
23	Shotas mskhali	<i>P. communis</i>	Georgia, BC	Georgia	Skra, K	2
24	Tavre juli	<i>P. caucasica</i>	Khechekhuri	Georgia/Turkey	Nakalakevi, SJ	2
25	Tsvrili mskhali	<i>P. caucasica</i>	Panta mskhali	Georgia	Lakhamula, S	2
26	Tulukha	Not identified	Georgia, LC	Georgia	Pasanauri, K	2
27	Zamtris mskhali	Not identified	Imereti, LC	Georgia	Tbeti, RL	5
					Khaishi, S	
					Squri, SA	
II	Cultivars introduced in Georgia					
28	Beurré Ardant	<i>P. communis</i>	Introduced	Belgium	Skra, K	2
29	Beurré Bosc	<i>P. communis</i>	Introduced	France	Pkhvenisi, K	3
30	Beurré d'Anjou	<i>P. communis</i>	Introduced	France	Skra, K	3
31	Fondante des Bois	<i>P. communis</i>	Introduced	Belgium	Gori, K	3
32	Gorham pear	<i>P. communis</i>	Introduced	United State	Skra, K	3
33	Kieffer pear	<i>P. communis</i>	Introduced	United States	Pkhvenisi, K	2
		'Bartlett' × <i>P. pyrifolia</i> 'Sand pear'			Squri, SA	
34	Central Asian pear	<i>P. communis</i>	Introduced	Central Asia	Skra, K	2
35	Sand pear	<i>P. pyrifolia</i>	Introduced	Iran	Squri, SA	2
					Kurtsu, SA	
36	Saint Germain	<i>P. communis</i>	Introduced	France	Gori, K	2

evaluated are used as descriptors according to Voltas et al. (2007), delimiting differences between wild and cultivated forms of the genus *Pyrus* based on morphometric analyses. But some additional relevant criteria for the identification of wild forms, such as dark colour of flesh fruit in *P. caucasica*, eating quality and attractiveness, crown form, absence and presence of thorns on young shoots, leaf

blade colour and some traits of leaf base and apex shape in wild species have been added following the IBPGR descriptor list for the genus *Pyrus* (Thibault et al., 1983).

Fourier analysis of the outline was used for analyses of the form of the leaf blade in the studied taxa using free morphometric software package "Shape 1.3" (Iwata, 2006). This program uses

Table 2
List of the morphological attributes used as descriptors.

Leaf, shoot and tree traits			Fruit traits		
Descriptor reference ^a	Trait description	Acronym	Descriptor reference ^a	Trait description	Acronym
Landmark analyses			Qualitative traits		
–	Leaf shape: (20 harmonics of Fourier coefficients per leaf)	LSH	37	Fruit length: (1) short; (2) medium; (3) long	FL
Quantitative traits			38	Fruit maximum diameter: (1) small; (2) medium; (3) large	FMD
14	Leaf blade: length (cm)	LBL	39	Fruit shape: ratio length/diameter (1) very small; (2) small; (3) medium; (4) large; (5) very large	RLD
15	Leaf blade: width (cm)	LBW	44	Fruit: ground colour of skin (1) not visible; (2) green; (3) yellow green; (4) yellow	FGC
16	Ratio leaf blade length/width	RLW	46	Fruit: hue of over colour (1) orange; (2) orange red; (3) pink red; (4) light red (5) dark red	FOC
23	Petiole: length (cm)	PL	50	Fruit stalk length: (1) short; (2) medium; (3) long	FSL
–	Petiole: width (cm)	PW	51	Fruit stalk thickness: (1) thin; (2) medium; (3) thick	FST
–	Ratio length of leaf blade/petiole length	RLP	60	Fruit: texture of flesh (1) fine; (2) medium; (3) coarse	FTF
Qualitative traits			–	Fruit: colour of flesh (1) light; (2) dark	FCF
17	Leaf blade: shape of base (1) cuneate; (2) widely ovate; (3) rounded; (4) cordate; (5) widely elliptic; (6) attenuate	LBB	–	Fruit: eating quality and attractiveness (1) extremely low; (2) low; (3) intermediate; (4) good; (5) very good	FEQ
18	Leaf blade: shape of apex (1) acute; (2) cuspidate; (3) rounded; (4) acuminate	LBA	Seasonal traits		
20	Leaf blade: incisions of margin (1) entire; (2) crenate; (3) serrate; (4) serrate upper half of leaf blade margin	LBM	64	Start time of flowering: (1) very early; (2) early; (3) medium; (4) late; (5) very late	TF
–	Leaf blade colour (1) green; (2) silver green; (3) light silver green	LBC	–	Period of fruit appearance: (1) very early; (2) early; (3) medium; (4) late; (5) very late	FA
–	Young shoot: absence/presence of thorns (1) sparse; (2) intermediate; (3) dense; (4) not persistent	YST	65	Time of maturity for consumption: (1) very early; (2) early; (3) medium; (4) late; (5) very late	FHM
–	Crown shape (1) ovate; (2) broadly ovate; (3) pyramidal; (4) broadly pyramidal	CSH	–	End of fruiting period: (1) very early; (2) early; (3) medium; (4) late; (5) very late	EFP

^a UPOV (2000).

elliptic Fourier descriptors (EFDs) to analyze shape variation of two-dimensional outline data and exports it as a polygon of the x and y coordinates coded in harmonic series or “Harmonics”. Elliptic Fourier analysis program “Shape 1.3” contains four programs named “ChainCoder”, which extracts the contours of an object from an image file and records them as chaincode, describing geometrical information about contours in numbers from 0 to 7. 10 leaves per individual have been analysed by this program, with digital images converted to black-and-white bitmaps. The second elliptic Fourier transformation program “Chc2Nef” calculates the normalized EFDs based on the first harmonic ellipse (Kuhl and Giardina, 1982). The third program “PrinComp” performs a principal component analysis using the variance–covariance matrix from the normalized EFD coefficients, providing a visual and numerical analysis of shape variation. By default, a contour shape is described in the first 20 harmonics of Fourier coefficients; the number of normalized EFD coefficients becomes large (77 or 80). However, principal component analysis can efficiently summarize the information contained in these coefficients (Rohlf and Archie, 1984). Instead of the fourth program “PrinPrint” we used additional statistical software SPSS v.13.0 for Windows (SPSS Inc., 2004) for discriminant function analysis of the collected 20 harmonic data per leaf.

Six traits of leaves were quantitative, 6 qualitative for leaves and 10 for fruits, four traits were seasonal characters of fruit appearance and maturation. The quantitative traits (leaf blade and petiole length and width) were measured to an accuracy of 0.1 mm using a micrometer. Two ratios involving quantitative measurements defined two additional leaf traits (leaf blade width to length, RLW, and blade length to petiole length, RLP). The length and width of the fruit and the stalk despite their quantitative nature were transformed into qualitative ordinal variables (UPOV, 2000). Stone cell amount and leaf margin shape were determined using stereo microscope Stemi DV4 (Karl Zeiss, Germany). Two values of a tree were evaluated in the field: crown shape and thorn amount. Seasonal traits have been determined in the field, based on information given by interviewed local people and literature data. Quantitative characters of morphological traits by each descriptor were recorded as average value per tree.

Statistical analyses

Mean and standard deviation were calculated for each quantitative leaf descriptor data sets. Means were compared using a one-way ANOVA post hoc range tests. Tukey’s honestly significant difference test was used to assume equal variances, with

$p < 0.05$. Individual F -values were computed for continuous variables of each quantitative leaf descriptor to determining the overall between-group differentiation. The test of independence (Chi-square) was used to investigate whether distributions of categorical variables differed from one another. Predetermined alpha level of significance ($p = 0.05$), and degrees of freedom (df) have been determined. For each classification, the differentiation between group mean vectors was assessed by the Wilks' Lambda multivariate statistic (L), which can be approximated by an F statistic for comparing between-group and within-group variability (smaller L values indicating a greater difference between group means). Frequency and percentages of distribution of morphological traits were determined for qualitative descriptors.

The principal components analyses (PCA) were based on the covariance matrix of the coefficients and not on the correlation matrix, because coefficients with small variance and covariance values of harmonics of Fourier coefficients are generally not important for explaining the observed morphological variations of leaf blade shape, revealing a pattern of variation that is consistent with the distribution rate of wild pear species and cultivars.

Stepwise discriminant function analysis (DFA) was used to determine which quantitative leaf traits are more useful for discriminating among the studied taxa. The significance level corresponding to the F -value for entering or removal on a specific trait at each step was set at $p = 0.05$ and $p = 0.1$. For the selected traits, Mahalanobis distances have been used. All traits that remained in the model when the selection process stopped were considered to discriminate significantly between groups. Canonical discriminant function analyses (CDF) and predicted group membership classification were performed. In the classification, cultivars were used both as two groups (local and introduced cultivars) and in other calculation as separate cultivars.

Cluster analysis was carried out using the hierarchical cluster analyses (HCA) to specify the distance or similarity measure to be used in clustering with the Ward's method as amalgamation rules (Ward, 1963). This method uses an analysis of variance approach to evaluate the distances between clusters. This attempts to minimize the sum of squares (SS) of any two (hypothetical) clusters that can be formed at each step. Distance measure interval is Euclidean distance computing distances between objects in a multi-dimensional space.

The analysis was performed using the software packages SPSS v.13.0 for Windows (SPSS Inc., 2004) and Statistica 6.0.

Results

237 individuals of 9 wild species (*P. caucasica*, *P. balansae*, *P. pyraster*, *P. salicifolia*, *P. demetrii*, *P. georgica*, *P. ketzkhoveli*, *P. sachokiana*, *P. syriaca*) and 36 cultivars of pear were compared with respect to the shapes of their mature leaves, determined by 20 harmonics of Fourier coefficients, to 20 qualitative and 6 quantitative descriptors of leaf, shoot and fruit. Mean and standard deviation were calculated for numerical variables of leaf characters: leaf blade and petiole length, leaf blade width of 9 wild species of pear and two groups of local and introduced cultivars (Fig. 2). Ratios of leaf length and width and leaf blade and petiole lengths showed similar results among both local and introduced cultivars and three wild pear species – *P. caucasica*, *P. balansae* and *P. pyraster* (Fig. 3). One-way ANOVA procedure rendered low significance levels ($p < 0.0001$) for all quantitative descriptors of a leaf, showing high level of between-group differentiation (Table 3). F -value was low for descriptors petiole length (PL) and leaf blade width (LBW) indicating that these descriptors discriminate sig-

nificantly between groups (Table 3). The test of independence (Chi-square) revealed that for most categorical variables distributions differ from one another between groups (Table 4). The same was confirmed by the Wilks' Lambda multivariate statistics revealing differentiation between group mean vectors. Smaller L values indicating a greater difference between group means was determined for the following descriptors: leaf blade margin form (LBM), thorns on young shoot (YST), crown shape (CSH), fruit length (FL), fruit maximum diameter (FMD), fruit shape (RLD), fruit stalk length (FSL), fruit stalk thickness (FST), eating quality of fruit (FEQ), fruit flesh colour (FCF) and texture (FTF). A low difference between groups was shown for the qualitative descriptors leaf blade base (LBB) and apex (LBA) form, leaf (LBC) and fruit skin (FGC) colour, fruit over colour (FOC), and four seasonal traits (TF, FA, FHM, EFP). Leaf blade base and apex forms were used as taxonomic features for identification of wild pear species. They did not show high differentiation between group mean vectors by the Wilks' Lambda or Chi-square. Therefore, we conducted analyses of frequency and percentages of distribution of these taxonomic morphological traits adding leaf blade margin form (LBM) and fruit flesh colour (FCF) among wild species and cultivars of studied taxa. The results indicated (Table 5) that *P. caucasica* strongly differs from *P. pyraster* by leaf margin form, which is entire in *P. caucasica* and crenate or serrate in *P. pyraster*. In *P. balansae* only the upper part of a leaf is serrate. The other wild species have mainly entire margins, except *P. demetrii* and *P. georgica*, which both have mixed characters of crenate and entire margins even per individual. The dark colour of fruit flesh in maturity is characteristic for *P. caucasica* and *P. balansae* and for 43.3% of local cultivars. The variable features of leaf blade base and apex forms were really very variable among taxa.

Two different procedures of principal component analysis were performed:

- (1) leaf shape, 6 quantitative leaf descriptors and 14 qualitative descriptors of leaf, shoot and fruit with high value of differentiation between groups have been used in the PCA based on the covariance matrix of the coefficients. 6 descriptors with high L value have been excluded from PCA: colour of leaf (LBC) and fruit skin (FGC) and four seasonal traits (TF, FA, FHM, EFP). The first three principal axes of the remaining 21 descriptors explain 72.8% of the variance (47.1%, 16.1%, 9.6%, respectively). 15 coordinates are needed to account for 98.8% of the overall variance. The highest loadings on the 1st PCA axis correspond to the leaf and fruit numerical and categorical variables: leaf blade margin form (LBM), blade width (LBW) and length (LBL), petiole length (PL), fruit over colour (FOC), fruit length (FL), fruit stalk length (FSL) and thickness (FST), fruit maximum diameter (FMD), and eating quality (FEQ). The variables with the highest loadings on the 2nd PCA axis are leaf blade base (LBB) and apex (LBA) form, leaf blade length (LBL) and fruit flesh colour (FCF). The highest loadings on the 3rd components are leaf blade width (LBW) and ratio between the blade length and width (RLW).
- (2) The second combination of descriptors included leaf shape, 6 quantitative and 6 qualitative descriptors of leaf. All descriptors of fruits were excluded from this analysis. The first three principal component axes of the remaining 13 descriptors explain 77.7% of the variance (36.1%, 29.7%, 11.9%, respectively). Seven coordinates are needed to account for 98.3% of the overall variance. The highest loadings on the 1st PCA axis correspond to the characters leaf blade margin form (LBM), leaf blade base (LBB) and apex (LBA) form, petiole length (PL), leaf blade length (LBL) and width (LBW). Variables with the highest loadings on the 2nd PCA axis are ratios between leaf blade length and width (RLW) and with petiole length (RLP), leaf colour (LBC) and three of 20 leaf shape harmonics. The highest loadings on the 3rd components are 5 of 20 leaf shape harmonics, leaf blade mar-

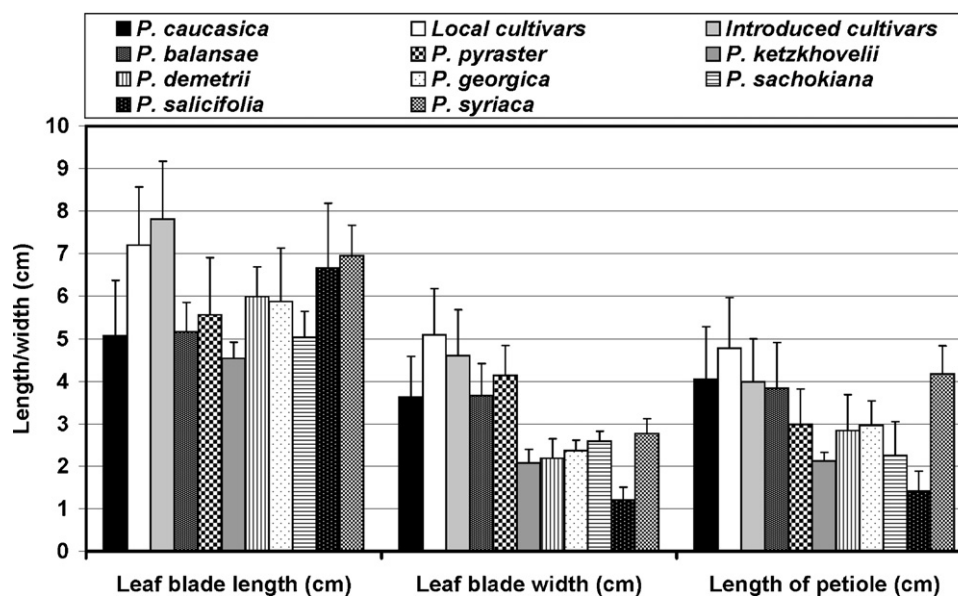


Fig. 2. Mean and standard deviation of leaf numerical variables: leaf blade length and width and petiole length of 9 wild species of pear: *P. caucasica*, *P. balansae*, *P. pyraister*, *P. ketzkhovellii*, *P. demetreei*, *P. salicifolia*, *P. georgica*, *P. syriaca*, *P. sachokiana* and two groups of local and introduced cultivars ($n = 45$; $p < 0.0001$).

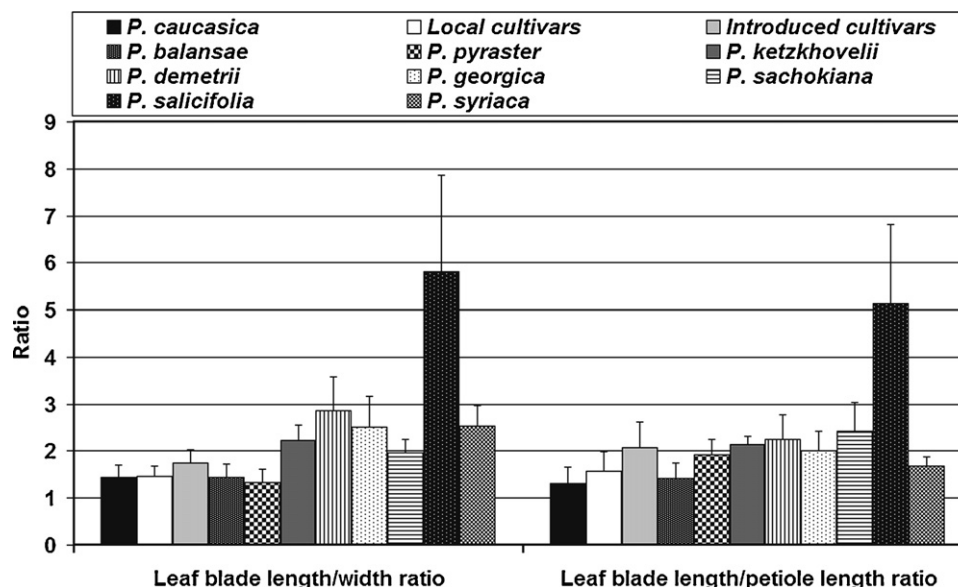


Fig. 3. Mean and standard deviation of ratios between leaf length and width and leaf length and petiole length of 9 wild species of pear: *P. caucasica*, *P. balansae*, *P. pyraister*, *P. ketzkhovellii*, *P. demetreei*, *P. salicifolia*, *P. georgica*, *P. syriaca*, *P. sachokiana* and two groups of local and introduced cultivars ($n = 45$; $p < 0.0001$).

gin (LBM) and base form (LBB), petiole length (PL) and leaf blade width (LBW).

A stepwise discriminant function analysis based on the Mahalanobis distances method was conducted to discriminate among the studied taxa and to build a predictive model of group membership based on: (1) 7 numerical and 14 categorical traits of the mature leaf, shoot and fruit; or, (2) on 7 numerical and 6 categorical traits of mature leaf that remained after data reduction by PCA mentioned above. Three different classification systems were used as grouping variables: (1) “taxon groups” – 9 species of wild pears and two groups of local and introduced cultivars; (2) “progenitor species” – 4 pear species: *P. caucasica*, *P. balansae*, *P. pyraister*, and *P. ketzkhovellii*, revealed in this study as related to cultivars and two groups of local and introduced cultivars; (3) “cultivars” – 36 cultivars and 4 wild species related to the cultivars.

The first three CDFs when classified by “taxon groups” (Table 6), based on PCA. 21 descriptors of leaf and fruit traits accounted for 98.7% of the variance. Wilk’s Lambda is low (0.008) for the first two CDFs and higher (0.643) for the third factor. Classification results (Table 7) yielded 185 cases out of 237 (77.7%) assigned to the correct group when 9 wild pear species and two groups of cultivars are considered. The lowest correct percentage (73.1%) was found for the group of local cultivars, which is spread among *P. caucasica* (7.5%), *P. balansae* (4.5%) and introduced cultivars (14.9%). The last group has connections with *P. pyraister* (8.35%), but not with Georgian wild pear species. In the scatter plot of the 237 specimens against the first two CDFs, based on the classification by “taxon groups”, samples are arranged in three different groups (Fig. 4A). The first distinct group is formed by the wild species *P. salicifolia*, *P. demetreei*, *P. georgica*, *P. sachokiana* and *P. syriaca* on the left upper site of the plot. The lower middle position is occupied by *P. caucasica*,

Table 3

The results of one-way analysis of variance (ANOVA) for quantitative morphological characteristics of leaves: leaf blade and petiole length (LBL, PL) and width (LBW, PW) and ratios of leaf blade length and width (RLW) and leaf blade and petiole lengths (RLP). Wilk's Lambda and significance are obtained by multivariable discriminant function analysis on the base of the same leaf numerical variables of the studied 9 wild species of pear and 36 cultivars separated into two groups: 27 of local and 9 introduced cultivars. 10 leaves per individuals have been measured ($n=45$; $p<0.0001$).

Characteristic	Source of variation	Sum of Squares	df	Mean square	F	Significance	Wilk's Lambda	Significance
Leaf blade length (cm) LBL	Between groups	3090.474	44	70.23804	53.18979	0.0001	0.468	0.0001
	Within groups	2713.663	2325	1.167167				
	Total	5804.137	2369					
Leaf blade width (cm) LBW	Between groups	2531.075	44	57.52443	87.72385	0.0001	0.347	0.0001
	Within groups	1347.555	2325	0.579593				
	Total	3878.63	2369					
Leaf blade length/width ratio (RLW)	Between groups	1598.049	44	36.3193	157.7628	0.0001	0.228	0.0001
	Within groups	473.0912	2325	0.203480				
	Total	2071.141	2369					
Length of petiole, PL (cm)	Between groups	1478.786	44	33.60876	28.28532	0.0001	0.623	0.0001
	Within groups	2441.761	2325	1.050219				
	Total	3920.547	2369					
Width of petiole, PW (cm)	Between groups	4.521857	44	0.102769	554.3078	0.0001	0.078	0.0001
	Within groups	0.381	2325	0.000164				
	Total	4.902857	2369					
Leaf blade length/petiole length ratio (RLP)	Between groups	1198.736	44	27.244	120.3878	0.0001	0.280	0.0001
	Within groups	465.0506	2325	0.200021				
	Total	1663.787	2369					

Table 4

Ratio of Chi-square and degree of freedom (df) with significance; and, Wilk's Lambda with *F*-value and significance for leaf and shoot categorical variables of the studied pear trees sampled in Georgia ($n=45$; $p<0.0001$).

Character	Chi-square/df	Significance	Wilk's Lambda	F	Significance
Leaf blade base (LBB)	29.3445	0.0001	0.865	3.851	0.0001
Leaf blade apex (LBA)	43.0032	0.0001	0.958	1.081	0.378
Leaf blade margin (LBM)	74.9524	0.0001	0.497	25.073	0.0001
Leaf blade colour (LBC)	144.794	0.0001	0.917	9.893	0.0001
Young shoot thorns (YST)	43.8413	0.0001	0.058	403.524	0.0001
Crown shape (CSH)	88.6667	0.0001	0.169	121.951	0.0001
Fruit length (FL)	65.5476	0.0001	0.201	98.244	0.0001
Fruit maximal diameter (FMD)	59.8667	0.0001	0.201	98.433	0.0001
Fruit shape (RLD)	71.6615	0.0001	0.458	29.272	0.0001
Fruit ground colour (FGC)	100.137	0.0001	0.864	3.904	0.0001
Fruit over colour (FOC)	106.425	0.0001	0.600	16.473	0.0001
Fruit stalk length (FSL)	17.8429	0.0001	0.426	33.372	0.0001
Fruit stalk thickness (FST)	90.3429	0.0001	0.377	40.927	0.0001
Fruit flesh texture (FTF)	115.9	0.0001	0.459	29.195	0.0001
Fruit flesh colour (FCF)	23.33	0.0001	0.434	32.225	0.0001
Fruit eating quality (FEQ)	40.6548	0.0001	0.171	119.652	0.0001
Start time of flowering (TF)	37.7893	0.0001	0.903	11.799	0.0001
Period of fruit appearance (FA)	153.571	0.0001	0.801	27.300	0.0001
Time of maturity (FHM)	106.312	0.0001	0.936	7.483	0.001
End of fruiting period (EFP)	175.904	0.0001	0.942	6.794	0.001

P. balansae, *P. pyrastrer*, *P. ketzkhovelii* and some local cultivars. The other local and introduced cultivars are spread in the right upper part of the plot. Some samples of *P. pyrastrer* reach the upper part of the plot.

In a stepwise discriminant function analysis based on “progenitor species” classification resulting from PCA of leaf shape, 6 quantitative and 6 qualitative traits of leaf gave a similar cumulative percentage of variance that accounted to 97.1% for the first three axes of the canonical discriminant function analysis (Table 6). Wilk's Lambda is low for the first axis of the analysis (0.171), but higher for the next two axes (0.567 and 0.841). Classification results (Table 7) show that 177 cases out of 237 (74.4%) can be assigned to the correct group when four wild species of pear – *P. caucasica*, *P. balansae*, *P. pyrastrer* and *P. ketzkhovelii* – and two groups of local and introduced cultivars were correctly classified. *P. caucasica* becomes correctly assigned in 94.8% of all cases and has connections with local cultivars (2.3%), with *P. balansae* (2.9%) and *P. ketzkhovelii* (0.5%), respectively. In such analyses local cultivars

become widely spread among all groups and the correct percentage of sorting reaches only 38.4%. This group is associated with all taxa in the scatter plot (Fig. 4B) and shows close relation with *P. caucasica* (21.5%) and introduced cultivars (22.4%), overlapping (at low percentage levels) also with *P. balansae* (5.1%), *P. pyrastrer* (12.3%) and *P. ketzkhovelii* (0.3%).

The classification system “cultivars” was used in DFA to differentiate between separate cultivar names and related wild species of pear and was based on leaf shape and 20 quantitative and qualitative traits of leaf and fruit morphological characters. The first two CDF axes of these analyses indicated again a high cumulative percentage of variance that accounted to 94.5% (Table 6). Wilk's Lambda is low for all three CDFs. Classification results (Table 7) show that only 111 cases (46.8%) out of 237 are assigned to the correct group when all 36 names of cultivars and 4 wild species of pear are considered. High level of overlapping was between different cultivars. Some cultivars showed very low percentage of correct classification, e.g. ‘Khechchuri’ (5%), ‘Zamtris mskhali’

Table 5

The percentage proportion of qualitative leaf and fruit characteristics within the evaluated nine wild pear species and 36 local and introduced cultivars. 10 leaves and 5 fruits per individual were analysed.

Taxon	N	Shape of leaf blade base (%)						Shape of leaf blade apex (%)			
		Cuneate	Widely ovate	Rounded	Cordate	Widely elliptic	Attenuate	Acute	Cuspidate	Rounded	Acuminate
<i>P. caucasica</i>	1000	8.8	49.0	26.5	8.8	6.9	0	40.2	56.9	2.9	0
Local cultivars	810	16.4	37.3	25.4	3.0	17.9	0	38.8	55.2	6.0	0
Introduced cultivars	220	0	66.7	33.3	0	0	0	75.0	25.0	0	0
<i>P. balansae</i>	80	50.0	25.0	0	0	25.0	0	75.0	25.0	0	0
<i>P. pyrastrer</i>	40	0	66.7	33.3	0	0	0	0	100	0	0
<i>P. salicifolia</i>	80	0	0	0	0	0	100	12.5	0	0	87.5
<i>P. demetrii</i>	50	0	0	0	0	0	100	60.0	0	0	40.0
<i>P. georgica</i>	30	0	0	100	0	0	0	33.3	0	0	66.7
<i>P. ketskhoveli</i>	20	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100
<i>P. sachokiana</i>	10	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100
<i>P. syriaca</i>	30	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100

Taxon	N	Shape of leaf margin (%)				Colour of fruit flesh (%)		
		Entire	Crenate	Serrate	With serrate apices	N	Light	Dark
<i>P. caucasica</i>	1000	100	0	0	0	500	0	100
Local cultivars	810	41.8	0	47.8	10.4	405	56.7	43.3
ICs	220	0	75.0	25.0	0	110	100	0
<i>P. balansae</i>	80	0	0	0	100	40	0	100
<i>P. pyrastrer</i>	40	0	66.7	33.3	0	20	100	0
<i>P. salicifolia</i>	80	100	0	0	0	40	100	0
<i>P. demetrii</i>	50	40.0	60.0	0	0	25	100	0
<i>P. georgica</i>	30	66.7	33.3	0	0	15	100	0
<i>P. ketskhoveli</i>	20	0	100	0	0	10	100	0
<i>P. sachokiana</i>	10	100	0	0	0	5	100	0
<i>P. syriaca</i>	30	100	0	0	0	15	100	0

Table 6

Results of the DFA. Grouping variables are: (1) “taxon groups” (9 wild species, 2 groups of local and introduced cultivars); (2) “progenitor species” (4 wild species, 2 groups of local and introduced cultivars) and (3) “cultivars” (4 wild species, 27 local and introduced cultivars) of pear. The first and third grouping variables are based on PCs obtained by 21 descriptors of the leaf, shoot and fruit morphometric data. The second grouping variables are based on PCs obtained from 12 morphological traits and shape of leaf ($n=45$).

Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation	Probability level < 0.0001	Wilks' Lambda
Data after grouping variable “taxon groups”						
1	14.120	73.9	73.9	0.966	0.0001	0.008
2	4.509	23.6	97.5	0.905	0.0001	0.008
3	0.237	1.2	98.7	0.438	0.0001	0.643
Data after grouping variable “progenitor species”						
1	2.324	77.8	77.8	0.836	0.0001	0.171
2	0.484	16.2	94.0	0.571	0.0001	0.567
3	0.091	3.0	97.1	0.289	0.0001	0.841
Data after grouping variable “cultivars”						
1	19.682	87.0	87.0	0.976	0.0001	0.005
2	1.092	4.8	91.9	0.723	0.0001	0.105
3	0.601	2.7	94.5	0.613	0.0001	0.219

(8.35%) and ‘Gulabi’ (13.3%). Introduced cultivars were correctly classified almost for 100%. *P. caucasica* was correctly classified only for 36.8% of all cases. It was connected with several local cultivars – ‘Kvichicha’, ‘Tsvrili mskhali’, ‘Korda’, ‘Nenes mskhali’, ‘Tavrejuli’, ‘Samariobo’, ‘Panta mskhali’, ‘Bebani’, ‘Kartuli mskhali’, ‘Akro’, ‘Shakara’ and ‘Borbala’. *P. pyrastrer* showed strong similarity with the Georgian cultivar ‘Gverdsitela’ (33.3%). *P. ketskhoveli* revealed 10% connection with introduced cultivar ‘Gorham pear’.

The relationships between the 36 cultivars and 9 wild species of pear are reflected in the dendrogram of a hierarchical cluster analysis using Euclidean Distance with the Ward’s method as amalgamation rules (Fig. 5). In the dendrogram the taxa are clustered into three main groups. The first includes *P. caucasica* and *P. balansae* from the wild species and 15 local cultivars. The second cluster aggregates 5 wild species belonging to the *P. salicifolia* group. The third cluster contains the two wild species *P. pyrastrer* and *P. ketskhoveli* and 21 local and introduced cultivars. *P. pyrastrer* is aggregated with ‘Gorham pear’ cultivar; very close to them is located *P. ketskhoveli*. The third group (C) is located at the longest Euclidean distance (23) from the two other groups (A and B).

Several taxa revealed very close (≤ 1) linkage distances: (1) *P. caucasica* and ‘Panta mskhali’; (2) *P. balansae* and ‘Tsvrili mskhali’; (3) ‘Samariobo’ and ‘Tavrejuli’; (4) ‘Majara’ and ‘Shakara’; (5) *P. demetrii* and *P. georgica*; (6) ‘Zamtris mskhali’, ‘Khechekhuri’, ‘Gulabi’ and ‘Gverdsitela’; (7) ‘Sand pear’, ‘Kieffer pear’, ‘Beurré Bosc’ and Georgian cultivar ‘Makre’; (8) ‘Sazapkhulo mskhali’, ‘Kabak armudi’ and ‘Katsistava’; (9) ‘Beurré Ardanpont’, ‘Saint Germent’ and Georgian cultivar ‘Nanadziri’.

Discussion

A comparative morphometric study of 9 wild species and 36 cultivars has been conducted to reveal relationships between wild and cultivated pears of the Caucasus region. Eight wild species – *P. caucasica*, *P. balansae*, *P. ketskhoveli*, *P. salicifolia*, *P. demetrii*, *P. georgica*, *P. sachokiana* and *P. syriaca* – are native for Georgia and one – *P. pyrastrer* – is the European wild pear. The results have shown very close relationships of two native wild species of the Caucasus – *P. caucasica* and *P. balansae* – with Georgian local cultivars of pear.

Table 7

Classification of 237 individuals belonging to the taxa of 9 wild pear species, and two groups of local (LC) and introduced (IC) cultivars by the CDF analyses of 20 morphological traits of leaf, shoot and fruit and shape of mature leaf in the grouping variables “taxon groups” and “cultivars”, and 12 morphological traits and 20 harmonics of leaf in the grouping variables “progenitor species” ($n = 45$).

Data after grouping variable “taxon groups”												
Taxon	Correct%	Pc	LC	IC	Pb	Pp	Pk	Pd	Pg	Psy	Psa	Psl
<i>P. caucasica</i> (Pc)	79.8	79.8	–	–	20.2	–	–	–	–	–	–	–
Local cultivars	73.1	7.5	73.1	14.9	4.5	–	–	–	–	–	–	–
Introduced cultivars	83.3	–	8.3	83.3	–	8.4	–	–	–	–	–	–
<i>P. balansae</i> (Pb)	75.0	25.0	–	–	75.0	–	–	–	–	–	–	–
<i>P. pyrastrer</i> (Pp)	100	–	–	–	–	100	–	–	–	–	–	–
<i>P. ketzkhovelii</i> (Pk)	100	–	–	–	–	–	100	–	–	–	–	–
<i>P. demetrii</i> (Pd)	80.0	–	–	–	–	–	–	80.0	–	–	20.0	–
<i>P. georgica</i> (Pg)	100	–	–	–	–	–	–	–	100	–	–	–
<i>P. syriaca</i> (Psy)	100	–	–	–	–	–	–	–	–	100	–	–
<i>P. sachokiana</i> (Psa)	100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100	–
<i>P. salicifolia</i> (Psl)	100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100
Total	77.73	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Data after grouping variable “progenitor species”												
Taxon	Correct%	Pc	LC	IC	Pb	Pp	Pk					
<i>P. caucasica</i> (Pc)	94.8	94.8	2.3	–	2.4	–	–	–	–	–	–	0.5
Local cultivars	38.4	21.5	38.4	22.4	5.1	12.3	–	–	–	–	–	0.3
Introduced cultivars	81.7	–	7.5	81.7	–	5.8	–	–	–	–	–	5.0
<i>P. balansae</i> (Pb)	95.0	–	5.0	–	95.0	–	–	–	–	–	–	–
<i>P. pyrastrer</i> (Pp)	73.3	–	–	26.7	–	73.3	–	–	–	–	–	–
<i>P. ketzkhovelii</i> (Pk)	100.0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100.0
Total	74.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Data after grouping variable “cultivars”												
Taxon	Correct %	Local cultivars	Percentage	Introduced cultivars	Percentage							
<i>P. caucasica</i>	36.8	Kvichicha	21.0	–	–							
		Tsvrili mskhali	9.2									
		Korda	8.2									
		Nenes mskhali	5.4									
		Tavrejuli	4.9									
		Samariobo	3.9									
		Panta mskhali	3.5									
		Borbala	2.3									
		Borbala	2.0									
		Borbala	1.3									
		Borbala	1.2									
		Borbala	0.3									
<i>P. balansae</i>	81.25	Khinos mskhali	17.5	–	–							
		Shavmskhala	1.25									
<i>P. pyrastrer</i>	43.3	Panta mskhali	66.7									
<i>P. ketzkhovelii</i>	90.0			Gorham pear	10.0							
Total	46.8											

In the 1930s Vavilov (1931) recognized that the Caucasus, Asia Minor, Iran and Turkmenistan represent a centre of diversity for wild ancestors of *P. communis*. Edible European pears (*P. communis*) are derived from wild relatives native to the Caucasus – *P. caucasica* – and Europe – *P. pyrastrer* – (Challice and Westwood, 1973; Zohary and Hopf, 2000; Yamamoto and Chevreau, 2009). These two wild species are most closely related to a group of genotypes of the domesticated European pears (Volk et al., 2006). The two wild growing species are morphologically similar, but differ by leaf margin form and the colour of their fruit flesh. Our results (Table 5) documented the differences in these morphological traits. Moreover, the geographical distribution of the two taxa differs also. *P. pyrastrer* originates from areas west and south of the Black Sea, such as the Balkan countries, Turkey and Eastern Europe (Bläsing, 2004). *P. caucasica* is an endemic species of the Caucasus (Kuthateladze, 1980; Sokolov et al., 1980). At the same time, the relationships determined on the base of genetic analysis of 13 microsatellite loci revealed significant differentiation between wild *P. caucasica* and *P. pyrastrer* (Volk et al., 2006). Our study at the phenotypic level comparing morphological characters based on leaf, shoot and fruit

traits, confirms the molecular findings, since these two species were clustered in different groups by HCA (groups A and C, respectively; Fig. 5). In the clusters *P. caucasica* was aggregated only with Georgian aboriginal local cultivars, whereas *P. pyrastrer* was clustered with many different cultivars, introduced and locals. Based on our data and those of Volk et al. (2006) it is obvious that *P. caucasica* from the Caucasus region represents the wild centre of diversity for domesticated pear, *P. communis*. Moreover, European *P. pyrastrer* clustered separately and displayed high level of diversity that could have partially arisen through gene flow and introgressive hybridization with co-occurring congeneric species found in Europe. It is suggested that the differentiation of *P. pyrastrer* from *P. caucasica* could result from human migration from the South Caucasus region through Turkey and into the Balkan region over thousands of years (Gamkrelidze and Ivanov, 1990). Therefore, we should suggest that formation of Georgian local cultivars should be the first domestication events of *P. caucasica*.

