

**АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА**

*На правах рукописи*

**БИОЭКОЛОЧЕСКОЕ И ФИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ГРАНАТА ОБЫКНОВЕННОГО (*PUNICA GRANATUM L.*),  
РАСПРОСТРАНЕННОГО В НЕКОТОРЫХ РАЙОНАХ  
АЗЕРБАЙДЖАНА**

Специальность: 2432.01 – «Биологические ресурсы»

Отрасль науки: Биологические науки

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени

доктора философии по биологии

Соискатель:	Зейналова Айдан Мирза кызы
Научный руководитель:	Доктор биологических наук, проф. Новрузов Эльдар Новруз оглы

БАКУ – 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1. Ботаническое описание и биоэкологические особенности <i>Punica granatum</i> L.....	11
1.2. Происхождение, таксономия и систематика граната обыкновенного .....	15
1.3. Химический состав, биологическая активность и использование граната обыкновенного в медицине и пищевой промышленности .....	21
ГЛАВА II. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	27
2.1. Рельеф и геологическая структура .....	27
2.2. Почвенный покров .....	29
2.3. Климат .....	33
2.4. Растительность .....	35
ГЛАВА III. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	39
3.1. Объект и материалы исследования.....	39
3.2. Методы ботанических исследований.....	40
3.3. Методы биохимического анализа .....	45
3.4. Метод исследования антиоксидантной активности с помощью ДФПГ-теста.....	47
3.5. ГИС-технологии в картировании зарослей дикорастущего граната .....	48
ГЛАВА IV. ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ <i>PUNICA GRANATUM</i> L. В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.....	49
4.1. Фенологические особенности дикорастущего граната .....	49
4.2. Фитоценотическая характеристика и анализ состояния ценопопуляций граната обыкновенного .....	60
4.3. Биометрические показатели граната обыкновенного в различных фитоценотических условиях .....	77

ГЛАВА V. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ ГРУПП БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ И ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ГРАНАТА ОБЫКНОВЕННОГО.....	80
5.1. Особенности жирно-кислотного состава липидов масла семян граната обыкновенного .....	80
5.2. Качественный состав и количественное содержание органических кислот и сахаров в плодах дикорастущего граната.....	85
5.2.1. Количественное содержание витамина С в соке плодов граната обыкновенного .....	92
5.3. Количественное содержание танина в различных органах <i>P. granatum</i> ....	94
5.4. Качественный состав и количественное содержание фенольных кислот в различных органах граната обыкновенного.....	104
5.5. Фенольные соединения сока плодов из различных популяций <i>Punica granatum</i> L.....	108
ГЛАВА VI. ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНОВ <i>PUNICA GRANATUM</i> L. В РЕАКЦИИ С ДФПГ ..	119
6.1. Сравнительное исследование антиоксидантной активности различных экстрактов <i>P. granatum</i> L.....	119
ГЛАВА VII. ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В ОЦЕНКЕ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА И СЫРЬЕВОЙ ЦЕННОСТИ ЗАРОСЛЕЙ ДИКОРАСТУЩЕГО ГРАНАТА .....	126
7.1. Ресурсная характеристика зарослей дикорастущего граната.....	127
7.2. Геопространственные данные.....	128
7.3. Охрана вида .....	133
ВЫВОДЫ .....	138
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	140
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	141
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	167

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и степень изученности темы. Настоящий период развития медицины характеризуется значительным подъемом интереса к лекарственным растениям и лекарственным средствам на их основе. Более 40% лекарственных препаратов, применяемых в мировой фармацевтической практике, получают из растительного сырья. Это связано с тем, что средства растительного происхождения, которые по своим структурным особенностям близки к естественным метаболитам организма, не токсичны и могут применяться в течение длительного времени, не вызывая побочных явлений [41, с. 51-52; 52, с. 192-197].

Одним из источников сырья для получения лекарственных средств может служить дикорастущий гранат - *Punica granatum* L. С древних времен гранат считается полезным растением, обладающим многими лечебными свойствами [120, р. 28-35]. Растение применяется в народной медицине для устранения паразитов, лечения язв, диареи, ацидоза, дизентерии, кровоизлияния, микробных инфекций, респираторных патологий, при желудочно-кишечной инфекции, кровотечениях и заживлении ран и в качестве жаропонижающего средства [138, р. 364-372; 231, р.1-13]. Большинство из вышеперечисленных полезных свойств граната обусловлено присутствием в его составе биологически активных веществ (БАВ), таких как флавоноиды, эллаготаннины, главным образом пуникалагин, эллаговая кислота и пуникалины [148, р. 1799-1814; 159, р. 807-821; 199, р. 247-253].

Несмотря на высокое содержание в составе дикорастущего граната биологически активных и питательных веществ (ПВ), широкий спектр их фармакологического действия, достаточный запас растения на территории нашей республики и его широкую изученность за рубежом, число отечественных исследовательских работ по изучению биологии, химического состава и

биологической активности растения не велико. Работы велись в основном по изучению химического состава различных сортов граната, сохранению генофонда и касательно культуры растения [5, s. 80-82; 6, s. 11-35; 9, s.4-7; 11, с. 8-10; 13, с. 74; 14, с. 15-17; 19, с. 8-9; 20, с. 54-58; 24, с. 20-28; 25, с. 1-7; 59, 117 с.; 84, с.14-17; 145]. Некоторые сведения, касающиеся фенологии и химического состава дикорастущего граната, произрастающего в Азербайджане, приводятся в работе Г.А. Нестеренко и А.Д. Стребковой [72, 56 с.]. Р.К. Алиев [15, с. 16-18] уделял большое внимание определению содержания в несъедобной части дикорастущего граната пектина. Следует указать на работу Е.В. Сапожниковой [80, с. 33-34], которая установила, что в плодах дикорастущего граната имеется значительное количество лимонной кислоты. И.А. Дамиров и Р.К. Алиев занимались вопросами исследования получения лимонной кислоты из плодов дикорастущего граната. Согласно их сведениям в плодах дикорастущего граната содержится от 4 до 9 % лимонной кислоты. Именно данными авторами впервые в Азербайджане было осуществлено промышленное получение лимонной кислоты из плодов дикорастущего граната. Этими авторами были также обнаружены эффективные бактерицидные и бактериостатические свойства ряда красильных растений, в том числе и кожуры дикорастущего граната [16, с. 20-22; 42, с. 33-38]. Однако, в отечественной литературе отсутствуют данные по варьированию морфометрических, фенологических, ценологических признаков, биохимических показателей и биологической активности отдельных органов дикорастущего граната в различных местах произрастания растения. В связи с этим, мы решили провести ряд исследовательских работ с целью изучения накопления БАВ и ПВ в различных органах растения с использованием современных методов химического анализа; выявить антиоксидантную активность (АОА) различных органов дикорастущего граната для научного обоснования возможности его использования; выявить взаимосвязь между накоплением БАВ и эколого-фитоценологическими условиями произрастания растения и провести картирование зарослей с целью оценивания их ресурсного потенциала и сырьевой ценности.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования служил дикорастущий гранат и различные органы растения, а предметом исследования было изучение биоэкологических, биохимических и биоактивных свойств растения.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы явилось изучение биологических особенностей, химического состава и биологической активности различных органов *P.granatum*, произрастающего в некоторых районах Азербайджана.

Для достижения указанной цели предполагалось решение следующих задач:

- Изучить особенности распространения дикорастущего граната в некоторых районах Азербайджана.
- Установить фенологические стадии развития дикорастущего граната и показать особенности роста и развития одного вида в разных зонах произрастания.
- Исследовать структуру и состояние ценопопуляций *P.granatum*, с учетом параметров ценопопуляционных характеристик.
- С помощью современных химических, хроматографических и спектральных методов провести анализ БАВ и ПВ в различных органах дикорастущего граната с целью установления их качественного состава и количественного содержания.
- Определить антиоксидантную активность отдельных органов дикорастущего граната.
- Изучить влияния эколого-ценотических условий на изменчивость ресурсных, биометрических, фитохимических показателей и антиоксидантной активности различных органов *P.granatum*.
- Провести картирование зарослей дикорастущего граната с целью оценивания их ресурсного потенциала и сырьевой ценности.

Методы исследования. В работе использованы современные хроматографические и спектральные методы химического анализа вместе с

традиционными методами ресурсоведения и геоботаники. Описание стадий генеративного и вегетативного развития и название фенологических кодов приведены в соответствии с идентификационными ключами стадий роста международной десятичной кодирующей системы ВВСН (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry - Федеральное агентство по вопросам окружающей среды и химической промышленности). Качественный состав и количественное содержание БАВ и ПВ определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), выявление АОА методом ДФПГ-теста. Создание ресурсных карт проводили на основе программного обеспечения ArcGIS. Статистическую обработку данных проводили в MS Excel 2010. Односторонний ANOVA с последующим апостериорным тестом Тьюки ( $p < 0,05$ ) использовали для сравнения химических компонентов в разных образцах. Тепловая карта и анализ биплота PCA (Principal component analysis – Анализ главных компонент) были выполнены с помощью программного обеспечения ClustVis.

Основные положения, выносимые на защиту:

- Изучение фенологических особенностей и запаса дикорастущего граната в различных условиях произрастания;
- Проведение оценки ценопопуляций дикорастущего граната в различных эколого-ценотических условиях и составление онтогенетических спектров ценопопуляций;
- Выявление количественного содержания и качественного состава основных групп биологически активных и питательных веществ дикорастущего граната;
- Установление закономерностей изменения количественного содержания и качественного состава различных питательных и биологически активных веществ в зависимости от эколого-ценотических условий;
- Применение ГИС-технологий в картировании зарослей дикорастущего граната с целью оценивания их ресурсного потенциала и сырьевой ценности в соответствии с результатами многокритериального анализа

и провести последующую визуализацию районов, являющихся наиболее перспективными для заготовки сырья.

Научная новизна. Впервые с применением современных хроматографических и спектральных методов всесторонне изучен химический состав различных органов *P.granatum*, произрастающего в некоторых районах Азербайджана. В жирно-кислотном составе масла семян установлено наличие 9 высших жирных кислот, из них доминируют пуниковая кислота (79,64%). Установлено, что основной органической кислотой сока является лимонная кислота, составляющая приблизительно 98% от общего количества всех кислот. В составе сока были обнаружены глюкоза (47.3 г/л) и фруктоза (60.3 г/л). Среди идентифицированных антоцианов пеларгонидин-3-глюкозид являлся преобладающим пигментом кожуры, а пеларгонидин-3,5-диглюкозид – лепестков граната. В сумме антоцианов установлено 5 производных цианидина. Наиболее распространенным мономерным полифенолом кожуры и лепестков растения являлся эпикатехин. Установлено, что состав и содержание различных групп БАВ в соке образцов *P.granatum* из различных мест произрастания обусловлены почвенно-климатическими факторами среды. Образцы P.g. 5, P.g. 6, P.g. 7, которые были собраны из районов с жарким климатом и засоленными почвами содержали высокое количество антоцианов и пуникалагина, а образцы P.g. 3 и P.g. 4, собранные из регионов с умеренным климатом и темными суглинистыми почвами отличались высоким содержанием эллаговой кислоты и ее гликолизированного производного. Впервые проведена оценка состояния ценопопуляций дикорастущего граната в различных эколого-ценотических условиях, по результатам которой составлены онтогенетические спектры ценопопуляций. Выявлено, что наиболее угрожаемое состояние у ЦП XIV, популяция является стареющей и неустойчивой. Впервые с применением идентификационных ключей десятичной кодирующей системы ВВСН были описаны стадии развития граната, определены сроки прохождения фенофаз, составлен фенологический спектр и проведен эколого-фенологический анализ. Впервые применено программное обеспечение Esri ArcGIS Desktop 10.2 в



картировании зарослей дикорастущего граната с целью оценивания их ресурсного потенциала и сырьевой ценности и с последующей визуализацией районов, являющиеся наиболее перспективными для заготовки сырья. Результаты позволили выявить образцы с высокими качественными характеристиками плодов и достаточным запасом (Р.г.1, Р.г. 2, Р.г. 6) для потенциального коммерческого производства лекарственных, косметических продуктов, а также пищевых добавок на основе этого растения. Проведена оценка форм как селекционного материала, по результатам которой шесть форм, а именно Р.г.1, Р.г.3, Р.г.4, Р.г.5, Р.г.6, Р.г.7 отобраны для введения в культуру.

Научная и практическая значимость работы. Полученные экспериментальные данные расширяют сведения о химическом составе различных органов дикорастущего граната, ее биологической особенности, ресурсоведческой характеристике, а также пищевой и лекарственной ценности. Данные о местонахождении вида и по запасу плодов служат основой для планирования заготовки плодов в исследованных районах. Анализ ценопопуляций дикорастущего граната позволил составить представление об особенностях возрастной структуры ценопопуляций. С помощью результатов многокритериального анализа программного обеспечения ArcGIS стало возможным установление взаимосвязи между накопления БАВ в различных органах дикорастущего граната в зависимости от эколого-фитоценологических факторов, а также используя показатель сырьевой ценности района (ПСЦР) учитывать не только запас сырья, но и содержание в нем биологически активных веществ и таким образом, визуализировать районы наиболее перспективные для заготовки того или иного вида сырья. Результаты нашего исследования показывают, что дикорастущие образцы граната в Азербайджане являются многообещающими источниками биоактивных метаболитов, и могут быть использованы в селекционной работе в качестве исходного материала для создания сортов граната с высокими питательными и лечебными свойствами и для улучшения устойчивости коммерческих сортов, выращиваемых в суровых условиях. Полученные данные дали возможность выявить образцы с высокими

качественными характеристиками плодов для потенциального коммерческого производства лекарственных, косметических продуктов, пищевых добавок на основе этого растения. Материалы диссертации могут быть использованы для мониторинга состояния дикорастущего граната в Азербайджане, в учебном процессе при чтении лекций по дисциплинам «Ботаника», «Экологическая биохимия», «Ресурсоведение», а также при подготовке новых изданий «Флора Азербайджана» и «Красная книга». Собранные гербарные материалы пополнили Гербарный Фонд Института ботаники НАН Азербайджана.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы были доложены на XIX Международном Ботаническом Конгрессе (Китай, 2017); на международной конференции по влиянию климатических изменений на биоразнообразии растений (Баку, 2017); на конференции, посвященной 90-летию академика В.Гаджиева (Баку, 2018); на симпозиуме, посвященной 120-летию академика В.И. Ульянищева (Баку, 2018); на конференции молодых ученых и студентов, посвященной 90-летию академика Д.А.Алиева (Баку, 2018); на международной научно-практической конференции «World Science: Problems and Innovations» (Пенза, 2021).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 16 научных работ, три из них являются рецензируемыми статьями.

Диссертационная работа выполнена в отделе «Растительные ресурсы» Института ботаники Национальной Академии Наук Азербайджана, испытательной лаборатории «ТестЛаб» Грузинского Аграрного Университета, флорентийском отделении Института устойчивой защиты растений Национального исследовательского совета Италии.

Структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 182 страницах, содержит 17 таблиц и 56 рисунков. Список использованной литературы включает 260 наименований. Диссертация состоит из введения, семи глав, выводов, практических рекомендаций, списка литературы и приложения.

## **ГЛАВА I**

### **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

## 1.1. Ботаническое описание и биоэкологические особенности *Punica granatum* L.

Гранат обыкновенный (*Punica granatum* L.) – небольшое дерево или кустарник, не превышающий 1,5-4 (5) м высоты [92, с. 331-335]. Вид занесен в Красную книгу Азербайджана с категорией «уязвимый» и статусом «VU», в Красной книге МСОП охранный статус растения «LC» - находится под наименьшей угрозой [2, 675 с.].

Укороченные супротивные ветви граната часто превращаются в шипы. В начале своего развития ветви граната зеленые, впоследствии – серые, серовато-коричневые, заканчивающиеся игловидным шипом. Древесина плотная, светло-желтая, с темноокрашенной сердцевиной. Кора пепельного цвета, по мере старения растрескивается и приобретает более темную окраску [72, 56 с.].

Корневая система граната развита хорошо и представлена разветвленными мочковатыми, отходящими горизонтально корнями, равными или превосходящими проекции кроны надземной части куста. Обычно корневая система размещена в верхних слоях почвы на глубине 20-80 см, отдельные корни уходят вглубь почвы до 2-3 м [18, 256 с.]. Б.С. Розанов [79, 224 с.] отмечает, что в засушливых условиях корневая система граната очень пластична, при недостатке влаги она имеет тенденцию к углублению. Г.М. Левин обнаружил, что корневая система дикого граната очень пластична, и выделил две группы скелетных корней, растущих горизонтально (на расстояние до 3-10 м) и вертикально (на глубину до 2-3 (8.5) м) [66, с. 185-211].

Гранату, как настоящему кустарнику, свойственно наличие ксилоподия – одревесневшего подземного стебля. Ксилоподий выполняет функции вегетативного возобновления и хранилища запасных ассимилятов и является своеобразным гарантом сохранения растения при старении надземной части и периоды действия неблагоприятных и критических факторов среды (засухи, морозы), а также буфером, аккумулирующим основную массу поступающих из

почвы токсических солей и предотвращающим тем самым их интенсивный приток в надземные органы. В природных условиях ксилоподий появляется в возрасте 10 лет [67, с. 185-211].

Г.М. Левин, при изучении побегов дикорастущего граната указывает, что они подразделяются на ряд групп: 1) по величине – удлиненные (долихобласты); укороченные (брахибласты) колючки; 2) по срокам появления – весенние, летние, осенние; 3) по характеру развития – вегетативные, генеративные: а) специализированные – из зимующих цветковых почек, б) неспециализированные – образующиеся на одно- и двулетних ветвях, в) образующиеся на побегах 2-3-го и других порядков, возникших в текущем году [66, с. 185-211].