The question is how useful for taxonomical studies are the obtained results on relations between wild and cultivated taxa based on the traditional morphological methods against a

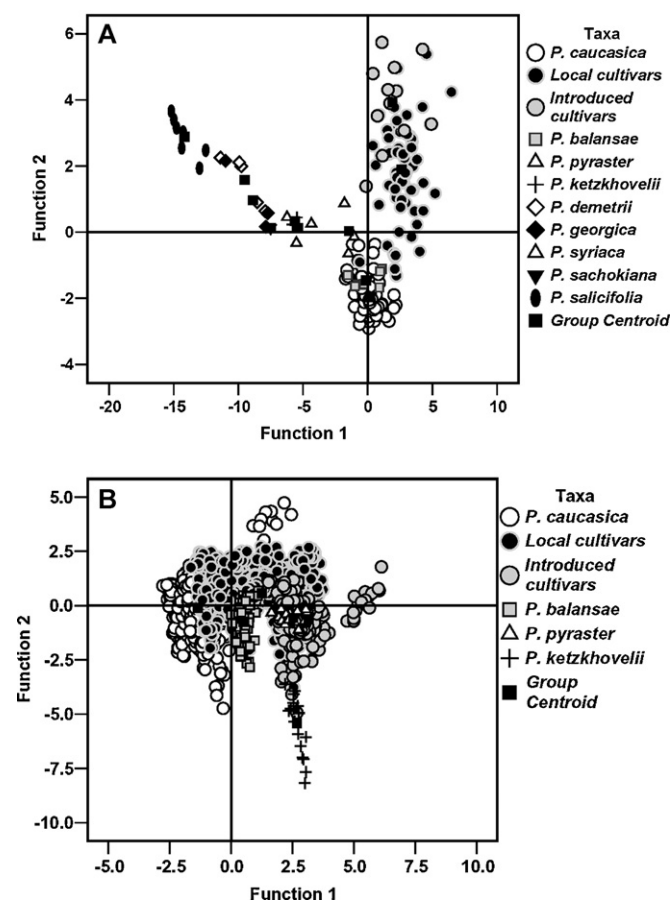


Fig. 4. Scatter plot of DFA of the 237 samples of wild species and cultivars of pear plotted against two CDFs are grouped according to different grouping variables: (A) grouping variable “taxon groups” is based on 20 morphological traits of leaf, shoot and fruit and mature leaf shape; (B) grouping variable “progenitor species” is based on 12 morphological traits and shape of leaf ($n=45$).

background of powerful modern molecular techniques. According to literature data, taxonomical classifications of pears are built mainly on shape, size and characters of leaves, shoots and fruits, as well as presence of thorns on young shoots (Robertson et al., 1992; Wagner, 1995; Müller and Litschauer, 1996; Rotach and Baume, 2004; Blasing, 2004; Voltas et al., 2007; Paganova, 2009). The leaf characters are regarded as most important taxonomic traits by some authors (Koch, 1869; Terpó, 1985). However, according to Voltas et al. (2007) leaf traits alone are insufficient for a taxonomic classification of *Pyrus*. Therefore, fruit traits were considered in addition as very useful tree characteristics for identification purposes (Rotach and Baume, 2004; Voltas et al., 2007). Moreover, these authors applied multivariate techniques for analysis of the leaf-shoot and fruit morphometric data of wild and cultivated pears. The morphological traits used in this study were chosen from this literature. They corresponded to standard descriptive lists (Thibault et al., 1983; UPOV, 2000). Therefore, we conducted statistical analyses of one-way statistics and independence (Chi-square) tests in order to choose the descriptors that allow best differentiation among studied taxa. These descriptors are quantitative and qualitative traits of leaf, shoot and fruit morphological characters. The most variable morphological character for pear is considered leaf shape (Robertson et al., 1992; Paganova, 2009). This trait was determined using landmark analyses and 20 harmonics per leaf used for DFA procedure. As a consequence of this methodology we suggest that the results should be significantly admissible. Although, the obtained data based only on morpho-

logical traits needs further confirmation by molecular systematic investigations.

The results of this study have revealed high morphological diversity of wild and cultivated pears growing in Georgia. The CDA indicated close relations between cultivars and 4 wild species – *P. caucasica*, *P. balansae*, *P. pyramidalis* and *P. ketzkhoveli*. HCA revealed that *P. caucasica* and *P. balansae* can be included in the cluster with aboriginal local cultivars. *P. pyramidalis* and *P. ketzkhoveli* joined a cluster of introduced and some Georgian local cultivars, being most closely related with the introduced cultivar ‘Gorham pear’. The other five species belonging to the group of *P. salicifolia* were aggregated separately and had no relation with cultivars.

The shortest Euclidean distance resulted between *P. caucasica* and the local cultivar ‘Panta mskhali’. The name of *P. caucasica* – Caucasian pear in English – is “Panta” in Georgian. The name “Mskhali” means “domesticated pear” in Georgian language. Therefore, the name of the cultivar contains both names of the wild and the cultivated pear. This cultivar ‘Panta mskhali’ is morphologically very similar to the wild Caucasian pear (Khomizurashvili, 1973). It is suggested that this cultivar represents a first event of direct domestication of pear in Georgia in past historical times. A similar close relation of Euclidean linkage distance (<1) was determined between *P. balansae* and the local cultivar ‘Tsvrili mskhali’. The name of this cultivar in English means “small-sized pear”. The morphology of this cultivar is closely related to the pears of the cultivar group ‘Panta mskhali’. All 15 local cultivars aggregated in the cluster A represent historically very old domesticated landraces of pear which occur in different regions of Georgia. Relations of cultivars to concrete historical provinces of Georgia are obvious only for some cultivars, e.g. (1) ‘Bebani’ is known only from Svaneti; (2) ‘Akio’ is the local cultivar of Imereti; (3) ‘Nenes mskhali’, ‘Korda’ and many other cultivars are originated from Meskheta, which is part of historical Georgian province Tao-Klarjeti, that belongs in present times to the territory of Turkey (Artvin province). Most cultivars of pear in Georgia are cultivated almost in all regions and have the same local names, which sometimes are different just very insignificantly. We have compared morphological differences of wild pears and cultivars in connection to the regions; however, we did not discover any distinct grouping character based on the geographic distribution in Georgia. The morphological traits of leaf and fruit are variable between taxa and are not immediately connected to the locations of occurrences of wild populations or cultivars.

It is known that all the species of *Pyrus* are intercrossable and there are no major incompatibility barriers to interspecific hybridization in *Pyrus*, in spite of the wide geographic distribution of the genus (Westwood and Bjørnstad, 1971). Many cultivars, which are introduced or originated by breeding selection during last centuries in Georgia still revealed close relation with wild pears (*P. pyramidalis* and *P. ketzkhoveli*). It is understandable when European wild species of pear have close relations with European cultivars (Voltas et al., 2007; Wolko et al., 2010).

P. ketzkhoveli is described as an endemic species of the Georgia by Kuthateladze (1947) and placed with the species *P. syriaca*, *P. demetrii*, *P. eldarica*, *P. fedorovi*, and *P. oxyprion* in the sect. *Xeropyrenia*. The leaf shape, however, is similar to pear species from the sect. *Euachras* (=sect. *Pyrus*) and is ovate or ovate-elliptic. All other characters of this taxon are similar to species from sect. *Xeropyrenia*. The HCA in this study revealed close relations of this species with cultivars most of which are associated with *P. communis*. We suppose that this species might be a natural hybrid of a *P. communis* cultivar and one of the species from sect. *Xeropyrenia*. Further genetic studies are necessary to clarify this question.

The results of our study have shown that the endemic species for the Caucasus (*P. caucasica*) and the native for Georgia species *P. balansae* have close relations with domesticated pear cultivars that have been classified by Khomizurashvili (1973) as aboriginal

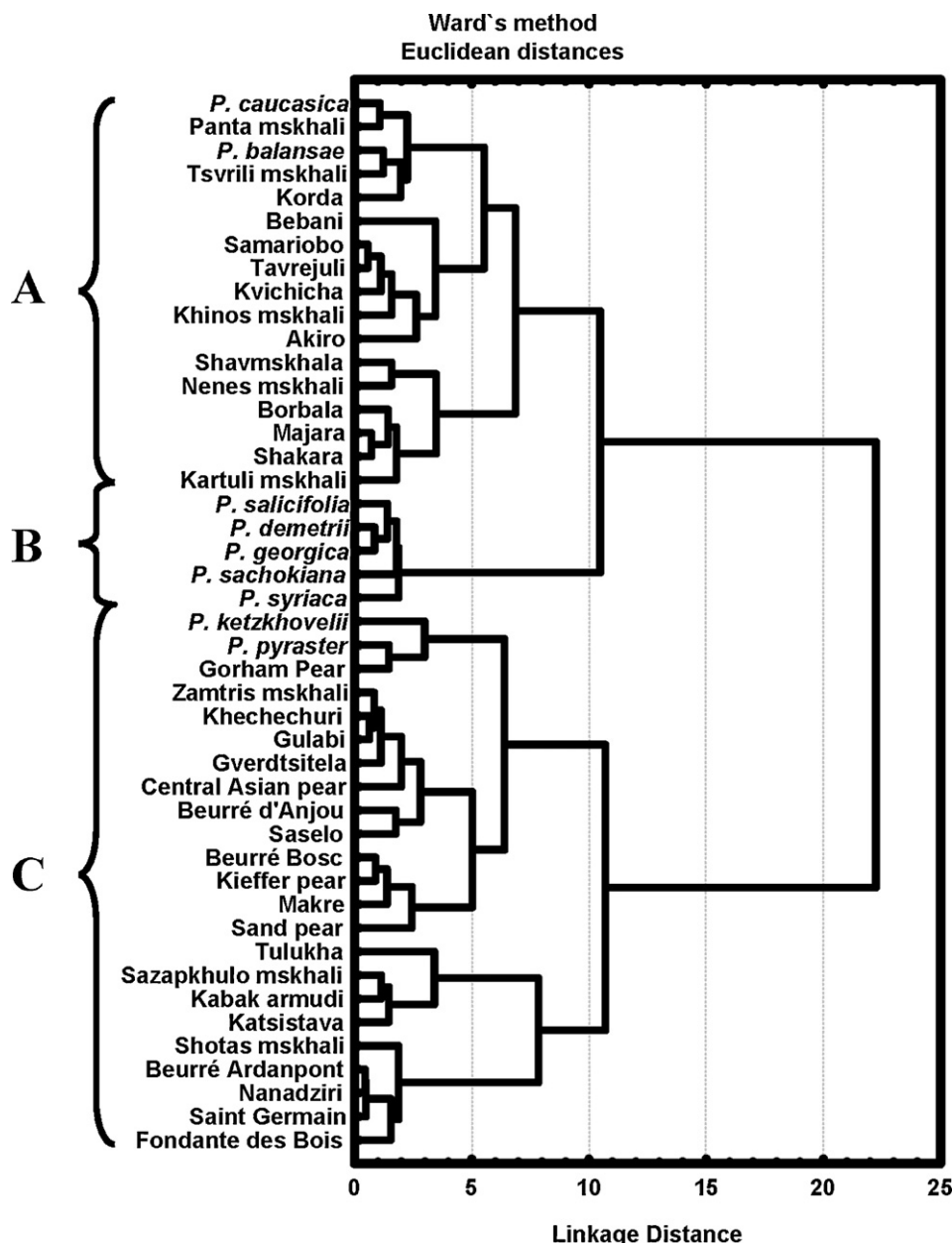


Fig. 5. HCA dendrogram of Euclidean distance with the Ward's method as amalgamation rules showing the relationships between the 36 cultivars and 9 wild species of pear based on 20 morphological traits of leaf, shoot and fruit and shape of mature leaf; The taxa in the dendrogram are clustered into three main groups – A, B and C ($n = 45$).

landraces, unified in the groups: 'Panta mskhali' ('Panta mskhali', 'Kvichicha', 'Tsvrili mskhali') and 'Kalos mskhali' ('Nenes mskhali', 'Samariobo', 'Kartuli mskhali', 'Shakara'). Only one cultivar, 'Tavrejuli', belonged to the group 'Khechchuri', which is considered a separate local cultivar group. Most cultivars from this group including 'Khechchuri' occurred in cluster C, together with introduced cultivars. Cultivar 'Khechchuri' is very popular in Georgia, and we suppose that local people might have used – and still do so – methods of breeding selection based on crossing it with other cultivars. Some cultivars from the historical regions of Georgia are not classified so far to cultivar groups by Khomizurashvili (1973). Based on our data, the following cultivars 'Akiro' from Imereti; 'Bebani' from Svaneti; 'Borbala' from Adjara and 'Korda' from Meskheta should be assigned to the 'Panta mskhali' group.

According to the findings, local aboriginal edible pear cultivars in Georgia should have originated from the wild species of pear *P. caucasica* and *P. balansae*, both native for Georgia. This process can

be considered as the first domestication events of pear in prehistorical times. Many other pear cultivars in Georgia are associated with *P. communis*, probably originated through processes of breeding selection in past historical times and from recent activities of breeding stations in Georgia.

Acknowledgements

We thank Jana Ekhvaia, Natalia Togonidze, Nato Tepnadze, Levan Mumladze, Nikoloz Akhalkatsi for supporting us in collection work of material of wild and cultivated pear taxa in Georgia.

References

- Bläsing, U., 2004. Birnennamen aus Hemşin: Vorarbeiten zur Feststellung und Beschreibung der Birnenarten und ihrer regionalen Namen im östlichen Schwarzmeergebiet. Iran Cauc. 8, 81–129.

- Brezhnev, D.D., Korovina, O.N., 1981. Dikie sorodychi kulturnykh rastenii flory SSSR (Wild Relatives of Cultivated Plants in the Flora of the USSR). Leningrad, Kolos, pp. 188–190 (in Russian).
- Browicz, K., 1982. Chorology of Trees and Shrubs in South-West Asia and Adjacent Regions. PWN, Varshava-Poznan.
- Browicz, K., 1993. Conspectus and chorology of the genus *Pyrus* L. Arbor Kónieckie 38, 17–33.
- Challice, J.S., Westwood, M.N., 1973. Numerical taxonomic studies of the genus *Pyrus* using both chemical and botanical characters. J. Linn. Soc. Bot. 67, 121–148.
- Chouliaras, V., Therios, I., Evans, K.M., Alston, F.H., Panou, O., Molassiotis, A.N., 2003. Study of Lap and Got isoenzymes activity in *Pyrus germplasm*. AgroThesis 1, 29–36.
- Fedorov, A.A., 1954. Grusha – *Pyrus* L. In: Sokolov, S.J. (Ed.), Derevia i kustarniki SSSR (Trees and Shrubs of the USSR). Izd. Akad. Nauk USSR, Moskva (in Russian).
- Gamkrelidze, T.V., Ivanov, V.V., 1990. The early history of Indo-European languages. Sci. Am. 262, 110–116.
- Grossheim, A.A., 1946. Rastitel'nye resursy Kavkaza (Plant Resources of the Caucasus). Izd. Acad. Nauk Azerb., Baku (in Russian).
- Grossheim, A.A., 1952. Flora Kavkaza, vol. 5., 2nd ed. Izd. Acad. Nauk USSR, Moskva, pp. 21–421 (in Russian).
- Iwata, H., 2006. SHAPE Ver. 1.3. A Software Package for Quantitative Evaluation of Biological Shapes Based on Elliptic Fourier Descriptors. , <http://cse.naro.affrc.go.jp/iwatah>.
- Javakhishvili, I., 1930. Sakartvelos ekonomii istoria, vol. I. Kartuli Tsigni, Tbilisi (in Georgian).
- Ketskhoveri, N., 1960. Sakartvelos mtsenareuli safari (Vegetation of Georgia). Izd. Acad. Nauk, Tbilisi, Georgia (in Georgian).
- Khomizurashvili, N., 1973. Sakartvelos Mekhileoba (Horticulture of Georgia). Metsniereba, Tbilisi (in Georgian).
- Koch, K., 1869. Dendrologie. Ferd. Enke-Verl., Erlangen.
- Komarov, V.L., 1908. Vvedenie k floram Kitaia i Mongolii (Introduction to floras of China and Mongolia). Bull. St. Petersburg Bot. Gard. 29 (1), 1 (in Russian).
- Komarov, V.L., 1931. Proiskhozhdenie kulturnykh rastenii (Origin of Cultivated Plants). Izd. Akad. Nauk USSR, Moskva (in Russian).
- Kuhl, F.P., Giardina, C.R., 1982. Elliptic Fourier features of a closed contour. Comp. Graph. Ima. Proc. 18, 236–258.
- Kuthateladze, Sh., 1947. Sakartvelos pantebi da berkenebi (Wild growing pears of Georgia). Trans. Tbilisi Bot. Inst. 11, 205–240 (in Georgian).
- Kuthateladze, Sh., 1980. *Pyrus* L. In: Ketskhoveri, N. (Ed.), Sakartvelos Flora, vol. 6. Metsniereba, Tbilisi (in Georgian).
- Likhonos, F.D., Tuz, A.S., Lobachev, A.Y., 1983. Kulturnaia flora SSSR, semechkovye (iablonia, grusha, aiva), vol. 14. Kolos, Moscow, pp. 156–157 (in Russian).
- Marschall von Bieberstein, F.A., 1808. Flora Taurico-Caucasica. Charkouiae-Kharkov.
- Müller, F., Litschauer, R., 1996. Unterscheidung zwischen Wildobstarten und verwilderten Kulturformen. Öster. Forstzeitg. 107, 21–22.
- Paganová, V., 2003. Taxonomic reliability of leaf and fruit morphological characteristics of the *Pyrus* L. taxa in Slovakia. Hort. Sci. (Prague) 30, 98–107.
- Paganová, V., 2009. The occurrence and morphological characteristics of the wild pear lower taxa in Slovakia. Hort. Sci. (Prague) 36, 1–13.
- Robertson, K.R., Phipps, J.B., Rohrer, J.R., 1992. Summary of leaves in the genera of Maloideae (Rosaceae). Ann. Miss. Bot. Gard. 79, 81–94.
- Rohlf, F.J., Archie, J.W., 1984. A comparison of Fourier methods for the description of wing shape in mosquitoes (*Ritiera culicidae*). Syst. Zool. 33, 302–317.
- Rotach, P., Baume, M., 2004. Die Wildbirne [*Pyrus pyraeaster* (L.) Burgsd.] in der Schweiz: Morphologische Charakterisierung, Abgrenzung von der Kulturbirne und Artreinheit ihrer Vorkommen. Schweiz. Zeitschr. Forstwesen 155, 367–377.
- Rubzov, G.A., 1944. Geographical distribution of the genus *Pyrus* and trends and factors in its evolution. Am. Nat. 78, 358–366.
- Seifriz, W., 1932. Sketches of the vegetation of some southern provinces of soviet Russia. III. Plant life in the Bakuriani Basin, Minor Caucasus. J. Ecol. 20, 53–68.
- Sokolov, S.I., Svjaseva, O.A., Kubli, V.A., 1980. Arealy derev'ev i kustarnikov SSSR, vol. 2. Nauka, Leningrad (in Russian).
- SPSS Inc., 2004. SPSS v. 13.0 User's Guide. McGraw-Hill, New York.
- Terpó, A., 1985. Studies of taxonomy and grouping of *Pyrus* species. Fedd. Repert. 96, 73–87.
- Thibault, B., Watkins, R., Smith, R.A., 1983. Descriptor List for Pear (*Pyrus*). IBPGR Secretariat, Rome.
- Tuz, A.S., 1974. O proiskhozhdenii i evolutsii roda *Pyrus* L. (On the origin and the evolution of the genus *Pyrus* L). Bot. Zhurn. (St. Petersburg) 52, 1734–1746 (in Russian).
- UPOV, 2000. Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Uniformity and Stability. Pear (*Pyrus communis* L.). UPOV, Geneva.
- Vavilov, N.I., 1931. Dikie rodychi plodovykh derev'ev Aziatskoi chasti SSSR i Kavkaza i problema proiskhozhdenia plodovykh derev'ev (Wild progenitors of the fruit trees of Turkmenistan and the Caucasus and the problem of the origin of fruit trees). Bull. Appl. Bot. Genet. Plant Breed. (St. Petersburg) 26, 85–107 (in Russian).
- Volk, G.M., Richards, C.M., Henk, A.D., Reilley, A.A., Bassil, N.V., Postman, J.D., 2006. Diversity of wild *Pyrus communis* based on microsatellite analyses. J. Am. Soc. Hort. Sci. 131, 408–417.
- Volts, J., Pemán, J., Fusté, F., 2007. Phenotypic diversity and delimitation between wild and cultivated forms of the genus *Pyrus* in North-eastern Spain based on morphometric analyses. Genet. Res. Crop Evol. 54, 1473–1487.
- Wagner, I., 1995. Identifikation von Wildapfel [*Malus sylvestris* (L.) Mill.] und Wildbirne [*Pyrus pyraeaster* (L.) Burgsd.]. Voraussetzung zur Generhaltung des einheimischen Wildobstes. Forstarchiv 66, 39–47.
- Ward, J.H., 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. J. Am. Stat. Assoc. 58, 236–244.
- Watkins, R., 1986. Apples (genus *Malus*), pears (genus *Pyrus*), and plums, apricots, almonds, peaches cherries (genus *Prunus*). In: Hora, B. (Ed.), The Oxford Encyclopedia of Trees of the World. , 2nd ed. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Westwood, M.N., Bjornstad, H.O., 1971. Some fruit characteristics of interspecific hybrids and extent of self-sterility in *Pyrus*. Bull. Torrey Bot. Club 98, 22–24.
- Wolko, L., Antkowiak, W., Lenartowicz, E., Bocianowski, J., 2010. Genetic diversity of European pear cultivars (*Pyrus communis* L.) and wild pear [*Pyrus pyraeaster* (L.) Burgsd.] inferred from microsatellite markers analysis. Genet. Res. Crop. Evol. 57, 801–806.
- Yamamoto, T., Chevreau, E., 2009. Pear genomics. In: Foltá, K.M., Gardiner, S.E. (Eds.), Genetics and Genomics of Rosaceae. Springer, New York.
- Zohary, D., Hopf, M., 2000. Domestication of Plants in the Old World. The Origin and Spread of Cultivated Plants in West Asia, Europe and the Nile Valley, 3rd ed. Oxford Univ. Press, Oxford.



Genetic relationships between wild progenitor pear (*Pyrus* L.) species and local cultivars native to Georgia, South Caucasus



Zezeva Asanidze^{a,*}, Maia Akhalkatsi^a, Adam D. Henk^b,
Christopher M. Richards^b, Gayle M. Volk^b

^a Ilia State University, Institute of Botany, Cholokashvili Ave., 3/5, 0162 Tbilisi, Georgia, South Caucasus

^b National Center for Genetic Resources Preservation, U.S. Department of Agriculture, 1111 S. Mason Street, Fort Collins, CO 80521, USA

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 December 2013

Accepted 27 June 2014

Edited by R. Lösch

Available online 6 August 2014

Keywords:

Caucasus

Diversity

SSR markers

Pear cultivars

Pyrus communis subsp. *caucasica*

Pyrus spp.

ABSTRACT

The genetic diversity of 108 individuals of wild pear species (*Pyrus communis* subsp. *caucasica*, *P. balansae*, *P. salicifolia*, *P. syriaca*, *P. demetrii*, *P. bulgarica*, *P. ketzkhoveli*, *P. sachokiana*) and 35 samples of local and introduced cultivated pears from the country of Georgia were compared to 73 individuals of wild *P. communis* subsp. *caucasica* and *P. communis* subsp. *pyraster* in the collection of USDA-ARS National Plant Germplasm System (NPGS). *Pyrus communis* subsp. *caucasica* from both Georgia and the NPGS, *P. communis* subsp. *pyraster* from the NPGS, and *P. salicifolia* from Georgia were differentiated, based on analysis of eleven microsatellite markers. In addition, accessions of *P. communis* subsp. *caucasica* from Georgia were genetically distinct from accessions of the same subspecies in the NPGS collection that originated from other European and Middle Eastern Asian countries. Local pear cultivars in Georgia were genetically similar to *P. communis* subsp. *caucasica* and *P. balansae* growing wild in Georgia suggesting that they may have originated from native pear trees that could serve as unique genetic resources for pear breeding programmes.

© 2014 Elsevier GmbH. All rights reserved.

Introduction

Asia Minor (South Caucasus, Iran, and Turkey) represents a centre of diversity for wild pear species (Vavilov, 1994). Wild *Pyrus communis* s. l. is native to many Eastern and Central European countries, including Georgia. *P. communis* L. subsp. *caucasica* (Fed.) Browicz is endemic to the Caucasus Mountains while *P. communis* L. subsp. *pyraster* (L.) Ehrh. is found in Central and Eastern European countries, but not in Georgia (Browicz, 1993). Some authors identify *P. communis* subsp. *caucasica* and *P. communis* subsp. *pyraster* as *P. caucasica* and *P. pyraster*, respectively (Grossheim, 1952; Fedorov, 1954). Although there are phenotypic and morphological differences between these subspecies, the phenotypic level – comparing morphological characters based on leaf, shoot and fruit traits – and molecular findings confirm the taxonomic distinction. Nevertheless, the two taxa may not be sufficient different in order to rank them as distinct species (Asanidze et al., 2011).

Eleven species of wild pears are native to the South Caucasus country of Georgia (Kuthatheladze, 1980). Two wild pears, *P. communis* subsp. *caucasica* and *P. balansae* Decne. are mesophilous, and the other nine species, *P. salicifolia* Pall., *P. eldarica* Grossh., *P. kezkhoveli* Kuth., *P. oxyprion* Woronow, *P. fedorovii* Kuth., *P. takhtadzianii* Fed., *P. demetrii* Kuth., *P. sachokiana* Kuth., and *P. georgica* Kuth. are native to semi-arid regions of the country. Georgian *Pyrus* species often hybridize amongst themselves and with other European and Middle Eastern pear species, including *P. eleagnifolia*, *P. communis* subsp. *pyraster*, and *P. syriaca*, which can make accurate species identification a challenge (Asanidze et al., 2011; Browicz, 1993; Ercisli, 2004; Zamani et al., 2012). In addition, introduced cultivars have been planted as windbreak rows to prevent erosion over the last 100 years, and they too may have hybridized with native species.

Wild *P. communis* is believed to be ancestral to the cultivated European pear (Volk et al., 2006; Yamamoto and Chevreau, 2009; Zohary and Hopf, 2000). Phenotypically, *P. communis* subsp. *caucasica* and *P. communis* subsp. *pyraster* are rather similar; however, the leaf margins are considered entire in *P. communis* subsp. *caucasica* and serrate in *P. communis* subsp. *pyraster* (Fedorov, 1954; Grossheim, 1952). They are mostly geographically distinct, with wild *P. communis* subsp. *pyraster* found in eastern and southern European countries and wild *P. communis* subsp. *caucasica* endemic

* Corresponding author.

E-mail addresses: zezeva.asanidze.1@iliauni.edu.ge (Z. Asanidze), maia.akhalkatsi@iliauni.edu.ge (M. Akhalkatsi), Adam.Henk@ars.usda.gov (A.D. Henk), Chris.Richards@ars.usda.gov (C.M. Richards), Gayle.Volk@ars.usda.gov (G.M. Volk).

to the Caucasus ecoregion (Fedorov, 1943; Tuz, 1974; Volk et al., 2006; Yamamoto and Chevreau, 2009). Although also similar genetically, the two subspecies can be differentiated using microsatellite markers (Volk et al., 2006; Wolko et al., 2010).

Asanidze et al. (2011) identified a population of the wild species *P. balansae* of sect. *Pyrus* in Western Georgia that is related to the “Communis” group and was known before only as a TBI herbarium specimen, originally sampled in Northern Turkey and on Greek Islands (Chouliaras et al., 2003; Gladkova and Sveschnikova, 1990). *P. balansae* has serrate upper parts of the leaf margins (Kuthatheladze, 1947) and appears to be a transitional form between *P. communis* subsp. *caucasica*, with entire margin leaf blades and *P. communis* subsp. *pyraster* leaves, which are serrate. This form of the wild pear was described by French botanist J. Decaisne in the 1920s and appeared in the “Flora of the Caucasus” as a separate species: *P. balansae* (Grossheim, 1952). In our opinion, existing data about the morphological characteristics and distribution of *P. balansae* were not sufficient to differentiate it as a separate species.

In Georgia, pears have a long-standing importance as a food source, both for fresh eating, dried fruit, and alcoholic beverage. It is likely that local cultivars originated in breeding and selection programmes in historical Georgian breeding stations. Local Georgian pear cultivars and wild Georgian *P. communis* subsp. *caucasica* have high levels of similarity based on leaf morphology (Asanidze et al., 2011). An understanding of the genetic relationships among wild European and Middle Eastern *Pyrus* species and local cultivars will provide insights into possible breeding opportunities for improved pear cultivars, since wild *P. communis* subsp. *caucasica* and *P. communis* subsp. *pyraster* are likely primary progenitors to European pear cultivars (Volk et al., 2006; Yamamoto and Chevreau, 2009; Zohary and Hopf, 2000).

In this work, we use microsatellite markers to evaluate the genetic differentiation between several *Pyrus* taxa that are native to Georgia. We determined genotypes for Georgian cultivars as well as wild species, and compared results to those previously obtained for *P. communis* accessions maintained in the USDA-ARS National Plant Germplasm System (NPGS). First we contrast *P. salicifolia*, *P. communis* subsp. *pyraster* and *P. communis* subsp. *caucasica*. Next, we compare the wild Georgian *P. communis* subsp. *caucasica* to NPGS accessions of *P. communis* subsp. *caucasica* collected from other countries. Finally, we compare the genetic diversity of local Georgian pear cultivars to that of the Georgian wild *P. communis* subsp. *caucasica* to determine the relatedness among local cultivars and a likely progenitor subspecies.

Materials and methods

Plant material

A total of 143 individuals of cultivated and wild species of pears from Georgia were compared to 73 individuals of wild *P. communis* subsp. *caucasica* and *P. communis* subsp. *pyraster* in the NPGS. The Georgian wild pear species were identified according to Kuthatheladze (1947) and collected in their natural habitats (Table 1; Fig. 1). Georgian *P. communis* subsp. *caucasica* ($n=73$) was sampled from 35 sites in 9 different administrative regions of Georgia (Fig. 1). *P. communis* subsp. *caucasica* occurred in 4 different habitats: (1) oak-hornbeam forests in East and South Georgia (234–1387 m) with *Quercus iberica*, *Carpinus caucasica*, *C. orientalis*, *Acer campestre*, *A. laetum*, *Cerasus avium*, *Fraxinus excelsior*, *Malus orientalis*, *Mespilus germanica*, *Prunus divaricata*, *Tilia begoniifolia*, *Cornus mas*, *Corylus avellana*, *Salix caprea*, *Clematis vitalba*, etc.; (2) pine forests with Colchic understory of *Rhododendron luteum*, in Svaneti (1212–1887 m): *Pinus kochiana*, *Picea*

orientalis, *Quercus iberica*, *Carpinus caucasica*, *Crataegus kyrtostyla*, *Cornus mas*, *Daphne pontica*, *Frangula alnus*, *Rhododendron luteum*, *Ruscus ponticus*, *Sorbus torminalis*, *Tilia begoniifolia*, *Vaccinium arctostaphylos*, *V. vitis-idaea*; (3) beech forests with Colchic understory (Fageta fruticosa colchica) in Imereti, Racha, Samegrelo and Adjara (600–1890 m) with *Abies nordmanniana*, *Picea orientalis*, *Pinus kochiana*, *Quercus imeretina*, *Q. hartwissiana*, *Acer laetum*, *Carpinus caucasica*, *Tilia begoniifolia*, *Ficus carica*, *Malus orientalis*, *Staphylea colchica*, *S. pinnata* and evergreen understory with *Laurocerasus officinalis*, *Rhododendron ponticum*, *R. unguernii*, *Ruscus ponticus*, *R. colchicus*, *Ilex colchica*, *Daphne pontica*, *Epigaea gaultherioides*, *Vaccinium arctostaphylos*, *Viburnum orientale* and *Buxus colchica*; (4) wild Caucasian pear occurs among vegetation of urban and rural areas in different regions of Georgia together with *Prunus divaricata*, *Punica granatum*, *Juglans regia*, *Cornus mas*, *Corylus avellana*, etc.

Pyrus balansae ($n=10$) was sampled on 4 sites in the forest areas of the Samtskhe-Javakseti, Lechkhumi and Adjara regions of Georgia at elevations that ranged from 210 to 1600 m (Table 1; Fig. 1).

Samples of wild pear group: *P. salicifolia* ($n=15$), *P. bulgarica* ($n=1$), *P. demetreei* ($n=4$), *P. ketzkhovellii* ($n=1$), *P. sachokiana* ($n=1$) and *P. syriaca* ($n=3$) were collected from four locations in dry open woodlands with *Pistacia mutica*, *Ulmus carpinifolia*, *Rhamnus pallasii*, *Juniperus foetidissima*, *J. oblonga*, *J. polycarpus*, *J. rufescens*, *Ephedra procera*, *Cotinus coggygria*, *Celtis australis*, *Paliurus spinachristi*, etc. in East Georgia at elevations between 423 and 992 m (Table 1; Fig. 1).

The genetic diversity of the Georgian wild pear species and cultivars was compared to 42 *P. communis* subsp. *caucasica* and 31 *P. communis* subsp. *pyraster* accessions from the NPGS, maintained at the National Clonal Germplasm Repository in Corvallis, OR, USA (Volk et al., 2006; Table 1; Fig. 2).

Samples of 35 individuals of cultivated pear trees were analyzed (Table 1; Fig. 1). Nineteen local cultivars (Akhalkatsi et al., 2012; Asanidze et al., 2011) were collected in high mountain villages of Georgian regions – Adjara, Samtskhe-Javakheti, Svaneti, Lechkhumi and Racha (Table 1). In addition, other local and hybrid cultivars were obtained from lowland villages of Georgian regions – Shida Kartli, Samegrelo, Guria, Kakheti and Mtskheta-Mtianeti. The living collection of the Institute of Horticulture, Viticulture and Oenology (IHVO), v. Skra, Gori distr., Georgia, was used for collection of introduced cultivars, and at the living collection of Biological Farming Association “ELKANA” in v. Tsnisi, Akhaltsikhe distr., Georgia, material of local cultivars were sampled (Table 1). Two introduced cultivars, ‘Beurre Bosque’ and ‘Virgla’, were also included in this study, sampled from village occurrences. Sampling locations were mapped using the DIVA-GIS software package (Hijmans et al., 2012, Fig. 1). Leaf samples were labelled and dried in plastic bags packed with silica gel and stored at -20°C . The materials collected in Georgia were sent to the Plant Germplasm Preservation Research Unit at the USDA-ARS National Center for Genetic Resources Preservation in Fort Collins, Colorado, USA, for genetic analyses.

Molecular analyses

Eleven microsatellite markers (GD96, GD142, GD147, CH01D08, CH01D09, CH01F07A, CH02B10, CH02D12, CH01h01, NH015a) according to literature (Bao et al., 2007; Hemmat et al., 2003; Liebhard et al., 2002) were analyzed (Table 2). Duplicate samples of genomic DNA were isolated from young leaf tissue and allele amplification and detection from replicate samples at each locus were carried out according to the method described by Volk et al. (2006). Only accessions for which there were no more than two missing loci were included in the final dataset.

Table 1
Pyrus accessions: (1) wild 8 species and 143 accessions from Georgia; (2) two wild species and 71 accessions from NPGS and (3) 35 cultivar (CV) accessions from Georgia. Accessions included in the genetic differentiation contrasts for Tables 3–5 are shown in the rightmost columns ($n = 216$).

(1) <i>Pyrus</i> wild species from Georgia						
N	Taxon	Dataset	Sample ID	Region	City	No. ^a
1	<i>P. balansae</i>	Georgian	119	Samtskhe-Javakheti	Goderdzi Pass	1
2	<i>P. balansae</i>	Georgian	126	Lechkhumi	Lajanuri gorge	1
3	<i>P. balansae</i>	Georgian	183; 184; 185; 186; 187; 188; 189	Adjara	Khino/Kintrishi gorge	7
4	<i>P. balansae</i>	Georgian	193	Adjara	Didvake/Kintrishi gorge	1
5	<i>P. bulgarica</i>	Georgian	147	Mtskheta-Mtianeti	Mckheta	1
6	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	11; 12; 14	Kvemo Kartli	Kojori	3
7	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	15; 16	Kvemo Kartli	Betania	2
8	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	17	Kvemo Kartli	Pantiani	1
9	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	22; 23	Mtskheta-Mtianeti	Kotoraantkari	2
10	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	24; 26	Mtskheta-Mtianeti	Burian	3
11	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	27; 30	Mtskheta-Mtianeti	Tskhvarichamia	4
12	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	33	Samtskhe-Javakheti	Likani	1
13	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	34	Samtskhe-Javakheti	Borjomi	1
14	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	35	Samtskhe-Javakheti	Daba	1
15	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	41	Imereti	Rikoti	1
16	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	42	Imereti	Vertkvichala	1
17	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	43; 44; 45; 46	Imereti	Dabadzveli	4
18	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	47; 48	Imereti	Tkibuli	2
19	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	49; 50; 68; 69	Imereti	Nakerala	4
20	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	51	Racha-Lechkhumi	Joshkha	1
21	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	52; 53	Racha-Lechkhumi	Pataraoni	2
22	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	55; 56; 57; 58	Racha-Lechkhumi	Tbeti	4
23	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	61; 62; 63; 64	Racha-Lechkhumi	Joshkha	4
24	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	66	Racha-Lechkhumi	Nikortsinda	1
25	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	67	Racha-Lechkhumi	Shaori	1
26	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	71–75	Kvemo Kartli	Phitaret	5
27	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	77, 79	Kakheti	Martkophi	2
28	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	85; 86; 87; 88	Mtskheta-Mtianeti	Ananuri	4
29	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	90; 91	Kvemo Kartli	Qoroghli	2
30	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	96; 97	Mtskheta-Mtianeti	Phasanauri	2
31	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	102	Mtskheta-Mtianeti	Bazaleti	1
32	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	139; 140	Mtskheta-Mtianeti	Dusheti	1
33	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	150	Mtskheta-Mtianeti	Mtskheta	1
34	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	175	Adjara	Riketi, Khulo	1
35	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	178	Imereti	Chognari	1
36	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	191	Adjara	Khino/Kintrishi gorge	1
37	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	196, 198, 199, 201	Svaneti	Lakhamula/Enguri gorge	4
38	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	205	Svaneti	Jvari/Enguri gorge	1
39	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	215	Samegrelo	Squri/Tekhuri gorge	1
40	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Georgian	217; 218	Samegrelo	Lebarde/Khobi gorge	2
41	<i>P. demetrii</i>	Georgian	7	Kakheti	Kasristskali	1
42	<i>P. demetrii</i>	Georgian	21	Mtskheta-Mtianeti	Tsitsamuri	1
43	<i>P. demetrii</i>	Georgian	142, 143	Mtskheta-Mtianeti	Mckheta	3
44	<i>P. ketzkhoveli</i>	Georgian	149	Mtskheta-Mtianeti	Mckheta	1
45	<i>P. sachokiana</i>	Georgian	6	Kakheti	Kasristskali	1
46	<i>P. salicifolia</i>	Georgian	1; 2; 3; 4; 5	Kakheti	Gareji	5
47	<i>P. salicifolia</i>	Georgian	8; 9; 10	Kakheti	Kasristskali	3
48	<i>P. salicifolia</i>	Georgian	31	Samtskhe-Javakheti	Likani	1
49	<i>P. salicifolia</i>	Georgian	127; 128; 129	Tbilisi	Nutsubidze	3
50	<i>P. salicifolia</i>	Georgian	141, 146, 153	Mtskheta-Mtianeti	Mtskheta	3
51	<i>P. syriaca</i>	Georgian	131	Tbilisi	Nutsubidze	1
52	<i>P. syriaca</i>	Georgian	144; 145	Mtskheta-Mtianeti	Mtskheta	2
(2) <i>Pyrus</i> wild species from NPGS						
N	Taxon	Dataset	Sample ID	Country	City	No. ¹
53	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 1602	Poland	Unknown	1
54	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 2053; 2054	Russia	Bekesheuskaya	2
55	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 690	Russia	Dombay	1
56	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 687; 688; 689; 717; 718; 719; 720; 727; 728; 729; 1192; 1193; 2037; 2038	Russia	Stavropol	14
57	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 1194; 1195; 2045; 2049; 2050	Russia	Teberda	5
58	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 694; 695; 697; 698	Russia	Svetlograd	4
59	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 680; 681; 731; 2040; 2043; 2532	Russia	Unknown	6
60	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 2056	Russia	Zheleznovodsk	1
61	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 1674	Serbia	Unknown	1
62	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 902	Ukraine	Askiniya-Nova	1
63	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 2066	Ukraine	Barlakosh	1
64	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 684; 685; 2060; 2064	Ukraine	Unknown	4
65	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	NPGS 2006	CPYR 1191	Ukraine	Yalta	1
66	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 1535	Czechia	Unknown	1
67	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 714	Europe	Unknown	1
68	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 1251	France	Unknown	1

Table 1 (Continued)

(2) <i>Pyrus</i> wild species from NPGS							
N	Taxon	Dataset	Sample ID	Country	City	No. ¹	
69	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 1288	Iran	Unknown	1	
70	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 1289; 1292	Hungary	Unknown	2	
71	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 883	Macedonia	Bosava-Kavadarci	1	
72	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 993	Macedonia	Mavrovo	1	
73	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 989	Macedonia	Skopje	1	
74	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 1638; 1640	Macedonia	Unknown	2	
75	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 2059; 2067; 2068	Moldova	Unknown	3	
76	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 1537; 1539; 1540	Poland	Unknown	3	
77	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 1633	Poland	Kowalicha	1	
78	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 1671	Romania	Valisoraras	1	
79	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 1684	Romania	Unknown	1	
80	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 693; 710; 712; 1248; 1249; 1250; 1252; 1466; 1467; 2057	Turkey	Unknown	10	
81	<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	NPGS 2006	CPYR 881	Unknown	Unknown	1	
(3) <i>Pyrus</i> cultivars from Georgia							
N	Cultivar name	Taxon	Cultivar group	Type	Georgian regions	City	Sample ID
82	Beurre Bosque	<i>P. communis</i>	Introduced	CV introduced	Shida Kartli	Liakhvi gorge Pkhvenisi/SHK	94
83	Beurré d'Anjou	<i>P. communis</i>	Introduced	CV introduced	Shida Kartli	Skra, Gori distr./SHK	134
84	Central Asian pear	<i>P. communis</i>	Introduced	CV introduced	Shida Kartli	Skra, Gori distr./SHK	136
85	Frangula	Unknown	Unknown	CV hybrid	Guria	Qviani/G	179
86	Katsistava	Unknown	Khechchuri	CV hybrid	Adjara	Namonastrali, Keda/A	162
87	Khechchuri	Unknown	Khechchuri	CV hybrid	Adjara	Namonastrali, Keda/A	161
88	Khechchuri	Unknown	Khechchuri	CV hybrid	Adjara	Didvake/Kintrishi gorge/A	194
89	Khechchuri	Unknown	Khechchuri	CV hybrid	Racha-Lechkhumi	Joshkha/RL	65
90	Khechchuri	Unknown	Khechchuri	CV hybrid	Kakheti	Shilda/KH	81
91	Khechchuri	Unknown	Khechchuri	CV hybrid	Samtskhe-Javakheti	Zarzma, Adigeni/SJ	172
92	Kiffer pear	<i>P. communis</i> 'Bartlett' × <i>P. pyrifolia</i> 'Sand pear'	Introduced	CV introduced	Shida Kartli	Pkhvenisi/SHK	95
93	Kvichicha	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Panta mskhali	CV	Guria	Qviani/G	181
94	Majara	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Panta mskhali	CV	Adjara	Riketi, Khulo/A	174
95	Makre	Unknown	Unknown	CV hybrid	Samegrelo	Squri/Tekhuri gorge/S	209
96	Nenes Mskhali	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Kalos mskhali	CV	Samtskhe-Javakheti	Tsnisi, Elkana/SJ	166
97	Panta mskhali	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Panta mskhali	CV	Samegrelo	Squri/Tekhuri gorge/S	207; 213
98	Panta mskhali	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Panta mskhali	CV	Samtskhe-Javakheti	Daba/SJ	39; 40
99	Panta mskhali	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Panta mskhali	CV	Shida Kartli	Nikozi/SHK	93
100	Saadreo tsitelgverda	<i>P. communis</i>	Introduced	CV introduced	Shida Kartli	Skra, Gori distr./SHK	154
101	Samariobo	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Kalos mskhali	CV	Samtskhe-Javakheti	Tsnisi, Elkana/SJ	164
102	Saselo	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Kalos mskhali	CV	Samtskhe-Javakheti	Tsnisi, Elkana/SJ	165
103	Shavi mskhali	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Panta mskhali	CV	Samegrelo	Squri/Tekhuri gorge/S	210
104	Shavi mskhali	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Panta mskhali	CV	Racha-Lechkhumi	Chrebalo/RL	116
105	Tavrizuli	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Khechchuri	CV	Samtskhe-Javakheti	Nakalakevi, Aspindza/SJ	169
106	Tkis nobati	<i>P. communis</i>	Introduced	CV introduced	Shida Kartli	Skra, Gori distr./SHK	155
107	Tshorkvali mskhali	Unknown	Unknown	CV hybrid	Svaneti	Tshorkvali/Enguri gorge/SV	202
108	Tsitelgverda	Unknown	Unknown	CV hybrid	Samtskhe-Javakheti	Arali, Adigeni Dist./SJ	160
109	Tsitelgverda	Unknown	Unknown	CV hybrid	Guria	Grigoleti/G	182
110	Tsitelgverda	Unknown	Introduced	CV hybrid	Samtskhe-Javakheti	Tsnisi, Elkana Research Station	168
111	Tsvniani mskhali	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Panta mskhali	CV	Squri/Tekhuri gorge/S		208
112	Tsvrili mskhali	<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	Panta mskhali	CV	Svaneti	Lakhamula/Enguri gorge/SV	197
113	Unknown 1	Unknown	Unknown	CV hybrid	Samtskhe-Javakheti	Zveli, Aspindza/SJ	170
114	Zamtris mskhali	Unknown	Unknown	CV hybrid	Svaneti	Khaishi/Enguri gorge/SV	204

Genotypes were determined for each of the 216 accessions. Specific contrasts were selected to compare the differentiation among sets of individuals: (1) *P. salicifolia*, *P. communis* subsp. *pyraster*, and *P. communis* subsp. *caucasica*; (2) *P. communis* subsp.

caucasica from Georgia vs. NPGS; and (3) Georgian local cultivars vs. Georgian *P. communis* subsp. *caucasica*. For each set of contrasts, the average number of alleles per locus, expected heterozygosity, and F_{ST} were calculated using GDA (Lewis and Zaykin, 2001). A

Table 2

Microsatellite loci and amplification primers selected for differentiation analyses.

Locus	Forward primer (5'–3')	Reverse primer (5'–3')	Size range	Linkage group	Reference
GD12	TTG AGG TGT TTC CCA TGG A	CTA ACG AAG CCG CCA TTT CTT T	132–172	10	Hemmat et al. (2003)
GD96	CGG CGG AAA GCA ATC ACC T	GCC AGC CCT CTA TGG TTC TCA GA	141–179	1	Hemmat et al. (2003)
GD142	GGC ACC CAA GCC CCT AA	GGA ACC TAC GAC AGC AAA GTT ACA	136–190	3	Hemmat et al. (2003)
GD147	TCC CGC CAT TTC TCT GC	AAA CCG CTG CTG CTG AAC	120–156	4	Hemmat et al. (2003)
CH01D08	CTC CGC CGC TAT AAC ACT TC	TAC TCT GGA GGG TAT GTC AAA G	226–306	15	Liebbard et al. (2002)
CH01D09	CGG ATC TGA ACA GAA TCT CG	CCC TTC ATT CAC ATT TCC AG	118–172	12	Liebbard et al. (2002)
CH01F07A	CCC TAC ACA GTT TCT CAA CCC	CGT TTT TGG AGC GTA GGA AC	164–226	10	Hemmat et al. (2003)
CH02B10	CAA GGA AAT CAT CAA AGA TTC AAG	CAA GTG GCT TCG GAT AGT TG	107–149	2	Liebbard et al. (2002)
CH02D12	AAC CAG ATT TGC TTG CCA TC	GCT GGT GGT AAA CGT GGT G	207–269	11	Hemmat et al. (2003)
CH01H01	CAA AGA CTT GCA GTG GGA GC	GGA GTG GGT TTG AGA AGG TT	79–123	17	Liebbard et al. (2002)
NH015a	TTG TGC CCT TTT TCC TAC C	CTT TGA TGT TAC CCC TTG CTG	95–127	17	Bao et al. (2007)

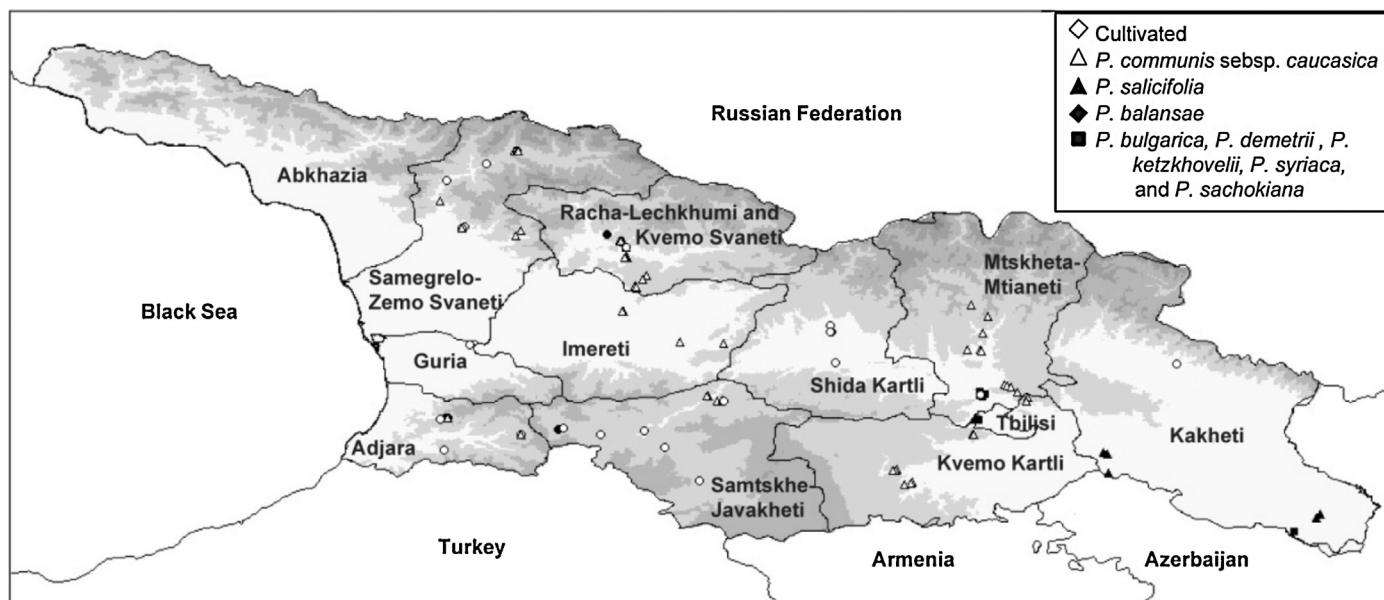


Fig. 1. Map of *Pyrus* collection sites in Georgia. Collection sites are represented as symbols.

rarefaction method was used to control for sample size variation using FSTAT software v.2.9.3.2 (Goudet, 1995).

The DARwin software package (Perrier and Jacquemoud-Collet, 2006; Perrier et al., 2003) was used to generate dissimilarity matrices and weighted neighbour-joining trees using only samples with no more than 30% missing data per comparison.

Results

Wild Georgian species of the *P. salicifolia* group, *P. communis* subsp. *caucasica*, and European *P. communis* subsp. *pyraster* differ significantly in their genetic structure, as indicated by permutation tests of pairwise F_{st} values (Table 3). A graphical representation of the inter-individual distances revealed that *P. salicifolia* was confined to a single cluster, which also contained accessions of *P. syriaca* and *P. demetrii*. *P. communis* subsp. *pyraster* was found in several clusters, along with several accessions of NPGS *P. communis* subsp. *caucasica* and one accession of Georgian *P. communis* subsp. *caucasica* (sample 75). One accession each of Georgian *P. sachokiana* (6 sach) and *P. demetrii* (7 dem) co-located with the NPGS *P. communis* subsp. *pyraster* and some of the NPGS *P. communis* subsp. *caucasica* accessions (Fig. 2). Forty-one of the 73 Georgian *P. communis* subsp. *caucasica* accessions were genetically similar to a subset of NPGS *P. communis* subsp. *caucasica* and co-located with 10 accessions of Georgian *P. balansae*. In addition, one accession of *P. bulgarica*, 4 accessions of *P. demetrii*, and one accession of *P. ketzkhovellii* were amidst the *P. communis* subsp. *caucasica*. Since *P. balansae* accessions are interspersed with *P. communis* subsp. *caucasica*, the tree resulting from the analysis suggests that these species are not differentiated based on these microsatellite markers.

Wild Georgian *P. communis* subsp. *caucasica* was compared to NPGS *P. communis* subsp. *caucasica* to determine if the Georgian materials offer unique diversity to the existing NPGS collection. Although the two sets of individuals had similar levels of expected heterozygosity and allelic richness, they could be differentiated based on F_{st} (0.0257, with a 95% confidence interval of 0.013–0.042; Table 4). These data suggest that the Georgian samples contain diversity that complements rather than replicates diversity observed in the existing NPGS collection.

Georgian local cultivars vs Georgian *P. communis* subsp. *caucasica*

Microsatellite marker analyses supported previous morphological work that suggested a close relationship among Georgian local pear cultivars and wild *P. communis* subsp. *caucasica*. A display of the inter-individual distances among the 35 cultivars and 73 wild Georgian *P. communis* subsp. *caucasica* individuals in this dataset demonstrates that *Pyrus* cultivars are interspersed among the wild Georgian *P. communis* subsp. *caucasica* (Fig. 3). Georgian local cultivars, as well as hybrids and introduced materials, have a close genetic relationship with *P. communis* subsp. *caucasica*, a primary crop wild relative. Genetic contrasts between the local Georgian cultivars and *P. communis* subsp. *caucasica* revealed no significant differences between these sets as determined by F_{st} ($F_{st} = 0.002$ with a 95% confidence interval of -0.010 to 0.017). Both sets of individuals had similar levels expected heterozygosity and allelic richness (Table 5).

Discussion

In the present work, microsatellite markers were used to investigate the genetic relationships among selected *Pyrus* species, subspecies and local cultivars. SSR data are valuable for genetic studies of diversity wild species and breeding cultivars of pear due to their reproducibility, co-dominance, polymorphism and transferability (Volk et al., 2006; Yamamoto et al., 2002). These markers were previously used to differentiate *P. communis* subsp. *caucasica* and *P. communis* subsp. *pyraster* germplasm in the NPGS (Volk et al., 2006).

The taxonomy of Middle East *Pyrus* species is complex. These species are open-pollinated and cross-hybridized (Browicz, 1993; Heng et al., 2011; Westwood and Bjornstad, 1971). In this work, eight species of wild *Pyrus* were collected in Georgia, including *P. communis* subsp. *caucasica* ($n = 73$), *P. salicifolia* ($n = 15$), *P. balansae* ($n = 10$), *P. demetrii* ($n = 4$), *P. syriaca* ($n = 3$), *P. ketzkhovellii* ($n = 1$), *P. sachokiana* ($n = 1$) and *P. bulgarica* ($n = 1$). Due to conservation restrictions resulting in low sample numbers, genetic differentiation could not be determined for many of these species; however, we were able to demonstrate statistical differences among *P. communis* subsp. *caucasica*, *P. communis* subsp. *pyraster* (from the

Table 3

Genetic differentiation among *P. communis* subsp. *caucasica*, *P. communis* subsp. *pyraster* and *P. salicifolia*. Number of individuals (*n*), average number of allele per locus, effective heterozygosity (*He*), allelic richness, genetic differentiation (F_{ST}), and the confidence intervals for F_{ST} are provided.

Taxon	<i>n</i>	Average alleles/locus	<i>He</i>	Allelic richness based on 12 ind.	F_{ST}	95% confidence interval
<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i>	112	17	0.761	9	0.135	0.077–0.203
<i>P. communis</i> subsp. <i>pyraster</i>	28	12	0.840	9		
<i>P. salicifolia</i>	14	9	0.746	8		

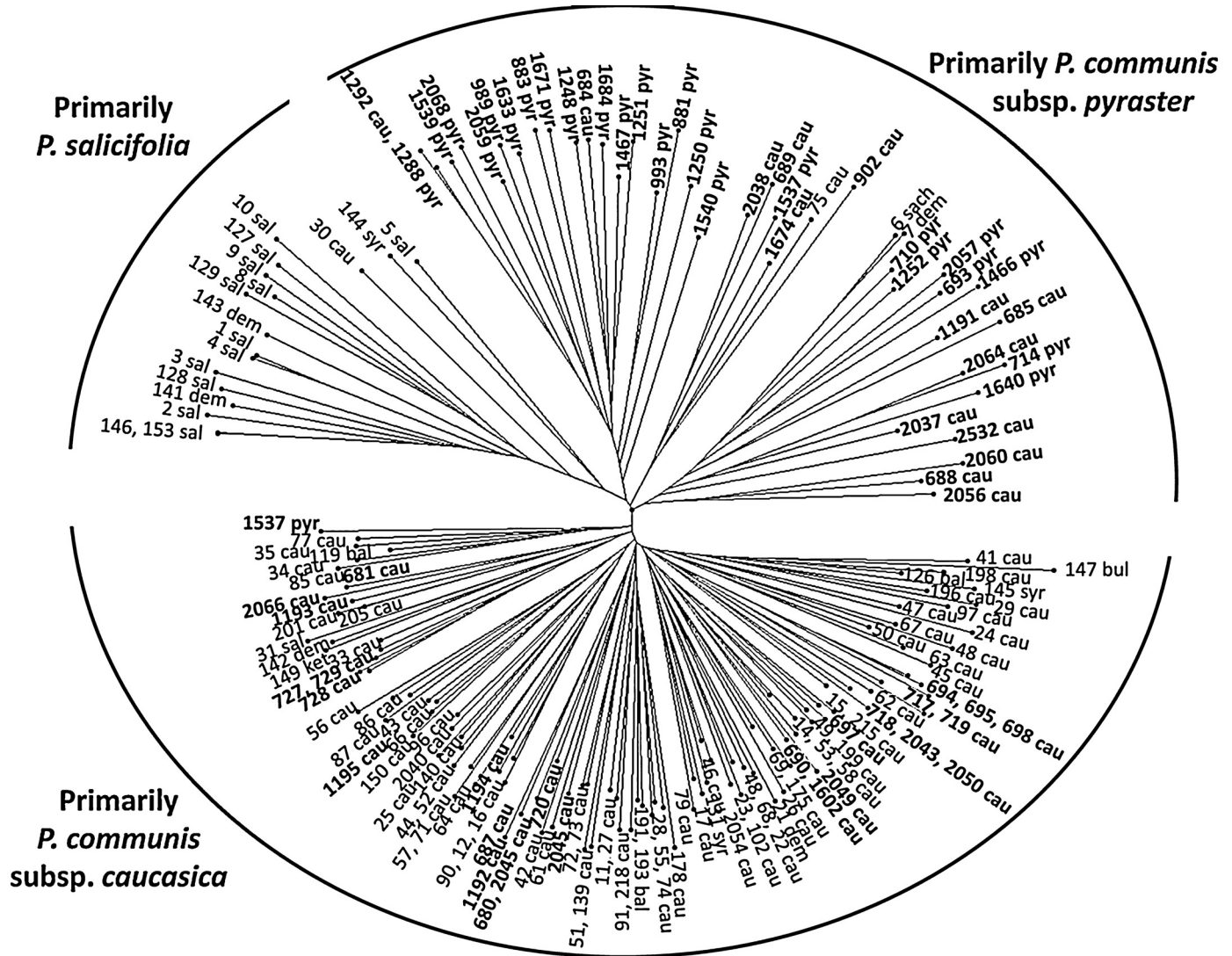


Fig. 2. Neighbour-joining tree illustrating genetic distances among USDA-ARS National Plant Germplasm System accessions (in grey): *Pyrus communis* subsp. *caucasica* (cau) and *P. communis* subsp. *pyraster* (pyr). Georgian wild species are shown in black: *P. communis* subsp. *caucasica* (cau), *P. salicifolia* (sal), *P. demetrii* (dem), *P. syriaca* (syr), *P. sachokiana* (sach), *P. balansae* (bal), *P. ketzkhovelli* (ket) and *P. bulgarica* (bul). Regions of the tree that represent predominantly *P. salicifolia*, *P. communis* subsp. *pyraster*, and *P. communis* subsp. *caucasica* are marked. Numbers refer to accession identifiers in Table 1.

Table 4

Genetic differentiation between *P. communis* subsp. *caucasica* from Georgia and NPGS (Volk et al., 2006). Number of individuals (*n*), average number of allele per locus, effective heterozygosity (*He*), allelic richness, genetic differentiation (F_{ST}), and the confidence intervals for F_{ST} are provided.

Taxon	<i>n</i>	Average alleles/locus	<i>He</i>	Allelic richness based on 39 ind.	F_{ST}	95% confidence interval
<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i> (Georgia)	71	15	0.727	13	0.0257	0.013–0.042
<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i> (NPGS)	41	13	0.791	12		

Table 5

Genetic differentiation between Georgian local pear cultivars and *P. communis* subsp. *caucasica* from Georgia. Number of individuals (*n*), average number of allele per locus, effective heterozygosity (*He*), allelic richness, genetic differentiation (F_{ST}), and the confidence intervals for F_{ST} are provided.

Taxon	<i>n</i>	Average alleles/locus	<i>He</i>	Allelic richness based on 7 ind.	F_{ST}	95% confidence interval
Cultivars (Georgia)	9	6	0.696	6	0.002	–0.010 to 0.017
<i>P. communis</i> subsp. <i>caucasica</i> (Georgia)	71	15	0.727	6		

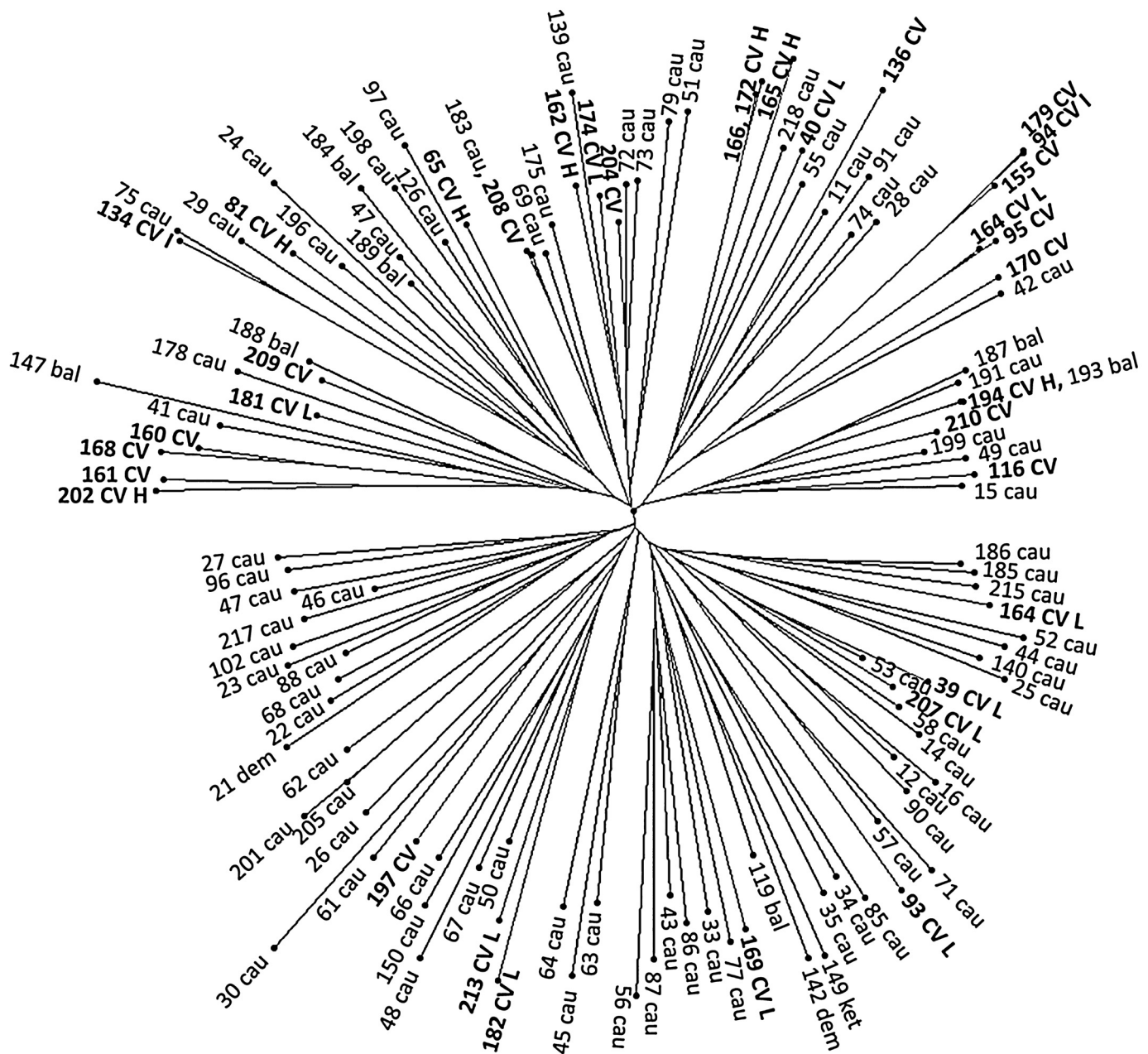


Fig. 3. Neighbour-joining tree illustrating genetic distances among Georgian pear cultivars (grey) and wild species that are closely related to and include *P. communis* subsp. *caucasica* (cau) (black). Georgian cultivars (CV), local cultivars (CV L), and introduced cultivars (CV I) are labelled. Other Georgian wild species are labelled in bold and include *P. demetrii* (dem), *P. syriaca* (syr), *P. sachokiana* (sach), *P. balansae* (bal), *P. ketzkhovelli* (ket), and *P. bulgarica* (bul). Numbers refer to accession identifiers in Table 1.

NPGS collection), and *P. salicifolia*. Individuals representing the other species are closely associated with *P. salicifolia* (*P. syriaca*, *P. demetrii*), *P. communis* subsp. *caucasica* (*P. balansae*, *P. demetrii*, *P. ketzkhovelli*, *P. syriaca*, *P. bulgarica*) and *P. communis* subsp. *pyraster* (*P. sachokiana*, *P. demetrii*), as shown in Fig. 2. It is likely that the individuals labelled as species and represented in the dataset with ten or fewer individuals have some evidence of hybridization with *P. communis* subsp. *caucasica*, *P. communis* subsp. *pyraster*, and *P. salicifolia*, and perhaps *P. communis* cultivars as well. Previous reports have questioned the differences between *P. communis* subsp. *caucasica* and *P. balansae* in the Caucasian Flora (Grossheim, 1952). *P. communis* subsp. *caucasica*, *P. communis* subsp. *pyraster*, and *P. balansae* leaves were found to be distinguishable based on leaf morphology, in which the leaf margins were entire, completely serrate, or simply serrate in only the upper regions, respectively (Fig. 4),

but our genetic analyses suggest that *P. balansae* is very similar to *P. communis* subsp. *caucasica*.

We demonstrate that *P. communis* subsp. *caucasica* from Georgia can be differentiated from *P. communis* subsp. *caucasica* from Hungary, Iran, Macedonia, Moldova, Poland, Romania, Russia, Serbia, Turkey, and Ukraine in the NPGS collection. According to literature data (Brezhnev and Korovina, 1981; Kuthatheladze, 1980) *P. communis* subsp. *caucasica* ('Panta' in Georgian) is an endemic species of the Caucasus. Its occurrence outside of the Caucasus region (Volk et al., 2006; Yamamoto and Chevreau, 2009) might be explained by planting of this tree in Soviet time in orchards and forest gardens somewhere else for producing vegetative and generative rootstocks for fruit trees (Sokolov et al., 1980). Our findings suggest that valuable gene pools of *P. communis* subsp. *caucasica* are present in Georgia and should be considered for inclusion in

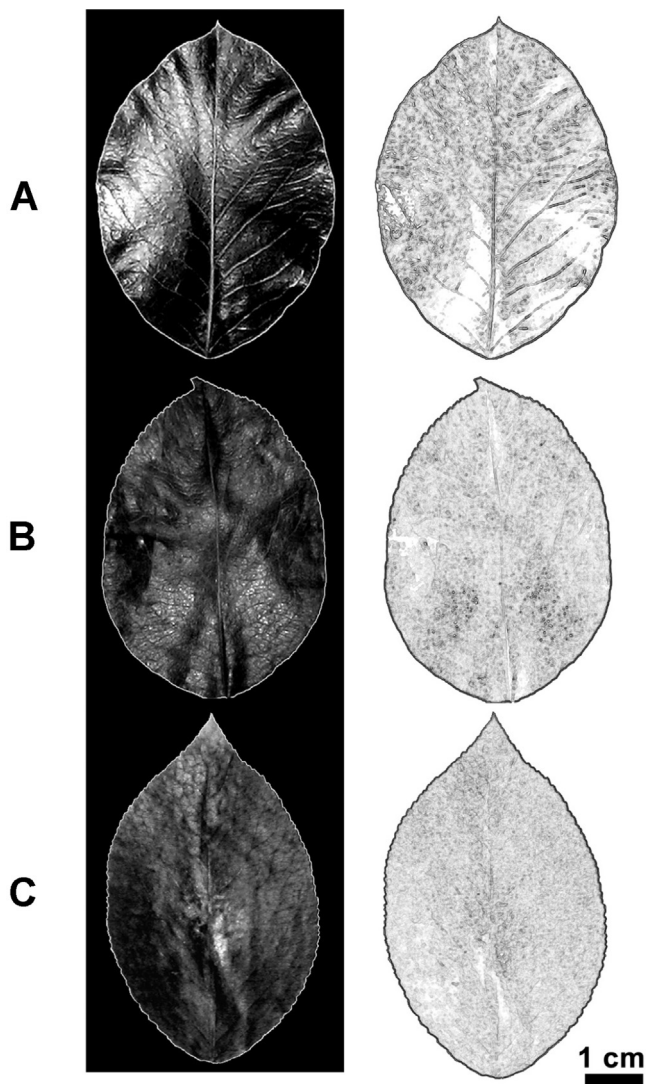


Fig. 4. Leaf blade margin structure of (A) *P. communis* subsp. *caucasica*, entire margin; (B) *P. balansae*, serrate upper region of margin; and (C) *P. communis* subsp. *pyraeaster*, serrate margin.

international genebanks. Furthermore, Georgian cultivars have a high level of genetic similarity with Georgian wild *P. communis* subsp. *caucasica*. Since these local cultivars also have desirable fruit characteristics (unlike most wild *Pyrus* species), they may offer novel and desirable alleles and serve as pre-breeding materials for pear breeding programmes. Known resistance to fire blight (*Erwinia amylovora*), dwarfing traits, and desirable flavours (Batello et al., 2010) could be further evaluated in Georgian cultivars.

In the 1930s, Vavilov (1931) recognized that the Caucasus, Asia Minor, Iran and Turkmenistan represent a centre of diversity for wild ancestors of *P. communis*. Many pear cultivars were grown in Georgia since pre-historic periods. Many archaeological subsil remnants (e.g. pear kernels) are known from the surroundings of human living sites that were discovered in the vicinity of v. Shulaveri and Arukhlo. These areas are located near v. Dmanisi in South-East Georgia, where 1.7-Myr-old specimens of small-brained hominids were found, which is the earliest known hominid site outside of Africa (Akhalkatsi et al., 2012). It may be assumed that people of this region have played a role in the early domestication of the modern-day pear (Javakhishvili, 1930). *P. communis* subsp. *caucasica*, the endemic species of the Caucasus, is the most widespread among eleven species of the wild pears of Georgia

and is considered as main progenitor species of local pear cultivars (Khomizurashvili, 1973). It is likely that pear breeding and selection might have started very early in Georgia, since there have been cultural contacts between Georgia and Asian and European countries since antiquity (Akhalkatsi et al., 2012). Published reports state that only local pear cultivars were grown in Georgia prior to the end of the 19th century, at which time pear cultivars were formally introduced from Europe and Russia (Khomizurashvili, 1973). Local cultivars may have originated from a combination of human selection, propagation, and hybridization.

Morphological results demonstrated that Georgian local pear cultivars were very similar to *P. communis* subsp. *caucasica*, whereas hybrid cultivars shared traits of both *P. communis* subsp. *caucasica* and *P. communis* subsp. *pyraeaster*, and European pear cultivars were more similar to *P. communis* subsp. *pyraeaster* with respect to leaf morphology (Asanidze et al., 2011).

Our results have shown that native Georgian *P. communis* subsp. *caucasica* is distinct at the genotype level from *P. communis* ssp. *caucasica* from other countries, accessions of which latter ones are represented in the NPGS collection. Local Georgian cultivars are closely related to Georgian *P. communis* subsp. *caucasica* and may have resulted from a domestication event distinct from that of European pear cultivars. Local Georgian cultivars could possess novel traits and alleles that would be useful in pear breeding programmes. The results confirm the hypothesis that some local cultivars of Georgia are directly domesticated from the native wild pear species – *P. communis* subsp. *caucasica* and *P. balansae*. The other local cultivars might have been obtained due to breeding of local landraces by use of local landraces and introduced cultivars from different countries in historically different periods.

Acknowledgements

NSF programme 'Phylogenetic systematics' contributed partial support by Carol Wilson, Rancho Santa Ana Botanic Garden, Claremont, CA, USA. Research on *Pyrus* morpho-genetic study is supported by grant PG/16/7-120/12 of Shota Rustaveli National Science Foundation, Georgia. The services provided by the Georgian staff Mirian Gvritishvili and David Tarkhnishvili are most gratefully acknowledged. USDA-ARS NPGS Pear curator Joseph Postman is recognized for his insights about wild *Pyrus communis* species and for providing plant materials.

References

- Akhalkatsi, M., Ekhvaia, J., Asanidze, Z., 2012. Diversity and genetic erosion of ancient crops and wild relatives of agricultural cultivars for food: implications for nature conservation in Georgia (Caucasus). In: Tiefenbacher, J. (Ed.), Perspectives on Nature Conservation – Patterns, Pressures and Prospects. InTech, Rijeka, Croatia, pp. 51–92.
- Asanidze, Z., Akhalkatsi, M., Gvritishvili, M., 2011. Comparative morphometric study and relationships between the Caucasian species of wild pear (*Pyrus* spp.) and local cultivars in Georgia. *Flora* 206, 974–986.
- Bao, L., Chen, K., Zhang, D., Cao, Y., Yamamoto, T., Teng, Y., 2007. Genetic diversity and similarity of pear (*Pyrus* L.) cultivars native to East Asia revealed by SSR (simple sequence repeat) markers. *Genet. Resour. Crop Evol.* 54, 959–971.
- Batello, C., Avanzato, D., Akparov, Z., Kartvelishvili, T., Melikyan, A., 2010. Gardens of Biodiversity. Conservation of Genetic Resources and Their Use in Traditional Food Production Systems by Small Farmers of the Southern Caucasus. FAO, Rome, pp. 114–116.
- Brezhnev, D.D., Korovina, O.N., 1981. Dikie sorodichi kulturnykh rastenii flory SSSR (Wild Relatives of Cultivated Plants in the Flora of the USSR, Kolos, Leningrad), pp. 188–190 (in Russian).
- Browicz, K., 1993. Conspectus and chorology of the genus *Pyrus* L. *Arbor. Kórnickie* 38, 17–33.
- Chouliaras, V., Therios, I., Evans, K.M., Alston, F.H., Panou, O., Molassiotis, A.N., 2003. Study of lap and got isoenzymes activity in *Pyrus* germplasm. *AgroThesis* 1, 29–36.
- Ercisli, S., 2004. A short review of the fruit germplasm resources of Turkey. *Genet. Resour. Crop Evol.* 51, 419–435.
- Fedorov, A.A., 1943. Kavkazskie predstaviteli roda *Pyrus* L. st. str. (Morfologo-geograficheskaya issledovanie) (Caucasian Species of the Genus *Pyrus* L. st. str.