Почки у граната реповидные, коричнево-зеленые, мелкие, до 0.2 см [46, 695 с.]. Листовые почки растения тонкие, удлиненные, цветочные – округлые [72, 56 с.]. Для почек граната характерен тропический тип развития, и они не нуждаются в периоде воздействия низких температур для перехода к генеративному развитию. Почки граната подразделяются на ряд групп: 1) незимующие – терминальные и пазушные цветковые; 2) зимующие один год – зимующие цветковые, псевдотерминальные и пазушные вегетативные, покоящиеся цветковые, покоящиеся пазушные вегетативные, придаточные; 3) зимующие более одного года – покоящиеся пазушные вегетативные, спящие пазушные вегетативные, покоящиеся придаточные почки.

Листья растения супротивные, блестящие, кожистые, эллиптические или продолговато-ланцетные, цельнокрайные с выдающейся снизу срединной жилкой, опадающие [72, 39 с.; 90, с. 331-335]. На старых ветвях листья расположены пучками [72, 56 с.].

Цветки граната диморфные, одни из них с развитым пестиком и недоразвитыми тычинками, другие – с многочисленными тычинками и недоразвитым пестиком [18, 256 с.]. Крупные, кувшиночные цветки, с хорошо развитой завязью и столбиком, называются длиннопестичными. Более мелкие цветки, колокольчатые, с большим количеством развитых тычинок, но с недоразвитой завязью, называются короткопестичными [46, 695 с.]. Цветки

правильные с вогнутым цветоложем, в глубине которого находится сросшаяся завязь [72, 56 с.]. Чашечка красная, с 5-8 толстоватыми, широко треугольными лопастями [90, с. 331-335]. Венчик ярко-красный. Лепестки, как и тычинки, прикреплены в зеве чашечки, на внутренней поверхности трубки. Столбик один, у основания сильно утолщен, оканчивающийся шаровидным, желтовато-зеленым рыльцем. Завязь нижняя, по всей длине сросшая с цветоложем, многогнездная, с 2 (реже с одним и очень редко с 3) этажами, или ярусами, гнезд, из которых нижний – с угловой плацентацией, верхний – с париетальной [66, с. 185-211]. Тычинок много, пыльники желтые. Плодолистики – сросшиеся парами двухъярусно. Семязачатки многочисленные на каждой плаценте, анатропные. Цветки чаще всего одиночные, с 7-8 пунцовыми лепестками [46, 695 с.]. Цветки на ветвях первого, второго года и более старших возрастов расположены одиночно, а на верхушке побегов – пучками [72, 56 с.].

Период интенсивного роста граната предшествует периоду цветения [46, 695 с.]. При формировании кроны куста граната, вначале возникают побеги формирования, образующие сам куст, а следом в течение ряда лет на этих побегах формирования образуются системы вегетативных побегов ветвления – разветвленных побегов, возникающих из одной почки возобновления, включающих 1-4 прироста годичного побега и систему из 1-3 порядков ветвления силлептических и пролептических побегов. Рост порослевых побегов менее зависит от условий внешней среды, его интенсивность флюктуирует, наблюдаются 1-6 максимумов в течение вегетации [66, с. 185-211].

К началу массовой бутонизации возникает большое число цветоносных побегов на брахибластах, имевших зимой вегетативный конус нарастания. Позднее цветоносные побеги появляются на долихобластах, выросших в предыдущем году [66, с. 185-211].

Плод – гранатина – нижний ягодообразный плод с наружным кожистым околоплодником, более или менее шаровидной формы [66, с. 185-211]. Плоды дикорастущего граната в Азербайджане разнообразны: крупные, округлые, до 10 см в диаметре, шаровидные, несколько приплюснутые у вершины, гладкие, ярко-

красные или желтоватые, при созревании с различающимся румянцем. Реже встречаются грязно-зеленые плоды. Внутри плод наполнен темно-красными или розоватыми зернами, с тонкой прозрачной пленкой, под которой находится сочная нежная мякоть с единственным семечком в центре. Околоплодник разделен на ячейки, похожие на соты, и отделены одна от другой тонкими перегородками. В ячейках тесно сидят зерна [59, 117 с.].

По вкусу плоды бывают кислые и сладкие, по величине – мелкие и крупные, по срокам созревания – ранние и поздние [18, 256 с.].

Гранат вступает в плодоношение в трехлетнем возрасте. Полное плодоношение наступает с 7-8 лет. Активный период плодоношения продолжается до 30 лет, а при более благоприятных условиях – до 40 лет и более. Предельный возраст растения составляет 50-70 лет [72, 56 с.].

Гранат нетребователен к почвам, и его можно встретить на песчаных, щебенчатых, тяжелоглинистых почвах, но наиболее сильного развития достигает на глубоких, плодородных, суглинистых почвах с легкой подпочвой [72, 56 с.].

Гранат можно отнести к макротермам, жаростойким растениям, выносящим температуру воздуха до  $+46-48^{\circ}$  С в сочетании с горячими сухими ветрами. Гранат не морозостоек. В природных условиях он подмерзает в различной степени при температурах  $-11-18^{\circ}$  С [66, с. 185-211].

## **1.2. Происхождение, таксономия и систематика граната обыкновенного**

Родовое название - *Punica* L. гранат унаследовал от древнего народа пуннов, населяющих область финикийской колонии Карфагена, откуда плоды

граната впервые были завезены в Европу [59, 117 с.]. Первоначально гранат был известен как *Malum punicum*, яблоко Карфагена. Но Линней выбрал текущее название, с конкретным эпитетом *granatum*, что означает зернистый. Поэтому его название в Соединенных Штатах переводится как «зернистое яблоко» [145].

Согласно Дж. Мортону, родиной граната считается регион, охватывающий территории с Ирана до северной Индии [201, р. 356-363]. М. Марс [186, р. 55-62] предполагает, что лишь малая часть Ирана считается родиной граната. Сегодня дикие гранаты растут в Центральной Азии от Ирана и Туркменистана до северной Индии. Согласно Вавилону происхождение граната берет свое начало на Ближнем Востоке. А. Гоор и Дж. Либерман определили юго-западную Азию в качестве центра происхождения граната [160, р. 5-57].

Согласно Г.М. Левину [63, с. 11-15], существуют три мегацентра (первичный, вторичный и третичный) и пять макроцентров (Ближневосточная, Средиземноморская, Восточная Азия, Америка и ЮАР) происхождения и генетического разнообразия граната. Первичный, который является средним восточным мегацентром, является регионом в пределах естественной среды обитания граната (Иран, Афганистан), который был включен Н.И. Вавиловым в передне-азиатский центр происхождения и эволюции культурных растений. Вторичные мегацентры (средиземноморская и восточно-азиатская) были сформированы в процессе введения граната на восток и запад. Автор утверждает, что гранат был введен из Средиземноморского региона в остальную часть Азии, Северной Африки, Европы и на Индийский полуостров, где, как сообщается, он был выращен в Индонезии в 15 веке.

Д.В. Стилл [232, р. 199-209] утверждает, что вероятный предшественник граната имеет очень схожий вид на интродуцированную форму, но основное различие между дикорастущим и одомашненной формой граната заключается в размере плодов, хотя одомашнивание привело также к увеличению количества семян.

Культура граната началась еще в доисторические времена. Интродуцирование граната началось приблизительно в эпоху неолита [63, с. 11-

15]. По мнению Зохари и П. Спизгель-Роя, одомашнивание граната началось в Закавказско-Каспийском регионе и на севере Турции [260, р. 319]. Доказательства использования граната на Ближнем Востоке датируются более 5000 лет назад. Гранатовые артефакты и реликвии, датируемые 3000 годом до нашей эры, были найдены в Египте, Израиле и Месопотамии [158, р. 5-57]. Ископаемые остатки растения найдены и в Азербайджане в отложениях Акчагыльского яруса плиоценового времени [17, с. 30-32]. Согласно Рагимову Х.Ш. о культуре граната в Азербайджане с древнейших времен, свидетельствуют данные палеонтологических исследований, археологических раскопок, согласно которым остатки граната были найдены в кувшинном погребении IV-I века до н.э. [78, 19 с.].

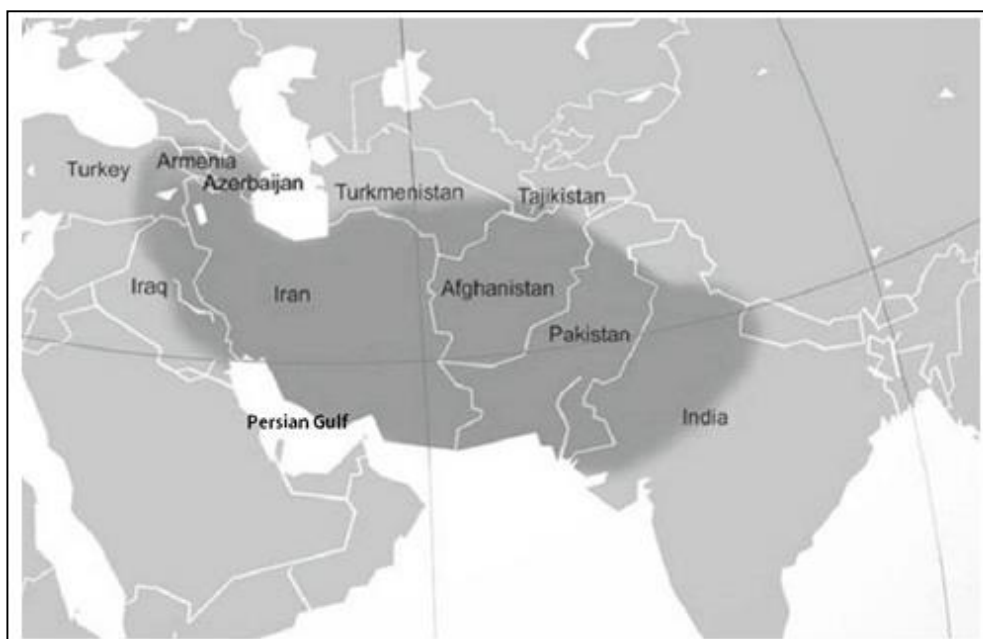
Гранат – характерный вид и представитель флоры Области Древнего Средиземья; конечный результат и аутсайдер эволюции одной из филогенетических ветвей *Myrtales*; брадителический вид, эволюционно неперспективный; первично филогенетически монотипный род; персистентный экологически прогрессивный третичный реликт, возникший в результате сальтационного видообразования, протекавшего по островному типу, скорее всего в горах; стабилизированный и специализированный вид с относительно простой внутренней структурой и разными уровнями проявления гетеробатмичности, не имеющий в природе внутривидовых ареальных единиц; амфимиктический вид, включающий элементы клонального вида; скорее, стенобионтный вид с элементами эврибионтности, типовый вид семейства гранатовых – тупиковой ветви эволюции, относимый к числу видов с максимальным естественным сроком существования – 50-70 млн. лет, который, по крайней мере, вдвое превышает среднее время жизни видов многих кустарников покрытосеменных; В гранате объединились достаточно противоположные качества: реликтивность, персистентность, неконкуретоспособность, наличие довольно обширного ареала, приуроченность в основном к аридной зоне, и тяготение к мезофильным условиям [66, с. 185-211].



Согласно О.П. Кулькову [61, 192 с.], род *Punica* относится к древнему растительному типу, свойственному еще третичному периоду. Ископаемые остатки рода найдены в олигоцене и плиоцене на юге Франции и в Азербайджане. Археологические раскопки обнаружили окаменелые листья, ветви и семена граната в древних памятниках Азербайджана, Средней Азии и Египта [109, р. 165-169]. Углеродистые обломки гранатовых окорок, датированных ранним бронзовым веком, были найдены в Иерихоне и Араде (Израиль), в Нимроде, Ливане в Египте, а в Средиземноморском регионе - в остальной Азии, Северной Африке и Европе [232, р. 199-209]. Гранаты были перенесены на индийский полуостров из Ирана примерно в первом веке н.э. Греки и империи-преемники распространили гранат по всей Европе. Испанские моряки ввезли гранаты в Новый Свет, а испанские миссионеры-иезуиты в Мексику и Калифорнию в 1700-х годах [158, р. 5-57].

Способность гранатовых деревьев приспосабливаться к различным климатическим условиям отражается в широком распространении дикой формы на всей Евразии до Гималаев [63, с. 11-15] (Рис.1.2.1).

Гранат принадлежит отделу *Myrtales* и, скорее всего, происходит от *Saxifragales*. Семейство *Lythraceae*, вероятно, было начальной формой, которая дало начало семействам *Sonneratiaceae* и *Punicaceae* [106, р. 399-436]. Род *Punica* L., впервые описанный К. Линнеем в 1753 году, имел тропических предков, близких к *Lythraceae* и *Sonneratiaceae* [184, 472 р.].



**Рисунок 1.2.1 Карта распространения дикорастущего граната, показывающая происхождение граната [196, р. 356-363].**

Соглансо В.Н. Косенко арогенез (морфофизиологический прогресс) граната обусловлен эволюцией по ксеро- и криофильным линиям развития. *Punicaceae* является моногенным семейством, которое содержит один род *Punica*, с двумя видами: *P. granatum* L. и *P. protopunica* Balf. f., (syn. *Socotria protopunica*, *P. spinosa*, *P. florida*). Второй вид - *P. protopunica*, встречается только на острове Сокотра Аравийского полуострова и считается предковым видом или независимой эволюционной ветвью [178, р. 39-41]. В *P. protopunica* хромосомный набор составляет  $2n = 14$ , таким образом, гаплоидное число хромосом в семействе *Punicaceae* составляет  $n = 7$ , которое можно рассматривать как более примитивную характеристику с эволюционной точки зрения, тогда как число хромосом  $n = 8$  в роде *Punica* является показателем развития [63, с. 11-15].

Б.С. Розанов [79, 224 с.] разработал внутривидовую классификацию граната, положив в основу классификации разнообразие плодов, выделил два подвида: 1. Subsp. *chlorocarpa* V.R. – зеленозавязный с двумя разновидностями: var. *viridicolla* V.R. – зеленошейковая и var. *rosaecolla* V.R. – розовошейковая. В эту группу отнесены, наряду с некоторыми культурными сортами, все формы

дикорастущего граната. 2. Subsp. *porphyrocarpa* B.R. – краснотавроузский, также с двумя разновидностями. Сюда относятся только культурные сорта. Анализ зеленошейковой группы позволяет сделать вывод о том, что самыми древними считаются формы зеленоузкового подвида зеленошейковой разновидности. *P. nana*, другая форма *P. granatum*, часто рассматривается как третий вид в роде *Punica* [46, 695 с.].

Многие ботаники исследовали систематику рода и семейства гранат и по своему толковали его месторасположение в систематике высших растений. Результаты их исследований приведены в таблице 1.2.1.

**Таблица 1.2.1.**

**Таксономическое положение рода *Punica* в разных классификационных системах [220, р. 19-25].**

Система Бентама и Гукера (1862–1883)	Система Энглера (Мельхиор, 1964)	Система Далгрена (1980)	Система Кронквиса (1981)	Система Юнга (Беделл и Ривилл, 1982)	Система Торна (1983)	APG II (2003)
Dicotyledons	Dicotyledoneae	Dicotyledoneae	Magnoliopsida	Magnoliopsida	Dicotyledoneae	Magnoliopsida
Polypetalae	Rosidae	Myrtiflorae	Rosidae	Rosidae	Myrtiflorae	Rosidae
Calyciflorae	Myrtiflorae	Myrtales	Myrtales	Myrtanae	Myrtales	Myrtales
Myrtales	Myrtineae	Lythraceae	Punicaceae	Myrtales	Lythrineae	Lythraceae
Lythraceae	Punicaceae	<i>Punica</i> L.	<i>Punica</i> L.	Lythraceae	Lythraceae	<i>Punica</i> L.
<i>Punica</i> L.	<i>Punica</i> L.			<i>Punica</i> L.	<i>Punica</i> L.	

Род *Punica* первоначально был включен в семейство *Myrtaceae*. Однако, Г. Бентам и Дж. Гукер возражали против включения *Punica* в *Myrtaceae* на том основании, что у него нет желез на листьях и в нижних кардинальных жилках, и его чашечка является валватом. Они включали *Punica* как аномальный род в семейство *Lythraceae*. Ч.Р. Меткалф и Л. Чалк [194, 660 р.] также поддерживали идею о включении *Punica* в *Lythraceae* из-за его сходства в анатомических

структурах, особенно наличие интерксилярной флоэмы. Однако, исходя из морфологических признаков, такие как объединение яичника с сосудом тамамуса и уникальной морфологией плода (балуста), было предложено включение рода *Punica* в отдельное семейство *Punicaceae* [200, p. 136-140]. Отличительные особенности рода *Punica*, такие как плоды с кожаными перикарпом, мясистые семена с съедобной саркотестой, яйцеклетки с толстым многослойным внешним покровом и одноклеточным архесорием, отличаются от особенностей *Lythraceae sensu stricto*, и поэтому в системе классификации Энглера он рассматривался под отдельным семейством *Punicaceae*, А. Кронквист [135, 666 p.] и Л.И. Прилипко также предложили включить этот род в семейство *Punicaceae* [90, с. 331-335]. Но анатомия дерева, хромосомные данные и морфология пыльцы дали основание прийти к выводу, что данный род имеет менее тесную связь с *Lythraceae sensu lato*. Однако комбинация всех этих особенностей позволили Х. Тобе с соавторами [236, p. 13-20] предложить род *Punica* как отдельную архаичную ветвь в *Lythraceae sensu lato*.

Для окончательного выяснения местоположения рода *Punica* были проведены многочисленные молекулярно-генетические исследования, в которых особое внимание было обращено на последовательности *rbcL*, ITS-последовательностей ядерной рДНК, гена *rbcL*, *psaA-ycf3*, а также ядерные ITS-области, включая 5.8S рибосомный ген. Результаты этих исследований дали основание APG-III (Angiosperm Phylogeny Group) для включения рода *Punica* в семейство *Lythraceae* [107, p. 105-121; 252, p. 20-25].

### **1.3. Химический состав, биологическая активность и использование граната обыкновенного в медицине и пищевой промышленности**

Более 4000 лет многими народами гранат широко используется как традиционное лекарственное средство. Согласно народной традиции гранат символизирует удачу, плодородие и изобилие [160, р. 138-141]. Использование граната как в пищевых, так и лечебных целях имеет глубокие корни в истории человечества и встречается во многих древних культурах. Гранат является священным для многих мировых религий и народов. Так в Святом Коране, гранат был описан как райский плод и символ жизни. В Китае гранат широко использовался в искусстве, символизируя плодovitость, потомство, изобилие. Это был также символ непобедимости в битве у персов. В зороастризме гранат символизирует как плодovitость, так и бессмертие и является эмблемой процветания.

Использование дикорастущего граната разнообразно. Гранат широко использовался в народной медицине многих культур [227, р. 221-227]. В народной медицине Азербайджана сок плодов сладкого граната употребляют при болях в почках и желудке, а сок плодов кислого граната – при сахарном диабете. Для этого готовят натуральный гранатовый сок под местным названием «нарруб» или сгущенный гранатовый сок плодов дикого граната с сахаром «наршараб», который также употребляют в качестве приправы для улучшения аппетита, при цинге и др. заболеваниях [43, 39 с.].

Гранат несет в себе глубокое культурное и историческое наследие в Азербайджане и занимает особое место в кулинарии и народной медицине народа. Основное использование плодов дикого граната на Кавказе связано с приготовлением наршараба–любимой приправы к мясным и рыбным блюдам, которая готовится из плодов дикого граната с добавлением 40-45% сахара и выпариванием [59, 117 с.]. Сок плодов дикого граната употребляется при гипертонической болезни и при сердечных заболеваниях. В этих целях применяют сахарный сироп гранатового сока, считающийся кроветворным средством. Сироп также применяется против кашля. В народе гранат имеет и наружное применение. Например, корень граната в виде порошка смешивают с

сухим порошком сабура и применяют наружно при ушибах и костных переломах как болеутоляющее средство [74, с. 186-194].

В настоящее время интерес к данному растению все возрастает по мере того, как исследователи все больше начинают осознавать ее пользу и потенциал в лечении различных заболеваний. Клинически подтверждена эффективность использования граната при ожогах. Отвар кожуры используют в виде полосканий при воспалительных заболеваниях полости рта. [219, р. 2702-2711; 231, р.1-13; 243, р. 504-511; 258, р. 461-469].

Последние научные данные подтверждают традиционное использование граната в качестве лекарственного средства и указывают на содержание в тканях плодов, цветков, коры и листьев граната биологически активных веществ, обладающих антимикробными свойствами, а также способностью снижать кровяное давление и противодействовать серьезным заболеваниям, такие как диабет и рак [246; 228, р. 1-3]. Результаты многочисленных научных исследований позволяют рекомендовать его к использованию в качестве противоопухолевого, антибактериального, противодиарейного, противогрибкового, противоязвенного и антиоксидантного средства [116б зю 345; 230, р. 660]. Экстракты граната показали антагонистическое действие против всех типов микроорганизмов, вызывающих инфекции мочевыводящих путей [129, р. 1-8; 151, р. 32; 152, р. 32-38] Некоторые клинические исследования показывают, что гранатовый сок может быть полезен при заболеваниях сердца [233], болезни Альцгеймера [126, р. 1-16] и раке [161, р. 28-52]. В исследованиях В.Н. Naveena и др. сообщается, что гранатовый сок эффективен для профилактики атеросклероза, окисления липопротеинов низкой плотности, рака предстательной железы, агрегации тромбоцитов и различных сердечно-сосудистых заболеваний [115, р. 296-304; 128, р. 302-307; 183, р. 574-578; 258, р. 461-469].

Результаты исследований последних десятилетий свидетельствуют о том, что *P. granatum* и его препараты можно использовать для профилактики и лечения диабета II типа [76, с. 756-759; 118, р. 341-348]. Антидиабетический

эффект прежде всего обусловлен способностью его компонентов снижать выраженность окислительного стресса в организме и влиять на основные пищеварительные ферменты [175, p. 1614-1620].

Всеми перечисленными полезными свойствами гранат обязан присутствием в его составе биоактивных соединений, некоторые из которых были найдены исключительно в этом плоде, такие как пуникалагины и пуникалины [152, p. 32-38; 220, p. 1-9]. Эти биоактивные соединения привлекают большой научный интерес в последнее время как влиятельные факторы в профилактике хронических заболеваний [205, p. 525-526; 225, p. 2-22.].

Ценность гранатового сока обусловлена рядом таких биологически активных веществ, содержащихся в его составе, как антоцианы, флавоноиды, дубильные вещества и т.д. Кроме того, в состав гранатового сока входят органические кислоты, сахара, витамины, полисахариды и важные минералы. [147, p.13-22; 215, p. 689-695].

Полифенолы, найденные в кожуре граната, включают эллаговую кислоту, галловую, хлорогеновую, коричную, гидроксипротокатеховую, гидроксibenзойную, кофеиновую, феруловую, кумаровую, п-кумаровую о-кумаровую кислоты, пеллеттиерин, изопеллеттиерин, метилпеллеттиерин, псевдопеллеттиерин, пунакалин, пуникалин, кверцетин и катехин [100, p. 1-4; 102, p. 315-331].

Разнообразие тональности цветков растений обусловлено комплексом антоцианов. В привлечении насекомых имеет значение не только окраска, создаваемая антоцианами, но и их адсорбционные свойства [73, 308 с.]. Было выявлено, что шесть антоцианов ответственны за красный цвет плодов *Punica granatum* L.: дельфинидин-3,5-диглюкозид, дельфинидин-3-гликозид, цианидин-3,5-диглюкозид, цианидин-3-гликозид, пеларгонидин-3,5-диглюкозид, и пеларгонидин-3-гликозид.

Установлено что, экстракт гранатового цветка содержит такие тритерпеновые кислоты как олеаноловая, урсоловая и фенольную кислоту - галловая кислота, которые ингибировали индуцированную липополисахаридом

активацию ядерного фактора-каппа В в макрофагах и таким образом, уменьшили сердечный фиброз у диабетически жирных крыс [197, р. 133-138]. Доказана эффективность граната в профилактике и лечении неалкогольной жировой болезни печени, вызванной ожирением, путем модуляции аномального липидного обмена [111, р. 1-6].

Лишь недавно в 2019 году Д.Н. Оленниковым и др. из околоплодников граната было выделено два новых гликозида эллаговой кислоты, идентифицированных как 1,6'-ди-*O*-эллагоил-гентиобиоза (гранатозид А) и 1,6-дт-*O*-эллагоил- $\beta$ -*D*-глюкопираноза (гранатозид В). Было выявлено, что данные соединения оказывают ингибиторное действие на  $\alpha$ -глюкозидазу – фермент, участвующий в процессах гидролиза дисахаридов сахарозы и мальтозы до глюкозы [76, с. 756-759].

Антиоксидантную активность плодов граната можно объяснить наличием в его составе таких компонентов как аскорбиновая кислота, фенольные соединения, в том числе пуникалагин, пуникалин, галловая кислота, эллаговая кислота, антоцианы и др. [104, р. 819; 179, р. 1-17; 182, р. 2049-2057].

Известно, что семена граната, являющиеся ценным источником БАВ, считаются отходами промышленности при переработке плодов [74, с.186-194]. Семена граната содержат ряд БАВ, такие как стеролы, пуниковая кислота,  $\gamma$ -токоферол и др. Жирные кислоты широко используются в качестве неактивных ингредиентов в лекарственных препаратах, а липидные композиции - в качестве носителей активных веществ [105, р. 19-28; 169; 176, р. 40-42]. Масло семян граната богато конъюгированными жирными кислотами [140, р. 4724-4730; 143, р. 1-7].

Общеизвестно, что CLA (конъюгированная линолевая кислота) и LnAs ( $\alpha$ -линоленовая кислота) являются важными компонентами здорового питания, а пуниковая кислота имеет очень высокое структурное сходство с ними. Во многих исследованиях были выявлены противовоспалительные, иммуномодулирующие, противораковые, антиэстрогеновые и другие эффекты пуниковой кислоты [201, р. 130-135; 248, р. 1-8].



Пуниковая кислота представляет собой полиненасыщенную цис-9, транс-11, цис-13 жирную кислоту, согласно же наименованию IUPAC-(9Z, 11E, 13Z)-октадека-9,11,13-триеновая кислота [114]. Пуниковая кислота также известна как «супер конъюгированная линоленовая кислота», эффект которой превосходит действие конъюгированной линоленовой кислоты [191, p. 1024; 244].

Другие изомеры сопряженных линоленовых кислот в масле граната представлены каталповой кислотой (C18:3-9-транс,11-транс, 13-цис) и  $\alpha$ -элеостреариновой кислотой (C18:3-9цис, 11-транс, 13-транс). Общие липиды в масле семян граната представлены в основном, триглицеридами, наиболее важными из которых являются CLnA-CLnA-P и CLnA-CLnA-CLnA. Помимо жирных кислот и липидов масло семян содержит стероиды, церебозид (ключевой компонент миеленовых оболочек млекопитающих), лигнины, гидроксильные кислоты, фитостеролы, такие как  $\beta$ -ситостерол, кампестерол, стигмастерол и  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ - токоферолы. Необходимо отметить, что количество БАВ масла зависит от места произрастания растения, времени сбора урожая, генотипов плодов и климатических условий [191, p. 1024].

Антиоксидантная активность масла граната связана с токоферолами и полифенольными соединениями. Активаторы окислительного стресса в гранатовом масле имеют потенциал хелатирования металлов, тушителей синглетного кислорода и водородные доноры [138, p. 364-372; 140, p. 4724-4730; 141, p. 325-329; 245, p. 5-10].

Таким образом, естественное присутствие дикорастущего граната на территории Азербайджана, ископаемые остатки растения, найденные в олигоцене и плиоцене Азербайджана позволяют предполагать, что Азербайджан является одним из центров происхождения граната. Анализ литературных данных касательно химического состава и биологической активности граната из различных мест произрастания показывает своеобразие накопления в различных органах растения БАВ и ПВ. Большинство вышеописанных полезных свойств граната обусловлено наличием в составе различных его органов БАВ, что

представило для нас несомненный интерес для углубленного изучения и выявления образцов с высокими качественными характеристиками плодов для научного обоснования возможности его применения при производстве лекарственных и косметических продуктов на примере дикорастущего граната из Азербайджана.

## **ГЛАВА II**

### **ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

#### **2.1. Рельеф и геологическая структура**

Рельеф Азербайджанской Республики весьма разнообразен. Здесь преобладают преимущественно две формы рельефа: низменности и высокогорья. Около 60% территории Азербайджана составляют гористые территории. Основные геоморфологические единицы республики - Большой Кавказ, Малый Кавказ (вместе с Карабахским плоскогорьем) и Талышские горы охватывают Кура-Аразскую низменность с севера, запада и юго-востока. Средняя возвышенность республики составляет 400 метров. Амплитуда высот суши колеблется от - 26, 5 м (Прикаспийская низменность) ниже уровня океана до 4466 м абсолютной высоты (вершина Базардюзю). Отсюда становится ясно, что на территории республики разница высоты около 4500 метров [169].

Сиязанский регион расположен на севере Азербайджана, на северо-востоке Большого Кавказа, в низменности Самур-Давачи, расположенной на берегу Каспийского моря близ Большого Кавказа. На западе низменность переходит в ряд гор Главного Кавказского хребта, расположенного вдоль Каспийского моря, высота над уровнем моря - 28 метров. Поверхность юго-западной части низменности образует полупустынный ландшафт. Горным участкам, где распространены серые луговые, каштаново-коричневые виды почв, присущи лесные луговые ландшафты. Реки Ата-чай и Гильгиль-чай, протекающие по территории района, берут начало в горных частях и питаются, в основном, дождевыми и снеговыми водами, обнаруженные на территории района отложения относятся к периодам палеолита и неолита [1, 360 с.].

Рельеф Агсуинского района высокогорный, предгорный и равнинный, включая хребты Ниялдаг, Хингар, Лангабиз на севере и северо-востоке. Южные районы - низменности, граничащие с Ширванской равниной. Горная часть расположена на высоте 700-1000 м от уровня мирового океана. Для горных зон с реками, ущельями и оврагами характерен сложный рельеф. Мелкие серые горы, начиная с берегов Геокчая до Пирсаатчая, образуют Ширванский горный хребет. Агсучай протекает через центральную часть района, река Гирдиман протекает через западную часть района. Отложения палеогена и неогена распространены в

горных районах, антропогенные отложения распространены на равнинах [3, 360 s.].

Рельеф Исмаиллинского района, в основном, горный. Регион расположен на южных склонах Большого Кавказа. Поверхность гористая. Высота поверхности меняется от 200 м до 3639 м (г. Бабадаг) над уровнем моря. По территории района протекают такие реки, как Гейчай, Гирдыманчай, Ахох, Айричай, Сулут и другие. Имеется также 2 искусственных водохранилища - Йекахана и Ашигбайрам. Северный склон региона включает Южный склон Большого Кавказа. Хребет Ниялдаг простирается в южной части региона. Южно-восточная окраина Ганых-Хафтаранской долины находится в Исмаиллы. Южная часть региона - невысокие горы (юго-восточная часть долины Аджинохур). Территория, относящаяся к Ширванской равнине, низменная. Район изрезан глубокими речными долинами. Высота колеблется от 200 м (Ширванская равнина) до 3639 м (Бабадаг). Геологическая структура: юрские, меловые, неогеновые и антропогенные отложения распространены по всему региону. Четвертичный, третичный, меловой и юрский периоды сменяют друг друга [3, 360 s.].

Гейчайский район делится на 2 геологические части - горная и низменная. К горной части можно отнести хребет Боздаг Гарамарьям, а к низменной - всю оставшуюся территорию. Геологическая структура территории относится к третьему периоду Кайнозойской эры, а низменная территория относится к четвертому периоду той же эры. Некоторые области территории покрыты современными отложениями [4, 420 s.].

Агдашский район расположен на северо-западе Ширванской степи и на юге Аджиноурского хребта. Поверхность равнинная и гористая (400-600 м) в северной части. Геологическое строение: отложения антропогенного периода распространились на равнинах, а неогеновые отложения - в горных районах [4, 420 s.].

Восточная и западная территория Евлахского района граничит с юго-восточной частью Гянджа-Газахской равнины. Южная и западная часть - это

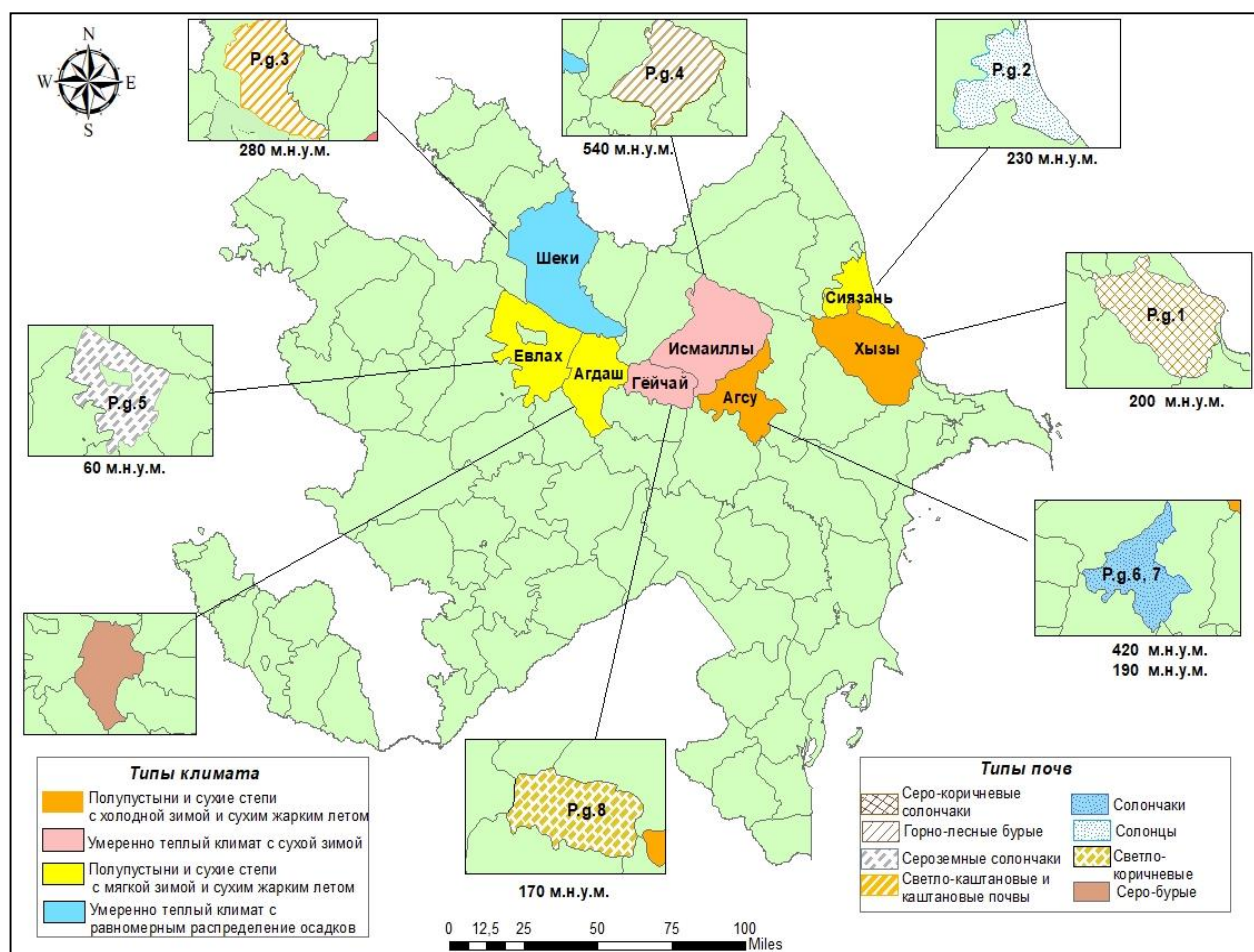
северо-западный край Карабахской и Ширванской равнин и представляет собой равнинную территорию. Холмистые части северных областей состоят из хребтов Ходжашен, Боздаг (Гянджа Боздаг), Арчандаг. Неогеновые отложения распространены в горах, а антропогенные отложения - на равнинах [4, 420 с.].