- (Morphological and Geographical Study)). Filial of Scientific Academy of USSR, Armenia, Erevan (in Russian).
- Fedorov, A.A., 1954. Grusha – *Pyrus* L. (Pear – *Pyrus* L.). In: Sokolov, S.J. (Ed.), Derevia i kustarniki SSSR (Trees and Shrubs of the USSR). Izd. Akad. Nauk USSR, Moskva (in Russian).
- Gladkova, V.N., Sveschnikova, L.I., 1990. Cytosystematics of the genus *Pyrus* (Rosaceae). Bot. Zhurn. 75, 1261–1264 (in Russian).
- Goudet, J., 1995. FSTAT, a program for IBM PC compatibles to calculate Weir and Cockerham's (1984) estimators of *F*-statistics. J. Hered. 86, 485–486.
- Grossheim, A.A., 1952. Flora Kavkaza, 5., 2nd ed. Izd. Acad. Nauk USSR, Moskva, pp. 21–421 (in Russian).
- Hemmat, M., Weeden, N.F., Brown, S.K., 2003. Mapping and evaluation of *Malus* × *domestica* microsatellites in apple and pear. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 128, 515–520.
- Heng, W., Wu, J., Wu, H., Cao, Y., Nishio, T., Zhang, S.L., 2011. Recognition specificity of self-incompatibility in *Pyrus* and *Malus*. Mol. Breed. 28, 549–557.
- Hijmans, R.J., Guarino, L., Mathur, P., 2012. DIVA-GIS Version 7.5, <http://www.diva-gis.org/download>
- Javakhishvili, I., 1930. Sakartvelos ekonomiyi istoria, vol. I. Kartuli Tsigni, Tbilisi (in Georgian).
- Khomizurashvili, N., 1973. Sakartvelos mekhileoba (Horticulture of Georgia). Metsniereba, Tbilisi (in Georgian).
- Kuthatheladze, S., 1947. Sakartvelos pantebi da berkenebi (Wild growing pears of Georgia). Trans. Tbilisi Bot. Inst. 11, 205–240 (in Georgian).
- Kuthatheladze, S., 1980. *Pyrus* L. In: Ketskaveli, N. (Ed.), Sakartvelos Flora, vol. 6. Metsniereba, Tbilisi (in Georgian).
- Lewis, P.O., Zaykin, D., 2001. GDA User's Manual, <http://lewis.eeb.uconn.edu/lewishome>
- Liebhart, R., Gianfranceschi, L., Koller, B., Ryder, C.D., Tarchini, R., Weg, E., van de Gessler, C., 2002. Development and characterization of 140 new microsatellites in apple (*Malus* × *domestica* Borkh.). Mol. Breed. 10, 217–241.
- Perrier, X., Jacquemoud-Collet, J.P., 2006. DARwin Software, <http://darwin.cirad.fr/darwin>
- Perrier, X., Flori, A., Bonnot, F., 2003. Data analysis methods. In: Hamon, P., Seguin, M., Perrier, X., Glaszmann, J.C. (Eds.), Genetic Diversity of Cultivated Tropical Plants. Enfield Sci. Publ., Montpellier, pp. 43–76.
- Sokolov, S.I., Svjaseva, O.A., Kubli, V.A., 1980. Arealy derev'ev i kustarnikov SSSR, vol. 2. Nauka, Leningrad (in Russian).
- Tuz, A.S., 1974. O proiskhozhdenii i evolutsii roda *Pyrus* L. (On the origin and the evolution of the genus *Pyrus* L.). Bot. Zhurn. 52, 1734–1746 (in Russian).
- Vavilov, N.I., 1931. Dikie rodychi plodovykh derev'ev Aziatskoi chasti SSSR i Kavkaza i problema proiskhozhdenia plodovykh derev'ev (Wild progenitors of the fruit trees of Turkmenistan and the Caucasus and the problem of the origin of fruit trees). Bull. Appl. Bot. Genet. Plant Breed. 26, 85–107 (in Russian).
- Vavilov, N.I., 1994. Origin and Geography of Cultivated Plants. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- Volk, G.M., Richards, C.M., Henk, A.D., Reilley, A.A., Bassil, N.V., Postman, J.D., 2006. Diversity of wild *Pyrus communis* based on microsatellite analyses. J. Am. Soc. Hort. Sci. 131, 408–417.
- Westwood, M.N., Bjornstad, H.O., 1971. Some fruit characteristics of interspecific hybrids and extent of self-sterility in *Pyrus*. Bull. Torrey Bot. Club 98, 22–24.
- Wolko, L., Antkowiak, W., Lenartowicz, E., Bocianowski, J., 2010. Genetic diversity of European pear cultivars (*Pyrus communis* L.) and wild pear [*Pyrus pyrastrer* (L.) Burgsd.] inferred from microsatellite markers analysis. Genet. Res. Crop Evol. 57, 801–806.
- Yamamoto, T., Chevreau, E., 2009. Pear genomics. In: Folt, K.M., Gardiner, S.E. (Eds.), Genetics and Genomics of Rosaceae. Springer, NY.
- Yamamoto, T., et al., 2002. Simple sequence repeats for genetic analysis in pear. Euphytica 124, 129–137.
- Zamani, A., Attar, F., Maroofi, H., 2012. A synopsis of the genus *Pyrus* (Rosaceae) in Iran. Nordic J. Bot. 30, 310–332.
- Zohary, D., Hopf, M., 2000. Domestication of Plants in the Old World. The Origin and Spread of Cultivated Plants in West Asia, Europe and the Nile Valley, third ed. Oxford Univ. Press, Oxford, UK.

Diversity and genetic erosion of ancient crops and wild relatives of agricultural cultivars for food: implications for nature conservation in Georgia (Caucasus)

Maia Akhalkatsi, Jana Ekhvaia, Zevva Asanidze
 Ilia State University
 Georgia

1. Introduction

The interpretation of a healthy diet is one of the dilemmas for our modern civilization. Advances in agriculture are mainly directed at increasing food production to solve problems of a growing human population. However, food security remains a problem to ensure healthy food and to prevent human disease. These two tendencies often do not coincide. At present, the selective breeding programs of crops are mainly oriented toward the production of high-yielding varieties of genetically enhanced cultivars of cereals that have increased growth rates, increasing the percentage of usable plant parts and resistance against crop diseases. This initiative is linked to what began in the 1960s and was named by William Gaud (of USAID) a "Green Revolution" (Davies, 2003). It was a product of globalization as evidenced in the creation of international agricultural research centres to introduce new crop varieties around the world. This process caused a significant increase in total cereal production and daily calorie supply in developing countries between the 1960s and 1990s (Davies, 2003). However, this process has caused the gradual replacement of traditional crop varieties, and as a result has had a dramatic effect on agrobiodiversity in many countries. Particularly impacted have been the traditional landraces used by local peoples for thousands of years and this has affected the health of these communities.

Georgia, located in the South Caucasus, owns one of the oldest agricultural traditions. The name of the country is "Sakartvelo" in the Georgian language but its common name "Georgia" is semantically linked to Greek (γεωργία, transliterated geōrgía) and Latin (georgicus) roots meaning "agriculture" (Javakhishvili, 1987). Many Georgian endemic species and local varieties of wheat, barley, legumes, grapevine and fruits are known (Ketskhoveli, 1957). The traditional use of local cultivars is considered to be a reason for human longevity in the Caucasus region (Fox, 2004). Over five percent of the male Georgian centenarians were reputed to have been over age 120 in 1959 (Garson, 1991). The percentage of males over age 70 was 0.9% in 1959 and 1.07% of women were over 70. However, these values had diminished by 1970 to 0.66% and 0.86%, respectively. At present, no exact data are available, but longevity has obviously diminished (Fox, 2004).

Archaeological data clearly show that the Caucasus region (and Georgia in particular) was settled from prehistoric time and agriculture was developed during the early Neolithic era (Javakhishvili, 1987). The information about the wide chronological intervals in the archaeological materials connected with the history of mankind in the Caucasus starts from the Early Pleistocene. The 1.7-Myr-old specimens of small-brained hominids are found in the Caucasus at Dmanisi, located in Southern Georgia (Fig.1), which is the earliest known hominid site outside of Africa (Gabunia & Vekua, 1995; Finlayson, 2005). This specimen has been classified as *Homo erectus sensu lato*, which is a very early type of *H. ergaster* and/or a new taxon, *H. georgicus* (Gabunia et al., 2002). The next chronological interval in the archaeological materials is connected with the period of Late Middle Palaeolithic and Early Upper Palaeolithic periods demonstrating patterns of mobility, land-use, and hunting of Neanderthal and modern human competition within the South Caucasus (Adler & Bar-Oz, 2009). Neanderthals invaded the Caucasus region at an unknown time and modern humans may have occupied the region alongside them from ~40 Ka before the present (BP). According to the archaeological material from different caves in Georgia (Tushabramishvili, 2011) and the northern Caucasus (Ovchinnikov et al., 2000), the final replacement of the Neanderthals by modern humans might be occurred here ~28 Ka BP. The Upper Palaeolithic archaeological findings at Dzudzuana Cave (Fig.1), Imereti region, Georgia, revealed remnants of wool (*Capra caucasica*) and dyed fibers of wild flax (*Linum usitatissimum*) dated to ~36–34 Ka BP (Adler & Bar-Oz, 2009). The Dzudzuana Cave flax fibers have clearly been modified, cut, twisted and dyed black, gray, turquoise and pink, most likely with locally available natural plant-derived pigments (Kvavadze et al., 2009). E. Kvavadze and colleagues (2009) surmise that this represents the production of colourful textiles for some purpose, perhaps clothing. In general, it is supposed that the microscopic flax fibres are the remains of linen and thread, which would have been used in clothing for warmth, for shoes, to sew together pieces of leather or to tie together packs.

The archaeological findings from Neolithic and Early Bronze periods are rich with plant fossils and seeds of both wild species and local landraces. The ancient findings from Neolithic period of cereal grains in Georgia were discovered from Trialeti Range, Kvemo Kartli region (Arukhlo excavations, Bolnisi district; Fig.1) and Samegrelo region (Dikha-Gudzuba, Zugdidi district; Fig.1) from 6th up to 2nd millennium BC (Melikishvili, 1970). Seven species of cultivated wheat - *Triticum aestivum*, *T. spelta*, *T. carthlicum*, *T. macha*, *T. monococcum*, *T. dicoccum*, *T. compactum* and one wild relative *Aegilops cylindrica* have been discovered in Arukhlo, Kvemo Kartli region. Other cereals: millet - *Panicum milleaceum*, barley - *Hordeum vulgare*, Italian millet - *Setaria italica*, oats - *Avena sativa*, wild lentil - *Lens ervoides* and pea - *Pisum sativum* have been found in the same site. The wheat fields in Arukhlo were irrigated. Very recent studies on einkorn wheat domestication using amplified fragment length polymorphism (AFLP) show that *T. boeoticum* was domesticated in southeast Turkey in the Karacadag Mountains close to Diyarbakir (Heun et al., 1997). Old Georgian kingdom Diauehi (Diaokhi) is adjacent region to this place. Therefore, it might be considered to be an area where cultivation of cereals occurred in very early historical time. The earliest archaeological finding of cultivar grapevine pips are found in Shulaveri (Fig.1), located near Dmanisi in southern Georgia and dated to ~8.000 years BP (Ramishvili, 1988). A wide range of carbonised seeds, including wild and domesticated grape (*Vitis vinifera*, *V. vinifera* subsp. *sylvestris*), wheat (*Triticum* sp.), pea (*Pisum sativum*), rowan (*Sorbus* sp.) and black walnut (*Juglans regia*) are found in soil samples in Nokalakevi (Fig.1), Western Georgia, dated to the Hellenistic period (Grant et al., 2009).



Figure 1. Map of Georgia. The administrative regions: 1. Abkhazia; 2. Samegrelo-Upper Svaneti; 3. Guria; 4. Adjara; 5. Racha-Lechkhumi; 6. Imereti; 7. Meskheta- Javakheti; 8. Shida Kartli; 9. Kvemo Kartli; 10. Mtskheta-Mtianeti; 11. Kakheti. The places of archaeological excavations are indicated: Dikha-Gudzuba, Nokalakevi, Dzudzuana cave, Arukhlo, Dmanisi and Shulaveri.

According to N. I. Vavilov (1992), the origin of ancient crop varieties and landraces in Georgia coincides with the period of their primary domestication. Georgia is often considered part of the Near East where many field crops were domesticated. N. I. Vavilov (1992) determined 8 centres of crop origin and diversity. Among them was the fourth centre, which included the South Caucasus, Asia Minor, Iran and Turkmenistan. The main crops domesticated in this centre (which includes Georgia) are wheat, rye, oats, seed and forage legumes, herbs, fruits, and grapes for winemaking; 83 species all tolled.

The problem is that there are no concrete data to assess either the current status of local varieties or information about the domestication process in Georgia. The fundamental work on domestication and origin of wheat and barley in this region was done by the famous Georgian botanist V. Menabde (1938, 1948). The agricultural evidence was reported by several other Georgian authors (Ketskhoeli, 1957; Khomizurashvili, 1973; Akhalkatsi et al., 2010). We have studied domestication of wild grapevine (*Vitis vinifera* subsp. *sylvestris*) and wild pear (*Pyrus caucasica*) using morphometric and systematic molecular methods (Ekhaia & Akhalkatsi, 2010; Ekhaia et al., 2010; Asanidze et al., 2011) confirming genetic relationships between wild populations and local cultivars of grape and pear. However, complete evaluation of diversity of Georgian local cultivars and crop wild relatives (CWR) has not yet been complete.

There are many threats to these oldest of crops in the modern period. In our opinion, the main threat to agrobiodiversity in Georgia is the loss of landraces and ancient crop varieties. Protection measures in the country are still not being implemented at an appropriate rate. National policies and comprehensive measures are urgently needed to address the problem of conserving the genetic resources of ancient crops in Georgia. Thus, we suggest that it is necessary to establish a general overview of the types of crops that are current landraces and primitive forms occurring in Georgia and to publish lists of indigenous landraces and CWRs of cereals, legumes, vegetables and fruits representing direct ancestors, and endemic, rare or endangered species, in order to evaluate the sustainability of their traditional use in terms of nature conservation.

2. Landrace assessment

Agriculture in Georgia is characterized by a great diversity of local landraces, varieties and even endemic species of crops. These varieties reveal a high level of adaptation to local climatic conditions and often have high resistance to diseases. Georgians have used these crops for a very long time and their healthy life, reflected by the longevity of individuals in the population, was considered to be connected to their good food. However, there are many threats to these oldest of crops in the modern period, particularly since the 1950s. The loss of local and ancient crop varieties should be considered to be the main threat to agrobiodiversity in Georgia.

The known diversity and distribution of local landraces is based on data obtained from archaeological reports, historical manuscripts, ethnography, and botanical field expeditions in different regions of Georgia since 1920s. The oldest known text about Georgian cultivars is a XVII century by the work of Vakhushti Batonishvili "Geographic Description of Georgian Kingdom" (Batonishvili, 1991). Active investigation of Georgian crops began in the 1920s (Ketskhoveri, 1928, 1957; Menabde, 1938, 1948; Dekaprevich, 1947). These investigations revealed that ancient cultivars of grapevine, fruits, wheat, barley, rye, oats, common millet, Italian millet, legumes, flax, and a number of herbal and spice plants, were still being cultivated in Georgia. The rapid loss of local cultivars of cereals, legumes and flax began in the 1950s and reached an extreme in the 1990s (Akhalkatsi et al., 2010). At present, almost all of Georgia's ancient crops are maintained in conservatory collections and seed banks, but none are present in peasant house gardens in lowland areas. Only the mountain areas contain depositories of the ancient crops of Georgia, where some number of landraces still exist. The process of genetic erosion of ancient crop varieties, however, has begun even in these regions since the 1990s and this presents great concern about the loss of aboriginal crops adapted to high mountain areas (Pistrick et al., 2009).

Monitoring of crop diversity is now conducted by international nature conservation institutions and Georgian scientific and nongovernmental organizations to preserve the genetic resources of local cultivars. One of the problems is the deficit of information about the current state of ancient crops and recommendations for their conservation are inadequate. Therefore, it is necessary to assess research needs and implications for conservation and to formulate recommendations for the conservation and on-farm maintenance of Georgian landraces.

2.1. Diversity of ancient crop varieties

Reports of the diversity of local landraces in Georgia has to present been published primarily in Georgian- and Russian-language scientific publications (Ketskhoveri, 1928, 1957; Menabde, 1938, 1948; Dekaprevich, 1947; Kobakhidze, 1974). Databases and international periodicals lack descriptions of this diversity, taxonomy and discussions of the conservation value of landraces. In our opinion it is important to spread information about diversity and conservation needs of local cultivars of Georgia worldwide to support the evaluation of their roles in healthy life of human. Some crops, such as grapevine, wheat, barley and fruit trees are characterized by the highest diversity of landraces in Georgia.

Grapevine - *Vitis vinifera* L. (**Vitaceae**) shows greatest genetic and morphological variability. About 500 names of autochthonous grapevine varieties known from Georgia are characterized by a wide range of colour gamma and shapes of berries and pips (Javakhishvili, 1987; Ketskhoveri et al., 1960), which points to an evolutionary centre in this region (Vavilov, 1992). These cultivars showed great ampelometric variability and broad adaptability to different climate and soil conditions (Ketskhoveri et al., 1960). Each province of Georgia possesses its own grapevine cultivars adapted to local climate. The varieties are of three forms: 1) *Babilo* is an old grapevine with stem more than 20 cm in diameter clambering on trees (Fig.2A). 2) *Maghlari* represents varieties that climb tree trunks (alder, persimmon, mulberry, cherry, beech, chestnuts, etc.) distributed mainly in peasant orchards in western and southern Georgia (Fig.2B). 3) *Dablari* is used to create typical vineyards (Fig.2C) found in commercial areas. The total area of vineyards in Georgia was 40.000 ha in the 1980s. It has diminished to ca. 25.000 ha today (Bedoshvili, 2010). Forty-four percent of this territory is located in Kakheti region, 26% in Imereti, 15% in Kartli and 15% in almost all regions of Georgia except in the high mountain regions of Khevi, Khavsureti and Tusheti. Forty-one cultivars of grapevine are used as commercial varieties in Georgia. Among them, 27 are technical varieties used for winemaking and 14 are table grapes (Bedoshvili, 2010). Ninety-seven percent of total annual yield is used for winemaking and only 3% as table grapes. Wine is made from landraces: 'Rkatsiteli' (55%); 'Tsolikauri' (10.2%); 'Chinuri' (7%); 'Saperavi' (4%); 'Kakhuri Mtsvane' (3.3%); and, several local and introduced cultivars (20.5%).



Figure 2. Different types of vineyards: A - *Babilo*, an old grapevine 'Meskhuri Shavi' (diameter 32 cm) belonged to the family of Gogi Natenadze in village Chachkari, Meskheti; B - *Maghlari*, clambering introduced cultivar *Vitis labrusca* 'Odessa' on beech tree in village Naghvarevi, Adjara. C - *Dablari*, typical vineyard of landraces 'Rkatsiteli' and 'Saperavi' in village Shilda, Kakheti. Photos by Maia Akhalkatsi.

The first known threat to the grapevine in Georgia occurred during the occupation of Georgian territory by the Muslims during the medieval period. They destroyed vineyards and/or led to the destruction of human settlements, where until now are presented local wilding grape cultivars clambering on trees. The vineyards grow on the terraces of Mediterranean type in the historic province of Tao-Klarjeti located now in southern Georgia and in the province of Artvin, Turkey. Since 15th century, the Seljuk Turks occupied this territory and vine terraces disappeared and were covered with trees or grasses. However, we have found peasants in some villages of Meskheti province searching for old cultivars in abandoned settlements. They are replanting naturalized grape cultivars to house gardens. We have found ancient grapevine varieties 'Meskhuri Shavi' and 'Meskhuri Mtsvane' to be frost resistant and growing in high mountain areas in villages Zemo Vardzia (1322 m a.s.l.) and Chachkari (1264 m a.s.l.), Aspindza district; village Zazalo, (1486 m a.s.l.), Adigeni district; and, Karzameti castle near boundary to Turkey, 1450 m a.s.l. One of the oldest Georgian grape cultivar 'Krikina', which is morphologically nearly identical to wild grapevine (*V. vinifera* subsp. *sylvestris* [C. C. Gmel.] Hegi), was found in village Rveli, Borjomi district, in house garden of Gaioz Tabatadze who replanted this cultivar from the ruins of the historic village Baniskhevi where his ancestors lived. The grape variety 'Shonuri' ('Lushnu' in Svanetian) adapted to high mountain areas grows in Upper Svaneti province from 1045 to 1400 m a.s.l. Landraces adapted to high elevations are rare and are usually replaced with the introduced grape cultivar *V. labrusca* 'Odessa'. It is widespread in mountainous villages in all regions of Georgia. Some other rare grapevine cultivars - 'Kachichi', 'Saperavi', 'Sebeli', 'Jvarisa', have been found on lower elevations in village Gvimbrala, Lentekhi district, Lower Svaneti province. Rare grape cultivars - 'Aladasturi', 'Tsulukidzis Tetra' and 'Tskhvedanis Tetra' have been found in village Tabori and 'Usakhelouri' in village Zubi, Tsageri district, Lechkhum province. Rare landrace 'Chkhaveri' was found in village of Merisi, at 474 m a.s.l. Adjara province.

In 1860, the *V. vinifera* was virtually wiped out in the places of its origin, when an aphid, *Phylloxera vastatrix* was accidentally introduced into France, and within a few years had ravaged all vineyards in Europe and in Georgia as well. Currently, almost all Georgian grape varieties are grafted on rootstocks of American grapevines - *V. riparia*, *V. rupestris* and *V. berlandieri* and their hybrids are resistant to *Phylloxera*. This disaster made it necessary to undertake urgent steps for *ex situ* conservation of old, endangered and autochthonous grapevine varieties by establishing living collections in Georgia; this was begun in the 1930s. The collections of plant genetic resources were established in research institutes, which have been under reforms since 1990s and operating with diminishing funding to maintain the collections. In 2003, 929 varieties were protected in the living collections. Among them, 701 were cultivars obtained from selective breeding and only 248 of the 524 autochthonous Georgian varieties remain. These collections of the State Agricultural University were located in Dighomi (573 cultivars) and Mukhrani (155 cultivars), and, the collections in Telavi (226 cultivars) and Skra (75 cultivars) belonged to the Georgian research Institute of Horticulture, Viticulture and Winemaking (Maghradze, et al., 2010). Recently, these collections have been closed. Nevertheless, some effort has been made to establish new collections in Telavi (573 accessions), Skra (440) and Vachebi (312) in 2008. Three other new collections were set up by Saguramo "Centre for Grapevine and Fruit Tree Planting Material Propagation" (ca 400 accessions), "Kindzmarauli" and "Shumi" wineries (as a total 149 accessions). Two new collections were established in Italy by the University of Milan (Maghradze, et al., 2010). Some Georgian cultivars are in living collections abroad in Russia, Moldova and Germany as well. A small living grapevine collection exists in the G. Eliava National Museum in Martvili district, Samegrelo province, founded in 1972 and containing 24 old Colchic grapevine varieties (Eliava, 1992). Seven cultivars of Meskheti region were collected in the research station of Biological Farming Association Elkana in village Tsnisi, Akhaltsikhe district. Many grape landraces are extinct and do not exist even in living collections.

Wheat - *Triticum* L. (Poaceae) also shows high diversity in Georgia. Nineteen species of wheat from the 26 known species of the genus *Triticum* have been historically distributed in Georgia (Tab.1). Some of them are endemic species: *T.*

timopheevii, *T. zhukovskyi*, *T. macha*, *T. carthlicum* and *T. palaeo-colchicum*. Sixteen species, 144 varieties, and 150 forms of wheat were registered in Georgia in the 1940s (Menabde, 1948).

According to V. Menabde (1948), three species from the list are wild – *T. boeoticum* (2n=14), *T. dicoccoides* (2n=28), *T. timopheevii* subsp. *armeniicum* (2n=28); they were mixed with cultivars in the wheat fields and did not exist in natural habitats in Georgia. Sites of *T. boeoticum* are concentrated in south-eastern Turkey, where this species was probably domesticated (Heun et al., 1997). The current distribution indicates that its weedy races have spread with cultivated cereals far to the west and east. There is evidence that it was found in fields with *T. monococcum* in Georgia (Menabde, 1948). Since the 1930s their number has diminished and all of these species had disappeared after the 1960s, when non-aboriginal cultivars were introduced in *kolkhozis* – agricultural farming corporations in Soviet times, changing the species composition in wheat fields. At present, none of these species occur in agricultural fields of Georgia.

Table 1. List of wheat species distributed in Georgia by V. Menabde (1948, 1961). The accepted names are added from web-page: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/splist.pl?28515>. The status of species is based on phylogenetic studies of V. Menabde (1948, 1961): EG - endemic of Georgia; W- wild; PS - primary species; SP - secondary species; IS - introduced species. Ploidy levels are indicated.

N	Taxon names by Menabde, 1948, 1961	Taxon accepted name by ARS-GRIN, USDA 2011	Status	Ploidy levels
1.	<i>T. aegilopoides</i> Balansa ex Körn. (= <i>T. boeoticum</i> Boiss.)	<i>T. monococcum</i> subsp. <i>aegilopoides</i> (Link) Thell.	W	2n
2.	<i>T. monococcum</i> L.	<i>T. monococcum</i> L.	PS	2n
3.	<i>T. timopheevii</i> Zhuk.	<i>T. timopheevii</i> (Zhuk.) Zhuk. subsp. <i>timopheevii</i>	EG, PS	4n
4.	<i>T. chaldicum</i> Menabde	<i>T. timopheevii</i> (Zhuk.) Zhuk. subsp. <i>armeniicum</i> (Jakubz.) Slageren	W	4n
5.	<i>T. dicoccoides</i> Körn.	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>dicoccoides</i> (Körn. ex Asch. & Graebn.) Thell.	W	4n
6.	<i>T. palaeo-colchicum</i> Menabde	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>palaeocolchicum</i> Á. Löve & D. Löve	EG, SP	4n
7.	<i>T. dicoccon</i> Schuebl.	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>dicoccon</i> (Schränk) Thell.	SP	4n
8.	<i>T. durum</i> Desf.	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>durum</i> (Desf.) Husn.	SP	4n
9.	<i>T. turgidum</i> L.	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>turgidum</i>	SP	4n
10.	<i>T. carthlicum</i> Nevski (= <i>T. ibericum</i> Menabde; <i>T. persicum</i> Vavilov ex Zhuk.)	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>carthlicum</i> (Nevski) Á. Löve & D. Löve	EG, SP	4n
11.	<i>T. polonicum</i> L.	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>polonicum</i> (L.) Thell.	SP	4n
12.	<i>T. turanicum</i> Jakubz.	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>turanicum</i> (Jakubz.) Á. Löve & D. Löve	IS	4n
13.	<i>T. abyssinicum</i> Vavilov	<i>T. dicoccon</i> subsp. <i>abyssinicum</i> Vavilov	IS	4n
14.	<i>T. vulgare</i> Villars	<i>T. aestivum</i> L.	SP	6n
15.	<i>T. macha</i> Dekapr. & Menabde	<i>T. aestivum</i> L. subsp. <i>macha</i> (Dekapr. & V.L. Menabde) Mackey	EG, PS	6n
16.	<i>T. spelta</i> L.	<i>T. aestivum</i> subsp. <i>spelta</i> (L.) Thell.	IS	6n
17.	<i>T. sphaerococcum</i> Percival	<i>T. aestivum</i> subsp. <i>sphaerococcum</i> (Percival) Mackey	IS	6n
18.	<i>T. compactum</i> Host	<i>T. aestivum</i> subsp. <i>compactum</i> (Host) Mackey	SP	6n
19.	<i>T. zhukovskyi</i> Menabde & Ericzjan	<i>T. zhukovskyi</i> V.L. Menabde & Eritzjan	EG, SP	6n

Three species from the list (Tab.1) are considered by V. Menabde (1948) as primary species (close to the first domesticated species): *T. monococcum* (2n=14), *T. timopheevii* (2n=28) and *T. macha* (2n=42). First two species, *T. monococcum* - 'Gvatsa Zanduri' and *T. timopheevii* - 'Cheltha Zanduri', in Georgian, are old autochthonous wheat species distributed mainly in western Georgia - Racha-Lechkhumi, Imereti and Samegrelo. *T. timopheevii* was growing in a small area in western Georgia together with its hexaploid derivative - *T. zhukovskyi*, and cultivated einkorn - *T. monococcum* (Menabde, 1961). These three species represent polyploid series of wheat *Zanduri*, which was possible to find in peasant farms till 1990s. *T. macha* is archaeological findings in Dikha-Gudzuba and Shulaveri excavations dated by Neolithic period and was cultivated in Racha-Lechkhumi, Imereti and Samegrelo up to 1950s (Dekaprelevisch, 1947).

Nine native species of wheat - *T. palaeo-colchicum*, *T. dicoccon*, *T. durum*, *T. turgidum*, *T. carthlicum*, *T. polonicum*, *T. aestivum*, *T. zhukovskyi* and *T. compactum*, are considered by V. Menabde (1948, 1961) as secondary species originated by hybridization with wild and primary species of *Triticum*, *Aegilops* spp., *Thinopyrum intermedium* (Host) Barkworth & D. R. Dewey subsp. *intermedium* (= *Agropyron glaucum* [Desf. ex DC.] Roem. & Schult.), and *Thinopyrum elongatum* (Host) D. R. Dewey (= *Agropyron elongatum* [Host] P. Beauv.). *T. aestivum*, *T. carthlicum* and *T. durum* have many varieties and cultivars. The four species in the list (Tab.1) - *T. abyssinicum*, *T. spelta*, *T. sphaerococcum* and *T. turanicum* represent geographical races introduced from different regions in the historically different times.

The traditional wheat fields in all regions of Georgia usually contain several species and varieties (Eritzjan, 1956; Zhizhilashvili & Berishvili, 1980). Bread wheat fields contain: *T. aestivum* var. *erythrospermum* 'Tetri dolis puri', *T. aestivum* var. *ferrugineum* 'Tsiteli dolis puri', *T. aestivum* var. *lutescens* 'Upkho tetri dolis puri', *T. aestivum* var. *milturum* 'Upkho tsiteli dolis puri', *T. compactum* 'Kondara khorbali'. Usually, this combination of wheat taxa is associated with wild weed *Makhobeli* - *Cephalaria syriaca* (L.) Schrad. ex Roem. & Schult. (Dipsacaceae) occurring most often in such wheat fields. The seeds of this species are of the same size as wheat and after threshing remain in the harvest. Seeds are ground

into a powder and used with wheat to make bread, cakes, etc. It adds a nice flavour but quickly goes rancid. Another combination of varieties was dominated by *T. durum* 'Shavpkha' composed by *T. durum* var. *apulicum*, *T. durum* var. *leucurum*, *T. durum* var. *murciense*, *T. aestivum* var. *erythrospermum*, *T. aestivum* var. *pseudo-barbarossa*, *T. aestivum* var. *lutescens*, *T. compactum* var. *erinaceum*. This population is adapted to dry climate in the lowland areas and in the high elevations up to 1800 m a.s.l. in Javakheti Plateau, where it is sown in early spring. The same character of adaptation to high elevation is typical for the wheat species, *T. carthlicum* 'Dika', sown on high mountain areas in spring. The combination of varieties dominated by 'Dika' is as follows: *T. carthlicum* var. *rubiginosum*, *T. carthlicum* var. *stramineum*, *T. aestivum* var. *erythrospermum*, *T. aestivum* var. *ferrugineum*, *T. compactum* var. *erinaceum*.

Wheat fields were planted throughout Georgia at elevations from 300 m to 2160 m a.s.l. We have found this highest location of soft wheat field in the Eastern Greater Caucasus, village Chero in Tusheti (Akhalkatsi et al., 2010). At present, almost none of these traditional wheat varieties and species occur in the territory of Georgia. Only aboriginal varieties of bread wheat still exist in several high mountain regions like Tusheti, Meskheta, Javakheti and Svaneti (Pistrick et al., 2009). Living collections and gene banks preserve the local varieties. The living collection of the Biological Farming Association Elkana has many landraces in village Tsnisi, Akhaltsikhe district (Fig.3A). In 2010, they sowed a 10 ha wheat field. The harvest from this field contained local cultivar *T. aestivum* var. *ferrugineum* 'Akhaltsikhis tsiteli dolis puri' and weed *Makhobeli*. The flour was baked as bread in Tbilisi and as traditional bread in Meskheta (Fig.3B).

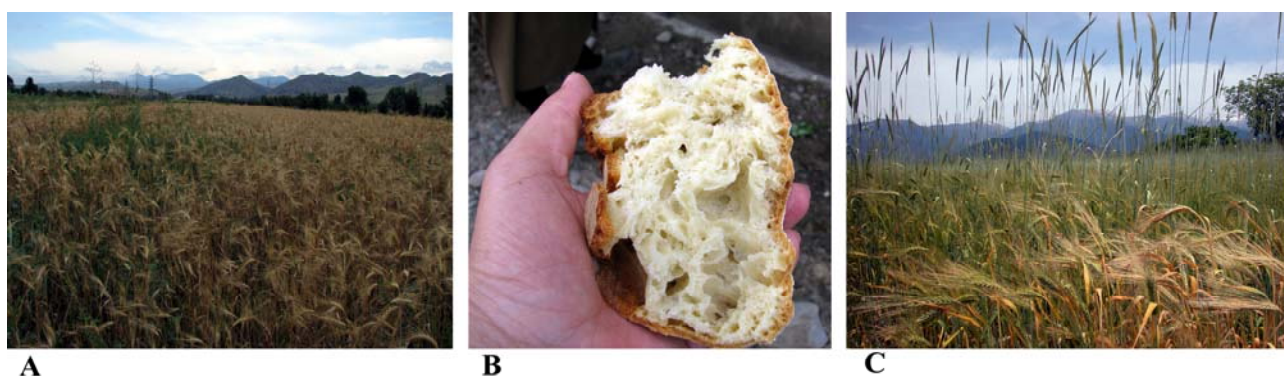


Figure 3. A- Wheat field of the Georgian endemic *Triticum carthlicum* 'Dika' in research station of the Biological Farming Association Elkana, village Tsnisi, Meskheta; B - Traditional wheat bread in Meskheta; C- Six row barley field with mixture of wild rye *Svila* (*Secale segetale*) in village Shilda, Kakheti. Photos by Maia Akhalkatsi.

Barley – *Hordeum vulgare* L. (Poaceae) is an ancient agricultural crop in Georgia. It was the second most important cereal in Georgia after wheat and main crop in high mountain regions used for bread, forage and production of beer, as well as an attribute of religious rituals and in the folk medicine (Javakhishvili, 1987). Two different names were used for barley in Georgian language - *Krtili* and *Keri*. *Krtili* denotes six-row winter barley (*H. vulgare* subsp. *hexastichon* [L.] Čelak.) that was sowed in autumn; *Keri* refers to two-row summer barley (*H. vulgare* subsp. *distichon* [L.] Körn.) sowed in spring (Menabde, 1938). Six-row barley was sown in lowland areas but was cultivated up to 2130 m a.s.l. in Svaneti. Two-row barley was cultivated mainly in high mountain regions. The cultivars of two-row barley *H. vulgare* var. *nutans* 'Akhaltesli' and *H. vulgare* var. *nigrum* Willd. 'Dzveltesli shavpkha' are distributed up to 2100 m a.s.l. in all high mountain areas. *H. vulgare* var. *nutans* is mixed in the field with wheat - *T. carthlicum* 'Dika', and the flour is produced from mixed wheat and barley seeds. *H. vulgare* var. *nudum* Spenn. 'Kershveli' was cultivated in Meskheta and Svaneti. Four-row barley (*H. vulgare* subsp. *tetrastichon* [Stokes] Čelak.) is rare and the cultivar - *H. vulgare* var. *pallidum* Ser. 'Tetri Keri' occurs only in the high mountain region of Meskheta, Tusheti and Svaneti up to 2100 m a.s.l. These cultivars persist today only in high mountain regions. However, their distribution has been seriously diminished. At present, introduced varieties of barley are widely cultivated in the lowlands and their names are unknown to the local population.

Rye – *Secale cereale* L. (Poaceae) is only a local cultivar of high mountain regions of Georgia (1800-2200 m a.s.l.). Fields of *S. cereale* (2n=14) are now found only in Upper and Lower Svaneti and Meskheta. Rye was used for making alcohol and as forage. The wild species, *S. segetale* (Zhuk.) Roshev. (2n=42), called *Svila* is widespread in wheat and barley fields and is harvested together with them (Fig.3C). The bread of wheat with *Svila* is considered to be very nutritious and has good taste. An endemic species of rye is *S. vavilovii* Grossh. (2n=14). It is also called Caucasian rye. This species was found in wheat field in Georgia (Bockelman et al., 2002). We have monitored the place in village Beghleti, Khashuri district in 2008, where Georgian botanists had noted the presence of this species in the wheat fields, but cultivated plots no longer exist in that area. The village has lost of most of its residents and no agriculture is undertaken there. Introduced cultivars and commercial varieties of rye are not used in Georgia.

Oats – *Avena sativa* L. (Poaceae) is a traditionally cultivated plant distributed from 400 to 1400 m a.s.l. It is used only as forage for horses and poultry. Two varieties of oats have been described for Upper Svaneti (Ketskhoveli, 1957) - *A. sativa* var. *aurea* Körn. and *A. sativa* var. *krausei* Körn. In lowlands, usually, the origin of the seeds is unknown to local farmers. It is purchased in the market and farmers receive no information about their origin. **Millet – *Panicum miliaceum* L.**

(Poaceae) is very old agricultural plant cultivated in all regions of Georgia. It was used as a supplementary feed (for animals and poultry) and for making alcoholic drinks. At present, it is cultivated only in high mountain regions (1000-1800 m a.s.l.). Several varieties are described in Upper and Lower Svaneti: *P. miliaceum* var. *aureum* V.M. Arnold & Shibaiev. - grain yellow or cream; *P. miliaceum* var. *subaereum* Körn. - grain grey; *P. miliaceum* var. *griseum* Körn. - grain brown; *P. miliaceum* var. *atrocastaneum* Batalin ex V.M. Arnold & Shibaiev. - grain black; *P. miliaceum* var. *badium* Körn. - grain white (Zhizhizlashvili & Berishvili, 1980). The acreage of millet fields declined after introduction of maize in Georgia in 17th century. **Italian millet - *Setaria italica* (L.) P. Beauv. (Poaceae)** was cultivated in Colchis, Samegrelo since ancient times. The cultivar - *S. italica* subsp. *colchica* (Dekapr. & Kaspar.) Maisaya & Gorgidze was represented with 32 landraces (Maisaia et al., 2005). It can currently be found in the Samegrelo region of western Georgia. Another subspecies - *S. italica* subsp. *moharia* (Alef.) H. Scholz., is called *Kvrima* in Georgian. It was cultivated for a long time but was replaced by maize.

Legumes - peas, lentils, chickpeas, faba beans, common vetch, bitter vetch, chickling vetch, alfalfa, sainfoin and blue fenugreek are traditional crops in Georgia (Tab.2). **Green Pea (*Pisum sativum*)** is originated in the South Caucasus. It is grown in house gardens in small amounts for food today. Two species of pea are cultivated in Georgia - *P. sativum* with white flowers, round white or yellow seeds, and *P. arvense* with purple flowers, ridged dark coloured seeds. The third wild species *P. elatius* Steven ex M. Bieb. with dark purple flowers is often found in locations of old settlements, ruins of monasteries and churches and inside castle walls. The local cultivar of green pea, *P. sativum* subsp. *transcaasicum* Govorov, has 14 varieties (Kobakhidze, 1974). Local varieties of **Chickpea (*Cicer arietinum*)** are rarely cultivated today. Three subspecies and 24 varieties were available in western Georgia - Racha-Lechkhumi, Svaneti and Imereti up to 1920s (Dekaprevich & Menabde, 1929). In the 1970s, the same three subspecies - *C. arietinum* subsp. *mediterraneum* G. Pop., *C. arietinum* subsp. *eurasiaticum* G. Pop. and *C. arietinum* subsp. *orientalis* G. Pop., remained, but included only 6 of 24 varieties - *C. arietinum* subsp. *mediterraneum* var. *ochroleucum* A. Kob., *C. arietinum* subsp. *mediterraneum* var. *rozeum* G. Pop., *C. arietinum* subsp. *eurasiaticum* var. *aurantiacum* G. Pop., *C. arietinum* subsp. *orientalis* var. *fulvum* G. Pop., *C. arietinum* subsp. *orientalis* var. *rufescens* G. Pop., and *C. arietinum* subsp. *orientalis* var. *rufescens* *brunneo-punctatus* A. Kob. (Kobakhidze, 1974). Chickpeas were traditionally available in Svaneti, but by the 1970s only one farmer was sowing it in Kala community village Khe (Zhizhizlashvili & Berishvili, 1983). The Biological Farming Association Elkana is producing local cultivars of chickpea and selling them in market. **Lentil (*Lens culinaris*)** was represented in Georgia by two subspecies - *L. culinaris* subsp. *macrosperma* N.F. Mattos and *L. culinaris* subsp. *microsperma* N.F. Mattos; and 15 varieties (Kobakhidze, 1974). The last subspecies with small seeds was sown in high mountain areas in Javakheti. It was available in Meskheti till 1970s. Lentils were cultivated in Upper Svaneti from prehistoric times, but, at present, it is nearly extinct. In 1980s, three cultivars were described in Svaneti - 1. *L. culinaris* var. *persica* Bar. - reddish-brown seeds; 2. *L. culinaris* var. *ochroleucus nigro-punctulata* A. Kob. - light brown seeds with black dots; 3. *L. culinaris* var. *nigro-marmorata* A. Kob. - seeds have reddish-yellow background with black marbling (Zhizhizlashvili & Berishvili, 1983). The Biological Farming Association Elkana is producing local cultivars of lentil for the market. **Faba bean (*Vicia faba*)** is one of the oldest cultivated plants. Faba bean is ancient agricultural plant in western and southern Georgia. Three varieties and 31 subvarieties were described in Georgia with small (*V. faba* var. *minor* Beck.), medium (*V. faba* var. *equina* Pers.) and large (*V. faba* var. *major* Harz.) seeds (Kobakhidze, 1974). At present, the large seed Faba bean is widely distributed in Upper and Lower Svaneti. Two varieties are found in the Lower Svaneti: 1. *V. faba* var. *minor* subvar. *straminea* A. Kob. - compressed on sides, tip obtuse, colour light cream. 2. *V. faba* var. *equina* subvar. *ochroleucus* A. Kob. - slightly compressed on sides, tip rounded, colour yellowish (Zhizhizlashvili & Berishvili, 1983). **Chickling vetch (*Lathyrus sativus*)** is used as human food in a soup to called *shechamandi*. It is also a green forage, used as silage and fed as seed flour to pigs and poultry. It is now available only at the research station of the Biological Farming Association Elkana. **Bitter vetch - *Vicia ervilia*** is distributed in Meskheti and Javakheti. There are cultivated and wild forms of this species. It is used as a forage and for soil enrichment with nitrogen. **Common vetch (*Vicia sativa*)** is used as forage and for hay, especially in Upper and Lower Svaneti and Javakheti. It is a valuable forage crop, rich in proteins. More often it appears as a weed in the fields of high mountain areas among grain crops - millet, barley, rye. **Sainfoin (*Onobrychis* spp.), alfalfa (*Medicago sativa*) and clover (*Trifolium* spp.)** are forage legumes. A local variety of *Onobrychis transcaucasica* Grossh. 'Akhalkalakuri', is widely used. **Blue fenugreek (*Trigonella caerulea*)** is traditional spice plant used in almost all of the foods of Georgian cuisine. It is available in all regions of Georgia.