Шеки расположен на высоте 500-850 м выше уровня океана. Снежные вершины Большого Кавказа в некоторых местах достигают 3000-3500 м. В горах распространены юрские, меловые, на горных склонах - неогенские и антропогенные отложения [3, 360 с.].

Восточная часть Хызынского района, расположенная на плато Хызы, у кромки Гилазы ведет к Каспийским пустошам. Варафта на севере, Тахтаялаг на юге и Хадаш на востоке - это хребты, которые покрывают регион. Геологическое строение региона складывается из отложений палеогена - неогена и отложений надмелового периода [3, 360 с.].

## **2.2. Почвенный покров**

Почвенный покров исследованных районов характеризуется следующими типами почв: серо-коричневые солончаки, горно-лесные бурые, сероземные солончаки, светло-каштановые и каштановые почвы, солончаки, солонцы, светло-коричневые, серо-бурые (Рис.2.1.1). По гранулометрическому составу почвы варьируют от легкосуглинистых суглинков до тяжелосуглинистых песчаников (Табл. 2.1.1).



**Рисунок 2.1.1 Почвенный покров и климатические условия исследованных районов**

**Солончаки и солонцы** характерны для Агсуинского и Сиязаньского районов. Солончаки, давшие начало солонцам, сформировались в сухую послеледниковую эпоху, когда сухой и теплый климат, с одной стороны, обилие озер, высокий уровень воды в реках и высокий уровень грунтовых вод, с другой, - способствовали образованию местных скоплений водорастворимых минеральных солей в поверхностных горизонтах грунтов. Как правило, образование солончаков происходит из-за близости минерализованных грунтовых вод к поверхности почвы и в результате преобладания процесса испарения над выпадением осадков. Для данного типа почв также характерно накопление на поверхности легко растворимых солей. Количество сухого остатка в одном метре слоя почвы составляет 3-5%. Распределение кобальта в профиле солончаков идет параллельно содержанию сухого остатка. В пахотном

слое этих почв коррелятивной связи между накоплением кобальта и гумусом не обнаруживается. В профиле этих почв количество подвижного кобальта колеблется в пределах 0,8-5,8 мг/кг, что составляет от 8 до 16% валового его содержания [26, 536 с.].

**Горно-лесные бурые почвы.** Этот тип почвы встречается в Исмаиллинском районе. Данные почвы характеризуются высоким содержанием подвижного цинка. В профиле этих почв количество цинка варьирует в пределах 1648 мг/кг с максимальным накоплением его в уплотненном горизонте, что связано с высоким содержанием в нем коллоидных частиц. Этот тип почвы характеризуется также высоким валовым содержанием молибдена. Подвижная форма молибдена в верхних горизонтах профиля описываемых почв составляет 1,0-0,6 мг/кг, что соответствует 25-41% от его валового содержания [7, 131 с.].

**Светло-коричневые почвы** распространены в Гейчайском районе. Эти почвы встречаются на высоте 600-1200 м в среднегорье и предгорьях Большого и Малого Кавказа и Ленкорани. Образование этого типа почвы связано с постепенным прореживанием лесов и заменой деревьев кустарниками. Вырубка лесов и хороший рост трав привели к накоплению в почве большого количества корневой массы и гумуса (4% и более). Структура гумусового горизонта орехово-мелкозернистая. Гранулометрический состав этих почв более глинистый, чем у бурых горно-лесных почв: в частности, горизонт «V» характеризуется более тяжелым гранулометрическим составом (<0,01 мм 75%), рН 7.0-7.5. Среди поглощенных оснований преобладает кальций (40 мкэк / 100 г почвы), содержание азота составляет 0.16% [8, 660 с.].

В Агдашском районе распространены **серо-бурые почвы**. Среднегодовая температура в районах распространения этих почв составляет 14 °С, выпадает 180-230 мм осадков в год, что покрывает небольшое количество воды, используемой для испарения и транспирации. Это позволяет отнести ареал распространения данных почв к засушливому полупустынный климату. Серо-бурые почвы отличаются четкой дифференциацией почвенного профиля по генетическим горизонтам. Для этих почв характерны следующие особенности:

низкое содержание гумуса (до 2%), наличие уплотненного «V» слоя, резкая дифференциация карбоната кальция и гипса в генетических слоях, смытые частицы глины из верхних слоев, накопление в засоленных горизонтах. Эти почвы также характеризуются отмывкой почвенного профиля от легкорастворимых солей, щелочной реакцией и глубиной накопления гипса. Содержание подвижного молибдена в профиле составляет 0,55-1,00 мг/кг, что свидетельствует о большой подвижности его и в значительной мере зависит от степени насыщенности минеральных коллоидов и перегнойных кислот кальцием [7, 131 с., 12, 122 с.].

**Сероземные солончаки** встречаются в Евлахском районе. Для сероземов характерна незначительная аккумуляция цинка по сравнению с почвами горной зоны. Это объясняется тем, что сероземы формировались на аллювиальных отложениях, бедных соединениями цинка. А.Н.Гюльяхмедов и Б.К.Шакури [40, 66 с.] указывают на то, что резкое накопление молибдена в пахотном слое солончаковых почв Азербайджана объясняется, главным образом, аккумуляцией его за счёт подпочвы путём энергичной миграции в условиях Кура-Араксинской низменности. Известную роль при этом играет и биологическое накопление микроэлементов в пахотном слое. Среднее валовое содержание молибдена в верхних горизонтах сероземов составляет 2,2-2,6 мг/кг. Для сероземов характерно накопление молибдена в верхних биологически деятельных горизонтах профиля [8, 660 с.].

**Светло-каштановые, каштановые почвы (серо-коричневые) и серо-коричневые солончаки.** Эти почвы распространены в Шекинском и Хызынском районах. Для этой зоны типична растительность сухих степей. Каштановые почвы по своим характеристикам (гумус, карбонатность) делятся на: светло-каштановые, каштановые и темно-каштановые. Количество перегноя 3-5%, реакция почвы слабощелочная. В почвах каштанового типа в общем количестве поглощенных оснований преобладает кальций (90%), и эти почвы имеют тяжелый глинистый гранулометрический состав. Засоленные каштановые почвы также содержат обменный натрий. По запасам цинка каштановые почвы



занимают среднее положение между горно-лесными коричневыми и сероземами, со средним валовым содержанием цинка – в верхнем горизонте около 20 мг/кг почвы. Валовое содержание цинка в каштановых почвах республики колеблется в довольно широких пределах 8-32 мг/кг. Количество подвижного цинка в каштановых почвах невысокое и в метровом слое колеблется в пределах 1,0-2,2 мг/кг, что соответствует 5-10% от его валового содержание. Валовое количество молибдена в горных каштановых почвах почти в 2,5 раза меньше, чем кларк этого элемента в биосфере и на 30-40% меньше, чем величины среднего содержания этого элемента в почвах (2,0 мг/кг) по А.П.Виноградову. Малое количество молибдена в каштановых почвах связано с незначительным содержанием его в почвообразующих породах, с сравнительно малым количеством гумуса, не превышающим 1:5-2,5%. По гранулометрическому составу эти почвы глинистые и тяжело — суглинистые. В условиях целины эти почвы практически не засолены. Состав обменных оснований показывает на высокую насыщенность почв катионами кальция (Ca), величина которых достигает 36-42 мг/экв. на 100 г почвы (2-4%), а N изменяется в пределах — 0,20-0,30% [7, 131 с.].

### **2.3. Климат**

Климатические условия Азербайджана разнообразны. На его территории по Э.М. Шихлинскому насчитывается 9 типов климата и 26 разновидностей. В пределах Азербайджана в области Большого Кавказа климатологи отмечают до 10 разновидностей климата, а область Малого Кавказа отличается еще большим разнообразием [12, 122 с.].

Сиязаньский район обладает умеренно жарким климатом с сухим субтропическим в низинах и предгорьях. Средняя температура января 1,5 ° С, июля 23-25 ° С. Лето засушливое. Годовое количество осадков 200-400 мм.

Расположение Агсуинского района на южных склонах Большого Кавказа оказывает большое влияние на его климат. Климат этого региона состоит из полупустынного, сухого типа климата с умеренно-теплой зимой (юг) и умеренно теплого типа климата с засушливым летом (север). Зима бывает засушливой, солнечной, с малым количеством осадков (снега). Среднегодовая температура воздуха равна 13-14°C. Среднемесячная влажность в течение года – 50-80%. Среднегодовое количество осадков – 400-600 мм.

Климат Гейчайского района относится к типу сухих умеренно-теплых полупустынь и сухих субтропиков. Этот климат характеризуется слабой влажностью, умеренной зимой и сухим-жарким летом. Среднегодовое количество осадков в год составляет 400-600 мм. Средняя температура января - 1,9 °С, июля - 26,5 °С.

Климат Агдашского района умеренно-теплый и сухой субтропический на равнинах, с мягкой зимой и сухим жарким летом. Средняя температура в январе составляет 1,2-1,4 °С, а в июле 25-27 °С. Годовое количество осадков достигает 300-450 мм.

Климат Евлахского района умеренно-теплый, с мягкой зимой и сухим жарким летом. Средняя температура составляет 1,7°C в январе и 27,3°C в июле. Годовое количество осадков - 300 мм.

Годовое количество солнечных дней в Шеки составляет 2350 часов. 40% солнечных часов падает на солнечные месяцы. В течение года на поверхность земли падает 122 ккал солнечной радиации на 1 см<sup>2</sup>. Климат Шеки составляют циклоны и антициклоны, различные воздушные массы и местные ветры. Зимой вхождение арктических и мягких воздушных масс способствуют протеканию теплой зимы. Летом в Шеки дуют горные ветры. Тому причиной является разница давления между горами и впадинами. Среднегодовая температура в Шеки - 12°C. В июне-августе средняя температура равна 20-25°C [1, 360 с.; 2, 420 с.; 3, 156 с.].

Климат Хызынского района умеренно жаркий, сухой субтропический. Климат в горах умеренный. Средняя температура января составляет -4,5 °С в

горах и 2,5 ° С на равнинах, в июле температура колеблется от 19 °С до 26°С, соответственно. Годовое количество осадков составляет 110-550 мм [1, 156 с.].

## 2.4. Растительность

Горные территории Сиязаньского района широко покрыты лесами. Характерными для этого района деревьями являются дуб (*Quercus* sp.), граб (*Carpinus* sp.), ясень (*Fraxinus* sp.), береза (*Acer* sp.). Сопутствующие древесно-кустарниковые виды представлены яблоней (*Malus* sp.), грушей (*Pyrus* sp.), шиповником (*Rosa* sp.), мушмулой германской (*Mespilus germanica* L.) и др. Засушливые леса низкогорной местности состоят из редких древесных кустарников, таких как боярышник (*Crataegus* sp.), фисташка туполистная (*P. mutica*), груша иволистная (*Pyrus salicifolia* Pall.), держидерево (*P. spina-christi*), кизильник (*Cotoneaster* sp.), шиповник (*Rosa* sp.). Обширные луга, состоящие из груши иволистной (*Pyrus salicifolia* Pall.), характерны для прибрежных территорий. На территории района можно встретить редкие виды лилии дерновой (*Gladiolus halophilus* Boiss. & Heldr), ферулы (*Ferula* sp.), граната обыкновенного (*Punica granatum* L.). По мере приближения к берегу высокие растения заменяют древесные кусты. Гранат обыкновенный (*Punica granatum* L.), смоковница обыкновенная (*Ficus carica* L.), каркас голый (*Celtisa glabrata* Steven ex Planch.), дикая вишня (*Cerasus microcarpa* (C.A. Mey) Boiss.), шиповник собачий (*Rosa canina* L.) можно встретить в скалистых местах, богатых сыростью и минералами. Прибрежные территории в основном состоят из полупустынных растений. Кроме того, здесь можно встретить лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia*) и один из редких видов кустарников - жузгун бакинский (*Calligonum bakuense*).

Дендрофлора Агсуинского района в основном состоит из граба кавказского (*Carpinus caucasis*), бука восточного (*F. orientalis*), дуба иберийского (*Quercus iberica*) и дуба крупнопольного (*Quercus macranthera*). В лесах

района также произрастают такие деревья и кустарники, как ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), клен полевой (*Acer campestre*), клен обыкновенный (*Acer platanoides*), вяз шершавый (*Ulmus scabra*), вяз малый (*Ulmus minor*), тис ягодный (*Taxus baccata*), береза (*Betula* sp.), ива (*Salix* sp.), яблоня восточная (*Malus orientalis*), груша кавказская (*Pyrus caucasica*), облепиха крушиновидная (*H. rhamnoides*), мушмула германская (*Mespilus germanica*), рябина (*Sorbus* sp.), шиповник (*Rosa* sp.), сумах дубильный (*Rhus coriaria*), скумпия (*Cotinus* sp.), барбарис (*Berberis* sp.), разные виды полыни, и т.д.

Низкогорные леса в Исмаиллинском районе занимают высоты до 500-800 м над уровнем моря. Лесообразующими породами района являются дуб, бук, граб, ясень. Характерными для этого пояса видами являются: кизил обыкновенный (*Cornus mas*), слива растопыренная (*Prunus divaricata*), шиповник (*Rosa* sp.), мушмула германская (*M. germanica*), лещина обыкновенная (*Corylus avellana*), сумах дубильный (*R. coriaria*), боярышник (*Crataegus* sp.), скумпия (*Cotinus* sp.), облепиха крушиновидная (*H. rhamnoides*), яблоня восточная (*Malus orientalis*), груша кавказская (*Pyrus caucasica*) и черная бузина (*Sambucus nigra*). Среднегорный пояс охватывает высоты до 800-1700 м над уровнем моря. Бук восточный (*Fagus orientalis*), граб европейский (*Carpinus caucasica*), дуб (*Quercus* sp.), ясень обыкновенный (*F. excelsior*), мушмула германская (*M. germanica*), боярышник (*Crataegus* sp.), шиповник (*Rosa* sp.), дуб крупнопыльниковый (*Q. macranthera*), липа кавказская (*Tilia caucasica*), можжевельник (*Juniperus* sp.), облепиха крушиновидная (*H. rhamnoides*), айва обыкновенная (*Cydonia oblonga*), тисс обыкновенный (*T. baccata*), орех персидский (*Juglans regia*), ольха черная (*Acer glutinosa*), рябина (*Sorbus* sp.), сумах дубильный (*R. coriaria*), пираканта ярко-красная (*Pyracantha coccinea*), бузина (*Sambucus* sp.), крушина (*Rhamnus* sp.) являются типичными растениями среднего горного пояса 25°C [1, 360 с.; 2, 420 с.].

Растительность Гейчайского района представлена преимущественно эфемерно-полынными и полынно-засоленными полупустынными, горно-ксерофильными группами растений. В лесах произрастают фисташка

туполистная (*P. mutica*), можжевельник (*Juniperus* sp.), гранат обыкновенный (*P. granatum*), жестер Палласа (*R. pallasii*), держидерево (*P. spina-christi*), кизильник (*Cotoneaster* sp.), тамарикс (*Tamarix* sp.).

Северная часть Агдашского района расположена на Боздагском хребте и обладает полупустынным и редкозасушливым лесным ландшафтом. Лесной массив состоит из фисташки туполистной, можжевельника и дубов. Растения преимущественно степные и полупустынные. В области произрастает более 60 видов деревьев и кустарников. Кроме того, есть тугайские леса на берегу реки Кура и редкие засушливые леса из иберийского дуба (*Quercus iberica*), фисташки туполистной (*P. mutica*) и можжевельника (*Juniperus* sp.). Деревья можжевельника представлены 3 видами: можжевельник восточный (*J. polycarpus*), можжевельник вонючий (*J. joetidisia*) и можжевельник карликовый (*J. oblonga*). Кроме того, на территории района встречаются ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), ольха обыкновенная (*Alnus barbata*), ежевика кавказская (*Celtis caucasica*), ива пурпурная (*Salix purpurea*), гранат обыкновенный (*Punica granatum*), скумпия кожевенная (*Cotinus coggygria*), облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides*), держидерево (*Paliurus spina-christi*), жимолость (*Lonicera* sp.), мушмула германская (*Mespilus germanica*), шиповник (*Rosa* sp.).

На равнинах Евлаха встречаются полыни (*Artemisia* sp.), формирующие полупустыни. По берегам реки Куры имеются остатки тугайских лесов. Здесь произрастают: тополь сереющий (*Populus hybrida*), тамарикс (*Tamarix* sp.), фисташка туполистная (*Pistacia mutica*), ива (*Salix* sp.) и другие деревья и кустарники. На фоне полынной полупустыни в районе Ходжашенского хребта и Боздага, а также на возвышенностях у долин рек распространено редколесье, состоящее из камеди, можжевельника, граната и держидерева. Для кустарникового и травяного ярусов характерна облепиха, ива разных видов, коленница (*Aegilops* sp.), германдер (*Teucrium* sp.) и другие растения.

В лесах Шеки произрастают тисс обыкновенный (*T. baccata*), лещина древовидная (*Colyrus colurna*), лапина ясенелистная (*Pterocarya pterocarpa*),

хурма кавказская (*Diospyros lotus*), плющ Пастухова (*Hedera pastuchowii*), пион Млокосевича (*Paeonia mlokosewitschii*), горечавка лагодехская (*Gentiana lagodechiana*).

Лесная дендрофлора Хызы состоит из дуба иберийского (*Q. iberica*), граба восточного (*C. orientalis*), бука восточного (*Fagus orientalis*), ясеня (*F. excelsior*), вяза (*Ulmus* sp.), груши (*Pyrus* sp.), клена (*A. laetum*), можжевельника (*Juniperus* sp.), жимолости (*Lonicera* sp.), и бирючины обыкновенной (*Ligustrum vulgare*). Груша иволлистная (*P. salicifolia*), боярышник (*Crataegus* sp.), держидерево (*P. spina-christi*), барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris*), шиповник (*Rosa* sp.) - типичные растения редких лесов предгорий. По краям рек произрастают: гранат обыкновенный (*P. granatum*), жестер Палласа (*R. pallasii*), тамарикс (*Tamarix* sp.), облепиха крушиновидная (*H. rhamnoides*) и дереза русская (*Lycium ruthenicum*). В одиночных экземплярах встречаются смоковница обыкновенная (*F. carica*) и редкий, эндемичный и исчезающий вид тополь евфратский (*P. euphratica*) [3, 360 s.; 4, 420 s.].

### ГЛАВА III

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1. Объект и материалы исследования

Объектом исследований служили растения дикорастущего граната (*P. granatum*), а материалом исследования служили плоды, цветки и листья растения. Полевые исследования проводили в течение 2017-2020 гг. на территориях восьми административных районов Азербайджана: Хызы, Сиязань, Агсу, Агдаш, Исмаиллы, Евлах, Гейчай, Шеки (Рис. 3.1.1., 3.1.2., 3.1.3, 3.1.4). В процессе рекогносцировочно-маршрутных, детально-маршрутных и полустационарных исследований собирали материалы исследования.

Экспедиционные поездки были совершены в следующие ботанико-географические районы Азербайджана: на Б.К. (кубинск.) – в Хызынский, на Б.К. вост. – в Исмаиллинский; Прикасп. – Сиязаньский; Кура-Аракс. низм. – Гейчайский, Агсуинский, Агдашский, Евлахский; Алазань-Агричайская долина – Шекинский район.

Маршруты совершенных экспедиций следующие:

1. Баку – Сиязань: с. Галаалты, с. Машриф, берег р. Гильгильчай
2. Баку – Хызы: с. Саядлар, с. Тезекенд
3. Баку – Агсу: Агсуинский перевал, берег р. Агсучай
4. Баку – Исмаиллы: с. Балик, с. Талыш, с. Ашыгбайрамлы, с. Гараколлуг, с. Хапытлы, с. Эййуббейли, с. Герайбейли
5. Баку – Гейчай: с. Гарамарьям, с. Быгыр
6. Баку – Евлах: с. Ханабад
7. Баку – Агдаш: с. Гарадаглы
8. Баку – Шеки: с. Беюк Дехне, с. Кичик Дехне

При изучении химического состава и АОА образцы граната в зависимости от места сбора сырья были кодированы (Табл. 3.1.1).

**Таблица 3.1.1****Кодирование образцов граната**

<b>Район исследования</b>	<b>№ЦП</b>	<b>Код образца</b>
Хызы	III	P.g.1
Сиязань	I	P.g.2
Шеки	XIII	P.g.3
Исмаиллы	XII	P.g.4
Евлах	IX	P.g.5
Агсуинский перевал	V	P.g.6
Агсу	VII	P.g.7
Гейчай	X	P.g.8

Для характеристики типов климата, почв и растительности исследованных районов, были использованы материалы научных данных ряда публикаций [1, 156 с.; 3, 360 с.; 4, 420 с.; 7, 131 с.; 8, 660 с.; 40, 66 с.; 92, 576 с.].

**3.2. Методы ботанических исследований**

Геоботанические описания проводили общепринятыми методами [67, 225 с.]. Исследования ценопопуляций проводили методом пробных площадей (10 ПП; 10x10), где изучали площадь ценопопуляции ( $m^2$ ), абсолютное число особей (шт.), экземплярную насыщенность (плотность) (шт/ $m^2$ ). Плотность ценопопуляции определяли количеством особей на единицу площади [70, 127 с.].

С целью выявления значения вида в сообществе была проведена оценка обилия по шкале Гультя-Друде.



Для определения типа распределения особей ценопопуляций было взято некоторое число выборок и подсчитано число особей на равных площадях и определена дисперсия ( $S^2$ ) [58, 228 с.]:

$$S^2 = \frac{\sum (x-m)^2}{n-1} \quad (3.2.1)$$

где  $m$  – среднее количество особей на площадке;  $n$  – число площадок.

При  $S^2/m < 1$  мы имели дело с равномерным распределением. Если дисперсия была близка к среднему арифметическому ( $S^2/m = 1$ ) – это случайное распределение. Если же дисперсия намного больше среднего арифметического ( $S^2/m > 1$ ), то можно говорить о групповом размещении особей.

Для идентификации фенологических стадий всего годичного цикла развития граната использовали международную десятичную кодирующая система ВВСН для одно- и двудольных растений [159, 158 р.].

Определение урожайности и запаса сырья проводили общепринятыми методами [69, 52 с.; 71, 57 с.]. С этой целью проводили следующие вычисления:

1. *Определение средней арифметической (M)*

$$M = \frac{\sum}{n} \quad (3.2.2)$$

где:  $\sum$  - суммарная величина массы сырья, собранной с учетных площадок

$n$  – число площадок

2. *Вычисление средней арифметической ошибки (m)*

а) Определение дисперсии  $C = \sum v^2 - \frac{(\sum v)^2}{n}$  (3.2.3)

б) Определение квадратичного отклонения  $\delta = \frac{\sqrt{C}}{n-1}$  (3.2.4)

в) Определение средней арифметической ошибки  $m = \frac{\delta}{\sqrt{n}}$  (3.2.5)

Средняя урожайность -  $M \pm m$  (3.2.6)

Величину эксплуатационного запаса вычисляли по нижеприведенной формуле.

$$\text{ЭЗ} = S (M - 2m) \quad (3.2.7)$$

где:  $S$  – площадь участка

$M - 2m$  – нижний предел урожайности

Величину биологического запаса вычисляли по следующей формуле:

$$\text{БЗ} = S (M + 2m) \quad (3.2.8)$$

где:  $S$  – площадь участка,

$M + 2m$  – верхний предел урожайности

Для всех исследуемых ценопопуляций был построен онтогенетический спектр, который отражает процентное соотношение особей всех онтогенетических групп и свидетельствует об определенном этапе развития ценопопуляции [48, с. 100-108]. На основании анализа онтогенетических спектров определяли тип исследуемых ценопопуляций, используя классификации Л.А. Животовского [44, с. 3-7] и Л.А. Жуковой и Т.А. Полянской [45, с. 160-171].

Для оценивания онтогенетического спектра ценопопуляции использовали индекс возрастности, предложенный А.А. Урановым [89, с. 7-34].

Индекс возрастности определяли по следующей формуле:

$$\Delta = \frac{\sum k_i \cdot m_i}{\sum N} \quad (3.2.9)$$

где где  $k_i$  - сумма растений  $i$ -той возрастной группы;  $m_i$  - возрастность одной особи той же группы;  $N$  - общее количество особей в популяции.

Индекс эффективности [44, с. 3-7] рассматривали как энергетическую нагрузку на среду разными онтогенетическими группами растений и определяли по нижеприведенной формуле:

$$\omega = \frac{\sum k_i \cdot e_i}{\sum N} \quad (3.2.10)$$

где  $k_i$  - абсолютное количество растений  $i$ -ого состояния в данной популяции;  $e_i$  - энергетическая эффективность;  $N$  - общее количество особей в популяции.

Кроме того, определялись также и такие показатели как индекс восстановления ( $I_v$ ), индекс замещения ( $I_z$ ) и индекс старения ( $I_c$ ).

$I_v$  – отношение числа особей прегенеративного периода (проростки не учитываются) к числу особей генеративного периода.

$$I_v = \frac{\sum_{j \rightarrow v}}{\sum_{g1 \rightarrow g3}} \quad (3.2.11)$$

где  $\sum_{j \rightarrow v}$  – сумма растений всех возрастных состояний прегенеративного периода,  $\sum_{g1 \rightarrow g3}$  – сумма растений всех возрастных состояний генеративного периода.

$I_z$  – отношение особей прегенеративного периода (проростки не учитываются) к сумме чисел особей генеративного и постгенеративного периодов.

$$I_z = \frac{\sum_{j \rightarrow v}}{\sum_{g1 \rightarrow s}} \quad (3.2.12)$$

где  $\sum_{j \rightarrow v}$  – сумма растений всех онтогенетических состояний прегенеративного периода,  $\sum_{g1 \rightarrow s}$  – сумма растений всех онтогенетических состояний генеративного периода и постгенеративного периода.

$I_c$  – отношение числа особей постгенеративного периода к числу всех особей популяции.

$$I_c = \frac{\sum_{ss \rightarrow s}}{\sum_{j \rightarrow g3}} \quad (3.2.13)$$

где  $\Sigma_{ss \rightarrow s}$  – сумма растений всех онтогенетических состояний постгенеративного периода,  $\Sigma_{j \rightarrow g3}$  – сумма растений прегенеративного и генеративного онтогенетических состояний.

Были проведены морфометрические исследования в каждой ЦП, с этой целью отмечали высоту растения, осуществляли изъятие годичных побегов *P. granatum* для определения статистических морфометрических параметров листьев (площадь, длина, ширина), а также индекс формы листьев (ширина/длина). С этой целью были проанализированы параметры индикаторных листьев. Индикаторные листья (наиболее чувствительные к экологическим факторам) – это три наиболее развитых листа на побеге [22, с. 21-33].

Площадь листовой пластинки определяли по формуле предложенной И.Ю. Баккалом с соавторами [21, с. 112-116]:

$$S = a \times L \times W \quad (3.2.14)$$

Где, L, W – длина и ширина листовой пластинки; а – расчетный коэффициент, равный 0.72 .

ИЧ (%) определяли как отношение длины чашечки к общей длине плода.

Соотношение зерен рассчитывали по следующей формуле:

$$CЗ = (ОВЗ / ВП) \times 100\% \quad [193, \text{р. 241-246}] \quad (3.2.15)$$

Содержание фруктового сока определяли путем извлечения сока из трех плодов каждого образца и выражали в виде объема сока на 20 г зерен на плод.

Цвет плодов и зерен определяли по шкале окраски. Органолептическую оценку проводили четыре сотрудника лаборатории Института ботаники, в возрасте 24-60 лет.

### 3.3. Методы биохимического анализа

При выполнении биохимических анализов пользовались современными химическими, хроматографическими и спектральными методами исследования.

Проведены исследования жирно-кислотного состава масла семян граната. Для этого использовали органолептические, физико-химические и газохроматографические методы анализа. Подготовку анализируемого образца для хроматографического анализа проводили в соответствии с ГОСТ 31663-2012 [29]. Органолептическую оценку качества гранатового масла проводили согласно ГОСТ 5472-50 [33]. Изучались следующие органолептические показатели масла семян граната: вкус, цвет, запах и прозрачность.

Для установления качества и возможности использования масла исследовались следующие показатели: свободные жирные кислоты по ГОСТ Р 50457-92 [37], пероксидное число - ГОСТ Р 51487-99 [38], йодное число - ГОСТ 5475-69 [34], число омыления - ГОСТ 5478-2014 [35], массовая доля фосфорсодержащих веществ - ГОСТ Р 52676-2006 [39].

Определение массовой доли сахаров и органических кислот сока плодов с применением ВЭЖХ проводили по ГОСТ 32167-2013 и ГОСТ 33410-2015, соответственно [30, 36].

Определение количественного содержания витамина С в соке плодов проводили согласно ГОСТ 31643-2012 [28]. Массовую концентрацию аскорбиновой кислоты рассчитали по градуировочным зависимостям с учетом степени разведения пробы. Окончательный результат определения массовой концентрации аскорбиновой кислоты был рассчитан по ниже представленной формуле:

$$X = \frac{C \times V}{m} \times x \quad (3.3.1)$$

Где, С – площадь пика аскорбиновой кислоты

V – объём пробы, отобранный для анализа, см<sup>3</sup>

m – масса анализируемой пробы после разбавления, г

x – разбавление

Анализ содержания танинов проводили согласно ГОСТ 19885-74.

Процент содержания танина [СТ, %] в образцах рассчитывали следующим образом:

$$СТ = \frac{(a-a_1) \times 0,04157 \times V}{V_1 \times m}$$

Где,

$a$  - количество 0,1 н. раствора марганцовокислого калия, израсходованное на окисление танина, мл;

$a_1$  - количество 0,1 н. раствора марганцовокислого калия, израсходованное на титрование раствора воды и индигокармина, мл;

0,004157 - количество танина, окисляемое 1 см 0,1 н. раствора марганцовокислого калия, г;

$V$  - количество полученного экстракта, мл;

$V_1$  - количество экстракта, взятое для испытания, мл;

$m$  - масса навески, г.

Измерения pH проводили с использованием цифрового pH-метра (827 pH Lab, Metrohm, Swiss). Для определения массовой доли сухих веществ использовали рефрактометрический метод определения [32].

Для идентификации и количественного определения фенольных кислот кожуры, сока, листьев и цветков *P. granatum* L. использовали метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) [122, p. 106-109]. Хроматографический анализ проводили с помощью хроматографа Varian LC/MS (США сер. № 05755). Идентификацию фенольных кислот с хроматограмм исследуемых растительных экстрактов проводили путем сравнения времени удерживания с соответствующими стандартами, приобретенными у Sigma Aldrich (St.Louis, MO, USA).

Уравнение (3.3.2) использовали для расчета концентрации фенольных кислот.

$$Y = \frac{C \times V}{W} \times (3.3.2)$$

Где С: концентрация фенольных соединений в взятом образце для анализа (мг).

V: объем общего экстракта (мл)

W: вес образца растения, взятого для исследования (г)

x- разбавление

Идентификацию и количественное определение антоцианов проводили согласно международному методу анализа антоцианов OIV-MA-AS315-11 [166, p. 1-13]. Определение же флаванолов и флавонолов осуществляли по методу Боренза и др. [122, p. 106-109]. Аналитическое разделение и идентификацию проводили с использованием хроматографа Varian LC/MS (US Ser. № 05755).

Идентификацию антоцианов, флаванолов и флавонолов с хроматограмм исследуемых растительных экстрактов проводили путем сравнения времени удерживания с соответствующими стандартами, приобретенными у Sigma Aldrich (St.Louis, MO, USA).

Уравнение 3.3.2 использовали для расчета концентрации антоцианов, флаванолов и флавонолов.

Для определения дубильных веществ использовалась система ВЭЖХ, оснащенная четвертичным насосом 200Q / 410 и детектором с фотодиодной матрицей LC 200. Дубильные вещества были разделены и количественно определены с использованием двух различных градиентных условий элюирования, как описано в статье Фишера с соавторами [149, p. 807-821].

#### **3.4. Метод исследования антиоксидантной активности с помощью ДФПГ-теста**

Антиоксидантную активность различных экстрактов граната определяли спектрофотометрически с использованием реагента 2,2-дифенил-1-пикрилгидразида (ДФПГ•) (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) в соответствии с методом, описанным Brand-Williams et al. [127, p. 25-30].

Каждый образец анализировался в трех повторностях.

АОА рассчитывали по следующему уравнению:

$$\text{АОА (\%)} = [(A \text{ ДФПГ} - A \text{ образец}) / A \text{ ДФПГ}] \times 100 \quad (3.4.1)$$

Где,

$A$  образец - абсорбция раствора, содержащего экстракт граната, через 30 минут,

$A$  ДФПГ - абсорбция раствора ДФПГ, не содержащего экстракт граната.

### **3.5. ГИС-технологии в картировании зарослей дикорастущего граната**

Картирование зарослей граната проводили с помощью национальной GPS-навигационной системы AzNav.

Программное обеспечение Esri ArcGis Desktop 10.2 было использовано для визуализации и анализа атрибутивных данных [170].

Результаты геоботанических, ресурсоведческих, морфометрических, фенологических, онтогенетических, фитохимических исследований и выявления АОА по дикорастущему гранату были включены в атрибутивную базу данных ГИС.

Статистический анализ результатов исследований проведен в соответствии с общепринятыми методами с использованием компьютерной программы «MS Excel 2010». Все данные представлены в виде среднее значение  $\pm$  стандартное отклонение.

Односторонний ANOVA с последующим апостериорным тестом Тьюки ( $p < 0,05$ ) использовали для сравнения химических компонентов в разных образцах. Тепловая карта и анализ биплота PCA были выполнены с помощью программного обеспечения ClustVis [195, p. 566-570].

## **ГЛАВА IV**



# ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ *PUNICA GRANATUM* L. В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

## 4.1. Фенологические особенности дикорастущего граната

Познание сезонности развития растения – одно из необходимых звеньев в изучении флоры и растительности. Многогодичные наблюдения дают возможность отыскать закономерности и причины, от которых зависит ритм развития растений в сообществе, и позволяют установить взаимообусловленный ритм развития растения и среды [68, 161 с.].