Flax - *Linum usitatissimum* L. (Linaceae), was one of the oldest and important field crops in Georgia. Since prehistoric times, it was used to produce excellent linens (Kvavadze et al., 2009) and to make oil from its seeds. Big millstones were used to extract the oil from the flax seeds and they remain in many historical ruins. Until recently, flax was cultivated only in Javakheti, where flax seeds were used to produce pharmacologically pure oil for medicines. According to the eighteenth century Georgian scientist and geographer Vakhushti Batonoshvili (1991), several volatile oil-bearing plants were cultivated in Georgia - roses, camphor, lavender and basil. **Kenaf - *Cannabis sativa* L. (Cannabaceae)**, was used to produce fiber for cord and thread for sacks. The seeds were used to produce oil. A traditional use of kenaf seeds was to mix them with wheat flour and making breads that had antidepressant effects.

Traditional vegetables (Tab.2) are represented by sugar beets, spinach, carrots, radishes, turnips, onions, Welsh onion, leeks and garlic. **Beet - *Beta vulgaris***, is an ancient cultivated plant whose tubers and young leaves were used in Georgian cooking. Leaves primarily came from the variety *B. vulgaris* subsp. *cicla* (L.) W.D.J. Koch 'Tsiteli Mkhali' that was grown in lower elevations up to 1400 m a.s.l. Another beet variety - *B. vulgaris* L. subsp. *vulgaris* 'Sasufre Charkhali'

is rare. **Carrot** - *Daucus carota*, was edible as a wild species in Georgia since prehistoric times. The cultivated carrot is widespread in peasant's house gardens in lowland areas. **Onion** - *Allium cepa* and **garlic** - *A. sativum*, are ancient cultivated plants available in all regions of Georgia. Red onions are very popular in Georgian people. *A. sativum* is called 'Georgian garlic'. Another variety is 'Russian garlic' representing *A. ampeloprasum* L. **Leek** - *A. porrum*, is typical in western Georgia. **Welsh onion** - *A. fistulosum* is currently grown in several high mountain areas. Until the 1970s, it was widespread in Imereti, but at present, Chinese shallot - *A. cepa* var. *aggregatum* G. Don has completely supplanted Welsh onion. **Radish** - *Raphanus sativus*, is grown in lower elevations in gardens and is cultivated by farmers for the market.

Table 2. Seed and forage legumes and traditional vegetables of Georgia.

N	Latin name	Family	English common name	Georgian common name
1.	<i>Allium cepa</i> L.	Liliaceae	Onion	Khakhvi
2.	<i>Allium fistulosum</i> L.	Liliaceae	Welsh Onion	Chlakvi
3.	<i>Allium porrum</i> L.	Liliaceae	Leek	Prasi
4.	<i>Allium sativum</i> L.	Liliaceae	Garlic	Niori
5.	<i>Beta vulgaris</i> L. subsp. <i>vulgaris</i>	Chenopodiaceae	Beet	Charkhali
6.	<i>Brassica rapa</i> L. subsp. <i>rapifera</i> Metzger	Brassicaceae	Turnip	Talgami
7.	<i>Cannabis sativa</i> L.	Cannabaceae	Kenaf	Kanafi
8.	<i>Cicer arietinum</i> L.	Fabaceae	Chickpea	Mukhudo
9.	<i>Daucus carota</i> L.	Apiaceae	Carrot	Stafilo
10.	<i>Lathyrus sativus</i> L.	Fabaceae	Chickling vetch	Tsulispira
11.	<i>Lens culinaris</i> Medik.	Fabaceae	Lentil	Ospi
12.	<i>Linum usitatissimum</i> L.	Linaceae	Flax	Seli
13.	<i>Medicago sativa</i> L.	Fabaceae	Alfalfa	Ionja
14.	<i>Onobrychis transcaucasica</i> Grossh.	Fabaceae	Sainfoin	Espartseti
15.	<i>Pisum arvense</i> L.	Fabaceae	Pea	Barda
16.	<i>Pisum sativum</i> L.	Fabaceae	Pea	Barda
17.	<i>Raphanus sativus</i> L.	Brassicaceae	Radish	Boloki
18.	<i>Spinacia oleracea</i> L.	Chenopodiaceae	Spinach	Ispanakhi
19.	<i>Vicia ervilia</i> (L.) Willd.	Fabaceae	Bitter vetch	Ugrekheli
20.	<i>Vicia faba</i> L.	Fabaceae	Faba bean	Tsertsvi
21.	<i>Vicia sativa</i> L.	Fabaceae	Common vetch	Tsertsvela

Herbs are represented by numerous species (Tab.3) - parsley, coriander, tarragon, sweet basil, savory, garden cress, pepperweed, dill, fennel, celery, garden lettuce, peppermint. Herbs are cultivated in small sections of house gardens even in urban settlements. Sometimes, people have herbs indoors in pots.

Table 3. List of traditionally cultivated herbs in Georgia.

N	Latin name	Family	English common name	Georgian common name
1.	<i>Anethum graveolens</i> L.	Apiaceae	Dill	Kama
2.	<i>Apium graveolens</i> L.	Apiaceae	Celery	Niakhuri
3.	<i>Artemisia dracunculoides</i> L.	Asteraceae	Tarragon	Tarkhuna
4.	<i>Coriandrum sativum</i> L.	Apiaceae	Coriander	Kindzi
5.	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	Apiaceae	Fennel	Didi Kama
6.	<i>Lactuca sativa</i> L.	Asteraceae	Garden lettuce	Salati
7.	<i>Lepidium sativum</i> L.	Brassicaceae	Garden cress pepperweed	Tsitsmati
8.	<i>Mentha piperata</i> L.	Lamiaceae	Peppermint	Pitna
9.	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Lamiaceae	Sweet basil	Rehani
10.	<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) A.W. Hill	Apiaceae	Parsley	Okhrakhushi
11.	<i>Satureja hortensis</i> L.	Lamiaceae	Savory	Kondari
12.	<i>Trigonella caerulea</i> (L.) Ser.	Fabaceae	Blue fenugreek	Utskho Suneli

Fruits are valuable cultivars in Georgia. Wild and cultivated fruit crops reveal high species and genetic diversity in Georgia and represent rich material for future breeding activities. Many fruits have wild relatives representing the same species and direct ancestors of local cultivars (Tab.4,5).

2.2. Introduced cultivated plants

Georgia is located at the crossroads of Europe and Asia. Many cultivated plants have been introduced since ancient times to Georgia from other regions of the world (Javakhishvili 1987). Some introduced crops have become very popular and widespread. They are introduced from different countries. Such crops as cucumber (*Cucumis sativus*), found in Georgia since medieval times, eggplant (*Solanum melongena*), marigold (*Tagetes patula*), used in almost all traditional meals; and black pepper (*Piper nigrum*) were introduced from India. Watermelon (*Citrullus lanatus*) from South Africa

was cultivated in the Caucasus since medieval times. Maize (*Zea mays*), sunflower (*Helianthus annuus*), tomato (*Solanum lycopersicum*), bean (*Phaseolus vulgaris*), pepper (*Capsicum annuum*), and potato (*Solanum tuberosum*) were introduced to Georgia from the Americas at about the same time as in Europe (Javakhishvili, 1987). Tea (*Camellia sinensis*) and citrus fruits (*Citrus limon*, *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis*) came from China in the 1830s (Bakhtadze, 1947). *Nicotiana rustica*, (*tutuni* in Georgian) has been cultivated for a long time and is found in the most regions, including high mountain areas, of Georgia. *N. tabacum*, was introduced during the Soviet period and was cultivated in *kolkhozis* for commercial use.

Georgia has become a secondary centre of diversity for most of these crops. Landraces of bean, maize, potato, tomato, and cucumber that do not exist in their countries of origin can be found in Georgia. **Bean (*Phaseolus* spp.; *Vigna* spp.)** was introduced via Turkey to Guria and Samegrelo during the second half of the XVI century (Javakhishvili, 1987). At present, 61 varieties and 406 forms of common bean had originated in Georgia due to widespread distribution and hybridization of different species of bean: *Phaseolus vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L. (= *P. multiflorus* Lam.), *P. acutifolius* A. Gray, *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek var. *radiata* (= *P. aureus* Roxb.), *V. angularis* (Willd.) Ohwi & H. Ohashi var. *angularis* (= *P. angularis* [Willd.] W. Wight) and *V. umbellata* (Thunb.) Ohwi & H. Ohashi (= *P. calcaratus* Roxb.) (Kobakhidze, 1965). Beans are cultivated in gardens in large amounts providing sufficient food for families and representing a cash crop for additional income. Diversity of beans remains high. **Maize (*Zea mays* L.)** was introduced to Georgia in 1633-1650 (Javakhishvili, 1987). The Georgian name *Simindi* originated from the old name for flour *Samindo* as flour was introduced earlier to Georgia than the initial cultivation of maize. Besides landraces such as 'Kazha simindi' from Svaneti there are some cultivars that originated in Georgia: 'Ajametis tetri', 'Abashis kviteli', 'Kartuli kruki', 'Gegutis kviteli', 'Imeruli hibridi' and 'Lomtagora'. Many cultivars were introduced from Russia, Hungary, Yugoslavia, etc., during Soviet time. The last introduction occurred in 2011, when the high-yield US corn hybrid 'Pioneer' was sown in Georgia. Corn had replaced common and Italian millet and is used as an everyday food, especially in western Georgia. **Potato (*Solanum tuberosum* L.)** was introduced to Georgia during the second half of the XIX century. Several landraces of high quality are grown in high-mountain regions: Svaneti, Racha-Lechkhumi, Khevsureti, Khevi and Adjara. Breeder's cultivars were introduced into lowland areas during Soviet time. Recently, genetically modified potato cultivars have been introduced in Georgia by international seed-distribution organizations. These modern cultivars have almost completely supplanted local landraces even in high mountain regions. **Tea and citrus** had high commercial value in Georgia, but in the 1990s these crops were abandoned and tea was not produced in Georgia until recently. Citrus (lemons, oranges and mandarins) were sold only in the local Georgian market. At present, this business is restored. Information about introduced varieties has been published annually during the XX century. The latest official edition of the Catalogue of the Georgian Released Varieties of 1997 (published in 1996) listed 195 varieties of field and vegetable crops and 195 varieties of fruits. These varieties were part of the collections that existed at the end of the 1980s and beginning of the 1990s. At present, only a few of these varieties exist. The data about modern breeder's varieties introduced into Georgia during last decade are usually absent and a number of varieties have been cultivated in Georgia without going through the official procedures for release. Therefore, it is difficult to evaluate the diversity of recently introduced cultivars.

3. Crop wild relative assessment

The CWR are taxa related to species of direct socio-economic importance, which includes the progenitors of crops. According to modern concept of wild relatives, under CWR we should understand all species related to any cultivated plants, as well as to wild species of ornamental, food, fodder and forage, medicinal plants, condiments, forestry species and plants used for industrial purposes, such as oils and fibers i.e. to all plants of economic importance (Laguna, 2004). Although, "classical" definition of CWR is restricted only to species related to cultivated crops, including such important field crops as wheat, barley, rye, oats, sorghum, common and Italian millet, grain and forage legumes (such as *Phaseolus*, *Vicia*, *Vigna*, *Lens*, *Lathyrus*, *Cicer*) and some vegetables and industrial crops.

The flora of the Caucasus harbours a remarkable concentration of economically important plants, particularly CWRs such as cereals, legumes, fruits, vegetables, herbs and technical plants like flax. The list of CWRs in Georgia was published in Plant Genetic Resources (PGR) Forum - CWR Catalogue of Europe and the Mediterranean (Maxted et al., 2008). This catalogue listed 1784 species of vascular plants, representing 43% of the 4130 vascular plant species found in Georgia. These are mainly wild species that also have considerable economic importance providing food, fuel, timber, forage, hay and habitats for animal life. A large number of taxa used in folk and scientific medicine are also included among economically valuable plants. However, this list is not detailed enough to assess the economic value of CWRs representing the same species or direct ancestors of crop plants. There is no information on the status of endangered and endemic species. Thus, we developed a general description of vegetation types and separated CWR endemic species and species genetically closely related to crops.

3.1. Flora and vegetation

Georgia is located between 41°02' and 43°34' latitude north and between 40° and 46°43' longitude east. It borders the Russian Federation to the north, Turkey and Armenia to the south, Azerbaijan to the east, and has approximately 310 km

of coastline along the Black Sea to the west. Georgian territory (69,700 km²) covers two separate mountain systems: the Greater Caucasus Range which trends north-west to east-southeast between the Black Sea and Caspian Sea; and the Lesser Caucasus Mountains, which run parallel to the greater range at a distance to the south that averages about 100 kilometres. Two thirds of the country is mountainous with an average height of 1,200 m.a.s.l., with the highest peaks of Mount Shkhara (5,184 m.a.s.l.) in the western Greater Caucasus and Mount Didi Abuli (3,301 m.a.s.l.) in the Lesser Caucasus. Colchis, Kartli and Alazeni valleys and Iori plateau represent intermontane lowlands located between these two mountain systems. Geologically, the Caucasus consists of Meso- to Cenozoic deposits. Ancient Precambrian and Paleozoic formations are rare (Neidze et al., 2008).

The Likhi Range divides the country into eastern and western halves that differ in climate and landscapes. Western Georgia has a humid subtropical climate with annual precipitation ranging from 1000–4000 mm. Temperatures fluctuate between the winter averages of 2.8° to 6.7° C and the summer averages of 22.7° to 23.8° C. Eastern Georgia has a more continental climate, due to the barrier of the Likhi Range, which bars the warm Black Sea winds from this area. The temperatures vary from the January averages of 0–2.2° C to the July mean of 27.8° C. Annual precipitation is considerably less in eastern Georgia and ranges from 400–1600 mm. Southern Georgia has a continental climate. The local winters are cold. The frosts are - 25° C and in July temperatures rise to 40° C. Annual rainfalls are usually less than 600–1000 mm (Neidze et al., 2008).

Soil types vary in Georgia. The most widespread types in the lowlands of western Georgia are bog, podzolic, red, yellow and hilly piedmonts, which are mainly acidic. Mountain-forest and mountain-meadow soils occur in higher elevations. Chestnut and chernozem soils are widespread in the lowlands of eastern Georgia and are characterized by neutral pH. Brown humid-sulphates, saline soils of steppes and semi-deserts, as well as intermediate forest-steppe and mountain-meadow soils occur in semi-desert areas. Alluvial soils are found along the rivers throughout Georgia. Brown soils are typical for the Georgian forest zone in the range of 800–2000 m a.s.l. (Sabashvili, 1970).

Western Georgia's landscape ranges from sea-level swamps and lowland temperate rainforests to eternal subnival zone and glaciers, while the eastern part of the country contains temperate forests and semi-arid plains in lower elevations and alpine and subnival zones. Main rivers are R. Mtkvari, R. Rioni, R. Enguri and R. Alazani. There are 70 natural lakes and 11 artificial reservoirs. The lower section of the Rioni River is located in the Colchis valley and was naturally occupied by marshes and lagoons, but in 1960s this area was the site of a large reclamation-drainage project and it was converted to agricultural land. The majority of the forests that covered the Colchis plain are now virtually gone; the exceptions are those included in national parks and reserves. The Mtkvari River basin, which includes the major parts of southern and eastern Georgia, is drier. It is covered with semi-arid vegetation and temperate forests. Forests, in total, amount to 40% of Georgia's territory while the alpine zone accounts for roughly 10% of the land. Much of the natural habitat in the lowland areas of western Georgia has disappeared over the last 100 years because of agricultural development and urbanization.

The vegetation of Georgia belongs to three floristic provinces – Euxine, Caucasian and Armeno-Iranian (Takhtajan, 1986). The Euxine and Caucasian provinces belong to the Circumboreal Region, the Boreal Subkingdom and the Holarctic Kingdom and the Armeno-Iranian Province belongs to the Irano-Turanian Region, the Tethyan (Mediterranean) Subkingdom and the Holarctic Kingdom. There are following vegetation zones: 1. Colline zone (0–400 m a.s.l.), which includes coastal and halophytic habitats in western Georgia and dry open woodlands and semi-deserts in eastern Georgia; 2. Lower montane zone (400–800 m a.s.l.) is used as arable land. The natural vegetation in western Georgia is represented by small remnant areas of Colchic broad-leaved mixed forest. Oak-hornbeam forests and dry scrublands occur in eastern Georgia; 3. Middle montane zone (800–1500 m a.s.l.) is primarily used for agriculture. Broad-leaved mixed forests, mountain xerophytes scrublands, and mountain steppes are represented; 4. Upper montane zone (1200–2050 m a.s.l.) is covered by beech and broadleaf-coniferous mixed forests; 5. Subalpine zone (1900–2400[2500] m a.s.l.) is a treeline ecotone, with tall herbaceous vegetation, shrublands and polydominant subalpine grass and herb meadows used as pastures or arable land; 6. Alpine zone (2500–2900 m a.s.l.) has alpine meadows and snowbed communities. Vegetation is mostly used for grazing and is of considerably lower quality than the subalpine vegetation, both by biomass volume and typological diversity; 7. Subnival zone (2900–3300 m a.s.l.) is patchy highest limits of vegetation. 8. Nival zone (3300–5184 m a.s.l.) covered by glaciers. 9. Azonal vegetation type is represented by fragments of wetlands rich in boreal type flora, halophytic desert vegetation and rocky areas (Nakhutsrishvili, 1999).

Flora of Georgia is represented by 4,130 species of vascular plants. Among them are 79 pteridophytes, 17 gymnosperms and 4034 angiosperms (Nakhutsrishvili, 1999). The 10 leading families are Asteraceae (538 species), Poaceae (332 species), Fabaceae (317 species), Rosaceae (238), Brassicaceae (183), Scrophulariaceae (179), Apiaceae (177), Lamiaceae (149), Caryophyllaceae (135) and Liliaceae (129). High endemism is characteristic of the Caucasus and represents one of the world's hot spots of biodiversity. Out of all, 1304 (32.3%) species are endemics of the Caucasus ecoregion and 261 (6.6%) are endemics of Georgia (Schatz et al., 2009). There are 17 endemic genera in the flora of the Caucasus. Most of them are represented by one species: *Agasyllis latifolia* (M. Bieb.) Boiss., *Alboviodoxa elegans* (Albov) Woronow, *Charesia akinievii* (Schmalh.) E. Busch, *Cladochaeta candissima* (M. Bieb.) DC., *Gadellia lactiflora* (M. Bieb.) Schulkina, *Mandenovia komarovii* (Manden.) Alava, *Paederotella pontica* (Rupr. ex Boiss.) Kem.-Nath., *Petrocoma hoefftiana* (Fisch.) Rupr., *Pseudobetckea caucasica* (Boiss.) Lincz., *Pseudovesicaria digitata* (C. A. Mey.) Rupr., *Sredinskya grandis* (Trautv.) Fed., *Symphyoloma graveolens* C. A. Mey., *Trigonocaryum involucreatum* (Steven) Kusn., *Woronowia speciosa* (Albov) Juz. Two genera contain two species of each: *Chymsydia agasylloides* (Albov) Albov, *C. colchica* (Albov) Woronow, *Grossheimia*

macrocephala (Muss.-Puschk. ex Willd.) Sosn. & Takht., *G. polyphylla* (Ledeb.) Holub. One endemic genus is represented by 5 species: *Kemulariella caucasica* (Willd.) Tamamsch., *K. rosea* (Steven ex M. Bieb.) Tamamsch., *K. abchasica* (Kem.-Nath.) Tamamsch., *K. tugana* (Albov) Tamamsch., and *K. colchica* (Albov) Tamamsch.

For conservation action to be effective, it is important to understand not just the needs of individual species, but also the context in which conservation efforts will need to take place. Therefore, it is important to evaluate the conservation values of the species that contribute most to human health and to develop conservation measures to avoid their extinction.

3.2. Diversity of crop wild relatives in Georgia

Flora of the Caucasus region is rich as there are high concentrations of economically important and edible plants, particularly wild crop relatives such as grapevine, wheat, barley, rye, oats, seed and forage legumes, fruits and vegetables. The Caucasus is considered to be the centre of evolution for many unique life forms and is a natural museum for rich genetic resources (Vavilov, 1992).

We identified the number of species of the genera that are traditional crops in Georgia (Tab.4). A total of 20 plant families, 76 genera and 479 species were identified as wild relatives of ancient crops in Georgia. Most of these plant species are closely related genetically to landraces and might be their progenitor species.

Table 4. List of wild relatives of ancient crops in Georgia.

Families	Number of genera	Number of species	Genera with number of species
Apiaceae	8	17	<i>Anethum</i> (1), <i>Apium</i> (2), <i>Carum</i> (5), <i>Coriandrum</i> (1), <i>Daucus</i> (1), <i>Foeniculum</i> (1), <i>Pastinaca</i> (5), <i>Petroselinum</i> (1)
Asparagaceae	1	3	<i>Asparagus</i> (3)
Asteraceae	3	16	<i>Cichorium</i> (1), <i>Lactuca</i> (7), <i>Scorzonera</i> (8)
Betulaceae	1	6	<i>Corylus</i> (6)
Brassicaceae	5	20	<i>Brassica</i> (4), <i>Lepidium</i> (8), <i>Raphanus</i> (2), <i>Rorippa</i> (4), <i>Sinapis</i> (2),
Cannabaceae	2	3	<i>Cannabis</i> (2), <i>Humulus</i> (1)
Chenopodiaceae	2	3	<i>Beta</i> (2), <i>Spinacia</i> (1)
Cornaceae	1	1	<i>Cornus</i> (1)
Fabaceae	10	154	<i>Cicer</i> (1), <i>Lathyrus</i> (20), <i>Lens</i> (3), <i>Lotus</i> (5), <i>Medicago</i> (21), <i>Onobrychis</i> (19), <i>Pisum</i> (1), <i>Trifolium</i> (40), <i>Trigonella</i> (10), <i>Vicia</i> (34)
Grossulariaceae	2	4	<i>Grossularia</i> (1), <i>Ribes</i> (3)
Juglandaceae	1	1	<i>Juglans</i> (1)
Lamiaceae	4	19	<i>Mentha</i> (4), <i>Origanum</i> (1), <i>Satureja</i> (3), <i>Thymus</i> (11)
Liliaceae	2	39	<i>Allium</i> (36), <i>Asparagus</i> (3)
Linaceae	1	12	<i>Linum</i> (12)
Moraceae	2	3	<i>Ficus</i> (1), <i>Morus</i> (2)
Poaceae	16	64	<i>Aegilops</i> (7), <i>Agropyron</i> (2), <i>Avena</i> (8), <i>Brachypodium</i> (3), <i>Cynosorus</i> (2), <i>Elymus</i> (4), <i>Elytrigia</i> (9), <i>Echinochloa</i> (3), <i>Hordeum</i> (5), <i>Hordelymus</i> (1), <i>Panicum</i> (5), <i>Psathyrostachis</i> (1), <i>Secale</i> (5), <i>Setaria</i> (6), <i>Sorghum</i> (1), <i>Taeniatherum</i> (2)
Punicaceae	1	1	<i>Punica</i> (1)
Rosaceae	12	110	<i>Amygdalus</i> (1), <i>Cerasus</i> (4), <i>Crataegus</i> (8), <i>Cydonia</i> (1), <i>Fragaria</i> (3), <i>Malus</i> (1), <i>Mespilus</i> (1), <i>Prunus</i> (2), <i>Pyrus</i> (11), <i>Rosa</i> (30), <i>Rubus</i> (36), <i>Sorbus</i> (12)
Staphyleaceae	1	2	<i>Staphylea</i> (2)
Vitaceae	1	1	<i>Vitis</i> (1)
Total:	20	76	479

CWR are commonly defined in terms of wild species related to agricultural and horticultural crops. As such a broad definition of a CWR would be any wild taxon belonging to the same genus as a crop. A working definition of a CWR was provided by N. Maxted and colleagues (Maxted et al., 2006): "A *crop wild relative* is a wild plant taxon that has an indirect use derived from its relatively close genetic relationship to a crop; this relationship is defined in terms of the CWR belonging to gene pools 1 or 2, or taxon groups 1 to 4 of the crop".

According to gene pool concept three gene pools are distinguished as follows: (1) Primary Gene Pool (GP-1) within which GP-1A are the cultivated forms and GP-1B are the wild or weedy forms of the crop; (2) Secondary Gene Pool (GP-2) which includes the coenospecies (less closely related species) from which gene transfer to the crop is possible but difficult using conventional breeding techniques; (3) Tertiary Gene Pool (GP-3) which includes the species from which gene transfer to the crop is impossible, or if possible requires sophisticated techniques, such as embryo rescue, somatic fusion or genetic engineering. The taxon group concept is used to establish the degree of CWR relatedness of a taxon. Application of the taxon group concept assumes that taxonomic distance is positively related to genetic distance. CWR rank of taxon groups is defined as follows: (1) **Taxon Group 1A** – crop; (2) **Taxon Group 1B** – same species as crop; (3) **Taxon Group 2** – same series or section as crop; (4) **Taxon Group 3** – same subgenus as crop; (5) **Taxon Group 4** – same genus; (6) **Taxon Group 5** – same tribe but different genus to crop (Maxted et al., 2006).

Table 5. Gene pool and taxon group of wild relatives to Georgian ancient crops. GP- Gene Pool; TG-Taxon Group.

Family	Crop	Taxon	GP	TG
Apiaceae	<i>Daucus carota</i>	<i>Daucus carota</i> L.	GP1B	TG1B
Apiaceae	<i>Coriandrum sativum</i>	<i>Coriandrum sativum</i> L.	GP1B	TG1B
Asparagaceae	<i>Asparagus officinalis</i>	<i>Asparagus caspius</i> Schult. & Schult. fil.	GP1B	TG1B
Asparagaceae	<i>Asparagus officinalis</i>	<i>Asparagus officinalis</i> L.	GP1B	TG1B
Asparagaceae	<i>Asparagus officinalis</i>	<i>Asparagus verticillatus</i> L.	GP1B	TG1B
Betulaceae	<i>Corylus avellana</i>	<i>Corylus avellana</i> L.	GP1B	TG1B
Betulaceae	<i>Corylus avellana</i>	<i>Corylus iberica</i> Wittm. ex Kem.-Nath.	GP2	TG2
Betulaceae	<i>Corylus avellana</i>	<i>Corylus colchica</i> Albov	GP2	TG2
Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i>	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.	GP2	TG2
Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i>	<i>Brassica napus</i> L.	GP2	TG2
Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i>	<i>Sinapis arvensis</i> L.	GP2	TG2
Cannabaceae	<i>Cannabis sativa</i>	<i>Cannabis sativa</i> L.	GP1A	TG1A
Cannabaceae	<i>Humulus lupulus</i>	<i>Humulus lupulus</i> L.	GP1A	TG1A
Chenopodiaceae	<i>Beta vulgaris</i>	<i>Beta maritima</i> L.	GP2	TG2
Fabaceae	<i>Pisum sativum</i>	<i>Pisum elatius</i> M. Bieb.	GP1B	TG1B
Fabaceae	<i>Cicer arietinum</i>	<i>Cicer caucasica</i> Bornm.	GP2	TG2
Fabaceae	<i>Lathyrus sativus</i>	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	GP2	TG2
Fabaceae	<i>Lens culinaris</i>	<i>Lens nigricans</i> (M. Bieb.) Webb & Berth.	GP2	TG2
Fabaceae	<i>Lens culinaris</i>	<i>Lens ervoides</i> (Brign.) Grande	GP2	TG2
Fabaceae	<i>Lens culinaris</i>	<i>Lens culinaris</i> Medik. subsp. <i>orientalis</i> (Boiss.) Ponert	GP1B	TG1B
Fabaceae	<i>Vicia faba</i>	<i>Vicia johannis</i> Tamamsh.	GP2	TG2
Fabaceae	<i>Vicia faba</i>	<i>Vicia narbonensis</i> L.	GP2	TG2
Fabaceae	<i>Vicia sativa</i>	<i>Vicia sativa</i> L.	GP1A	TG1A
Grossulariaceae	<i>Ribes rubrum</i>	<i>Ribes alpinum</i> L.	GP2	TG2
Grossulariaceae	<i>Ribes rubrum</i>	<i>Ribes caucasicum</i> M. Bieb.	GP2	TG2
Juglandaceae	<i>Juglans regia</i>	<i>Juglans regia</i> L.	GP1A	TG1A
Lamiaceae	<i>Satureja hortensis</i>	<i>Satureja laxiflora</i> K. Koch	GP2	TG2
Lamiaceae	<i>Satureja hortensis</i>	<i>Satureja spicigera</i> (K. Koch) Boiss.	GP2	TG2
Linaceae	<i>Linum usitatissimum</i>	<i>Linum bienne</i> Mill.	GP1B	TG1B
Linaceae	<i>Linum usitatissimum</i>	<i>Linum usitatissimum</i> L.	GP1A	TG1A
Moraceae	<i>Morus alba</i>	<i>Morus alba</i> L.	GP1A	TG1A
Moraceae	<i>Morus nigra</i>	<i>Morus nigra</i> L.	GP1A	TG1A
Moraceae	<i>Ficus carica</i>	<i>Ficus carica</i> L.	GP1A	TG1A
Poaceae	<i>Triticum aestivum</i>	<i>Aegilops cylindrica</i> Host	GP1B	TG5
Poaceae	<i>Triticum aestivum</i>	<i>Aegilops triuncialis</i> L.	GP2	TG5
Poaceae	<i>Triticum aestivum</i>	<i>Aegilops tauschii</i> Coss.	GP1B	TG5
Poaceae	<i>Hordeum hexastichon</i>	<i>Hordeum bulbosum</i> L.	GP1B	TG2
Poaceae	<i>Hordeum distichon</i>	<i>Hordeum spontaneum</i> K. Koch	GP1B	TG1B
Poaceae	<i>Avena sativa</i>	<i>Avena barbata</i> Pott ex Link	GP2	TG2
Poaceae	<i>Avena sativa</i>	<i>Avena sterilis</i> L.	GP2	TG2
Poaceae	<i>Secale cereale</i>	<i>Secale strictum</i> subsp. <i>anatolicum</i> (Boiss.) K. Hammer	GP2	TG2
Poaceae	<i>Secale cereale</i>	<i>Secale strictum</i> subsp. <i>kuprijanovii</i> (Grossh.) K. Hammer	GP2	TG2
Poaceae	<i>Secale cereale</i>	<i>Secale cereale</i> L. subsp. <i>segetale</i> Zhuk.	GP1A	TG1A
Poaceae	<i>Panicum miliaceum</i>	<i>Panicum capillare</i> L.	GP2	TG2
Poaceae	<i>Panicum miliaceum</i>	<i>Panicum sumatrense</i> Roth	GP2	TG2
Poaceae	<i>Panicum miliaceum</i>	<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx.	GP2	TG2
Poaceae	<i>Setaria italica</i>	<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	GP2	TG2
Poaceae	<i>Setaria italica</i>	<i>Setaria verticillata</i> (L.) P. Beauv.	GP2	TG2
Poaceae	<i>Setaria italica</i>	<i>Setaria glauca</i> (L.) P. Beauv.	GP2	TG2
Poaceae	<i>Setaria italica</i>	<i>Setaria intermedia</i> Roem. & Schult.	GP2	TG2
Punicaceae	<i>Punica granatum</i>	<i>Punica granatum</i> L.	GP1A	TG1A
Rosaceae	<i>Pyrus communis</i>	<i>Pyrus caucasica</i> Fed.	GP1B	TG1B
Rosaceae	<i>Pyrus communis</i>	<i>Pyrus balansae</i> Decne.	GP1B	TG1B
Rosaceae	<i>Malus domestica</i>	<i>Malus orientalis</i> Uglitzk.	GP2	TG2
Rosaceae	<i>Cydonia oblonga</i>	<i>Cydonia oblonga</i> Mill.	GP1B	TG1B
Rosaceae	<i>Prunus domestica</i>	<i>Prunus domestica</i> L. subsp. <i>insititia</i> (L.) C. K. Schneid.	GP1A	TG1A
Rosaceae	<i>Prunus domestica</i>	<i>Prunus spinosa</i> L.	GP1B	TG1B
Rosaceae	<i>Prunus cerasifera</i>	<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. var. <i>divaricata</i> (Ledeb.) L.H. Bailey	GP1A	TG1A
Rosaceae	<i>Cerasus avium</i>	<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	GP1B	TG1B
Rosaceae	<i>Cornus mas</i>	<i>Cornus mas</i> L.	GP1A	TG1A
Rosaceae	<i>Mespilus germanica</i>	<i>Mespilus germanica</i> L.	GP1A	TG1A
Rosaceae	<i>Rubus idaeus</i>	<i>Rubus idaeus</i> L.	GP1A	TG1A
Rosaceae	<i>Amygdalus communis</i>	<i>Amygdalus georgica</i> Desf.	GP2	TG2
Staphyleaceae	<i>Staphylea pinnata</i>	<i>Staphylea pinnata</i> L.	GP1A	TG1A
Staphyleaceae	<i>Staphylea colchica</i>	<i>Staphylea colchica</i> Steven	GP1A	TG1A
Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i>	<i>Vitis vinifera</i> subsp. <i>sylvestris</i> (C.C.Gmel.) Hegi	GP1B	TG1B

Thus, the combined use of the gene pool and taxon group concept proposed above provide the most pragmatic means available to determine whether a species is a CWR and how closely related a CWR is to its crop. We have determined 66 species of CWR belonging to 43 genera and 17 families, which can be assigned as Primary (GP-1) and Secondary Gene Pool (GP-2) and Taxon Group 1 and 2 (Tab.5). Seventeen (25.75%) are wild species but used as crops by collecting in the natural habitats and they were identified as GP1A. The same CWR species as crop were 19 (28.8%). Different species were 30 (45.45%), but representing direct progenitors whose genome is involved in the evolution of cultivars. Almost the same numbers were obtained during taxon group classification: TG1A - 17 species (25.75%), TG1B - 16 (24.25%), TG2 - 30 (45.45%), TG 5 - 3 (4.55%). The last 3 species belonging to the Taxon Group 5 are *Aegilops*, a wild relative of wheat. Goatgrass (*Aegilops tauschii*) is considered to be a donor of D genome of bread wheat genomic constitution = AABBDD (Petersen et al., 2006). The distribution area of this species is wide, however, D genomes of all forms of *T. aestivum* were found to be most closely related to accessions collected in Georgia, Armenia, Nakhitshevan and Azerbaijan (Dvorák et al., 1998). Thus, the germplasm of the populations of goatgrass in the South Caucasus needs conservation and should be preserved both *in situ* in protected areas and *ex situ* in seed collections.

Barley is one of the oldest crops to be domesticated from its wild progenitor *Hordeum spontaneum* (Badr et al., 2000, Kilian et al., 2006). We have found *H. spontaneum* in Georgia in three different places. This species was not included in the list of 'Flora of Georgia' and it is a new species for Georgia. It is assumed that *H. spontaneum* might have evolved from *H. bulbosum* by fixation of the genes controlling self-compatibility and annual habit (Cass et al., 2005). This last species is widespread in Georgian regions.

Most fruit trees in Georgia are wild in forests and have cultivars domesticated from these wild ancestors. An economically important Georgian fruit crop is grape, which has a wild relative species *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris*. We have found 9 populations of wild grapevine and conducted studies to reveal genetic and morphological relations between wild grapevine and landraces in Georgia (Ekhvaia et al., 2010).

Many fruits are domesticated in the Caucasus from wild ancestors representing Primary Gene Pool (GP-1B) to be the wild or weedy forms of the crops (Tab.5). The fruit crops (GP1A) and ancestor species (GP-1B) are the following: **Pome fruits** - pear (*Pyrus communis*, *P. caucasica*), apple (*Malus domestica*, *M. orientalis*), quince (*Cydonia oblonga*); **stone fruits** - plum (*Prunus domestica*, *P. domestica* var. *insititia*, *P. spinosa*), Myrobalan (*Prunus vachushti*), sour-plum (*Prunus cerasifera* var. *divaricata*), cherries (*Cerasus avium*, *C. vulgaris*), Cornel cherry (*Cornus mas*), medlar (*Mespilus germanica*), mulberry (*Morus alba*, *M. nigra*), pomegranate (*Punica granatum*); **berries** - red raspberry (*Rubus idaeus*), currant (*Ribes rubrum*, *R. nigra*, *R. alpinum*, *R. biebersteinii*), fig (*Ficus carica*), bladdernut (*Staphylea pinnata*, used flowers for marinade), and **nuts** - such as hazelnut (*Corylus avellana*), almond (*Amygdalus communis*), and walnut (*Juglans regia*), etc.

We evaluated CWRs endemic for the Caucasus (Tab.6). The endemic species of the same genus as crop were calculated. The number of endemic species from the total 479 CWRs of agricultural cultivars for food is 114 (23.8%).