Фенология растений является наиболее надежным индикатором для анализа реакции видов на изменчивость климата [234]. Растения изменяют время листопада, старения листьев и цветения в соответствии с признаками окружающей среды, например, температурой, освещенностью, осадками и фотопериодом [113, р. 73-81; 134, р. 673-682; 241, р. 969-980]. Эти факторы могут различаться по значимости в зависимости от вида, биомы и экологических ограничений. Различия в этих реакциях могут быть связаны с генетическим контролем и эволюционными процессами [242, р. 296].

Согласно И.Н. Бейдману [68, 161 с.], на сезонное развитие растений в каждой зоне влияют не только макроклимат, но и микроклимат и фитоклимат (растительное сообщество, в котором данный вид произрастает). Кроме температуры воздуха на прохождение фенологических фаз влияет также температура почвы и ее влажность.

Были проведены исследования с целью выявления фенологических особенностей дикорастущего граната. Для регистрации фенофаз дикорастущего граната в восьми исследованных районах произрастания растения на местности данных районов намечались пункты, в которых закладывались площадки.

Фотографировали фазы и регистрировали даты, в которые данный вид вступил в ту или иную фенофазу. Во время исследования использовали 2 метода фенонаблюдений: описательный и экометрический.

По классификации ВВСН в развитии дикорастущего граната выделили 8 основных этапов (э.) и 21 подэтапов (п.э.). Ниже приводятся описания фенологических стадий роста дикорастущего граната, с оригинальными фотографиями соответствующих фенофаз (Рис. 4.1.1).

**Основной этап роста 0: Развитие почек.** Этап включает в себя 3 подэтапа:

*00: Зимний период покоя*

Этот подэтап характеризуется тем, что листовые почки растения закрыты и покрыты коричневой чешуей.

*01: Набухание почек*

В данном этапе наблюдали следующие изменения: почки граната набухают, покровные чешуйки раздвигаются и почки становятся округлыми по форме.

*09: Распускание почек*

В этой стадии между покровными чешуйками появлялись красные кончики первых листьев.

**Основной этап роста 1: Развитие листьев** состоит из двух подэтапов:

*10: Распускание первого листа*

Подэтап характеризовался появлением первого ярко-красного листа граната с бледно-зеленой жилкой.

*19: Развертывание большей части листьев*

Наблюдается интенсивный рост листьев в ширину и длину. Листья начинают окрашиваться в зеленый цвет.

**Основной этап роста 3: Развитие побега** состоит из подэтапов 31 и 39.

*31: Начало роста побега*

На данной стадии наблюдали интенсивный рост побегов и удлинение междоузлий.

### *39: Окончание роста побега*

Побеги на 90% достигли конечного размера.

**Основной этап роста 5: Развитие соцветия** включает в себя:

### *51: Появление цветковых почек*

Вначале развития цветковые почки растения были зеленые, а через несколько дней становятся красными. На этом этапе видны чашелистики цветков.

### *55: Появление отдельных цветков*

Чашечки опухли, визуально заметна разница в форме мужских и гермафродитных цветков. Чашелистики сомкнуты.

### *59: Первые лепестки цветка видны*

Чашелистики раздвигаются, в результате чего заметили первые красные сомкнутые лепестки. Пыльники еще незрелые.

**Основной этап роста 6: Цветение** состоит из 5 подэтапов:

### *60: Раскрытие первого цветка*

В данной фазе чашелистики растения отогнуты, лепестки расправились. В конце данного этапа наблюдали полное разворачивание лепестков. Наблюдается выдвигание пыльников. Пыльники незрелые.

### *61: Начало цветения*

Наблюдали раскрытие 10% цветков. Происходит созревание пыльцы. Рыльце становится восприимчивым.

### *65: Массовое цветение*

Наблюдали раскрытие 50% цветков. Полностью заметны различия между длиннопестичными (гермафродитными) цветками - крупные, кувшиночные, и короткопестичными («мужские») - колокольчатые. Пыльца полностью созрела и способна к оплодотворению. На этом этапе происходит опыление.

### *67: Окончание цветения*

Наблюдается осыпание лепестков. Цвет чашечки изменяется от красного до красно-оранжевого.

### *69: Завязывание плодов*

Наблюдается рост завязи.

### **Основной этап роста 7: Формирование плодов**

*71: 10% плодов достигли окончательного размера*

Плоды развиваются только из гермафродитных цветков, а «мужские цветки» плодов не давали и опадали. Окраска плодов - зеленая.

*79: 90% плодов достигли окончательного размера*

Плоды продолжают сохранять зеленую окраску кожуры.

### **Основной этап роста 8: Созревание плодов**

*81: Начало созревания плодов*

По мере созревания цвет плодов изменялся от зеленого до зеленовато-желтого.

*89: Массовое созревание плодов*

Цвет плодов изменялся от зеленовато-желтого до красновато-розового и красного цвета.

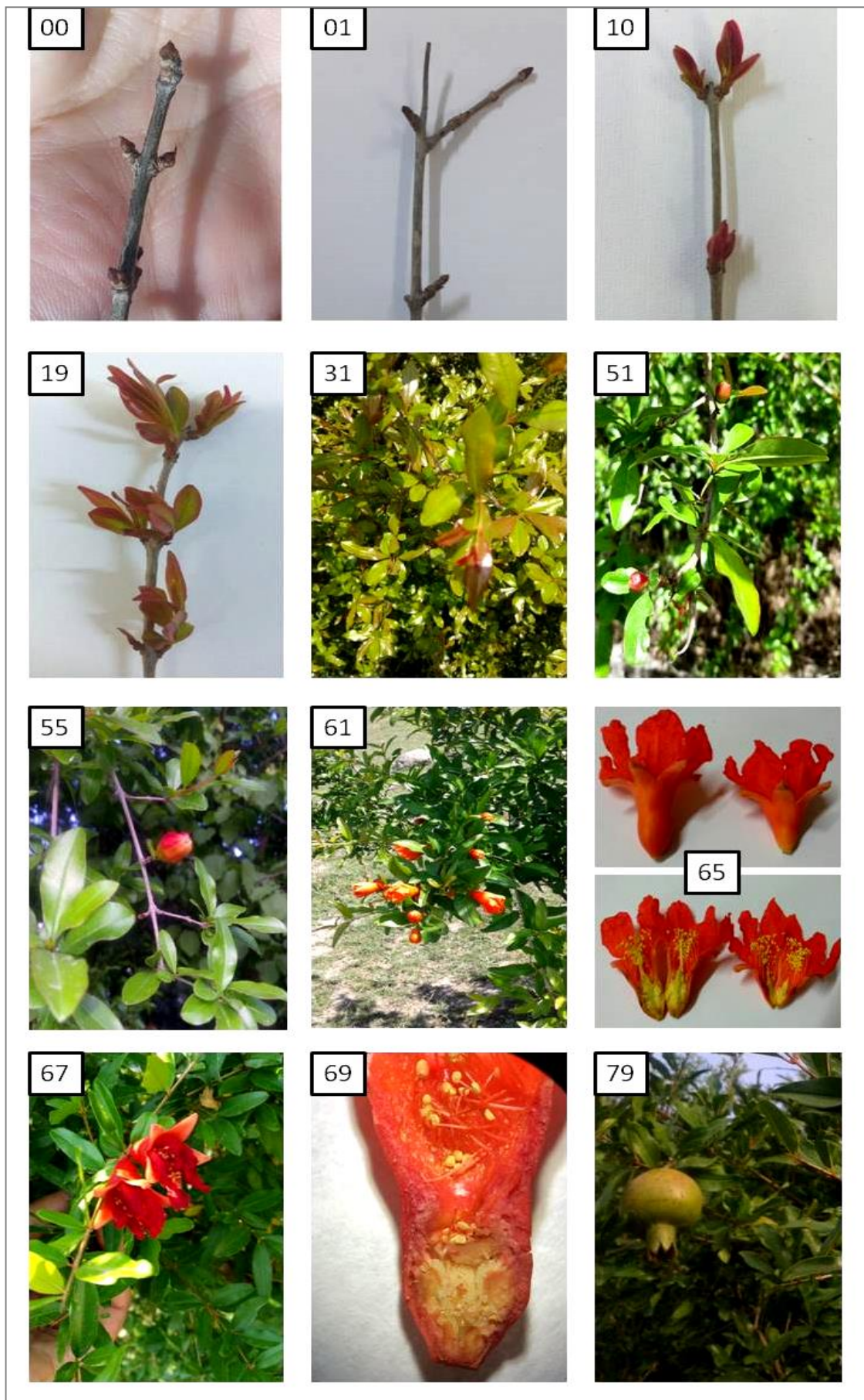
### **Основной этап роста 9: Начало покоя**

*93: Начало осыпания листьев*

Заметили первые по-осеннему раскрашенные листья. В конце этого п.э. листва полностью приняла осеннюю окраску (желтую). Начинается опадение листвы.

*97: Массовый листопад*

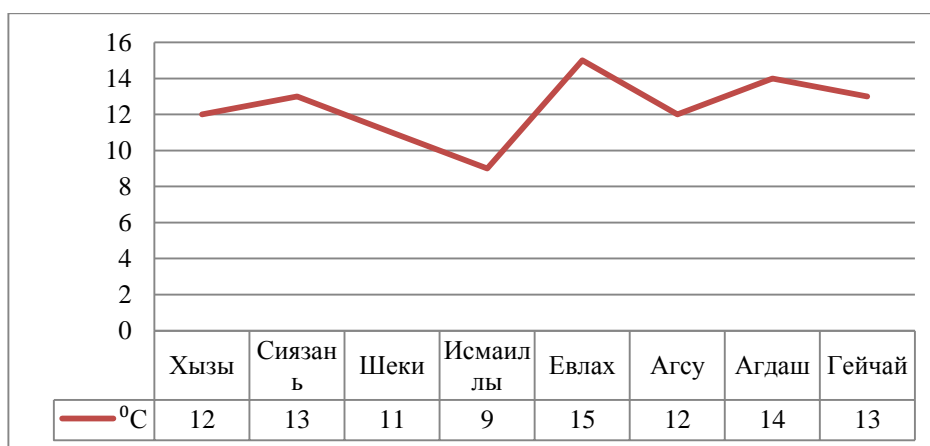
Конец листопада. Растение полностью оголяется и начинается зимний покой. Наблюдается засыхание отдельных частей растения и таким образом растение вступает в период относительного покоя.



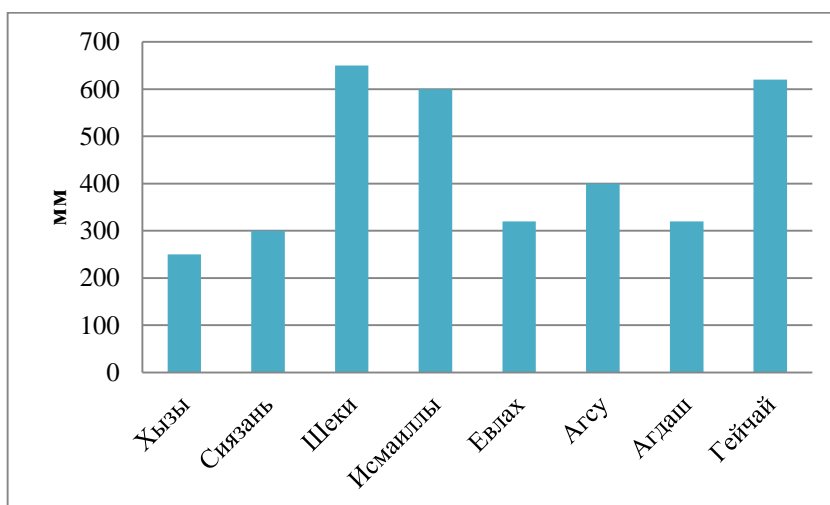
**Рисунок 4.1.1** Фенологические стадии роста дикорастущего граната.

Таким образом, фенологические этапы граната охватывали период, начиная с покоя (00 п.э.) и заканчивая массовым листопадом (97 п.э.). Три основных этапа роста граната относятся к вегетативному развитию: развитие почек (0 э.), развитие листьев (1 э.) и развитие побега (3 э.), и четыре основных этапа к генеративному развитию: развитие соцветия (5 э.), цветение (6 э.), формирование плодов (7 э.) и созревание плодов (8 э.). И наконец, завершается годичный цикл развития граната периодом покоя (9 э.) [49, с. 76-79].

Для проведения эколого-фенологического анализа приведены результаты среднегодовой температуры (Рис. 4.1.2) и атмосферных осадков за год (Рис.4.1.3) в исследованных районах, а также составлен фенологический спектр дикорастущего граната по районам произрастания (Рис.4.1.4).



**Рисунок 4.1.2 Среднегодовая температура воздуха.**



**Рисунок 4.1.3 Атмосферные осадки за год.**

Район исследования	Месяцы															
	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь				
Хызы	Development of buds		Development of leaves		Development of sprouting		Development of inflorescence		Flowering		Fruit formation		Fruit ripening		Start of dormancy	
Сиязань	Development of buds		Development of leaves		Development of sprouting		Development of inflorescence		Flowering		Fruit formation		Fruit ripening		Start of dormancy	
Шеки	Development of buds		Development of leaves		Development of sprouting		Development of inflorescence		Flowering		Fruit formation		Fruit ripening		Start of dormancy	
Гейчай	Development of buds		Development of leaves		Development of sprouting		Development of inflorescence		Flowering		Fruit formation		Fruit ripening		Start of dormancy	
Агуу	Development of buds		Development of leaves		Development of sprouting		Development of inflorescence		Flowering		Fruit formation		Fruit ripening		Start of dormancy	
Евлах	Development of buds		Development of leaves		Development of sprouting		Development of inflorescence		Flowering		Fruit formation		Fruit ripening		Start of dormancy	
Агдаш	Development of buds		Development of leaves		Development of sprouting		Development of inflorescence		Flowering		Fruit formation		Fruit ripening		Start of dormancy	
Исмаиллы	Development of buds		Development of leaves		Development of sprouting		Development of inflorescence		Flowering		Fruit formation		Fruit ripening		Start of dormancy	
Этап роста	Развитие почек		Развитие листьев		Развитие побега		Развитие соцветия		Цветение		Формирование плодов		Созревание плодов		Начало покоя	

Рисунок 4.1.4. Схематическое изображение основных стадий роста граната.

Как видно из фенологического спектра (Рис.4.1.4) наступление фенофаз у дикорастущего граната в различных районах происходит не одновременно. Начало вегетации граната зависит от условий его произрастания.

Развитие почек в условиях Сиязьянского, Гейчайского, Евлахского и Агдашского районов при среднегодовой температуре 13-15° С и количестве атмосферных осадков за год 300-605 мм, наблюдалось с 1 по 30 февраля, а в условиях Хызынского, Шекинского, Агсуинского и Исмаиллинского районов при среднегодовой температуре 9-12° С и количестве осадков 210-610 мм, с 15 февраля по 10 марта. Фаза развития листьев наступает в конце февраля – начале марта.

Согласно, Г.М. Левину гранат отличается ритмологической пластичностью, определяемой лабильностью продолжительности отдельных фенофаз. В теплые зимы вегетация может начаться в феврале, хотя обычно он начинается в марте. Раннее начало вегетации приводит иногда к повреждениям распускающихся почек и молодых побегов весенними заморозками. Вегетация продолжается до октября [66, с. 185-211].

Согласно нашим наблюдениям цветение дикорастущего граната продолжается с мая-июня (первая генерация цветков) до второй половины августа (вторая генерация цветков). Продолжительность цветения одного цветка в исследованных районах составляла 3-4 дня. Раньше открывали длиннопестичные цветки, затем, через 7-8 дней, раскрывались короткопестичные (Рис. 4.1.5).



**Рисунок 4.1.5 Этапы развития короткопестичного цветка граната.**



Было обнаружено, что различные кусты растения имели от 15 до 60% нормальных длиннопестичных цветков. Длиннопестичные цветки растения более крупные, кувшиновидные, имеют длинный пестик и образуют плоды. Короткопестичные цветки были меньше размером, чем длиннопестичные, по форме преимущественно колокольчатые, имеют короткий пестик. Вследствии того, что у этих цветков зародышевые мешки нормально не развиваются, поэтому плодов они не образуют. Некоторые авторы утверждают, что у граната имеются также промежуточные цветки, появляющиеся почти одновременно с короткопестичными. По форме они варьируют от колокольчатых, цилиндрических до кувшиновидных. По длине пестика одни стоят ближе к длиннопестичным, другие – к короткопестичным цветкам. Стоящие ближе к длиннопестичным цветкам имеют некоторое количество нормально развитых зародышевых мешков. Завязи таких цветков обычно опадают. В редких случаях плоды от промежуточных цветков достигают стадий созревания, но они, как правило, имеют уродливую форму. У тех же, которые близки к короткопестичным цветкам, оплодотворение не происходит, и они также опадают [72, 56 с.]. Хотим отметить, что мы не обнаружили данный тип цветков ни в одном из районов произрастания дикорастущего граната.

Необходимо отметить, что гранату присуща протогония – более раннее вступление в функциональное состояние женской сферы. Рыльце становится восприимчивым за сутки до распускания цветка, наиболее восприимчиво оно в день распускания цветка, восприимчивость рыльца резко снижается на 3-й день, и на 4-5-й день оно становится невосприимчивым. Пыльники созревают на второй день после начала распускания цветка. Помимо ксеногамии наблюдается и самоопыление, возможно и собственно аутогамия – опыление собственной пылью, особенно в конце цветения. Довольно редко наблюдается геркогамия – расположение тычинок и пестика, препятствующее самоопылению; происходит выдвигание пестика из бутона [66, с. 185-211]. В конце мая или в начале июня короткопестичные цветки осыпаются, в то время как длиннопестичные продолжают цвести. Из более поздних цветков плоды получаются

недоразвитыми [90, с. 331-335]. Период цветения граната не совпадает с периодом заморозков, чем и объясняется его ежегодное плодоношение [59, 117 с.].

Фаза формирования плодов в условиях Гейчайского и Евлахского районов происходила с начала мая до конца июля, в условиях Хызынского, Шекинского, Агсуинского, Исмаиллинского районов с начала июля до конца сентября, в условиях Сиязаньского и Агдашского с конца июня до конца сентября. Фаза созревания плодов в исследованных районах длилась с начала сентября до первой декады ноября, массовое плодоношение наблюдалось в октябре. Ввиду продолжительного цветения граната плоды его могут находиться на кустах до 10-15 ноября [59, 117 с.]. Плоды, образовавшиеся от второй генерации цветков в июле-августе (Рис. 4.1.6), росли интенсивнее плодов, образовавшихся от первой генерации цветков, но отличались меньшей величиной.



#### **Рисунок 4.1.6 Вторая генерация цветков.**

Гранат относится к медленно или очень медленно диссеминирующим растениям. Растрескивание околоплодника у разных биотопов начинается с июля-августа и продолжается до октября. Плоды, образовавшиеся из поздно появляющихся цветков (при самоопылении), часто сохраняют семенной запас до середины следующего года (явление серотонии). Семена, не потребленные животными, при диссеминации в основном попадают в подкоронное пространство, что обуславливает синаптоспермию – прорастание семян возле материнских растений [66, с. 185-211].

Взрослые типичные листья на территории исследованных восьми районов начинали желтеть в октябре, массовое пожелтение и листопад протекали обычно с середины октября и в ноябре. Почвенная засуха, ранние осенние похолодания и заморозки могут стимулировать преждевременное пожелтение листьев. Листья, развивающиеся во второй половине вегетации, желтеют и опадают позже листьев весенней генерации [66, с. 185-211].

В исследованных нами районах растение вступает в период относительного покоя в последней декаде октября и продолжается данная стадия до второй декады февраля. Период покоя у граната (по выражению Г.М. Левина) в странах Средней Азии и Закавказья начинается в ноябре-декабре и заканчивается в конце января-начале февраля [67, с. 185-211].

Согласно полученным результатам вегетационный период граната продолжается от 190 до 230 дней. Гранат теплолюбивое растение, для роста и развития которого требуются довольно высокие температуры. Фенологические фазы дикорастущего граната, в зависимости от экологических условий, проходят в различные сроки, но примерно при одних и тех же температурах [18, 256 с.]. Как начало, так и конец вегетации гранатового куста определяется среднедекадными температурами около 10° С [79, 224 с.]. По мнению Г.А. Нестеренко и А.Д. Стребковой [72, 56 с.], плоды граната лучше всего развиваются при сумме тепла за вегетационный период в 3000 градусов и

больше. Левин [66, с. 185-211] же утверждает, что для нормального роста и развития граната необходимы суммы активных температур (выше +10° С) в пределах 3100-6000° С.

#### **4.2. Фитоценотическая характеристика и анализ состояния ценопопуляций граната обыкновенного**

В последнее время возрос интерес исследователей к изучению пространственной структуры ценопопуляций. Исследование пространственной структуры ценопопуляций дает возможность представить, как происходит изменение численности и возрастного состава популяции во времени, а также позволяет решать вопросы о взаимоотношениях видов в одном ценозе и на границе разных фитоценозов [91, 131 с.].

Ценотическая, как и любая биологическая, популяция находится в развитии. Ее динамика определяется влиянием абиотических и биотических факторов среды. Между собой ценопопуляции могут различаться по массе, плотности, распределению особей в пространстве, соотношению полов (для двудомных растений), возрастной структуре, виталитету (жизненности), генетической структуре и т. д. [58, 228 с.].

В результате проведенных исследований было изучено 14 ЦП дикорастущего граната, условно названных по их местонахождению. Номерация каждой ассоциации (АЦ) соответствовала номеру ценопопуляции, которая в ней находилась.

Разнообразие растений внутри ценопопуляции – наиболее важное свойство природных популяций, повышающее полноту использования ресурсов и их способность адаптироваться к условиям растительного сообщества [60, с. 29-38].

Во время исследований ценопопуляций дикорастущего граната по количеству доминирующих в каждом ярусе видов давали названия основной ассоциации, к которой приурочена ценопопуляция. При описании сообществ, в пределах ценопопуляций глазомерным способом определяли общее проективное

покрытие (ОПП) травостоя. Результаты по наименованию сообществ, основанные на доминантном подходе В.В. Алехина приведены в таблице 4.2.1.

**Таблица 4.2.1**

**Характеристика ассоциаций с участием *P. granatum*.**

Географическое положение	№ ЦП (GPS данные)	№ АЦ	Название АЦ	ОПП травостоя, %
Сиязаньский район	I (49°01' 04.752" E - - 41°04' 45.618" N)	1	<i>Punica granatum</i> + <i>Tamarix</i> spp.– <i>Hypericum perforatum</i>	60-80%
	II (49°00' 14.454" E - - 41°04' 45.468" N)	2	<i>Punica granatum</i> – <i>Trifolium</i> <i>pretense</i>	60-80%
Хызынский район	III (49°08' 42.21" E - 40°54' 15.56" N)	3	<i>Punica granatum</i> + <i>Tamarix</i> spp.	20-30%
	IV (49°11' 18.73" E - 40°52' 43.91" N)	4	<i>Punica granatum</i> – <i>Crepis</i> <i>capillarys</i>	30-40%
Агсуинский район	V (48°25' 24.33" E - 40°35' 9.40" N)	5	<i>Punica granatum</i> + <i>Rubus</i> <i>fruticosus</i> – <i>Hypericum perforatum</i>	60-100%
	VI (48°23' 51.97" E - 40°34' 51.85" N)	6	<i>Punica granatum</i> + <i>Tamarix</i> spp.– <i>Cirsium vulgare</i>	60-80%
	VII (48°23' 51.50" E – 40°34' 50.64" N)	7	<i>Punica granatum</i> + <i>Tamarix</i> spp.– <i>Alhagi pseudoalhagi</i>	40-50%

Продолжение таблицы 4.2.1

Агдашский район	VIII (47°30' 27.49" E - 40°38' 43.81" N)	8	<i>Punica granatum</i> + <i>Rubus fruticosus</i> – <i>Alhagi pseudoalhagi</i>	30-40%
Евлахский район	IX (47°12' 14.81" E - 40°44' 49.22" N)	9	<i>Punica granatum</i> + <i>Rubus fruticosus</i> – <i>Bellis perennis</i>	30-40%
Гейчайский район	X (48°0' 48.23" E - 40°36' 54.42" N)	10	<i>Punica granatum</i> – <i>Trifolium pratense</i> + <i>Capsella bursa-pastoris</i> + <i>Alhagi pseudoalhagi</i>	60-80%
Исмаиллинский район	XI (48°14' 49.05" E - 40°37' 29.06" N)	11	<i>Punica granatum</i> – <i>Capsella bursa-pastoris</i>	80-100%
	XII (48°3' 47.15" E - 40°45' 2.82" N)	12	<i>Punica granatum</i> – <i>Capsella bursa-pastoris</i> + <i>Pimpinella peregrine</i>	80-100%
Шекинский район	XIII (47°7' 31.20" E - 40°0' 22.27" N)	13	<i>Punica granatum</i> – <i>Trifolium pratense</i> + <i>Crepis capillaries</i>	80-90%
	XIV (47°11' 29.33" E - 41°9' 34.33" N)	14	<i>Punica granatum</i> – <i>Cirsium vulgare</i> + <i>Capsella bursa-pastoris</i> + <i>Crepis capillaries</i>	80-90%

Как видно из таблицы 4.2.1, изученные сообщества (ЦП I – XIV) *P. granatum* характеризуются значительным разнообразием луговых и лесолуговых растений.

По данным Г.М. Левина, популяции граната очень разнородны. В состав ценопопуляций на разных этапах их развития входят различные образования, от особей-основателей, биотипов, инбредных и гетерозиготных генет и рамет, единичных клонов, клональных фрагментов, смесей клонов, семей, смесей

клонов и семей, соседств до малых и больших популяций колониального типа (зарослей), их «обломков» и т.д. [64, с. 15-18].

Г.М. Левин относит гранат по пластичности типов стратегии жизни к полистратегическим видам. В оптимальных условиях он доминант и эдификатор и выступает в качестве виолента (или К-стратега), в экстремальных условиях он проявляет себя в качестве пациента, в ряде случаев – как эксплерент (r-стратег). Автор также относит гранат к коннекторам-доминантам, так как благодаря вегетативному размножению он способен создавать густые заросли [66, с. 185-211].

В большинстве исследуемых нами ценозов было обнаружено, что гранат является доминантом-эдификатором (субвиолент) с проективным покрытием 60-90%. Чаще всего в качестве содоминантов выступают представители рода *Tamarix* L., а также виды *Rubus fruticosus* L., *Paliurus spina-christi* Mill и др. (Рис. 4.2.1; 4.2.2; 4.2.3). Результаты оценки обилия травянистых видов в фитоценозах представлены в таблице 4.2.2. (см. приложение).



**Рисунок 4.2.1 Ассоциации с участием *P. granatum*: *Punica granatum* + *Paliurus spina-christi* (Сиязаньский р-н)**





**Рисунок 4.2.2** Ассоциации с участием *P. granatum*: *Punica granatum* + *Rubus fruticosus* – *Alhagi pseudoalhagi* (Агдашский р-н)





**Рисунок 4.2.2** Ассоциации с участием *P. granatum*: *Punica granatum*  
+ *Tamarix* spp. (Агсуинский р-н).

**Таблица 4.2.2 Обилие травянистых видов в ассоциациях.**

Вид растения	Ассоциации													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Hypericum perforatum</i> L.	cop <sub>3</sub>	cop <sub>2</sub>	-	-	cop <sub>3</sub>	sp	sp	sp	sp	-	sp	sp	sp	sp
<i>Trifolium pratense</i> L.	cop <sub>2</sub>	cop <sub>3</sub>	sp	Sp	cop <sub>1</sub>	cop <sub>1</sub>	cop <sub>1</sub>	sp	cop <sub>2</sub>	cop <sub>3</sub>	cop <sub>2</sub>	cop <sub>2</sub>	cop <sub>3</sub>	cop <sub>1</sub>
<i>Bellis perennis</i> L.	cop <sub>1</sub>	cop <sub>1</sub>	-	-	sp	-	-	-	cop <sub>3</sub>	cop <sub>1</sub>	sp	sp	cop <sub>1</sub>	Sp
<i>Capparis spinosa</i> L.	-	-	sp	cop <sub>1</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg	-	-	sp	Sp	sp	cop <sub>1</sub>	sp	cop <sub>1</sub>	cop <sub>1</sub>	cop <sub>2</sub>	cop <sub>2</sub>	cop <sub>2</sub>	cop <sub>1</sub>	cop <sub>1</sub>
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Teh.	sol	sol	sp	cop <sub>1</sub>	sp	cop <sub>3</sub>	sp	sol	sp	sol	sp	cop <sub>3</sub>	sp	cop <sub>3</sub>
<i>Lactuca serriola</i> L.	-	-	-	cop <sub>2</sub>	sp	-	sp	-	-	sol	-	-	sp	-
<i>Crepis capillary</i> (L.) Wallr.	sp	sp	sp	cop <sub>3</sub>	-	-	-	-	cop <sub>2</sub>	-	-	-	cop <sub>3</sub>	cop <sub>3</sub>
<i>Malva sylvestris</i> L.	-	-	-	-	soc	cop <sub>1</sub>	sp	-	-	-	-	-	-	-
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	sp	sp	sp	sp	soc	cop <sub>1</sub>	cop <sub>1</sub>	cop <sub>1</sub>	cop <sub>2</sub>	cop <sub>3</sub>	cop <sub>3</sub>	cop <sub>2</sub>	cop <sub>1</sub>	cop <sub>3</sub>
<i>Alhagi pseudoalhagi</i> Bieb (Fisch.)	sol	sol	sp	sp	cop <sub>1</sub>	cop <sub>1</sub>	cop <sub>3</sub>	cop <sub>3</sub>	sp	cop <sub>3</sub>	sp	sp	sp	sp
<i>Pimpinella peregrine</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sp	cop <sub>3</sub>	-	-
<i>Papaver rhoes</i> L.	sp	sp	cop <sub>1</sub>	cop <sub>1</sub>	sp	sp	sp	-	sp	sp	sp	cop <sub>1</sub>	cop <sub>1</sub>	cop <sub>1</sub>

Продолжение таблицы 4.2.2

<i>Carduus pycnocephalus</i> L.	-	-	sp	sp	-	sp	sp	sol	sp	sol	sol	sol	sp	-
<i>Tragopogon dubius</i> Scop.	sol	sp	sol	sp	sp	sp	sp	-	-	-	sp	-	-	-
<i>Sonchus tenerrimus</i> L.	sol	sp	-	-	-	-	-	-	-	sol	-	-	sol	-
<i>Anacamptis morio</i> L.	un	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ranunculus repens</i> L.	sol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sol	sol	-	-

*Примечание:* сос - сплошь, сор<sub>3</sub> – очень обильно, сор<sub>2</sub> - обильно, сор<sub>1</sub> – довольно обильно, sp - рассеянно, sol - единично, un – единственный экземпляр

Согласно результатам оценки обилия травянистых видов в ассоциациях (Табл. 4.2.2) *Hypericum perforatum* L. и *Trifolium pratense* L. обильно встречаются в составе 1,5 и 2, 10, 13 ассоциаций, соответственно. С таким же обилием встречаются *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik (АЦ 10, 11), *Bellis perennis* L. (АЦ 9), *Cirsium vulgare* (Savi) Teh. (АЦ 6, 14), *Crepis capillary* (L.) Wallr. (АЦ 13, 14), *Alhagi pseudoalhagi* Bieb (Fisch.) (АЦ 7, 8, 10), *Pimpinella peregrine* L. (АЦ 11). Единично встречается *Anacamptis morio* L. в составе 1-ой ассоциации дикорастущего граната. Обилие *Malva sylvestris* L. и *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik в пятой ассоциации достигает значения soc (сплошь) [250, p. 57-65].

Проводены исследования по оценке плотности ценопопуляций. В случае больших площадей, занятых ценопопуляциями оценка проводилась по методу пересчета особей на пробных площадях (размер ПП 10 x 10). При этом подсчитывалось количество растений на 10 таких площадях, после чего вычисляли среднее значение. Для небольших площадей использовали метод прямого пересчета всех особей в пределах популяционного поля.

Была также изучена фитоценотическая характеристика места обитания. Ниже приводятся результаты этих исследований.

ЦП I–II находятся на территории Сиязаньского района на высоте 230 – 250 м над ур. м. Травостой ценопопуляции I подвержен ежегодному сенокошению. Наряду с *P. granatum* обильно представлены виды рода *Tamarix* L., а также *Hypericum perforatum* L., *Trifolium pratense* L., *Paliurus spina-christi* Mill., *Bellis perennis* L., менее обильно – *Sorbus domestica* L., *Ranunculus repens* L., *Rhus coriaria* L., *Rosa canina* L., *Malus sylvestris* (L.) Mill., *Sonchus tenerrimus* L., *Capparis spinosa* и единично – *Anacamptis morio* L. и *Ficus carica* L. Проективное покрытие *P. granatum* составляет 70-90%.

ЦП III–IV обнаружены в Хызынском районе на высоте 200 и 250 м над ур. м. Малое обилие в данных ценопопуляциях характерно для *Eleagnus angustifolia* L., *Papaver rhoeas* L., *Carduus pycnocephalus* L., *Tropogon dubius* Scop. Проективное покрытие граната обыкновенного составляет 50-70%.

ЦП V–VII представлены на территории района Агсу на высоте 420 (Агсуинский перевал), 200 (правый берег реки Агсу) и 190 (левый берег реки Агсу) м над ур.м. В травянисто-кустарниковом ярусе встречаются следующие виды: *Rubus fruticosus* L., *Malva sylvestris* L., *Hypericum perforatum* L., *Alhagi pseudoalhagi* Bieb (Fisch.), *Cirsium vulgare* (Savi) Teh. В ЦП VII в единичном экземпляре произрастают деревья *Ficus carica* L. Проективное покрытие граната составляет 30-40%.

ЦП VIII–IX отмечены на территориях районов Агдаш (50 м над ур.м.) и Евлах (60 м над ур. м.). ЦП VIII характеризуется самым низким значением проективного покрытия *P. granatum* (10–15%) и бедным видовым разнообразием, состоящим из следующих видов: *Rubus fruticosus* L., *Capparis spinosa* L., *Alhagi pseudoalhagi* Bieb (Fisch.) и различными сорными травами. Проективное покрытие граната в ЦП IX составляет 70-80%.

ЦП X–XII исследованы на территориях Гейчайского (ЦП X, 170 м над ур. м.) и Исмаиллинского (ЦП XI, 280 м над ур. м.; ЦП XII, 540 м над ур. м.) районов Большого Кавказа. Растения *P. granatum* из ЦП XI отличаются наибольшей высотой побегов (до 8 м). В травянисто-кустарниковом ярусе изученных ценопопуляций доминируют следующие виды: *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik, *Alhagi pseudoalhagi* Bieb (Fisch.), *Paliurus spina-christi* Mill., *Cirsium vulgare*. Проективное покрытие граната в указанных ценопопуляциях составляет 60-80%.

ЦП XIII–XIV изучены в Шекинском районе на высоте 340 и 380 м над ур.м. В травянисто-кустарниковом ярусе доминируют *Paliurus spina-christi* Mill., *Trifolium pretense* L., *Crepis capillaries* (L.) Wallr. Наблюдается интенсивное сенокосение, стравливание и вытаптывание скотом растительности. Проективное покрытие граната в указанных ценопопуляциях составляет 50-80% [250, p. 57-65].