4. Domestication events

4.1. Domestication of grapevine in Georgia

The grapevine was among the first fruits to be cultivated in Georgia (Javakhishvili, 1987). There are many arguments to confirm the fact that domestication events of grape took place in Georgia. One of the indicators is archaeological evidence. The 1.5-Myr-old petrified specimen of wild grapevine leaf was found in Georgia in the Meskheti province (Fig.4A). A confirmation for long lasting cultivation of grapevine in Georgia is archaeological remains of berries and seeds of domesticated grapes dated ~6.000 BC (in the vicinity of village Shulaveri [Fig.1], southeast Georgia; Ramishvili 1988). Other archaeological evidence of prehistoric winemaking was found in proximity of the Caucasus in northern Iran at the Hajji Firuz Tepe site in the northern Zagros Mountains dated to about 5.400-5.000 BC (McGovern, 2003) and in the Levant where archaeological findings are dated from ca. 4.000-3.200 BC (Zohary & Hopf 2000). Georgian traditions based on winemaking and grape culture to a high degree might be considered to be a second indicator of Caucasian origin of the grapevine. However, the primary scientific argument should be premised on N. I. Vavilov's (1992) idea that the centres of origin of cultivars should be characterized by high genetic and morphological variability of both wild and cultivated taxa. Five hundred is a very high number of known autochthonous grapevine varieties found in such a small territory (Javakhishvili, 1987; Ketskhoveri et al., 1960). These cultivars showed high morphological variability of leaf form, colour and shape of berries and shape and structure of pips. They are adapted to wide array of climatic conditions (Ketskhoveri et al., 1960). Each province of Georgia possesses unique grapevine cultivars adapted to local climate. The landraces of western Georgia grow in humid subtropical climate and other cultivars are adapted to moderate climates in eastern Georgia. Several local cultivars are growing in high mountain regions in Meskheti and Svaneti up to 1500 m a.s.l. Besides the cultivars, there is high morphological and genetic diversity of wild grapevine populations in the Caucasus. All five haplotypes detected by using cpDNA microsatellite markers have been found in the Caucasian ecoregion suggesting that this area is possibly the centre of origin of both wild and cultivated grapevines (Grassi et al., 2006). However, only one provenance from Georgia has been analyzed in this study despite the number of populations of wild grapevine found in Georgia today that display morphological diversity (Ramishvili, 1988). We carried out a detailed comparative morphometric study of nine populations of wild grapevine, *V. vinifera* subsp. *sylvestris*, growing in the four river basins of the Ajaristkali, Mtkvari, Alazani and Iori located in western, southern and eastern Georgia.

Table 6. One hundred fourteen endemic species of the Caucasus ecoregion related to the ancient crops in Georgia (Schatz et al., 2009).

Family	Taxon	Family	Taxon
Apiaceae	<i>Carum alpinum</i> (M. Bieb.) Benth. & Hook. ex B. D. Jacks.	Lamiaceae	<i>Thymus nummularius</i> M. Bieb.
Apiaceae	<i>Carum grossheimii</i> Schischk.	Lamiaceae	<i>Thymus tflisiensis</i> Klokov & Des. -Shost.
Apiaceae	<i>Carum porphyrocoleon</i> (Freyn & Sint.) Woronow	Liliaceae	<i>Allium albovianum</i> Vved.
Apiaceae	<i>Pastinaca armena</i> Fisch. & C. A. Mey.	Liliaceae	<i>Allium candolleianum</i> Albov
Apiaceae	<i>Pastinaca aurantiaca</i> (Albov) Kolak.	Liliaceae	<i>Allium gramineum</i> K. Koch
Apiaceae	<i>Pastinaca pimpinellifolia</i> M. Bieb.	Liliaceae	<i>Allium gunibicum</i> Misch. ex Grossh.
Asparagaceae	<i>Asparagus caspius</i> Schult. & Schult. fil.	Liliaceae	<i>Allium kunthianum</i> Vved.
Asteraceae	<i>Scorzonera charadzeae</i> Papava	Liliaceae	<i>Allium leucanthum</i> K. Koch
Asteraceae	<i>Scorzonera czerepanovii</i> R. Kam.	Liliaceae	<i>Allium otschiauriae</i> Tscholokaschvili
Asteraceae	<i>Scorzonera dzhavakhetica</i> Sosn. ex Grossh.	Liliaceae	<i>Allium ponticum</i> Misch. ex Grossh.
Asteraceae	<i>Scorzonera ketzkhovelii</i> Sosn. ex Grossh.	Liliaceae	<i>Allium szovitsii</i> Regel
Asteraceae	<i>Scorzonera kozlowskyi</i> Sosn. ex Grossh.	Linaceae	<i>Linum hypericifolium</i> Salisb.
Asteraceae	<i>Scorzonera seidlitzii</i> Boiss.	Poaceae	<i>Elymus buschianus</i> (Roshev.) Tzvelev
Betulaceae	<i>Corylus abchasica</i> (Kem.-Nath.) Kem.-Nath.	Poaceae	<i>Elymus troctolepis</i> (Nevski) Tzvelev
Betulaceae	<i>Corylus colchica</i> Albov	Poaceae	<i>Elytrigia gracillima</i> (Nevski) Nevski
Betulaceae	<i>Corylus egrisiensis</i> Kem.-Nath.	Poaceae	<i>Elytrigia sinuata</i> (Nevski) Nevski
Betulaceae	<i>Corylus imeretica</i> Kem.-Nath.		
Betulaceae	<i>Corylus kachetica</i> Kem.-Nath.	Poaceae	<i>Secale strictum</i> subsp. <i>anatolicum</i> (Boiss.) K. Hammer
Betulaceae	<i>Corylus x fominii</i> Kem.-Nath.	Poaceae	<i>Secale strictum</i> subsp. <i>kuprijanovii</i> (Grossh.) K. Hammer
Fabaceae	<i>Cicer caucasicum</i> Bornm.	Rosaceae	<i>Amygdalus georgica</i> Desf.
Fabaceae	<i>Lathyrus colchicus</i> Lipsky	Rosaceae	<i>Crataegus caucasica</i> K. Koch
Fabaceae	<i>Lathyrus cyaneus</i> (Steven) K. Koch	Rosaceae	<i>Crataegus eriantha</i> Pojark.
Fabaceae	<i>Lotus caucasicus</i> Kuprian. ex Juz.	Rosaceae	<i>Pyrus demetrii</i> Kuthatheladze
Fabaceae	<i>Medicago dzavakhetica</i> Bordz.	Rosaceae	<i>Pyrus eldarica</i> Grossh.
Fabaceae	<i>Medicago hemicycla</i> subsp. <i>medidaghestanica</i> Sinskaya	Rosaceae	<i>Pyrus fedorovii</i> Kuthatheladze
Fabaceae	<i>Onobrychis angustifolia</i> Chinth.	Rosaceae	<i>Pyrus georgica</i> Kuthatheladze
Fabaceae	<i>Onobrychis biebersteinii</i> Sirj.	Rosaceae	<i>Pyrus ketzkhovelii</i> Kuthatheladze
Fabaceae	<i>Onobrychis cyri</i> Grossh.	Rosaceae	<i>Pyrus oxyprion</i> Woronow
Fabaceae	<i>Onobrychis grossheimii</i> Kolak. ex Fed.	Rosaceae	<i>Pyrus sachokiana</i> Kuthatheladze
Fabaceae	<i>Onobrychis iberica</i> Grossh.	Rosaceae	<i>Pyrus salicifolia</i> Pall.
Fabaceae	<i>Onobrychis kachetica</i> Boiss. ex Huet.	Rosaceae	<i>Pyrus takhtadzhianii</i> Fed.
Fabaceae	<i>Onobrychis kemulariae</i> Chinth.	Rosaceae	<i>Rosa buschiana</i> Chrshan.
Fabaceae	<i>Onobrychis komarovii</i> Grossh.	Rosaceae	<i>Rosa didoensis</i> Boiss.
Fabaceae	<i>Onobrychis meschetica</i> Grossh.	Rosaceae	<i>Rosa doluchanovii</i> Manden.
Fabaceae	<i>Onobrychis oxytropoides</i> Bunge	Rosaceae	<i>Rosa ermanica</i> Manden.
Fabaceae	<i>Onobrychis petraea</i> (M. Bieb. ex Willd.) Fisch.	Rosaceae	<i>Rosa galushkoi</i> Demurova
Fabaceae	<i>Onobrychis sosnowskyi</i> Grossh.	Rosaceae	<i>Rosa hirtissima</i> Lonacz.
Fabaceae	<i>Onobrychis transcaucasica</i> Grossh.	Rosaceae	<i>Rosa irysthonica</i> Manden.
Fabaceae	<i>Trifolium fontanum</i> Bobrov	Rosaceae	<i>Rosa kozlowskii</i> Chrshan.
Fabaceae	<i>Trifolium ruprechtii</i> Tamamsch. & Fed.	Rosaceae	<i>Rosa marschalliana</i> Sosn.
Fabaceae	<i>Trifolium sintenisii</i> Freyn	Rosaceae	<i>Rosa oplisthes</i> Boiss.
Fabaceae	<i>Vicia abbreviata</i> Fisch. ex Spreng.	Rosaceae	<i>Rosa ossethica</i> Manden.
Fabaceae	<i>Vicia alpestris</i> Steven	Rosaceae	<i>Rosa oxyodon</i> Boiss.
Fabaceae	<i>Vicia antiqua</i> Ekutim.	Rosaceae	<i>Rosa prilipkoana</i> Sosn.
Fabaceae	<i>Vicia caucasica</i> Ekutim.	Rosaceae	<i>Rosa pulverulenta</i> M. Bieb.
Fabaceae	<i>Vicia ciliatula</i> Lipsky	Rosaceae	<i>Rosa teberdensis</i> Chrshan.
Fabaceae	<i>Vicia grossheimii</i> Ekutim.	Rosaceae	<i>Rosa transcaucasica</i> Manden.
Fabaceae	<i>Vicia iberica</i> Grossh.	Rosaceae	<i>Rosa tuschetica</i> Boiss.
Fabaceae	<i>Vicia sosnowskyi</i> Ekutim.	Rosaceae	<i>Sorbus buschiana</i> Zinserl.
Grossulariaceae	<i>Ribes biebersteinii</i> Berland. ex DC	Rosaceae	<i>Sorbus caucasica</i> Zinserl.
Lamiaceae	<i>Satureja bzybica</i> Woronow	Rosaceae	<i>Sorbus caucasigena</i> Kom.
Lamiaceae	<i>Thymus caucasicus</i> Willd. ex Ronniger	Rosaceae	<i>Sorbus colchica</i> Zinserl.
Lamiaceae	<i>Thymus collinus</i> M. Bieb.	Rosaceae	<i>Sorbus migarica</i> Zinserl.
Lamiaceae	<i>Thymus coriifolius</i> Ronniger	Rosaceae	<i>Sorbus subfusca</i> (Ledeb.) Boiss.
Lamiaceae	<i>Thymus grossheimii</i> Ronniger	Rosaceae	<i>Sorbus fedorovii</i> Zaikonn.
Lamiaceae	<i>Thymus karjaginii</i> Grossh.	Rosaceae	<i>Sorbus velutina</i> (Albov) C.K. Schneid.
Lamiaceae	<i>Thymus ladjanuricus</i> Kem.-Nath.	Staphyleaceae	<i>Staphylea colchica</i> Steven

The results reveal high morphological diversity of wild grapevine growing in Georgia. Morphological characters such as shape of leaf blade, number of lobes, pubescence type, coloration of internodes, leaves and berry skin, leaf vein lengths and angles between them and form of petiole sinus show high variability both within and among populations. The variability was related to the skin colour of berries. Some wild grapes had white berries, most had blue-black coloration. White-fruited phenotype is considered to be determined by the variation present in the gene *VvmybA1*, a transcriptional regulator of anthocyanin biosynthesis (This et al., 2006). The wild ancestor, however, should be considered to be black colour grapevine, which is most common in Georgian wild populations, even though the mutation leading to the white-fruited wild grapevine has been found in other Georgian wild populations (Ramishvili, 1988). On a phenotypical basis of our investigation (Ekhvaia & Akhalkatsi, 2010) it can be confirmed that the infraspecific evolution of *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris* has produced three population groups south of the Great Caucasus Range. Overall, there are three phenetically distinct morphometric groups of western, southern and eastern Georgian wild grapevines. These three groups can be readily distinguished by the length of main leaf veins and lengths of nectaries in male flowers. This conclusion differs from the classical classification of Georgian wild and cultivated grapevine (Ramishvili, 1988) that considers two centres of origin of grapes in the South Caucasus region: (1) an Alazani origin with whole eastern and southern Georgia and adjacent territories of Azerbaijan and Armenia, and (2) a Colchic centre of origin which includes the entire western Georgian region with the Black Sea coastal zone. Our data clearly show a separated group in the southern Georgian population located in the territory of historical Tao-Klarjeti, a region of Georgia with many aboriginal grapevine cultivars. Therefore, it is of high importance to study aboriginal grape varieties in the place of its supposed domestication and to determine genetic relations among native grapevine cultivars and local wild populations.

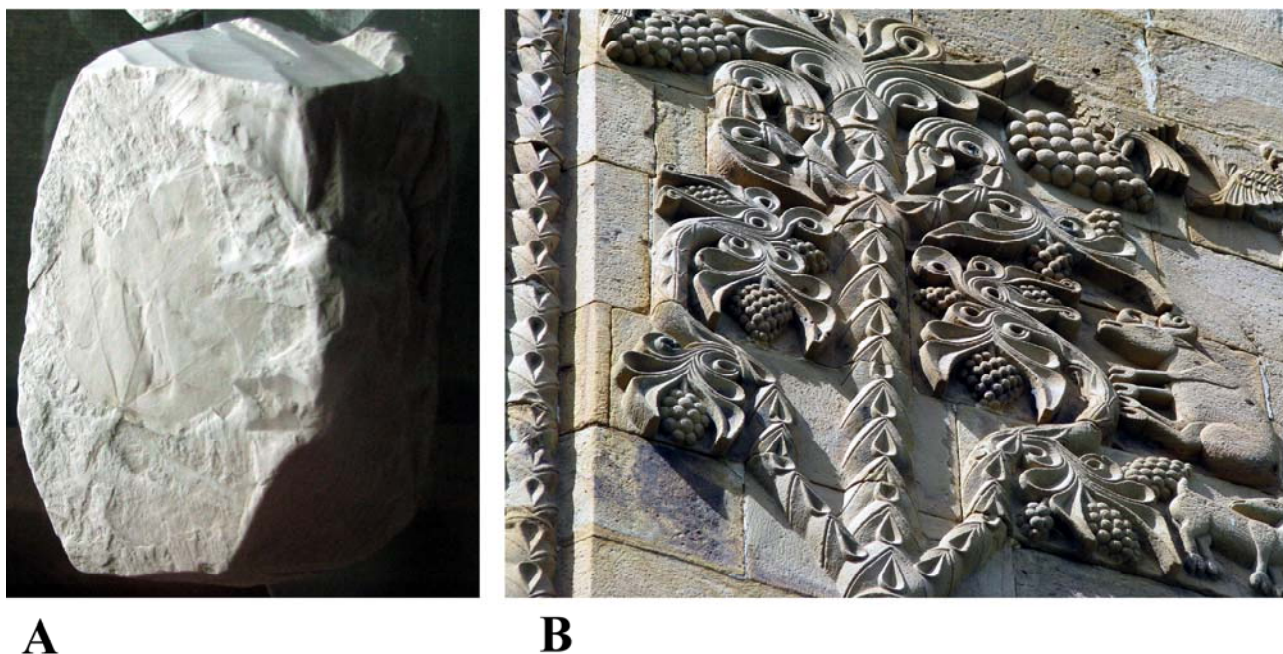


Figure 4. A- The 1,5-Myr-old petrified specimen of wild grapevine leaf. National Museum of Akhaltsikhe, Georgia; B- Stone carving on the medieval church Ananuri, Mtskheta-Mtianeti region, Georgia. Photos by Maia Akhalkatsi.

Molecular study based on nuclear microsatellite (SSR) markers revealed close genetic relationships between wild grape and local cultivars in Georgia (Ekhvaia et al., 2010, 2011). Twenty-four Georgian autochthonous and 45 accessions of wild *V. vinifera* subsp. *sylvestris* were analyzed at 17 microsatellite loci (VrZAG21, VrZAG47, VrZAG62, VrZAG64, VrZAG79, VrZAG83, VVMD7, VVMD24, VVMD25, VVMD27, VVMD28, VVMD32, VVMD34, VVS2, VVS4, scu04vv and scu14vv). Six accessions of the American rootstocks - Fercal ('Cabernet -Sauvignon' x *Vitis berlandieri*), Telecki 5C (*V. berlandieri* x *V. riparia*), MAlegue 44-53 (*V. riparia* X [*V. cordifolia* X *V. rupestris*]), Couderc 3309 (*Riparia tomentosa* x *Rupestris* Martin), cultivar *V. labrusca* 'Odessa' and *V. riparia* naturalized in Georgia were used as outgroup. Thirty-seven accessions of wild grapevine were collected from different regions of Georgia and 8 wild accessions were sampled in Turkey's Artvin province adjacent to Georgia. All individuals within the studied populations of wild grapevine were identified as dioecious plants with male or female flowers. Genotype analysis at the most studied loci showed that Georgian cultivated and wild grapevine was characterized by high level of genetic variability. Genetic structure also was analyzed using F statistics. The low level of genetic differentiation ($F_{st}=0.03$) between Georgian cultivated and wild grapevines demonstrates that *in situ* domestication of wild germplasm took place within local populations. This means that autochthonous Georgian cultivars should be originated from local wild grapevine (Ekhvaia et al., 2010).

The dendrogram generated using Dice coefficient identified eight major clusters within the 75 different genotypes defined at 0.22 similarity level (Fig.5). Clusters A consist of 13 Georgian local cultivars and 8 wild grapevine accessions from different regions of Georgia. One example confirming the genetic linkage between cultivated and local wild grapevine is placement of the famous Georgian red cultivar 'Tavkveri' in cluster A, where it is closely linked to the wild accession WT46Tbilisi5 (GS value 0.96; Fig. 5) due to identical alleles at 33 out of 34 alleles. Thus, the hypothesis that this cultivar could have been selected from local wild grapevine can be considered, especially because like wild grapevine 'Tavkveri' is characterized by presence of functionally female flowers. The fact that the 5 ancient Georgian cultivars 'Chvitoluri', 'Kachichi', 'Shonuri', 'Saperavi' and 'Uchakhardani' fall within cluster B (Fig.5), which mainly contains wild accessions allowed us to suppose that these cultivars were derived from the earliest local domestication events. Cluster G shows the genetic similarity of most ancient Georgian cultivars 'Meskhuri Shavi' and 'Krikina' adapted to high mountain climate conditions in Meskheta.

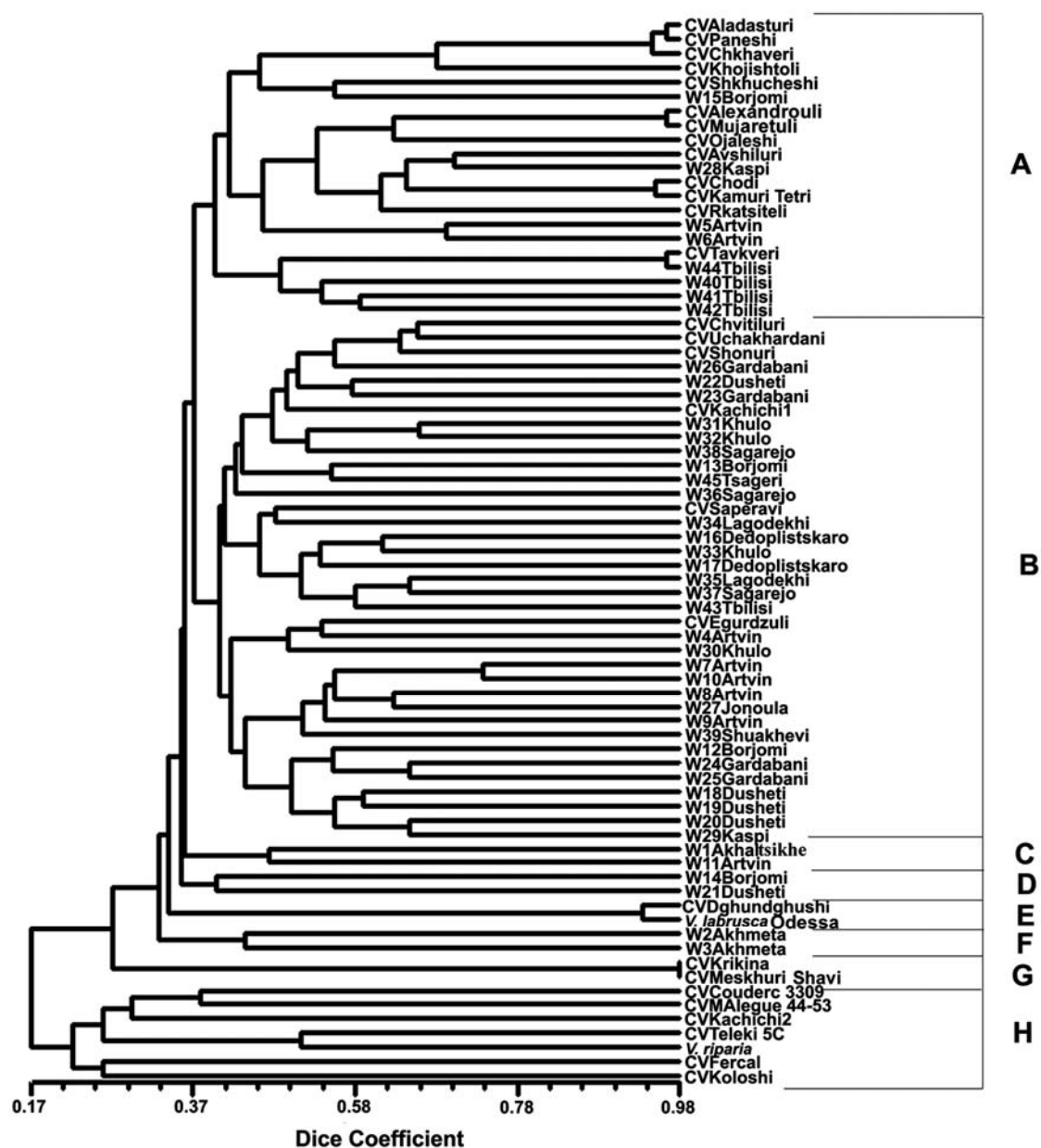


Figure 5. Dendrogram of 75 accessions: Twenty-four Georgian local cultivars (*Vitis vinifera* subsp. *vinifera*), 45 Georgian wild grapevine (*V. vinifera* subsp. *sylvestris*), 4 rootstock cultivars (Couderc 3309, Fercal, MAlegua 44-53 and Teleki 5C), introduced cultivar *V. labrusca* 'Odessa' and naturalized *V. riparia* constructed by unweighted arithmetic average clustering (UPGMA) method based on Dice's coefficient of shared SSR polymorphisms.

In conclusion, it should be mentioned that the Georgian cultivated and wild grapevines represent a unique and interesting genetic resources that is characterized by a high similarity level between wild and cultivated grapevines. The admixture found among local Georgian cultivars and wild grapevine indicates the possibility that these cultivars are derived from ancestral domestication of local wild types. Thus, the obtained data are supporting that Georgia is one of the oldest centres of domestication of grapevine and harbour of valuable genetic resources for grape breeding.

It should be mentioned that wild grapevine populations occurring nowadays on the territory of Georgia are threatened by different impacts in their natural habitats and need to be protected. The confirmation of threatened status of the Georgian wild grapevine might be detected low level of heterozygous individuals found for the most of the studied loci, which reflects the isolated status and the reduced number of individuals in the wild populations. Therefore, it is necessary to conserve wild forms and aboriginal cultivars of grape for the maintenance of genetic variability and to avoid genetic erosion of valuable genetic resources for grape breeding in Georgia.

4.2. Domestication of pear in Georgia

Many pear cultivars occur in Georgia from pre-historic period indicating the early domestication event of this cultivated fruit tree (Javakhishvili, 1987). In total, 11 species of wild pear occur in Georgia (Kuthatheladze, 1980). They are distributed in different regions of Georgia, what is caused by the variable geographical relief and habitat diversity of the country. *Pyrus caucasica* Fed., the endemic species of the Caucasus is most widespread among the wild pears of Georgia and is considered as main progenitor species of local pear cultivars (Khomizurashvili, 1973). Moreover, *P. caucasica* and *P. pyraster* (L.) Burgsd. are regarded as the main wild progenitors, from which the cultivated European pear (*P. communis* L.) has probably evolved (Zohary & Hopf, 2000; Volk et al., 2006; Yamamoto & Chevreau, 2009).

According to the literature data (Khomizurashvili, 1973) introduced cultivars of pear from Europe and Russia appeared in Georgia at the end of 19th century and before there were existed only the local cultivars. However, we assume that the process of cultivar introduction might have started much earlier, as Georgia had cultural contacts to Asian and European countries since antique period. It is also remarkable that Greece is considered to be a first provider of selective cultivars of pear to the ancient world (Jackson, 2003) and earliest relations between Georgia and Greece should be considered as possible way of introduction of European pear cultivars in the Caucasus.

The local Georgian names of the cultivated pear *Mskhali* and wild Caucasian pear *Panta* exists in all Georgian dialects; they do not have analogues in any other languages (Javakhishvili, 1987). The Georgian names of cultivated and wild pears are linked with geographic objects such as mountains (Skhaltbis Range in Kartli, Mt. Mskhal-Gori in Kakheti's Kavkasioni), rivers (R. Skhaltba), or villages (Pantiani, Skhalt, Skhlobani, etc.; Javakhishvili, 1987). The name of wild Caucasian pear *Panta* is used among cultivars called 'Panta Mskhali', i.e. cultivar with name of wild pear. Moreover, the classification of Georgian pear cultivars (Khomizurashvili, 1973) contains a group of landraces with the same name. This classification system divides Georgian cultivars into four groups: 'Gulabi', 'Panta Mskhali', 'Kalos Mskhali', and 'Khechchuri'. The name of each group represents the name of a cultivar, which is considered to be a typical representative of a group. In the 'Gulabi' group, there are included both local and introduced cultivars to have most high economic values, big juicy fruits with sweet taste. The 'Panta Mskhali' group contains local varieties with small fruits becoming black after maturation. This is a character feature of wild Caucasian pear. The 'Kalos Mskhali' group includes local cultivars having bigger fruits than the second group. The 'Khechchuri' group matures in late autumn with juicy fruits containing a big amount of stone cells. According to N. Khomizurashvili (1973), the last three groups are originated by direct domestication of wild pear in Georgia. Although, some signs of selective breedings are remarkable as well. Relationships between wild *P. caucasica* and local cultivars are mirrored by a high morphological variability of leaf and fruit forms. This idea was for the first time confirmed by statistical methods of taxonomic identification and relationships among taxa in our study (Asanidze et al., 2011). We decided to conduct comparative morphometric study of cultivars recently occurred in Georgia and reveal their relationship to local wild pear species. The results have to determine local cultivars originated by direct domestication events in ancient time and discriminate from cultivars, which will have relationships with other wild species - *P. pyraster* or *P. pyrifolia*, considered as wild ancestors of European and Far East pear cultivars respectively.

We carried out the investigation to determine morphological characteristics of leaves, young shoots and fruits differentiating local and introduced pear cultivars of Georgia to reveal the relationships between cultivars and wild ancestor species of pear by statistical methods used in plant morphology (Asanidze et al., 2011). A total of 214 wild and cultivated pear trees have been sampled in natural habitats, living collections and peasant grounds in different regions of Georgia. Wild pear species were determined according to Sh. Kuthatheladze (1980). The pear accessions evaluated in this study consisted of Caucasian endemic *P. caucasica* Fed. (= *P. communis* subsp. *caucasica* (Fed.) Browicz; N=100), *P. balansae* Decne. (= *P. communis* L.; N=8) and *P. pyraster* (L.) Burgsd. (= *Pyrus communis* L. subsp. *pyraster* (L.) Ehrh.; N=3), which has been obtained from Germany, Hessen, in surrounding of v. Erda. Eighty-one individuals of 26 Georgian local and 22 individuals of 9 introduced cultivars (total 103 individuals of 35 cultivars) have been collected. Some of them are sampled in the collection of the Institute of Horticulture, Viticulture and Oenology, village Skra, Gori district, Georgia; local cultivars were sampled in the collection of aboriginal cultivars of Biological Farming Association Elkana in village Tsnisi, Akhaltsikhe district, Georgia. Many local cultivars are collected in peasant house gardens in different regions of Georgia. The individuals were evaluated by 27 morphological traits, which included one landmark analysis data, 12 leaf

and shoot descriptors and 14 fruit descriptors. Morphological characters have been taken as recommended by International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV, 2000) for *P. communis* and J. Voltas and colleagues (Voltas et al., 2007), which delimited differences between wild and cultivated taxa of the genus *Pyrus* based on morphometric analysis. In total 21 morphological traits have been analysed by multivariate analysis. The Principal Components Analysis and Hierarchical Cluster Analysis (HCA) methods revealed the distance or similarity measure to be used in clustering with the Ward's method as amalgamation rules. According to HCA's results, pear cultivars, analysed in this study, are clustered into two groups (Fig.6). The first group **A** contains local cultivars related to *P. caucasica* and *P. balansae* by 21 morphological traits of leaves and fruits. Especially close Euclidean similarity distance is revealed between wild Caucasian pear, *Panta* in Georgian and a cultivar named 'Panta mskhali', which confirms etymological and taxonomic similarity within these taxa. *P. balansae* shows very close similarity distance with 'Tsvrili mskhali' and 'Korda'. Very closely related group of local cultivars to wild Georgian pears contains: 'Bebani', 'Samariobo', 'Tavrejuli', 'Kvichicha', 'Khinos mskhali' and 'Akiro'. The other group: 'Shavmskhala', 'Nenes mskhali', 'Borbala', 'Majara', 'Shakara' and 'Kartuli mskhali', is more distanced from wild pears, but located in the same cluster. We assume that these local cultivars must have been originated by direct domestication of wild Caucasian and Balanse's pears in Georgia.

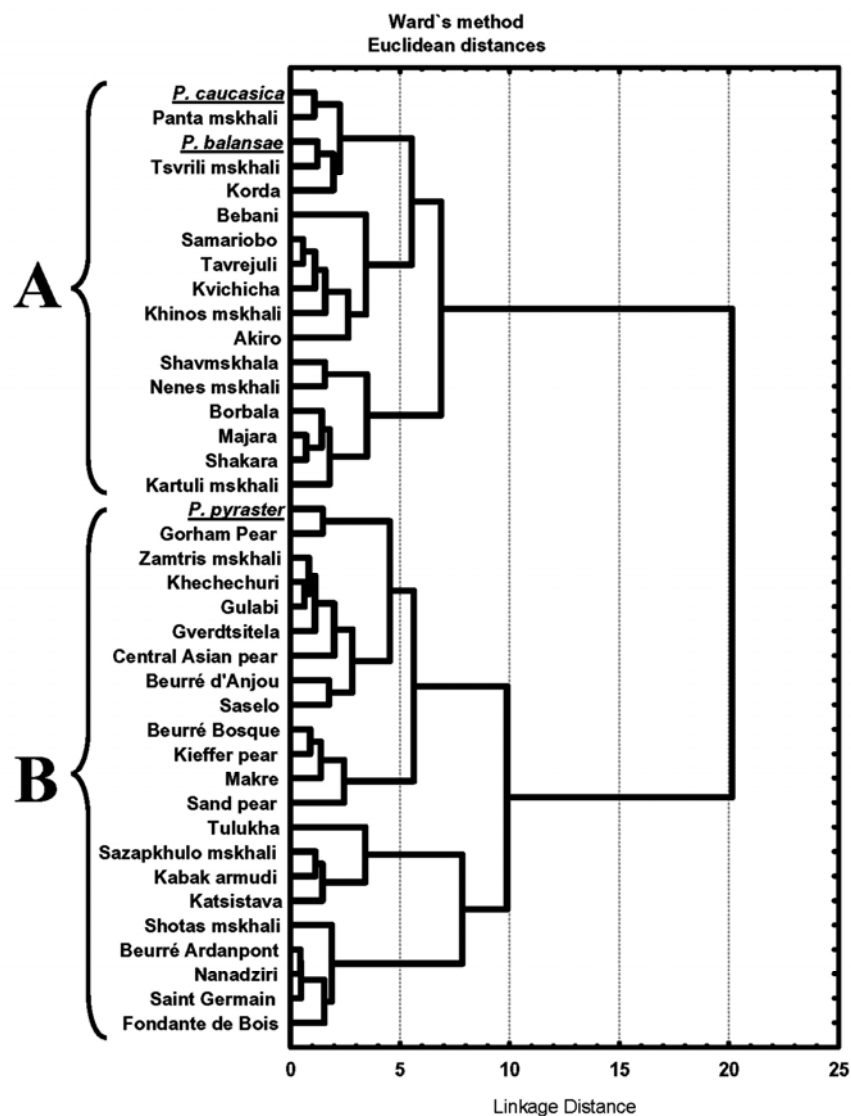


Figure 6. HCA dendrogram of Euclidean distance with the Ward's method showing the relationships between the 35 cultivars and 3 wild species of pear based on 20 morphological traits of leaf, shoot and fruit and 20 landmark harmonics of mature leaf; The taxa in the dendrogram are clustered into two main groups - A and B. (N=214).

The second cluster **B** (Fig.6) contains introduced cultivars of pear originated in European countries and some old Georgian cultivars. The group **B** reveals relationship with wild pear - *P. pyraster*, which is distributed in Europe and does not reach Georgian territory. The area of distribution is up to the middle of Turkey. The most cultivars from intermediate group **B** are more widespread in Georgia than the local cultivars originated by direct domestication of wild pears from group **A**. Two local pears 'Gulabi' and 'Khechchuri' are the most widespread among all local pears of Georgia and there are two or more varieties of them in each localities of the country. Moreover, Georgian name of cultivar 'Gulabi', which is also used to be a name of local pear group in classification of N. Khomizurashvili (1973), means pear in Persian. We suggest that local cultivars from cluster **B** (Fig.6) might have appeared in Georgia very long time ago and were improved by local population using breeding procedures.

Leaf margin shape is the main morphological trait that differentiates Caucasian pear (*P. caucasica*) from European pear (*P. communis*). Leaf margins are entire in *P. caucasica* and serrate in *P. communis*. This theory was proved by the statistical analysis of the collected samples for the present study. Nowadays, *P. pyraster* is considered as the wild pear of Europe and cultivars are named as *P. communis* (Yamamoto & Chevreau, 2009). 'Communis' or the 'Common pear' group of cultivars has become the name of the cultivated pears of Europe, however, the structure and the diversity of the wild and cultivated pears of this group is not studied in details and needs further genetic and molecular investigations.

Thus, the results of this study have shown that some local cultivars of Georgia are direct domesticated from the native wild pear species - *P. caucasica* and *P. balansae*. The other local cultivars might be obtained due to selective works by breeding of local landraces with introduced cultivars from different countries in historically different periods. The molecular study of these taxa will clear in more details origin of these cultivars.

The results confirm the hypothesis that some local cultivars of Georgia are directly domesticated from the native wild pear species - *P. caucasica* and *P. balansae*. The other local cultivars might be obtained due to selective works by breeding of local landraces with introduced cultivars from different countries in historically different periods.

5. Traditional sustainable use of ancient crops

Since ancient times, agriculture in Georgia has been divided in two zones: lowlands (0-1300 m a.s.l.) and high-mountains (1300-2200 m a.s.l.). This classification was based on production of wine (Javakhishvili, 1987). Winemaking was always the major branch of agriculture in Georgia. Wine was exported from Georgia since ancient times. The vineyards were cut off to reduce income for exporting the wine in neighbour countries during the occupation of the country by the Muslim nations. The exchange of agricultural products took place between lowland and high-mountain regions and not only within the Georgians, but also with North Caucasians. This tradition remained till the end of 20th century when Dagestanian people from Didoeti region visited Kakheti lowland in eastern Georgia in late autumn. They have exchanged agricultural products from high-mountains to lowland crops. In 20th century, they brought from Dagestan cows, cheese and potato and have exchanged them on Kakhetian wine, schnapps from grapevine called *chacha*, bread wheat flour, fruits and vegetables.



Figure 7. A - *Satsnekheli* - stone construction for the pressing of grapes in Nekresi monastery (IV century AD), Kakheti; B - Clay vessels for wine storage *Kvevri*, Ikalto monastery (XII century AD), Kakheti; C- Red wine *Saperavi* and *boghlortso* (wheat bread into red wine) in clay cups on Georgian table. Photos by Maia Akhalkatsi.

The information about the traditional use of wine is remained in folklore and ethnographic studies collecting this knowledge. The problem in reducing of written information was again the wars, destruction of settlements and burning of manuscripts during historical times. Therefore, the information on traditional agriculture is based on both literature data and interviews of local people obtained during our field trips in different provinces of Georgia. The ancient stone construction *satsnekheli* for the pressing of grape might be found near many historical monuments (Fig.7A) even in ancient caves of Chachkari near Vardzia monastery complex. Each family in lowland regions have a room for winemaking in houses called *marani* in which the clay vessels are buried in soil named *kvevri* (Fig.7B) where the wine is

made and stored by traditional Georgian technology. One of *kvevri* in each *marani* was called *zedashe* and the wine in it might be used only in religious rituals since it belonged to the God. *Zedashe* was filled by schnapps called *Araki* derived from different fruits e.g. wild pear - *P. caucasica*, in high mountain regions and used for rituals (Fig. 8A-C). Wine and bread are ritual accessories of Christian religion and first cross entered in Georgia by St. Nino from Cappadocia in 4th century AD was made from vines. However, the folklore knowledge let us know that grapevine was a ritual plant in ancient religion and represented a tree of the God of sun. The remnants of grapevine images are often demonstrated as stone carvings on Christian churches (Fig.4B) and ancient golden and silver cups and Jewellery. Wine was used not only as alcohol drink but in religious rituals and as traditional food. *Boghkortso* (Fig.7C) was a healthy food prepared by wheat bread placed within a red wine and used by the whole family members including children and chronic invalid and consumptive people.

Bread is served with all Caucasian meals. It is the same ritual food like wine in Georgia. Two landraces of bread wheat - *Triticum aestivum* var. *erythrospermum* and *T. aestivum* var. *lutescens* are used for religious rituals in Svaneti (Girgvliani, 2010). The flour of these cultivars is preserved separately from other reserves of bread wheat flour and used on religious holydays. Milled faba bean and kenaf seeds are added to the bread flour for baking ritual bread. There are barley cultivars: *H. vulgare* var. *pallidum* in Svaneti and *H. vulgare* var. *nutans* in Meskheta, used for traditional bread preparation added to the *T. carthlicum* 'Dika' flour.



Figure 8. A- Murtaz Chankseliani collected wild pear (*Pyrus caucasica*) in forest, R. Kheledula gorge, Lower Svaneti; B - Wild Caucasian pear for preparing of alcohol schnapps *Araki*; C - Distillation equipment for preparing of pear schnapps. Photos by Maia Akhalkatsi.

The healthy quality of food in Georgia is connected with usage of fruit and herb sauces for roasted and fried meat. Sour plum sauce (*P. cerasifera* var. *divaricata*) is always added to spit-roasted chicken and pork. Many herbs and spices are added to meat meals. This should be understood to be a modern direction in diet works when an alkaline food is recommended to neutralize acid food, which is everyday meal including meat, sugar and bread. Modern civilization eats considerably more acid-forming foods than alkalizing foods. According to well-known naturopath P. Airola (1984), acidosis, or over-acidity in the body tissues, is one of the basic causes of diseases, especially the arthritic and rheumatic diseases. There is in the internet now a lot of information on alkaline food. The lists of alkaline products show that fruits and vegetables have highest pH most of which are traditional cultivars in Georgia. There are alkaline vegetables such as - alfalfa, barley, beet greens, beets, cabbage, carrot, celery, cucumber, eggplant, garlic, green beans, green peas, herbs, lentils, lettuce, onions, radishes, spices, spinach, watercress, wild greens, etc. which are the traditional cultivars in Georgia. Alkaline traditional fruits are - apple, apricot, berries, cherries, sour cherries, figs, grapes, grapefruit, nectarine, peach, pear, strawberries, watermelon, seeds and nuts, etc. To maintain health, the diet should consist of 60% alkaline forming foods and 40% acid forming foods. To restore health, the diet should consist of 80% alkaline forming foods and 20% acid forming foods (Airola, 1984).

Therefore, we should think about sustainability of traditional use of crops and wild plant species in the past time. The fact that the nature remained undisturbed in the country centuries long and population was characterized by much higher healthy features as current situation exists in Georgia should be explained as occurrence of healthy food and nature tolerant use of the plant resources.

6. Threats

6.1. Threats and conservation of ancient crops

There are several reasons for the genetic erosion of ancient cultivars and the wide distribution of new varieties of introduced crops. First of all, new cultivars have higher yields and are therefore preferred both as a source of food for local people and as a cash crop that determines local income. The second reason why local peasants began to prefer cultivating genetically modified (GM) plants may be explained by introduction of new diseases into Georgian

agricultural fields in recent years, causing harm primarily to ancient cereals and vegetables. However, the introduction of new parasites has revealed that endemic forms of Georgian crop plants contain valuable selective disease-resistant material for genetic engineering. The tetraploid and hexaploid endemic wheat species *T. timopheevii* and *T. zhukovskyi*, for example, are characterized by a high level of resistance to a new race (TTKS, commonly known as Ug99) and many other races of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* due to the wheatstem rust resistance gene Sr36 (Tsilo et al., 2008). *T. carthlicum* is characterized by immunity to diseases, a short growing period, and resistance to cold.

Intensive Genetic erosion of ancient crops started in Georgia since 1950s which was also a period of intense selection work in breeding stations in the whole of the Soviet Union, e.g. the highly productive awnless wheat cultivar Bezustaja I developed in Russia has been sown in all wheat fields in Georgia since the 1970s, and this variety eventually replaced Georgian endemic wheat species. Recently new breeder's varieties of wheat and other cereals are introduced from different countries.

The process of genetic erosion of ancient crop varieties has not been a great concern for the mountain areas of Georgia, which until the 1990s acted as a depository of ancient crops. One important consideration that explains why ancient cultivars were conserved longer in mountainous regions than in the lowlands is that the local population preserved their traditional ways of life and socioeconomic structures. The traditional agricultural system is characterized by dependence on local genetic resources and locally developed technologies. Even today, peasants in mountain villages use an ox-drawn sledge made of wood for loading and transporting cereals and a threshing sledge on threshing floors to thresh wheat, oats, rye, and barley. Traditional agricultural equipment makes it possible to cultivate areas even on steep slopes and at high elevations, where modern tractors cannot be used. Moreover, some old landraces of wheat and barley are used to prepare bread and beer for religious rituals. Substitution of these landraces by others would go against centuries-old traditions (Akhalkatsi et al., 2010).

Despite these conditions that support the maintenance of ancient landraces, many endemic and native representatives of crop plants are currently in danger of extinction and face severe problems of genetic erosion in all mountainous regions of Georgia. While agrobiodiversity is declining rapidly in many areas of the world due to anthropogenic pressure (Körner et al., 2007), including population growth, in Georgia the main reason for genetic erosion of ancient crop varieties is demographic decline in mountain regions due to harsh economic conditions and lack of modern infrastructure (Nakhutsrishvili et al., 2009). The shift from ancient cultivars to modern high-yielding crops such as maize and potato, which took place in the lowland areas much earlier, began in mountain villages only in the last 20 years. Greater income from marketing allows families to stay in mountain villages. Moreover, the economic security of the traditional farming systems in these mountain regions appears to be in jeopardy when traditional agriculture is replaced by cattle breeding, which causes abandonment of cultivated fields and their transformation into pastures.

Several research centres maintain *ex situ* germplasm collections of Georgia, such as gene banks and living collections. According to the National Biodiversity Action Plan of Georgia (Jorjadze, 2005), international nature conservation institutions and Georgian scientific and nongovernmental organizations have taken care to preserve the genetic resources of local cultivars. Several gene banks and living collections occur in Georgia. There is one biggest genebank located at the Georgian Institute of Farming established in 2004 through support of International Centre for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). They owned a total 3057 accessions of local and introduced cultivars and CWRs in 2010. The other 5 gene banks are located in different research institutes unified with Agrarian University in 2011. Total number of germplasm accessions is 6286 in Georgian gene banks. However, the material kept in *ex situ* collections are not sufficient and need more contribution. Many seed banks worldwide contain about 7000 accessions of germplasm of Georgian cultivars and crop wild relatives. A recently initiated project, "Mountain Biodiversity in the Caucasus and its Functional Significance," supported by the Swiss National Science Foundation Program SCOPES, will build an electronic biodiversity archive for Georgia, and include data on mountain plant biodiversity in Georgia. Because it will be built in compliance with Global Biodiversity Information Facility (GBIF) standards, it will contribute to the Global Mountain Biodiversity Assessment (GMBA) mountain portal with GBIF (www.mountainbiodiversity.org). A research agenda concerned with the use of georeferenced mountain biodiversity data for science and management was developed at a GMBA workshop in Kazbegi, Central Caucasus, in July 2006 (Körner et al., 2007). Such a database of the plant species of the Caucasus will become a prominent entry in the GBIF database and highlight the current status of plant genetic resources in Georgia.

It should be emphasized that establishment and maintenance of *ex situ* collections and databases is just a first step in the conservation process of ancient crop varieties. The next step should be return of conserved seed material to the fields of local farmers. From 2004 to 2009, the Global Environmental Facility/United Nations Development Fund (GEF/UNDP) project "Recovery, Conservation and Sustainable Use of Georgia's Agro-Biodiversity" was carried out with the aim of conservation and sustainable use of threatened local plant genetic resources in the oldest historical mountainous region of Georgia, Samtskhe-Javakheti. This project enabled establishment of sources of primary seed and planting material for threatened crops and fruit varieties, and assisted farmers in accessing markets for organic products from such crops as lentil, grass pea, chickpea, faba bean, common millet, Italian millet, etc. Another project was the return of the Georgian wheat variety *T. aestivum* var. *ferrugineum* 'Akhaltshikhis Tsiteli Dolis Puri' in Meskheti province, where it was sown on 10 ha and produced bread that was introduced in shops featuring organic products in Tbilisi as of 2008. Afterward, this project was supported by the Georgian church, which expressed an interest in cultivating ancient crops on monastery grounds. However, these attempts have been realized only on a small scale and not in larger areas of the country.

In our opinion, the major activity of the corresponding governmental institutions should be directed on supporting local farmers in reintroducing ancient crops on the market and maintain maximum diversity of the target taxon's gene pool. The importance of agricultural achievements not should be oriented only on high yield of crops but the traditional foods to which people have adapted a long time determines their healthy lifestyle. Thus, conservation and reintroduction of ancient cultures to modern agriculture can insure longevity of people.

3.3. Threats and conservation needs of crop wild relatives

The natural populations of many species of CWRs are increasingly at risk. The primary causes of diversity loss of wild plant species are habitat loss, degradation and fragmentation. Many cereal CWRs, including relatives of wheat and millet species, occur in arid or semi-arid lands and are severely affected by over-grazing and desertification. The forest species are affected by habitat disturbances because of illegal forest cutting occurring in 1990s in Georgia. Climate change is having significant impacts of species distributions and survival in a concrete habitat. One of the most important threats to the diversity of CWRs are genetic erosion and pollution. The threat of genetic pollution or introgression, either from genetically modified organisms (GMOs) or from conventionally bred crops, to wild species has become an increasing risk to the *in situ* genetic conservation of crop wild relatives.

Another problem is that many species of important CWR occur in centres of plant diversity and crop diversity located mainly in developing countries, which often lack resources to invest in the necessary conservation activities. South Caucasus and Georgia, in particular, is the centre of origin and diversity of many of the world's important crop plants. There are several international projects realized by the ICARDA, the International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), US Department of Agriculture (USDA), United Nations Environmental Program (UNEP), etc. contributed in undertaking efforts in monitoring and conservation of plant. Although, additional resources are urgently needed in such areas of high diversity to identify priority species for conservation, determine the necessary conservation activities, monitor the status of key species, improve the use of these valuable resources.

Habitat disturbances are main threats leading to the extinction of rare and endangered plant species. Deforestation took place during last decades in Georgia and caused habitat degradation. The fact detected with the population of wild grapevine has revealed the threat to the riparian forests, which is situated along rivers in very close proximity of settlements and local people uses the resources of this forest in a highest degree. We have detected that some trees were cut representing the support of clambering wild grapevine and the individuals were lying on the earth, which will cause its drying up and death. More great scale cuttings in dark coniferous forests lead to arising of forest openings with high irradiation leading to drying up the underground cover of mosses and lichens, which drastically changes habitat and determines disappearing of natural species adapted to this habitat. Overgrazing of meadows and pastures was a problem in Soviet period, when several million head of sheep were grazing summer pastures of mountainous regions of Georgia. However, now the number of cattle is reduced and does not threaten much the rare species in their natural habitats. In spite of this fact, grazing affect survival of rare species such as *Hordeum spontaneum*, which was found on road side and during the next visit it was grazed completely. Such disturbances as habitat degradation due to road and pipeline construction works threatens the populations but has temporary effect. These types of disturbances are especially threatening the rare and endangered species of high conservation value.

The best way of *in situ* preservation of genetic diversity of valuable plants is creation of nature reserves on the territories, where natural populations of CWR occur. The first nature reserve of Georgia was established in Lagodekhi in 1912. In present, the protected areas occupy 7% of the country's territory, which is equal to 495.892 ha. There are 16 nature reserves, 9 national parks, 12 managed resource protected areas, 14 natural monuments and 2 protected landscapes in Georgia. The problem remains for the species, which are growing in rural habitats and on arable lands mixed with field crops have different assessment to threats. These species are depending in their existence to the monitoring of arable lands, which crop will be sown, how will be transformed field crop to pasture or hay meadow, or what kind of herbicides and mineral fertilizers will be used in the field. The maintenance of wild populations growing as weeds in cultivated fields depends on sustainable management of agriculture in the region. The governmental institutions should control the processes which might bring to the genetic erosion of CWRs having high value of conservation. In this case the legislation bases should be effective to control local farmers not affect CWRs with ecologically unsuitable for this species actions in the field e.g. use of fertilizers or introduction of new crops leading to changing in technology of field cultivation methodology and leading to disturbances of wild weed species of high conservation value.

Ex situ conservation of the germplasm of CWRs is very valuable material for improvement of crop quality and their resistance against fungal and microbial disease. It will be of interest to collect their seed material and distribute to genbanks, which will contribute to provide necessary germplasm to research centres dealing with the genetic engineering. The Tbilisi Botanical Garden and Institute of Botany has two collections of seeds. One is collection of rare endemic plant seeds, which is collected in the framework of the Millennium project managed by Kew Royal Botanical Garden, UK. The second is collection of aboriginal crop varieties collecting in different regions of Georgia. These program works together with IPK, Gatersleben Germany, where the analogy of the collected material is kept at the gene bank. The living collections of CWRs are very few. Botanical Gardens in Tbilisi and Batumi have some small collections of CWRs collected in the frameworks of international collaborative projects. However, maintenance of the collections

after finishing the projects is impossible and they are cancelled in several years. The plant genetic resources documentation in Georgia is mostly computerized. There are several databases, which include all information and passport data for accessions of field crops, but so far they have no free access.

Most threats to biodiversity are the results of human actions, which are expressed in the overuse of natural resources for fuel, fodder, manure, grazing and collecting of ornamental and medicinal plants. This process leads to the loss of genetic diversity including crop wild relatives. The *in situ* protection measures are not easy to implement and, thus, the accent should be directed on *ex situ* conservation.

7. Conclusions

Very old archaeological findings, cultural heritages and so far existing high morphological and genetic diversity of ancient crops and their wild relatives show that Georgia has very old agricultural traditions that have preserved to our times. The fact that large-scale genetic erosion of the ancient landraces in Georgia has reached extreme levels from 1950s and almost all the local varieties of cereals (wheat, barley and millet), legumes (peas, lentils, common vetch and faba bean), and grapes are now disappear from the farms requires special analyses and development of conservation measures. Only the gene banks and living collections hold germplasm of landraces extinct in the farms. An assessment of the effectiveness of current conservation strategies to protect the diversity of ancient crops in Georgia reveals a gap in the reintroduction of conserved germplasm to the fields of local farmers. In our opinion, the corresponding governmental institutions responsible for conservation of biodiversity should refocus the strategy to require complementary *in situ* and *ex situ* conservation actions to maintain maximum diversity of the target taxon's gene pool by supporting local farmers in reintroducing ancient crops on the market and thereby filling this gap. Moreover, at present, neither field crop genebank nor live collections of the permanent crops have sufficient land and equipment in Georgia, as well as funding to carry out *ex situ* conservation at the modern level. Storage of the *in situ* collections should be improved through upgrading the present storage of the field crop genebank facilities.

There is a need to improve public awareness of importance of *ex situ* conservation. Popularity of the data obtained by scientists should be distributed among the local population so that they themselves have contributed to the preservation of national heritages. The results of scientific investigations that some crops represent local cultivars and even domesticated landraces in this area means that this is connected with lifestyle of the local population. The fact that longevity of life in the Caucasus was very high and centenarians lived to 120 years and more should be understand that a healthy diet of mankind is not only amount of calorie but the combination of food of high quality. The modern alkaline diet almost completely coincides with the traditional Georgian cuisine. Therefore, we must appreciate the importance of conservation of local varieties to ensure the health of local people.

The data obtained in our investigations (Ekhvaia & Akhalkatsi, 2010; Ekhvaia et al., 2010, 2011; Asanidze et al., 2011) indicate importance of CWR species in Georgia as many of them represent direct ancestors of local cultivars. The fact that wild grape shows high genetic relation to local varieties of grape indicates that winemaking represents an ancient culture in Georgia, which is expressed even in religious rituals of the nation. Wild grapevine and pear representing the wild ancestors of local varieties are under threat because of wood cutting. Many other CWRs are in the same position. The legislation of species conservation is applied to rare and endemic species and *in situ* conservation is maintained only at protected areas. However there is no legislation that can protect CWRs growing in rural and urban areas and representing weed species. No actions of conservation are undertaken to protect these species. Many CWRs (wild wheat, rye, coriander, etc.) are grown in cultivated lands of local farmers. Many years, wild wheat species were mixed with local varieties of wheat and barley but now they are disappeared. The events which are protecting them are traditional cultivation technology of the landraces to which the local weeds are adapted by their life strategy and propagation character. The threats here will be change of traditional crops to the new varieties, which will need different cultivation events. This might lead to disappearance of the CWRs from the cultivated beds. At present, CWRs *ex situ* collections are almost absent in Georgia.

The problem of genetic erosion of landraces and their wild relatives needs active contributions by national policies and comprehensive measures are urgently needed to avoid the complete loss of ancient crop genetic resources in Georgia. International nature conservation institutions and Georgian scientific and nongovernmental organizations should show more activity to the restoration of ancient crops, which defined the healthy life of Georgians.

8. Acknowledgement

Research on agrobiodiversity in Georgia is supported by grant IZ73Z0_128057, in the framework of the Swiss National Science Foundation (SNSF) program SCOPES (Scientific Cooperation between Eastern Europe and Switzerland). The expeditions were funded by the Global Environmental Facility/United Nations Development Fund (GEF/UNDP) Project GEO/01/G41/A/1G/72. We are grateful to K. Pistrick, R. Fritsch, F. Blattner, and M. Gurushidze from IPK Gatersleben for supporting our investigations.

9. References

- Adler, D. S. & Bar-Oz, G. (2009). Seasonal patterns of prey acquisition during the Middle and Upper Palaeolithic of the southern Caucasus. In: *The Evolution of Hominid Diets: Integrating approaches to the study of Palaeolithic subsistence*, Hublin, J.-J. & Richards, M. (Eds), pp. 127-140, Springer, ISBN: 9781402096983, Leipzig.
- Airola, P. (1984). *How to Get Well: Handbook of Natural Healing*. Health Plus Pub, (March 1984), ISBN:0932090036, Sherwood, OR.
- Akhalkatsi, M., Ekhvaia, J., Mosulishvili, M., Nakhutsrishvili, G., Abdaladze, O. & Batsatsashvili, K. (2010). Reasons and processes leading to the erosion of crop genetic diversity in mountainous regions of Georgia. *Mountain Research and Development*, Vol.30, No.3, (August 2010), pp.304-310. ISSN: 0276-4741.
- Asanidze, Z., Akhalkatsi, M. & Gvritishvili, M. (2011). Comparative morphometric study and relationships between the Caucasian species of wild pear (*Pyrus* spp.) and local cultivars in Georgia. *Flora*, Vol.206, No.11, (November 2011), article in press. doi:10.1016/j.flora.2011.04.010.
- Badr, A., Müller, K., Schäfer-Pregl, R., El Rabey, H., Effgen, S., Ibrahim, H. H., Pozzi, C., Rohde, W. & Salamini, F. (2000). On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular Biology and Evolution* Vol.17, No.4, (April 2000), pp.499-510. ISSN: 0737-4038.
- Bakhtadze, K.E. (1947). *Biologia, selektsia i semenovodstvo chainogo rastenija* (Biology, Selection and Seed Productivity of Tea Plants). Nauka, Moscow. (in Russian).
- Batonishvili, V. (1991). *Aghtsera samefosa sakartvelosi* (Geographic Description of Georgian Kingdom). (Ed. 7), Ganatleba, Tbilisi. (In Georgian).
- Bedoshvili, D. (2008). *National Report on the State of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture in Georgia*. Available from: [http://www.pgrfa.org/gpa/geo/Georgian report on State of PGR Sep 29, 2008.pdf](http://www.pgrfa.org/gpa/geo/Georgian%20report%20on%20State%20of%20PGR%20Sep%2029,%202008.pdf); Accessed on 21 March 2010.
- Bockelman, H. E., Erickson, C. A. & Goates, B. J. (2002). National Small Grains Collection: wheat germplasm evaluations. *Annual Wheat Newsletter*, Vol.48, (10 August, 2002), pp.273-286.
- Casas, A. M., Yahiaoui, S., Ciudad, F. & Igartua, E. (2005). Distribution of MWG699 polymorphism in Spanish European barleys. *Genome*, Vol.48, No.1, (February 2005), pp.41-45. ISSN: 0831-2796.
- Davies, P. (2003). An Historical Perspective from the Green Revolution to the Gene Revolution. *Nutrition Reviews*, Vol.61, No.6, pp.124-134. ISSN: 0029-6643, doi:10.1301/nr.2003.jun.S124-S134.
- Dekaprelevich, L. (1947). Saqartvelos martsvlovani kulturebis dziritadi jishebi (Main cultivars of cereals in Georgia). *Proceedings of State Selective Station, Georgia*, Vol.2, No.1, pp.5-47. (In Georgian).
- Dekaprelevich, L. & Menabde, V. (1929). K izucheniu polevykh kultur zapadnoi Gruzii. I. Racha. (Study of cereal cultivars in Georgia. I. Racha). *Scientific Papers of the Applied Sections of the Tbilisi Botanical Garden*. Vol.6, No.2, pp. 219-252. (In Russian).
- Dvorák, J., Luo, M.-C. & Yang, Z.-L. (1998). Genetic Evidence on the Origin of *Triticum aestivum* L. In: *The Origins of Agriculture and Crop Domestication*. Damania, A.B., Valkoun, J., Willcox, G. & Qualset C. O. (Eds). *Proceedings of the Harlan Symposium*, pp. 254-267, ISBN: 92-9127-084-9. Aleppo, Syria, 10-14 May 1997.
- Ekhvaia, J. & Akhalkatsi, M. (2010). Morphological variation and relationships of Georgian populations of *Vitis vinifera* L. subsp. *sylvestris* (C. C. Gmel.) Hegi. *Flora*, Vol.205, No.9, (September 2010), pp.608-617. ISSN: 0367-2530, doi:10.1016/j.flora.2009.08.002.
- Ekhvaia, J., Blattner, F. R. & Akhalkatsi, M. (2010). Genetic diversity and relationships between wild grapevine (*Vitis vinifera* subsp. *sylvestris*) populations and aboriginal cultivars in Georgia. *Proceedings of 33rd World Congress of Vine and Wine, 8th General Assembly of the OIV*, Tbilisi, Georgia, June 2010, Available from: <http://www.oiv2010.ge/index.php?page=5&lang=0>
- Ekhvaia, J., Blattner, F.R., Gurushidze, M. & Akhalkatsi, M. (2011). Relationships between wild grapevine (*Vitis vinifera* subsp. *sylvestris*) populations and native grape cultivars in Georgia. *Proceedings of BioSystematics Berlin 2011*. ISBN: 978-3-921800-68-3, pp.111, Berlin, Germany, 21-27 February 2011.
- Eliava, G. M. 1992. *Dzvelkolkhuri unikaluri vazis jishta katalogi* (Catalog of ancient grape varieties of Colchis). (Ed.2), Kutaisi Press N6, Georgia. (In Georgian).
- Eritzjan, A. A. (1956). K izucheniu izmenchivosti sostava pchenits v Gruzii (Study of variability of wheat field composition). *Proceedings of Tbilisi Botanical Institute*, Vol.18, No.1. pp.251-277. (In Russian).
- Finlayson, C. (2005). Biogeography and evolution of the genus *Homo*. *Trends in Ecology and Evolution*. Vol. 20, No.8, (August 2005), pp.457-463. ISSN: 0169-5347.
- Fox, W. Sh. (2004). *Living longer with phytochemicals from the Republic of Georgia*. Woodland Publishing, ISBN-10: 158054388X, Health & Fitness.
- Gabunia, L. & Vekua, A. A. (1995). Plio-Pleistocene hominid from Dmanisi, East Georgia, Caucasus. *Nature*, Vol.373, No.6514, (9 February 1995), pp.509-512, ISSN: 0028-0836, doi:10.1038/373509a0.
- Gabunia, L., Vekua, A., Swisher, C. C., Ferring, R., Justus, A., Nioradze, M., Ponce de Leon, M., Tappen, M., Tvalchrelidze, M. & Zollikofer Ch. (2000). Earliest Pleistocene hominid cranial remains from Dmanisi, Republic

- of Georgia: taxonomy, geological setting, and age. *Science*, Vol.288, No. 5578, (July 5, 2002), pp. 85-89. ISSN: 0036-8075.
- Garson, L.K. (1991). The Centenarian Question: Old-Age Mortality in the Soviet Union, 1897 to 1970. *Population Studies*, Vol.45, No.2, pp. 265-278. ISSN: 0032-4728. doi:10.1080/0032472031000145436.
- Girgvliani, T. (2010). *Zemo Svanetis khorblis aborigenuli formebis istoria. (The history of aboriginal forms of wheat varieties of the Upper Svaneti)*. Artanuji, ISBN:978-9941-421-20-4, Tbilisi. (In Georgian).
- Grant, K., Russel, Ch. & Everill, P. (2009). *Anglo-Georgian Expedition to Nokalakevi. Interim report on excavations in July 2009*. Available from: <http://www.nokalakevi.org/Downloads/Reports/English/Site/2009.pdf>.
- Grassi, F., Labra, M., Imazio, S., Ocete Rubio, R., Failla, O., Scienza, A. & Sala, F. (2006). Phylogeographical structure and conservation genetics of wild grapevine. *Conservation Genetics*, Vol.7, No.6, (December 2006), pp.837-845. ISSN: 1566-0621.
- Heun, M., Schäfer-Pregl, R., Klawan, D., Castagna, R., Accerbi, M., Borghi, B. & Salamini, F. (1997). Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting. *Science*, Vol.278, No.5341, (14 November 1997), pp.1312-1314. ISSN:0036-8075.
- Jackson, J. (2003). *The Biology of Apples and Pears, Series: The Biology of Horticultural Crops*. Cambridge University Press, ISBN: 0521380189, Cambridge.
- Javakhishvili, I. (1987). *Sakartvelos ekonomiuri istoria (Economic History of Georgia)*. (Ed. 2), Vol.5., Metsniereba, SB:2927, Tbilisi. (In Georgian).
- Jorjadze, M. 2005. Agrobiodiversity, biotechnology and biosafety. In: *National Biodiversity Strategy and Action Plan – Georgia*. NACRES and Fauna and Flora International (FFI). Polygraph, ISBN: 99940-716-6-1. Tbilisi.
- Ketskhoveli, N. (1928). *Masalebi kulturul mtsenareta zonalobis shesastsavlad kavkasionze. (Materials on zonal distribution of cultivated plants in the Greater Caucasus)*. Agricultural National Committee Press, Tbilisi. (In Georgian).
- Ketskhoveli, N. (1957). *Kulturul mtsenareta zonebi sakartveloshi (Zones of cultivated plants in Georgia)*. Georgian Academy of Sciences Press, Tbilisi. (In Georgian).
- Ketskhoveli, N., Ramishvili, M. & Tabidze, D. 1960. *Sakartvelos ampelografia. (Amphelography of Georgia)*. Georgian Academy of Sciences Press, Tbilisi. (In Georgian).
- Khomizurashvili, N. (1973). *Sakartvelos Mekhileoba (Horticulture of Georgia)*. Metsniereba, Tbilisi (in Georgian).
- Kilian, B., Özkan, H., Kohl, J., von Haeseler, A., Barale, F., Deusch, O., Brandolini, A., Yucel, C., Martin, W. & Salamini, F. (2006). Haplotype structure at seven barley genes: relevance to gene pool bottlenecks, phylogeny of ear type and site of barley domestication. *Molecular Genetics and Genomics*, Vol. 276, No.3, (September, 2006), pp. 230-241, ISSN: 1617-4615. doi 10.1007/s00438-006-0136-6.
- Kobakhidze, A. (1965). *Sakartvelos samartsvle-parkosani mtsenareebi: Phaseolus L. (cereals of Georgia: Phaseolus L.)*. In: *Botanika (Botany)*, Ketskhoveli, N. (Ed), pp.87-89, Metsniereba, Tbilisi. (In Georgian).
- Kobakhidze, A. (1974). *Sakartvelos samartsvle-parkosan mtsenareta botanikur-sistematikuri shestsavlisatvis. (Botanical-systematic study of cereals in Georgia)*. In: *Botanika (Botany)*, Ketskhoveli, N. (Editor), pp. 58--190, Metsniereba, Tbilisi. (In Georgian).
- Körner, Ch., Donoghue, M., Fabbro, T., Häuse, Ch., Nogués-Bravo, D., Arroyo, M.T.K., Soberon, J., Speers, L., Spehn, E.M., Hang Sun, Tribsch, A., Tykarski, P. & Zbinden N. (2007). Creative use of Mountain Biodiversity Databases: The Kazbegi Research Agenda of GBMA-DIVERSITAS. *Mountain Research and Development*, Vol.27, No.3, (August 2007), pp.276-281. ISSN: 0276-4741.
- Kuthatheladze, Sh. (1980). *Pyrus L. In: Sakartvelos Flora (Flora of Georgia)*, Ketskhoveli, N. (Ed.), Vol. 6. Metsniereba, ISBN:5-520-00325-7, Tbilisi. (in Georgian).
- Kvavadze, E., Bar-Yosef, O., Belfer-Cohen, A., Boaretto, E., Jakeli, N., Matskevich, Z. & Meshveliani, T. (2009). 30,000-Year-Old Wild Flax Fibers. *Science*, Vol.325, No.5946, (11 September 2009), pp.1359, ISSN: 0036-8075.
- Laguna, E. (2004). The plant micro-reserve initiative in the Valencian Community (Spain) and its use to conserve populations of crop wild relatives. *Crop Wild Relative*, Issue 2, (July 2004), pp.10-13. ISSN 1742-3627.
- Maghradze, D., Failla, O., Bacilieri, R., Imazio, S., Vashakidze, L., Chipashvili, R., Mdinaradze, I., Chkhartishvili, N., This, P. & Scienza, A. (2010). Georgian *Vitis* germplasm: usage, conservation and investigation. *Bulletin de l'OIV*, Vol.83, No. 956-958, (October-December, 2010), pp. 485-496. ISSN: 0029-7127.
- Maisaia, I., Shanshiashvili, T. & Rusishvili, N. (2005). *Agriculture of Colchis*. Metsniereba, ISBN:99940-785-3-4, Tbilisi. (In Georgian).
- Maxted, N., Ford-Lloyd, B. V., Jury, S., Kell, Sh. & Scholten, M. (2006). Towards a definition of a crop wild relative. *Biodiversity and Conservation*. Vol.15, No.8, (July 2006), pp.2673-2685. ISSN: 0960-3115
- Maxted, N., Dulloo, E., Ford-Lloyd, B. V., Iriondo, J. M & Jarvis, A. (2008). Gap analysis: a tool for complementary genetic conservation assessment. *Diversity and Distributions*, Vol.14, No.6, (November 2008), pp.1018-1030. ISSN:1472-4642. doi: 10.1111/j.1472-4642.2008.00512.x.
- McGovern, P.E. (2003). *Ancient wine: the search for the origins of viniculture*. Princeton University Press, ISBN: 0691070806, Princeton, New Jersey.
- Melikishvili, G. (Ed). (1970). *Sakartvelos istoriis narkvevebi (Historical essays of Georgia)*. Sabchota Sakartvelo, Tbilisi. (In Georgian).
- Menabde, V. (1938). *Sakartvelos kerebi (Barleys of Georgia)*. Georgian Academy of Sciences Press, Tbilisi. (In Georgian).

- Menabde, V. (1948). *Pshenitsi Gruzii (Wheats of Georgia)*. Georgian Academy of Sciences Press, Tbilisi. (In Russian).
- Menabde, V. (1961). Kartuli khorblebi da mati roli khorblis saerto evolutsiashi (Georgian wheat cultivars and their role in wheat evolution). *Proceedings of Tbilisi Botanical Institute*, Vol.21, No.1. pp.229-259. (In Georgian).
- Nakhutsrishvili, G. (1999). The vegetation of Georgia (Caucasus). *Braun-Blanquetia*, Vol.15, pp.1-74. ISSN:0393-5434.
- Nakhutsrishvili, G., Akhalkatsi, M. & Abdaladze, O. (2009). Main threats to the mountain biodiversity in Georgia (the Caucasus). *Mountain Forum Bulletin*, Vol.9, No.2, (July 2009), pp.18-19. ISSN 1815-2139.
- Neidze, V., Bokeria, M., Kharadze, K., Kurtubadze, M. & Garsenishvili, L. (2008). *Sakartvelos geographia (Geography of Georgia)*. LogosPress, ISBN: 978-99940-64-48-9, Tbilisi. (In Georgian).
- Ovchinnikov, I. V., Gotherstrom, A., Romanova, G. P., Kharitonov, V. M., Liden, K. & Goodwin, W. (2000). Molecular analysis of Neanderthal DNA from the northern Caucasus. *Nature*, Vol.404, No.6777, (30 March 2000), pp.490-493. ISSN: 0028-0836. doi:10.1038/35006625.
- Petersen, G., Seberg, O., Yde, M. & Berthelsen, K. (2006). Phylogenetic relationships of *Triticum* and *Aegilops* and evidence for the origin of the A, B, and D genomes of common wheat (*Triticum aestivum*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, Vol.39, No.1, (April 2006), pp.70-82. ISSN: 1055-7903.
- Pistrick, K., Akhalkatsi M., Girgvliani, T. & Shanshiashvili, T. (2009). Collecting plant genetic resources in Upper Svaneti (Georgia, Caucasus Mountains). *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, Supplement 92, pp.127-135. ISSN:1613-8422.
- Ramishvili, R., (1988). *Dikorastushchii vinograd Zakavkazia (Wild grape of the South Caucasus)*. Ganatleba, ISBN: 5-505-00690-6, Tbilisi. (In Russian).
- Sabashvili, M. (1970). *Niadagmtsdneoba (Soil Sciences)*. Tbilisi University Press, Tbilisi. (In Georgian).
- Schatz, G., Shulkina, T., Nakhutsrishvili, G., Batsatsashvili, K., Tamanyan, K., Ali-zade, V., Kikodze, D., Geltman, D. & Ekim, T. (2009). Development of Plant Red List Assessments for the Caucasus Biodiversity Hotspot. In: *Status and Protection of Globally Threatened Species in the Caucasus*. Zazanashvili, N. & Mallon, D. (Editors). Contour Ltd. pp.188-192. Tbilisi. ISBN 978-9941-0-2203-6. Available from: <www.assets.panda.org/downloads/cepf_caucasus_web_1.pdf>
- Takhtajan, A. (1986). *Floristic Regions of the World*. University of California Press, First English Language Edition, (September 1986), ISBN: 0520040279, Berkeley, CA.
- This, P., Lacombe, T. & Thomas, M.R. (2006). Historical origins and genetic diversity of wine grapes. *Trends in Genetics* Vol.22, No.9, (September 2006), pp.511-519. ISSN: 0168-9525.
- Tsilo, T. J., Yue Jin & Anderson, J. A. (2008). Diagnostic Microsatellite Markers for the Detection of Stem Rust Resistance Gene Sr36 in Diverse Genetic Backgrounds of Wheat. *Crop Science*, Vol.48, No.1, (January-February 2008) pp.253-261. ISSN: 0011-183X.
- Tushabramishvili, N. (2011). The main problems of Palaeolithic of Georgia and the complex studies of the Western Georgian cave sites. In: *Khornabuji*, Pitskhelauri, K. (Ed), pp. 39-41, Ilia State University Press, ISBN: 1512-2999, Tbilisi.
- UPOV (2000). *Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. Pear (Pyrus communis L.)*. Geneva. Date of access: 2000-04-05. Available from: <http://www.upov.int/en/publications/tg-rom/tg015/tg_15_3.pdf>
- Vavilov, N. I. (1992). *Origin and geography of cultivated plants*. Cambridge University Press, ISBN: 0-521-40427-4, Cambridge.
- Volk, G. M., Richards, C. M., Henk, A. D., Reilley, A. A., Bassil, N. V. & Postman, J. D. (2006). Diversity of wild *Pyrus communis* based on microsatellite analyses. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Vol.131, No.3, (May 2006), pp.408-417. ISSN: 0003-1062.
- Voltas, J., Pemán, J. & Fusté, F. (2007). Phenotypic diversity and delimitation between wild and cultivated forms of the genus *Pyrus* in North-eastern Spain based on morphometric analyses. *Genetic Resources and Crop Evolution*, Vol.54, No.7, (November 2007), pp.1473-1487. ISSN:0925-9864.
- Yamamoto, T. & Chevreau, E. (2009). Pear genomics. In: *Genetics and Genomics of Rosaceae.*, Folta, K.M. & Gardiner, S.E. (Eds.), Springer, ISBN:0387774904, New York.
- Zhizhizlashvili, K. & Berishvili, T. (1980). Zemo Svanetis kulturul mtsenareta shestsavlisatvis (Study of cultivated plants in Upper Svaneti). *Bulletin of Georgian Academy of Sciences*, Vol.100, No.2, pp.417-419. ISSN:0132-1447. (In Georgian).
- Zohary, D., & Hopf, M. (2000). *Domestication of plants in the Old World*. (3rd edition.) Oxford University Press, ISBN 0-19-850356-3, New York.



Botany

MORPHOLOGICAL RELATIONSHIPS BETWEEN WILD AND CULTIVATED PEARS IN GEORGIA

ASANIDZE Z., AKHALKATSI M.

Institute of Ecology, Institute of Botany, Ilia State University

(Received June 13, 2011)

Abstract

26 local and 9 introduced pear cultivars of Georgia and 3 wild ancestors of cultivated pears: *Pyrus caucasica* Fed.; *P. balanseae* Deciasne.; *P. pyraster* (L.) Burgsd. has been evaluated (214 individuals in total) using 27 morphological traits. Analysed traits included 6 quantitative and 6 qualitative leaf and shoot descriptors and 14 qualitative fruit descriptors. 20 harmonics per leaf and 10 leaves per individual have been analysed using Fourier outline shape analysis method for the measurement of biological form of the leaf blade and were used as 1 quantitative descriptor for each analysed leaf. According to Hierarchical Cluster Analyses the endemic species of Caucasus *P. caucasica* and *P. balansae* native for Georgia were aggregated only with 15 domesticated Georgian aboriginal local cultivars. European wild pear *P. pyraster* clustered with pear cultivars of France and Belgium introduced in Georgia at the end of the 19th century and as well with some local pear cultivars. Existence of local pears in Georgia morphologically close to European wild pear might be the result of selective works by breeding of local landraces with introduced cultivars from different countries in historically different periods.

Key words: Georgia, Caucasus; Local and introduced pear cultivars; Morphometry; *Pyrus* ssp.

Introduction

Many pear cultivars occur in Georgia from pre-historic period [Javakhishvili, 1930] indicating the early domestication event of this cultivated fruit tree. In total, 11 species of wild pear occur in Georgia [Kuthateladze, 1947]. They are distributed in different regions of Georgia, what is caused by the variable geographical relief and habitat diversity of the country. *Pyrus caucasica*, the endemic species of the Caucasus, is most widespread among the wild pears of Georgia and is considered as main progenitor species of local pear cultivars [Khomizurashvili, 1973]. Moreover, *P. caucasica* Fed. and *P. pyraster* (L.) Burgsd. are regarded as the main wild ancestors from which the cultivated European pear (*P. communis* L.) has probably evolved [Zohary and Hopf, 2000; Volk et al., 2006; Yamamoto and Chevreau, 2009]. In modern system of the genus *Pyrus*, *P. caucasica* and *P. pyraster* are demoted to rank of subspecies of European pear *P. communis* L. [Browicz, 1993]. However, Caucasian wild pears are considered as separate species by many authors [Grossheim, 1946; Ketskhoveri, 1960; Tuz, 1974; Brezhnev and Korovina, 1981; Bläsing, 2004] based on arguments that the differences are not only morphological features, but as well separate geographic area of distribution.

According to the literature data [Khomizurashvili & Eristavi, 1941; Khomizurashvili, 1973; Likhonos et al., 1983] introduced cultivars of pear from Europe and Russia appeared here at the end of 19th century, and before, there were existed only the local cultivars. However, we assume that the process of cultivar introduction might have started much earlier, as Georgia has cultural contacts to Asian and European countries since antique period. It is also remarkable that Greece is considered as first provider of selective cultivars of pear to the ancient world [Jackson, 2003] and earliest relations between Georgia and Greece should be considered as possible way of introduction of European pear cultivars in the Caucasus.

According to the classification system by Khomizurashvili [1939-1973] the Georgian pear cultivars are divided into four groups: 1) 'Gulabi'; 2) 'Panta Mskhali'; 3) 'Kalos Mskhali'; and 4) 'Khechchuri'. The names of each group represents name of a cultivar, which is considered as typical representative of a group. According to the author [Khomizurashvili 1939-1973], the last three groups are originated by direct domestication of wild Caucasian pear in Georgia, however, this idea is not confirmed by statistical methods of taxonomic identification of relationships among taxa. Therefore, we decided to conduct comparative morphometric study of cultivars recently occurred in Georgia and reveal their relationship to local wild pear species. The results have to determine local cultivars originated by direct domestication event in ancient time and discriminate from cultivars, which will have

relationships with other wild species - *P. pyraeaster* or *P. pyrifolia*, considered as wild ancestors of European and Far East pear cultivars respectively.

The aim of the present study was: 1) to determine morphological characteristics of leaves, young shoots and fruits differentiating local and introduced pear cultivars of Georgia; and, 2) to reveal the relationships between cultivars and wild ancestor species of pear by statistical methods used in tree plants morphology.

Materials and methods

Field sampling

A total of 214 wild and cultivated pear trees have been sampled in natural habitats, living collections and peasant grounds in different regions of Georgia. Wild pear species were determined according to Kuthatheladze [1947, 1980]. The pear accessions evaluated in this study consisted of Caucasian endemic *P. caucasica* Fed. (= *P. communis* subsp. *caucasica* (Fed.) Browicz; n=100), local Georgian and introduced pear cultivars (n=103), *P. balansae* Decne. (= *P. communis* L.; n=8) and *P. pyraeaster* (L.) Burgsd. (= *Pyrus communis* L. subsp. *pyraeaster* (L.) Ehrh.; n=3) which has been obtained from Germany, Hessen, in surrounding of v. Erda.

81 individuals of 26 Georgian local (LC) and 22 individuals of 9 introduced (IC) cultivars (total 103 individuals of 35 cultivars) have been collected. ICs were obtained from the collection of the Institute of Horticulture, Viticulture and Oenology (IHVO), v. Skra, Gori distr., Georgia; LCs were sampled in the collection of aboriginal cultivars of Biological Farming Association "ELKANA" in v. Tsnisi, Akhaltsikhe distr., Georgia. Many local cultivars are collected in peasant grounds in different regions of Georgia. The names of local Georgian pear cultivars collected in villages have been checked according to Khomizurashvili (1973). The name of cultivar 'Khinos mskhali' was not identified and we used name of the village where it was collected. Names and the country of origin of introduced pear cultivars have been checked in "Atlas for the cultivated flora of Georgia" Vol. II [Khomizurashvili & Eristavi, 1941].

10 mature leaves and 5 fruits per individual have been collected from randomly selected plants in each location from August to the end of September 2009 and 2010. The

samples have been obtained only from adult trees with diameters at the breast height ranging from 0.20 m to 0.90 m. Coordinates and elevation have been collected by GPS "Etrex", Legend HCx, Garmin. The habitat type and plant community have been identified. Leaves have been kept in herbarium and were digitalized by Nikon Coolpix 5500 camera for morphometric and landmark analyses.

Morphological analyses

The individuals were evaluated for 27 morphological traits, which included one landmark analyses data (20 harmonics per leaf), 12 leaf and shoot descriptors and 14 fruit descriptors. Morphological characters have been taken as recommended by UPOV [2000] for *P. communis* L. and Voltas et al. [2007], which delimited differences between wild and cultivated forms of the genus *Pyrus* based on morphometric analyses. For precise measurement of the leaf shape 20 harmonics per leaf and 10 leaves per individual have been analysed using Fourier outline shape analysis method for the measurement of biological form of the leaf blade in studied taxa. Leaves have been analysed as digital images by free morphometric software package "Shape 1.3" [Iwata, 2006]. Result of the leaf morphometry was used as 1 quantitative descriptor for each analysed leaf.

Six traits of leaves were quantitative, 6 qualitative for leaves and 10 for fruits, four traits were seasonal characters of fruit appearance and maturation. The quantitative traits (leaf blade and petiole length and width) were measured to an accuracy of 0.1 mm using a millimetre paper. Two ratios involving quantitative measurements defined two additional leaf traits (leaf blade width to length and blade length to petiole length). The length and width of the fruit and the stalk despite its quantitative nature was transformed into qualitative ordinal variables. The fruit qualitative characters have been analysed by descriptors [UPOV, 2000]. The stone cell amount and leaf margin shape have been determined using stereo microscope Stemi DV4 (Karl Zeiss, Germany). Two values of a tree were evaluated in the field: crown shape and thorn amount. Seasonal traits have been determined in the field, on the base of information interviewed the local population and literature data. Quantitative characters of morphological traits by each descriptor were recorded as average value per tree.

Statistical analyses

Quantitative traits of leaf morphological characters have been selected by high F values and significance ($p < 0.05$) calculated by One-Way ANOVA procedure. Qualitative

traits of leaves and fruits were selected by the test of independence (Chi-square). Four traits of seasonal characters of fruit appearance and maturation and 2 shoot descriptors have been rejected from analyses. In total 21 morphological traits have been analysed by multivariate analyse. The Principal Components Analyses (PCA) was based on the covariance matrix of the coefficients and don't on the correlation matrix, because coefficients with small variance and covariance values of harmonics of Fourier coefficients are generally not important for explaining the observed morphological variations of leaf blade shape revealing a pattern of variation that is consistent with the distribution rate of wild pear species and cultivars. The factors obtained by PCA were used for conducting of the Hierarchical Cluster Analyses (HCA) to specify the distance or similarity measure to be used in clustering with the Ward's method as amalgamation rules [Ward, 1963]. This method uses an analysis of variance approach to evaluate the distances between clusters. This attempts to minimize the Sum of Squares (SS) of any two (hypothetical) clusters that can be formed at each step. Distance measure interval is Euclidean distance computing distances between objects in a multi-dimensional space.

Statistical analyses have been performed using the software packages SPSS v.13.0 for Windows [SPSS Inc., 2004] and Statistica 6.0.

Results

PCA analyses of 20 harmonics, 6 quantitative leaf descriptors and 14 qualitative descriptors of leaf, shoot and fruit revealed the first six PCs explains 87.6 % of the variance (Table 1). 15 PCs are needed to account for 98.77 % of the overall variance. The first 6 PCs have been used to conduct HCA. The highest loadings on the 1st PCA axis correspond to characters related to the leaf and fruit numerical and categorical variables. The variables with the highest loadings on the 2nd PCA axis are leaf blade base form, leaf length and fruit flesh colour. And the highest loadings on the 3rd components are the leaf blade width and ratio between the blade length and width. The average for taxon was calculated for each of 6 PCs.

The relationships between the 35 cultivars and 3 wild species of pear - *P. balansae*, *P. caucasica* and *P. pyraister* are reflected in the HCA dendrogram of Euclidean Distance with the Ward's method as amalgamation rules (Fig. 1). The taxa in the dendrogram are clustered into two main groups (A and B). The group A includes *P. caucasica* and *P. balansae* from wild species and 15 Georgian LCs. The second group B contains *P. pyraister* and 20 LCs and ICs.

These results are used to classify pear cultivars distributed in Georgia to three different groups (Table 2): 1) 15 local cultivars form cluster A are related with Caucasian wild pear (*P. caucasica*) and Balansae's pear (*P. balansae*); 2) 11 LCs from cluster B are historically Georgian cultivars occurring in Georgia long time, but according to obtained results they are related to wild *P. pyraster* and introduced cultivars of *P. communis*. 3) 9 cultivars from cluster B are introduced from abroad or originated in breeding stations in Soviet time.

Discussion

According to HCA's results, pear cultivars analysed in this study are clustered into two groups (Fig. 1): The first group A contains LCs related to *P. caucasica* and *P. balansae* by 21 morphological traits of leaves and fruits. Especially close Euclidean similarity distance is revealed between wild Caucasian pear - 'Panta' in Georgian and a cultivar named as 'Panta mskhali', which confirms etymological and taxonomic similarity of these taxa. *P. balansae* shows very close similarity distance with 'Tsvrili mskhali' and 'Korda'. Very closed related group of LCs to wild Georgian pears are - 'Bebani', 'Samariobo', 'Tavrejuli', 'Kvichicha', 'Khinis mskhali' and 'Akiro'. The other group - 'Shavmskhala', 'Nenes mskhali', 'Borbala', 'Majara', 'Shakara' and 'Kartuli mskhali'; is more distanced from wild pears, but located in the same cluster. We assume that these LCs must have originated by direct domestication of wild pears in Georgia (Table 2).

The second cluster B (Fig.1) contains ICs of pear originated in European countries and some old Georgian cultivars. The group B reveals relationship with wild pear - *P. pyraster*, which is distributed in Europe and does not reach Georgian territory. The area of distribution is until the middle of Turkey. The most of the cultivars from intermediate group B are more widespread in Georgia than the LCs originated by direct domestication of wild pears from group A. According to the literature data [Sharashenidze 1956; Nadiradze, 1966; Tsikvadze & Isakadze, 1969], two local pears 'Gulabi' and 'Khechekhuri' are the most widespread from all local pears of Georgia and there are two or more varieties of them in each localities of the country. Moreover, Georgian name of cultivar 'Gulabi', which is also used as the name of local pear group in classification of Khomizurashvili [1973], means 'Pear' (گلابی 'golabi') in Persian. All of this argument might indicate on the none-local origin of the Georgian cultivars

of group B. These cultivars might have appeared in Georgia very long time ago and were improved by local population using breeding procedures.

According to Fedorov [1943], leaf margin shape is the main morphological trait that differentiates Caucasian pear (*P. caucasica*) from European pear (*P. communis*). This theory was proved by the statistical analyses of the collected samples for the present study. In the modern studies (Stephan, 2003; Yamamoto and Chevreau, 2009) *P. pyraeaster* is considered as the wild pear of Europe what is different point of view from the old studies in which *P. communis* had that status. 'Communis' or the 'Common pear' has become the group name of the cultivated pears of Europe, however the structure and the diversity of the wild and cultivated pears of this group is not fully studied and needs further genetic and morphological research.

Thus, the results of this study have shown that some LCs of Georgia are direct domesticated from the wild pears - *P. caucasica* and *P. balansae*. The other LCs might be obtained due to selective works by breeding of local landraces with introduced cultivars from different countries in historically different periods. The molecular study of these taxa will clear in more details origin of these cultivars.

References:

Bläsing, U. Birnennamen aus Hemsin: *Vorarbeiten zur Feststellung und Beschreibung der Birnenarten und ihrer regionalen Namen im östlichen Schwarzmeergebiet*. Iran & Cauc. **8**, 81-129. 2004.

Brezhnev D. D., Korovina, O. N. *Wild relatives of cultivated plants in the flora of the USSR*. pp: 188-190. Kolos, Leningrad. 1981 (in Russian).

Browicz K. *Conspectus and chorology of the genus Pyrus L.* Arbor Ko'rnickie **38**, 17-33. 1993.

Fedorov A. *Caucasian members of genus Pyrus L. s. str.* Armianski filial Akademii nauk CCCR. Monograph. 1943 (in Russian).

Grossheim A. A. *Plant resources of the Caucasus*. Izd. Acad. Nauk Azerb., Baku. 1946 (in Russian).

Iwata H. *SHAPE Ver. 1.3. A Software Package for Quantitative Evaluation of Biological Shapes Based on elliptic Fourier descriptors*. <http://cse.naro.affrc.go.jp/iwatah>. 2006.

Jackson J. *The Biology of Apples and Pears, Series: The Biology of Horticultural*

Crops. Cambridge University Press. ISBN: 9780521380188, 2003.

Javakhishvili I. *Economic History of Georgia*. V. **I.**, Kartuli Tsigni, Tbilisi. 1930 (in Georgian).

Ketskhoveri N. *Vegetation of Georgia*. Izd. Acad. Nauk. Georgia, Tbilisi. 1960 (in Georgian).

Khomizurashvili N., Eristavi El. *Atlas for the cultivated flora of Georgia* Vol. **I**. Tekhnika da shroma. Tbilisi. 1939.

Khomizurashvili N., Eristavi El. *Atlas for the cultivated flora of Georgia* Vol. **II**. Tekhnika da shroma. Tbilisi. 1941.

Khomizurashvili N. *Horticulture of Georgia*. Metsniereba, Tbilisi. 1973.

Kuthateladze Sh. *Pyrus* L. In: Ketskhoveri N. (Ed.). *Flora of Georgia*. V. **6**, Metsniereba, Tbilisi. 1980 (in Georgian).

Likhonos F.D., Tuz A.S., Lobachev A.Y. *Cultivated flora of the USSR. Pome fruit trees (apple, pear and quince)*. 14, 156-157, Kolos, Moscow. 1983 (in Russian).

Nadiradze, Sh. *Winter breeds of the local pear cultivars of Karthli*. Works of the institute of horticulture, viniculture and gardening of Georgia. v. **17-18**, 52-64. 1966 (in Georgian).

Sharashenidze D. *Pear culture in inner Kakheti*. Monograph. Tbilisi. 1956 (in Georgian).

SPSS Inc. *SPSS v. 13.0 user's guide*. McGraw-Hill, New York. 2004.

Stephan B. R., Wagner I., Kleinschmit J. *EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for wild apple and pear (Malus sylvestris and Pyrus pyraeaster)*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. © IPGRI. 2003.

Tsikvadze Sh., Isakadze L. *Pear culture in Meskheti*. Sabchota Sakartvelo. Tbilisi. 1969 (in Georgian).

Tuz A. S. *On the origin and the evolution of the genus Pyrus* L. Bot. Zhurn. St. Petersburg, **52**, 1734-1746. 1974 (in Russian).

UPOV. *Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. Pear (Pyrus communis L.)*. Geneva. 2000.

Volk G. M., Richards C. M., Henk A. D., Reilley A. A., Bassil N. V., Postman J. D. *Diversity of wild Pyrus communis based on microsatellite analyses*. In: J. Amer. (Ed). Soc. Hortic. Sci. **131**, 408–417. 2006.

Voltas J., Pemán J., Fusté F. *Phenotypic diversity and delimitation between wild and cultivated forms of the genus Pyrus in North-eastern Spain based on morphometric analyses*. Genet. Res. Crop Evol. **54**, 1473–1487. 2007.

Ward J. H. *Hierarchical grouping to optimize an objective function*. J. Am. Statist. Assoc. **58**, 236-244. 1963.

Yamamoto T., Chevreau E. *Pear genomics*. In: Foltá, K.M., Gardiner, S.E. (Eds). *Genetics and genomics of Rosaceae*. Springer, NY. 2009.

Zohary D., Hopf M. *Domestication of Plants in the Old World. The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley*. 3rd Ed., Oxford Univ. Press, Oxford. 2000.

Tables and figure

Table 1. Results of PCA based on 21 morphological traits (20 harmonics, 6 quantitative leaf descriptors and 14 qualitative descriptors of leaf, shoot and fruit). Extraction sums of squared loadings of the first 6 PCs. (n=214).

Component	Total	% of Variance	Cumulative %
1	13.604	47.137	47.137
2	4.655	16.131	63.268
3	2.759	9.561	72.830
4	2.018	6.992	79.822
5	1.271	4.405	84.227
6	0.973	3.372	87.599

Fig. 1. HCA dendrogram of Euclidean distance with the Ward's method as amalgamation rules showing the relationships between the 35 cultivars and 3 wild species of pear based on

20 morphological traits of leaf, shoot and fruit and 20 landmark harmonics of mature leaf;
 The taxa in the dendrogram are clustered into two main groups - A and B. (n=214).

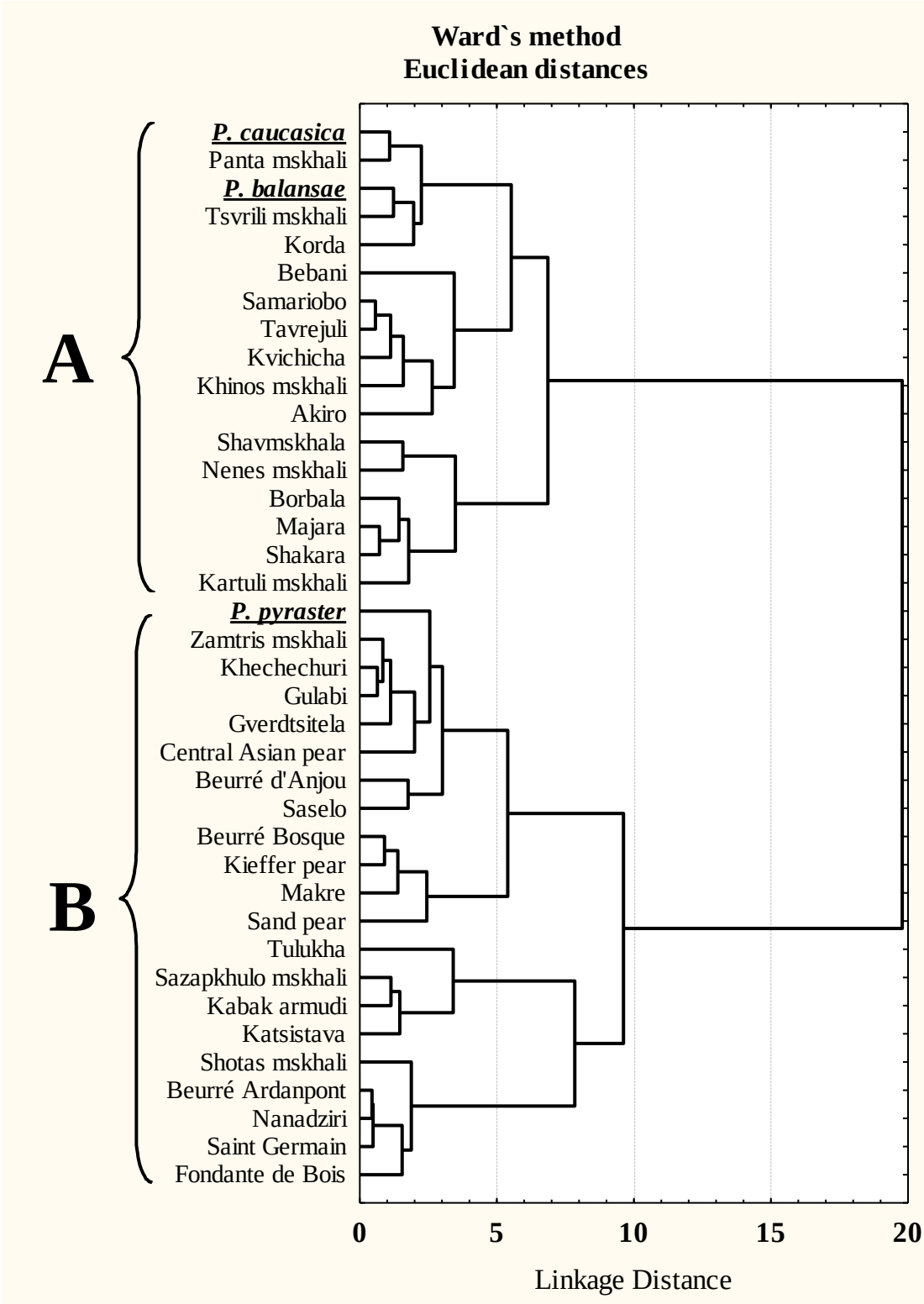


Table. 2. Classification of Georgian LCs and ICs based on morphological similarity distance with wild pear species - *P. balansae*, *P. caucasica* and *P. pyraster*. 1st group contains 15 LCs related with the wild Georgian pear species - *P. caucasica* and *P. balansae*; 2nd group is represented by 11 LCs related with European wild pear - *P. pyraster* and ICs; 3rd group contains 9 ICs. (n=35).

Cultivar name	Georgian names	Locality	Progenitor species	Country of origin
Group 1: Local cultivars progenied by <i>P. caucasica</i>				
Panta mskhali	panta msxali	Georgia/widespread	<i>P. caucasica</i>	Georgia
Tsvrili mskhali	wvrili msxali; samurabe panta	Svaneti	<i>P. caucasica</i>	Georgia
Korda	qorda	Meskhethi	<i>P. caucasica</i>	Georgia
Bebani	bebani	Svaneti	<i>P. caucasica</i>	Georgia
Samariobo	samariobo	East Georgia/widespread	<i>P. caucasica</i>	Georgia
Tavrejuli	Tavrejuli; TavreJuli; Tavrizuli	Meskhethi	<i>P. caucasica</i>	Georgia
Kvichicha	kviWiWa	West Georgia/widespread	<i>P. caucasica</i>	Georgia
Khinos mskhali	xinos msxali	Adjara	<i>P. caucasica</i>	Georgia
Akiro	ayiro	Imereti	<i>P. caucasica</i>	Georgia
Shavmskhala	Savmsxala; Savi msxali	Georgia/widespread	<i>P. caucasica</i>	Georgia
Nenes mskhali	nenes msxali	West Georgia/widespread	<i>P. caucasica</i>	Georgia
Borbala	borbala	Karthli	<i>P. caucasica</i>	Georgia
Machara	maWara	Meskhethi	<i>P. caucasica</i>	Georgia
Sakara	Saqara	Meskhethi	<i>P. caucasica</i>	Georgia
Kartuli mskhali	qarTuli msxali; qarTula	Imereti	<i>P. caucasica</i>	Georgia
Group2: Cultivars improved in Georgia				
Zamtris mskhali	zamTris msxali	Georgia/widespread	<i>P. communis</i>	Georgia
Khechekhuri	xeWeWuri	Georgia/widespread	<i>P. communis</i>	Georgia
Gulabi	gulabi	Georgia/widespread	<i>P. communis</i>	Georgia
Gverdtsitela	gverdwiTela; wiTelgverda; loyawiTela	Georgia/widespread	<i>P. communis</i>	Georgia
Saselo	saselo	Meskhethi	<i>P. communis</i>	Georgia
Makre	maqre	Samegrelo	<i>P. communis</i>	Georgia
Sazaphkhulo mskhali	sazafxulo msxali; saadreo msxali	Georgia/widespread	<i>P. communis</i>	Georgia
Katsistava	kacisTava	West Georgia/widespread	<i>P. communis</i>	Georgia
Nanaziri	nanaziri	Meskhethi	<i>P. communis</i>	Georgia
Shotas msxali	SoTas msxali	Karthli	<i>P. communis</i>	Georgia
Group 3: Introduced cultivars of European pear				
Central asian pear	Suaaziuri msxali	Karthli	<i>P. communis</i>	Central Asia
Beurré d'Anjou	anJuis lamazura	Georgia/widespread	<i>P. communis</i>	France

Beurré Bosque	aleqsandres msxali	Georgia/widspread	<i>P. communis</i>	France
Kiffer pear	kiferas Teslnergi; kifera	Georgia/widspread	<i>P. communis</i> 'Bartlett' x <i>P. pyrifolia</i> 'Sand pear'	United States
Sand pear	makido; aziuri msxali	West Georgia	<i>P. pyrifolia</i>	East Asia
Kabak armudi	yabayarmudi	Meskhethi	<i>P. communis</i>	Turkey/Georgia
Beurré Ardanpont	komSa msxali	Karthli	<i>P. communis</i>	Belgium
Saint Germain	senJermeni	Georgia/widspread	<i>P. communis</i>	France
Fondante de Bois	tyis silamaze; tyis nobaTi	Georgia/widspread	<i>P. communis</i>	Belgium

მორფოლოგიური კავშირი საქართველოში გავრცელებულ ველურ მსხლებს და მსხლის ჯიშებს შორის

ასანიძე ზ, ახალკაცი, მ.

ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი

გამოკვლეული იქნა საქართველოს 26 ადგილობრივი და 9 შემოტანილი მსხლის ჯიში, რომელთა მორფოლოგიური დაჯგუფებაც მოხდა კულტურული მსხლების ველურ წინაპრებთან: კავკასიის ენდემ პანტასთან (*Pyrus caucasica* Fed.), საქართველოში გავრცელებულ ბალანზეს პანტასთან (*P. balanseae* Deciasne.), და ევროპაში ველურად გავრცელებულ ტყის მსხალთან (*P. pyraster* (L.) Burgsd.). საერთო ჯამში 214 ინდივიდი იქნა გამოკვლეული 27 მორფოლოგიური ნიშნის მიხედვით. გამოკვლეული ნიშნები მოიცავდნენ ხის და ფოთლის 6 ხარისხობრივ 6 რაოდენობრივ და ნაყოფის 14 ხარისხობრივ ნიშანს. ფოთლის მორფოლოგიის ზუსტი შეფასებისათვის თითოეულ შესწავლილ ინდივიდზე 10 ფოთოლი გაიზომა ხოლო თითოეულ ფოთოლზე 20 ჰარმონიკი (ჰარმონიული ცვლადი) იქნა განსაზღვრული. მოცემული პარამეტრი გამოყენებული იქნა 1 რაოდენობრივ მაჩვენებლად თითოეულ გაზომილ ფოთოლზე. იერარქიული კლასტერული ანალიზის შედეგების მიხედვით, პანტასთან (*P. caucasica*) და ბალანზეს პანტასთან (*P. balanseae*) შეგროვილი მსხლის ჯიშებიდან მხოლოდ 15 დაჯგუფდა. ტყის მსხალი (*P. pyraster*) დაჯგუფდა როგორც შემოტანილი, ასევე ზოგიერთ ადგილობრივ მსხლის ჯიშთანაც. საქართველოში ევროპულ ველურ მსხალთან მორფოლოგიურად ახლოს მდგომი ადგილობრივი მსხლის ჯიშების არსებობა შესაძლოა მიაწინებდეს საქართველოს ტერიტორიაზე ევროპული მსხლის ჯიშების უძველეს პერიოდში შემოჭრაზე და მათ სელექციაზე საქართველოს ადგილობრივი მიწათმოქმედების მიერ ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში.



***Pyrus caucasica* Fed. Ancestor of Georgian Pear Landraces**

Maia Akhalkatsi and Zazva Asanidze
Institute of Botany, Ilia State University, Tbilisi, Georgia

Abstract: Georgia (South Caucasus) has wild Caucasian pear (*Pyrus caucasica*) representing as relict and endemic species of the Caucasus. It is determined by molecular analysis as the ancestor of 15 pear landraces of Georgia. We used *in situ* and *ex situ* methods for conservation of *P. caucasica*, as crop wild progenitor and relative for pear varieties breeder. Wild Caucasian pear was determined as a crop wild relative species according to the results of the field works carried out in Georgia and this species received high conservation value. According to scoring system to establish scores of crop wild relative pear species revealed the following data: The threats of *P. caucasica* have been determined only as near threatened with score 2; The rarity of this species was calculated as frequency of 10×10 km and the number of individuals reaches till 20 with score 4; Endemism of this species is not only in Georgia but on the Caucasus ecoregion and score is 5; Gene pool and taxon group identification was related with score 10 according to molecular study of pear species. The analyses have revealed the tendency of *P. caucasica* to be have high score (21) and in the last criteria of this species has showing closely relatedness to famous 15 traditionally Georgian pear landraces.

Key words: CWRs, domestication, georgia, pear, *Pyrus caucasica*

INTRODUCTION

Georgia is located in the South Caucasus and officially covers a territory of 69,700 square kilometers and its population is almost 4.6 million. The name of the country is “Sakartvelo” in the Georgian language but it’s common name “Georgia” is semantically linked to Greek (γεωργία, transliterated geōrgía) and Latin (georgicus) roots meaning “Agriculture” (Javakhishvili, 1930). The primary domestication in the fourth centre of crop origin and diversity named as the Near East included the South Caucasus, Asia Minor, Iran and the Fertile Crescent (Vavilov, 1992). Many local varieties and endemic species of Georgia are known in this domesticated centre.

Otherwise, Colchis forest is refugium in the Western Georgia of Tertiary geologic period from 66-2.588 million years ago (Nakhutsrishvili, 2013). Locations of the relict tree species are modelling in forest vegetation by GIS program, which potentially existed in six regions of western Asia: Colchis forest of Georgia, western Anatolia, western Taurus, the upper reaches of the Tigris River, Levant and the southern Caspian basin (Tarkhishvili *et al.*, 2012). Now a days, the real existence of relict species is in the Colchis forest and in the southern Caspian basin.

Wild Caucasian pear *Pyrus caucasica* Fed. (Rosaceae) is determined as relict tree and ancestor of fruit pear landraces of Georgia (Akhalkatsi *et al.*, 2012). Domestication of *P. caucasica* was confirmed by morphometric and systematic molecular methods by

genetic relationships between wild populations and local cultivars of pear containing only few mutations (Asanidze *et al.*, 2014).

Therefore, in total, eleven species of wild pear occur in Georgia, but *P. caucasica* is endemic species of the Caucasus and most widespread among the wild pears of Georgia and it is considered as main progenitor species of local pear cultivars (Khomizurashvili, 1973). Further, *P. caucasica* and *P. pyraeaster* (L.) Burgsd. are regarded as the main wild progenitors, from which the cultivated European pear (*P. communis* L.) has probably evolved (Volk *et al.*, 2006). The local Georgian names of the cultivated pear Mskhali and wild Caucasian pear *Panta* exists in all Georgian dialects; they do not have analogues in any other languages (Javakhishvili, 1930).

In this work, it was necessary to determine *P. caucasica* species threats and conservation levels in local populations of Georgia for determination of responsibility to the nature protection of this Crop Wild Relative (CWR). Thus, scoring system indexes was determined threats of wild pear species and it will be necessary to evaluate CWR priority for conservation.

METHODOLOGY

Pyrus caucasica involves the comparison of ‘total’ natural CWR pear diversity as already actively conserved either *in situ* or *ex situ*. This is the basis for gap analysis, which can be divided into four consecutive steps (Maxted *et al.*, 2008):

- **Step 1: Circumscription of target taxon and target area:** First, the taxonomic (e.g. genus, section or species) and geographical (e.g. global, regional, country or province) breadth of the analysis must be established
- **Step 2: Assessment of natural diversity:** The level of diversity occurring within the target taxon must be defined at the taxonomic, genetic or ecogeographical levels, i.e. how many taxa occur in the circumscribed taxon, but also the inherent genetic diversity within those taxa
- **Step 3: Assessment of current conservation strategies:** The diversity occurring *in situ* can be compared to the diversity currently conserved in order to assess the efficiency of both *in situ* and *ex situ* conservation techniques
- **Step 4: Reformulation of conservation strategy:** Assessment of the effectiveness of current conservation coverage in relation to natural *in situ* diversity identifies the element of diversity that is under conserved, i.e. the 'gaps' in the existing conservation strategy and helps refocus the strategy to conserve the maximum diversity and fill these gaps. The revised priorities are likely to require complementary *in situ* and *ex situ* conservation actions to ensure the comprehensive conservation of the target taxon's gene pool

According to this concept three Gene Pools are distinguished as follows: Primary Gene Pool (GP-1) within which GP-1A are the cultivated forms and GP-1B are the wild or weedy forms of the crop; Secondary Gene Pool (GP-2), which includes less closely related species from which gene transfer to the crop is possible but difficult using conventional breeding techniques; Tertiary Gene Pool (GP-3), which includes the species from which gene transfer to the crop is impossible, or if possible requires sophisticated techniques, such as embryo rescue, somatic fusion or genetic engineering.

The taxon group concept is used to establish the degree of CWR relatedness of a taxon. Application of the taxon group concept assumes that taxonomic distance is positively related to genetic distance. The CWR rank of taxon groups is defined as follows: Taxon Group 1a- crop; Taxon Group 1b-same species as crop; Taxon Group 2-same series or section as crop; Taxon Group 3-same subgenus as crop; Taxon Group 4-same genus; Taxon Group 5-same tribe but different genus to crop.

Thus, combined use of the gene pool and taxon group concept proposed above provide the best pragmatic means available to determine whether a species is a CWR and how closely related a CWR is to its crop.

Table 1: Scoring system for CWRs priority

Legends and status	Score
Threat (IUCN)	
Critically endangered	10
Endangered	7
Vulnerable	4
Near threatened	2
Least concern	0
Rarity	
Present in one 10×10 km	10
Present in 2-5 10×10 km	7
Present in 6-20 10×10 km	4
Present in 21-50 10×10 km	2
Present in >50 10×10 km	0
Endemicity	
Only in georgia	10
Only in the caucasus	5
Only in South-east europe	2
Throughout europe	0
GP/TG	
Gene pool 1b/Taxon group 1b	10
Gene pool 2/Taxon group 2	6
Taxon group 3	4
Taxon group 4	2
Gene pool 3/Taxon group 5	0

This scoring system (Table 1) was studied in this work and this method was applied to wild Caucasian pear species distributed on the territory of Georgia and the evaluation was used for field survey. The criteria to be scored are threat level determined according to IUCN categories; Rarity of species calculated as frequency of 10×10 km grid squares where the species occurs; Endemicity was determined according to Key of Georgian Flora (Ketskhoveri, 1959), the herbarium data and preliminary investigation on fields. Gene pool and taxon group identification was related to molecular study of pear species (Asanidze *et al.*, 2014).

RESULTS AND DISCUSSION

Pyrus caucasica grows in the Caucasus. It is relict and endemic species to the Caucasus. This species is a tree, 20-25 (30) m tall, with a broadly pyramidal or oval crown having numerous prickles when young. The bark on the stem and older branches has deep longitudinal cracks; sometimes the bark peels in large strips or flakes. Young offshoots are greenish or dark brown with a few small, light lenticels. Leaves are 3-5 cm long and 2.5-4.5 cm wide, orbicularovate, ovate or oval, with a short sharp tip and a broadly cuneate, rounded or slightly cordate base. The leaves on young plants are sharply serrated on all edges and non-pubescent; those on adult plants are smooth-edged and pubescent only near the edges. Flowers are 2.5-3.5 cm in diameter, assembled in inflorescence of 5-8 flowers. Petals are white or pinkish. Fruits are 1.5-3 cm in diameter, for the most part round or

sometimes pyriform, yellow or green-yellow, non-rusty, with residual sepals. Pulp is white or greenish-white, sour-sweet, astringent and bitter, with a large number of seeds, darkening at maturity, edible after seasoning. This species is entomophilous. It is zoochore. Blossoms in April-May; fruits ripen in late July-September. Chromosome number: $2n = 34$.

This species is a mesophyte. It occurs everywhere in the woodlands of the Caucasus, in mountainous and flat areas with sufficient moisture, often along river valleys. Caucasian pear grows up to elevations of 1,500-1,600 (1,900) m above sea level. The plant prefers light (sandy), medium (loamy) and heavy (clay) soils, requires well-drained soil and can grow in heavy clay soil. It can grow in semi-shade (light woodland) or no shade. Dislikes very exposed positions. Established plants are drought tolerant. A very hardy plant tolerates to temperatures down to below -15°C . Plants often sucker and can form dense thickets. There are many varieties of cultivated pears and they are widely cultivated in the temperate zone for their edible fruits. By selection of varieties fresh fruits can be obtained from late July-April or May of the following year. Seed - best sown in a cold frame as soon as it is ripe in the autumn, it will then usually germinate in mid to late winter. Stored seed requires 8-10 weeks cold stratification at 1°C and should be sown as early in the year as possible. Temperatures over $15-20^{\circ}\text{C}$ induce a secondary dormancy in the seed. Prick out the seedlings into individual pots when they are large enough to handle and grow them on in light shade in a cold frame or greenhouse for their first year. Plant them out in late spring or early summer of the following year.

The applied scoring system to CWR of *P. caucasica* individuals was selected according to the criteria, such as threat level, rarity, endemism and GP/TG and concepts determined as high score (21) for this species (Table 2).

The highest score 10 on GP/TG legend confirms very closely relation of wild Caucasian pear with Georgian landraces by morphometric and molecular analysis using SSR markers. The domesticated group from *P. caucasica* is determined for 15 Georgian landraces: *Akiro*, *Bebani*, *Borbala*, *Kartuli mskhali*, *Khinos mskhali*, *Korda*, *Kvichicha*, *Majara*, *Nenes mskhali*, *Panta mskhali*, *Samariobo*, *Shakara*, *Shav mskhali*, *Tavre juli*, *Tsvrili mskhali* (Akhalkatsi *et al.*, 2012; Asanidze *et al.*, 2014).

Wild Caucasian pear is used as a food (fruit) and for preparing of alcohol schnapps *Araki*. It is a progenitor of many Georgian pear landraces. Threat assessment of this species is related to wood cutting and habitat disturbances, which might threaten this species. *P. caucasica* should be declared as species of high economic value as wild relative of edible plants. *Ex situ* conservation of this species will be effective to collect

Table 2: Scoring system of *P. caucasica*

Legends and status	Score
Threat (IUCN)	
Near threatened	2
Rarity	
Present in 6-20 10×10 km	4
Endemism	
Only in the caucasus	5
GP1+2	
Gene pool 1b/Taxon group 1b	10
Sum	21

seeds and keep in seed banks. The local population and governmental bodies responsible for the nature protection should be informed about high conservation value of this species. Monitoring of the number of individuals in populations should be undertaken.

Thus, the results of this study have shown that some Georgian pear landraces are direct domesticated from the native wild pear species *P. caucasica*. The other local cultivars might be obtained due to selective works by breeding of local landraces with introduced cultivars from different countries in historically different periods. The molecular study of these taxa has clear in more details origin of these cultivars (Asanidze *et al.*, 2014). The results confirm the hypothesis that some local pear cultivars of Georgia are directly domesticated from the endemic and relict wild Caucasian pear species *P. caucasica*.

REFERENCES

- Akhalkatsi, M., J. Ekhvaia and Z. Asanidze, 2012. Diversity and Genetic Erosion of Ancient Crops and Wild Relatives of Agricultural Cultivars for Food: Implications for Nature Conservation in Georgia (Caucasus). In: Perspectives on Nature Conservation-Patterns, Pressures and Prospects, Tiefenbacher, J. (Ed.), InTech, Rijeka, Croatia, pp: 51-92.
- Asanidze, Z., M. Akhalkatsi, A.D. Henk, C.M. Richards and G.M. Volk, 2014. Genetic relationships between wild progenitor pear (*Pyrus* L.) species and local cultivars native to Georgia, South Caucasus. Flora-Morphol. Distrib. Funct. Ecol. Plants, 209: 504-512.
- Javakhishvili, I., 1930. Economic History of Georgia. Kartuli Tsigni, Tbilisi, (In Georgian).
- Ketskhoveri, N., 1959. Vegetation of Georgia. Academy Science Georgia, Tbilisi, (In Georgian).
- Khomizurashvili, N., 1973. Horticulture of Georgia. Metsniereba, Tbilisi, (In Georgian).
- Maxted, N., E. Dulloo, B.V. Ford-Lloyd, J.M. Iriondo and A. Jarvis, 2008. Gap analysis: A tool for complementary genetic conservation assessment. Diversity Distribut., 14: 1018-1030.

- Nakhutsrishvili, G., 2013. The Vegetation of Georgia (Caucasus). Springer, Berlin.
- Tarkhnishvili, D., A. Gavashelishvili and L. Mumladze, 2012. Palaeoclimatic models help to understand current distribution of Caucasian forest species. *Biol. J. Linn. Soc.*, 105: 231-248.
- Vavilov, N.I., 1992. Origin and Geography of Cultivated Plants. Cambridge University Press, Cambridge, UK., ISBN: 0-521-40427-4.
- Volk, G.M., C.M. Richards, A.D. Henk, A.A. Reilley, N.V. Bassil and J.D. Postman, 2006. Diversity of wild *Pyrus communis* based on microsatellite analyses. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 131: 408-417.