Было обнаружено, что особи популяций дикорастущего граната распределены в пространстве по-разному.

Различают следующие основные способы распределения особей в пространстве: а) регулярное; б) случайное; в) групповое и г) клинальное распределение [58, 228 с.].

Регулярное распределение – особи ценопопуляции расположены примерно на одинаковом расстоянии друг от друга. В природе такое распределение встречается редко. Регулярное распределение растений со временем меняется из-за неравномерной элиминации растений в силу их разной жизнеспособности и конкуренции друг с другом.

Случайное распределение – расстояние между особями подчиняется закону случайного распределения. Случайное распределение возникает тогда, когда имеют место равномерное распределение зачатков, однородность экотопа и биотопа, равномерное распределение особей других видов, либо находящихся в равноправных конкурентных отношениях с особями рассматриваемой ценопопуляции, либо не зависящих от них. Нарушение этих условий приводит к отклонениям от случайного распределения.

Групповое распределение (пятнистое, контагиозное) – особи в пространстве распределены группами (куртинами). Групповое распределение растений в сообществах обеспечивают, например, такие их биотические особенности, как осыпание плодов вблизи материнского растения, вегетативное размножение и др. Кроме того, при неблагоприятных условиях многие растения могут образовывать группы в тех участках фитоценоза, где слабее конкуренция и легче выжить.

Клинальное распределение выражается в постепенном и направленном изменении плотности особей на определенной территории. По-видимому, главная причина такого размещения состоит в постепенном изменении в пространстве условий произрастания (например, при движении по склону). Возможны разные варианты клинального распределения. Так, распределение может быть случайно-клинальным, когда вероятность появления особи в определенной точке постепенно меняется на территории (увеличивается или

уменьшается), и контагиозно-клинальным – при постепенном изменении числа и размеров скоплений.

Тип распределения особей *P. granatum* L. в ценопопуляциях I – IV, VIII – IX, XIII – XIV - групповое, ЦП V – VII - случайно-клинальное и контагиозно-клинальное, а в ЦП X-XII – равномерное. Как видно из полученных данных, преобладающим типом распределения особей является групповой [250, р. 57-65]. Согласно Ю.В. Ибатулина [56, с. 73-79] при условии интенсивного антропогенного воздействия на растительный покров часто сохраняется групповое размещение особей ценопопуляций того или иного вида, что и наблюдается в ЦП I – IV, XIII – XIV. Для ценопопуляций видов-эдификаторов, если один из них испытывает конкурентное давление со стороны других доминирующих видов, но устойчив в сообществе, характерно контагиозное размещение особей [48, с. 100-108]. При умеренной антропогенной нагрузке отмечено увеличение плотности особей и формирование вследствие этого случайно-клинальной, контагиозно-клинальной. Считается, что случайное (равномерное) распределение вида по площади свидетельствует о его процветании, о приближении условий произрастания его экологической норме и об устойчивом положении его в фитоценозе [56, с. 73-79].

Были проведены исследования по выявлению онтогенетической структуры ценопопуляций *P. granatum* L.

В ценопопуляционных исследованиях выделение возрастных групп особей обычно производится в соответствии с классификацией возрастных состояний, предложенной Т. А. Работновым [77, с. 7-204], с некоторыми дополнениями и изменениями, внесенными А. А. Урановым и его учениками [58, 228 с.].

I. Эмбриональный период онтогенеза (период первичного покоя):

- а) собственно эмбриональный (пренатальный) – формирующееся семя и зародыш находятся на материнском растении;
- б) латентный (se) – сформировавшиеся и отделившиеся семена или нераскрывающиеся односемянные плоды. Покоящиеся семена.

II. Прегенеративный (виргинильный) период онтогенеза. Молодые растения: Проросток (p11) – наличие морфологической связи с семенем, наличие зародышевых структур, смешанное питание за счет веществ семени. Всход (p12) – наличие морфологической связи с семенем, наличие зародышевых структур, смешанное питание за счет веществ семени, наличие семядолей. Ювенильное возрастное состояние (j) – простота организации, несформированность признаков и свойств, присущих взрослой особи; потеря связи с семенем, отсутствие семядолей. Имматурное возрастное состояние (прематурное) (im) – наличие свойств и признаков переходного состояния от ювенильных растений к взрослым, сохранение отдельных элементов зародышевых структур. Виргинильное возрастное состояние (v) – преобладание в структуре особи взрослых черт: развитие характерных для вида взрослых листьев, побеговой и корневой системы. Подразделяется на 2 группы: молодое вегетативное (vm) и взрослое вегетативное (vv).

III. Генеративный период онтогенеза. Взрослые растения: Скрытогенеративное возрастное состояние (g0). Раннее, молодое генеративное возрастное состояние (g1) – дальнейшее развитие взрослых структур: появление генеративных побегов, усиление в побеговой и корневой системах процессов роста и формообразования, отсутствие процессов отмирания. Зрелое, средневозрастное генеративное возрастное состояние (g2) – окончательное становление жизненной формы, относительный максимум числа генеративных побегов, уравновешенность процессов новообразования и отмирания. Позднее, старое генеративное возрастное состояние (g3) – упрощение жизненной формы: резкое снижение доли генеративных побегов, ослабление в побеговой и корневой системах процессов роста и формообразования; преобладание процессов отмирания над процессами новообразования.

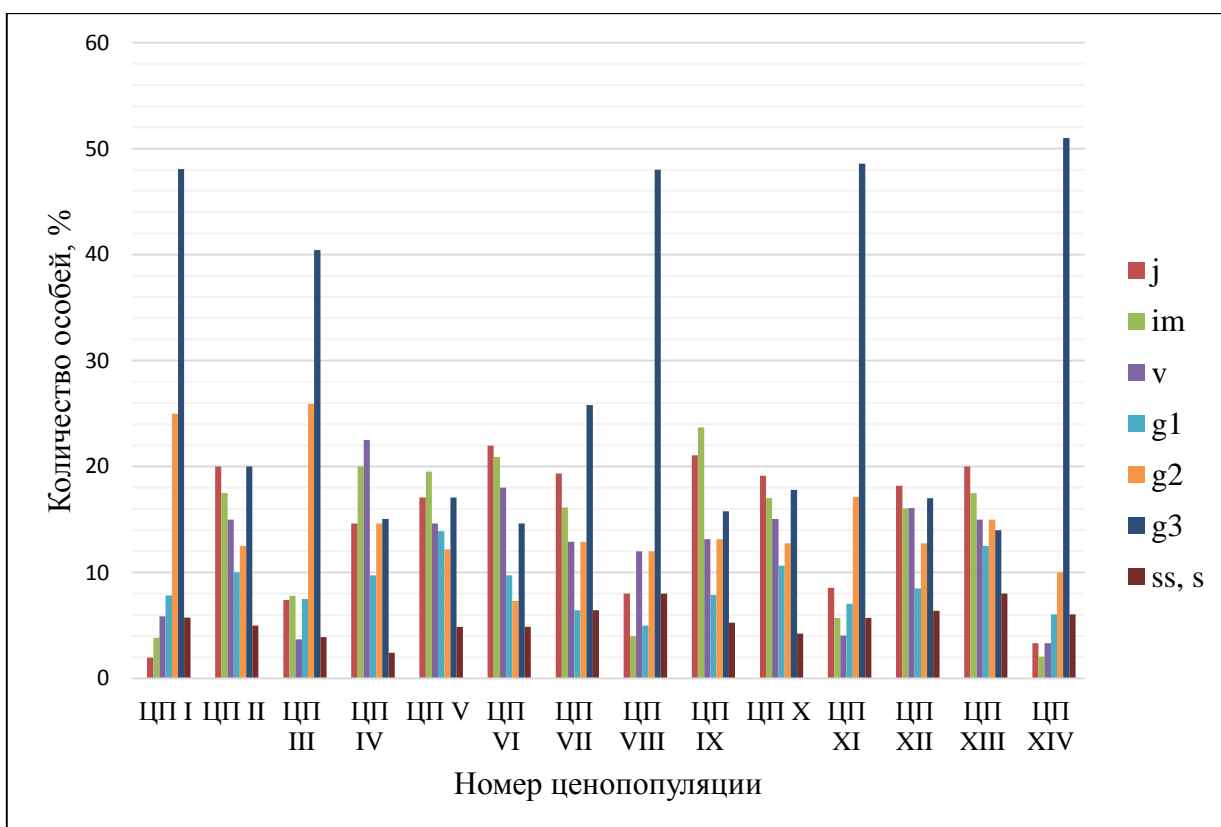
IV. Постгенеративный (старческий, сенильный) период онтогенеза. Старые растения: Субсенильное возрастное состояние, старое вегетативное (ss) – дальнейшее упрощение жизненной формы: отсутствие генеративных побегов, смена способов нарастания, потеря способности к ветвлению; значительное



преобладание процессов отмирания. Сенильное возрастное состояние (s) – предельное упрощение жизненной формы: накопление отмерших частей растения, вторичное появление в структуре листьев некоторых детских черт, потеря способности к ветвлению побегов и иногда – к формированию почек возобновления. Отмирающее возрастное состояние (sc).

Следует отметить, что подробно онтогенетическая структура ценопопуляций *P. granatum* на территории Азербайджана ранее никем не изучалась.

Работы по изучению возрастного состояния особей граната позволили выделить следующие состояния: ювенильное (j), имматурное (im), виргинильное (v), генеративное (g<sub>1</sub>, g<sub>2</sub>, g<sub>3</sub>), постгенеративное (ss, s) (Рис. 4.2.2).



**Рисунок 4.2.2 Онтогенетические спектры ценопопуляций *P. granatum* L.**

Ювенильное возрастное состояние. Данная фаза начиналась с отмирания семядолей и формирования листьев. Наблюдали рост побегов первого порядка и нарастание числа листьев.

Имматурное возрастное состояние. Наблюдали рост побегов второго порядка, несущих по 10-20 листьев. К концу данной фазы начинается рост побегов 3 и 4-го порядков. До сих пор сохранены отдельные элементы зародышевых структур.

Виргинильное возрастное состояние. Происходило увеличение размеров надземных частей. Замечены сеянцы, на которых образуются побеги с единичными цветками.

Генеративное возрастное состояние связано с переходом растения к цветению и плодоношению. По истечении определенного времени (на 3-4-м году жизни) сеянцы начинали образовывать побеги формирования и ветвления. В дальнейшем образуются скелетные оси куста, сменяющие друг друга в ходе жизненного цикла.

Характерными признаками постгенеративного возрастного состояния являлось начало клонообразования и вегетативного возобновления у генет и рамет.

Сравнивая возрастные спектры ценопопуляций конкретного вида, можно установить такой вариант (или варианты) спектра, который наиболее часто встречается у данного вида и в котором сохраняются постоянными соотношения во взрослой (наиболее стабильной) части ценопопуляции. Такой спектр можно назвать базовым. У видов с широкой экологической и фитоценотической амплитудой, по-видимому, существует не один, а несколько базовых спектров, при этом разные варианты спектра будут наблюдаться в несколько отличных условия обитания, т.е. для одного и того же вида может быть характерен некоторый набор базовых спектров.

По полученным результатам в исследованных ценопопуляциях выделили три типа возрастных спектров (Рис. 4.2.2): левосторонний спектр, абсолютный максимум которого приходится на одну из групп в молодой части

ценопопуляции; правосторонний спектр с абсолютным максимумом на старых генеративных или субсенильных особях; бимодальный спектр (двувершинный), состоящий из двух модальных групп, одна из которых относится к молодой, другая – к старой части ценопопуляции [47, с. 46-63].

В результате исследований было выявлено, что онтогенетический спектр ценопопуляций граната I, III, VII, VIII, XI и XIV правосторонний (с абсолютным максимумом на старых генеративных особях), ЦП II, V, X, XII – бимодальный (с максимумом в виргинильной и генеративной частях, соответственно), ЦП IV, VI, IX, XIII – левосторонний (с абсолютным максимумом на молодые особи).

Наши исследования выявили, что изученные ценопопуляции по классификации Л.А. Животовского [44, с. 3-7] относятся к нормальным зрелым ценопопуляциям, где максимум приходится на особи генеративного периода (51%). Содержание постгенеративной фракции небольшое (3.9-8%) [250, р. 57-65].

Все изученные популяции полночленные и находятся в дефинитивном состоянии. Таким образом, преобладают ЦП граната обыкновенного, представленные большинством онтогенетических состояний, что говорит об устойчивости и способности ЦП к самоподдержанию.

С целью отнесения ценопопуляций *P. granatum* к определенному классу были вычислены индекс возрастности ( $\Delta$ ), индекс эффективности популяции ( $\omega$ ), индексы замещения ( $I_3$ ), индекс старения ( $I_C$ ) и индекс восстановления ( $I_B$ ) (Табл.4.2.4, см. приложение).

Было обнаружено, что возрастная структура ценопопуляций *Punica granatum* в разных локалитетах неоднородна, обусловленное зависимостью от конкретной эколого-фитоценотической обстановки.

Величина возрастности  $\Delta$  изучаемых ценопопуляций имеет сильную амплитуду распределения от 0.22 (ЦП II) до 0.62 (ЦП XIV), индексы эффективности варьирует от 0.24 (ЦП II) до 0.67 (ЦП XIV). При использовании критерия «дельта-омега» [44, с. 3-7] получили три типа популяций: молодые (ЦП III, IV, V, VI, VII, IX, X, XII, XIII), переходные (ЦП I, III, VIII, XI), стареющие

(ЦП XIV). Значение индекса восстановления, определяемое содержанием молодой онтогенетической части популяции, колеблется от 0.14 (ЦП XIV) до 2 (ЦП VI). Из таблицы видно, что наиболее угрожаемое состояние у ЦП XIV, популяция является стареющей и неустойчивой [250, р. 57-65].

Одной из самых известных классификаций жизненных форм является система датского биолога К. Раункиера. В основу системы жизненных форм Раункиером положены различия в переживании растениями неблагоприятного периода времени года. Им было выделено 5 типов жизненных форм: фанерофиты, хамефиты, гемикриптофиты, криптофиты, терофиты. Согласно данной классификации гранат относится к микро- или нанофанерофитам.

И. Г. Серебряков под жизненной формой понимал «своеобразие тех или иных групп растений, выраженное в специфике их сезонного развития; в способах ежегодного нарастания и возобновления растений; во внешней и внутренней структуре их органов, а также во внешнем облике, исторически возникшем в определенных почвенно-климатических и фитоценологических условиях, отражающем приспособленность растений к этим условиям» [81, с. 146–205]. Система жизненных форм И. Г. Серебрякова построена на эколого-морфологическом принципе.

Учитывая, что кустарнички граната во взрослом состоянии несут значительное количество ветвящихся боковых скелетных осей (парциальных кустов), связанных друг с другом надземно или подземно посредством плагиотропных побегов последовательно сменяющихся в течение онтогенеза по классификации И. Г. Серебрякова его следует отнести к отделу наземные и эпифитные древесные растения и типу кустарнички. Жизненная форма дерева в природных условиях гранату не присуща.

Согласно Г.М. Левину, гранат - геоксильный листопадный вегетативно подвижный кустарник (с продолжительностью поступательного роста стволов в течение 3-7 лет, живущих затем достаточно долго, до двух десятков лет и более) с довольно широким спектром биоморф; летнезеленый (в пределах природного ареала) гелиоморфный мелколистный (с выраженной гетерофиллией)

ксеромезофит, произрастающий в условиях макротермного аридного (субаридного) климата, с ограниченной адаптацией и устойчивостью к небольшим отрицательным температурам; мезотрофный гликофит с мощной корневой системой, произрастающий на участках с доступной (относительно близкой подпочвенной) водой, в ряде случаев ореофит, хамофит или гляреофит; однодомный энтомофильный факультативный перекрестник с альтернативным пыльцевым режимом в течение периода вегетации; андромоноэцитный протогоничный вид [63, с. 11-15]. Гораздо реже (менее 1%) в очень жестких условиях у верхних пределов распространения и на скальных экотопах встречаются модификанты – жизненная форма кустраничка и единично – полупростратные формы [62, с. 33-35].

В результате исследований было выявлено, что дикорастущий гранат растет в основном вдоль дорог и по берегам рек в освещенных местах и поэтому считается гелиофитом. Растение отрицательно реагирует на сильное затенение, при котором происходит отмирание мелких веток внутри куста.

В проведенных нами исследованиях по изучению возрастных состояний дикорастущего граната в разных местах произрастания растения было выявлено, что дикорастущий гранат размножается исключительно вегетативным путем. Г.М. Левин отмечает, что в условиях, когда семенное размножение затруднено, преобладает вегетативное как основной способ самоподдержания ценопопуляций, выражающееся в возникновении корнеотпрысков (максимальное удаление от материнского куста – до 19 м). Возникновение отводков – спорадический способ, связанный с сейсмической активностью на склонах или с прохождением селевых потоков. Вегетативное размножение способствует возникновению генетически однородных клонов. [66, с. 185-211].

#### **4.3. Биометрические показатели граната обыкновенного в различных фитоценологических условиях**

При популяционных исследованиях необходимо изучение морфологических особенностей растений. Любая особь растений характеризуется определенным набором признаков, которые выступают в качестве параметров ее морфологического статуса. В качестве морфологического признака у особей растений выступает любая, «поддающаяся сравнению структурная особенность организма как компонента фенотипа». Качественные и количественные признаки особей оказываются полезными по-разному. На качественных признаках базируется, в частности, выделение возрастных состояний растений и анализ возрастных спектров популяций. Количественные признаки более полезны при исследовании онтогенетических адаптаций, при оценке жизненного состояния особей и построении виталитетных спектров популяций [55, 184 с.].

В ценопопуляционных исследованиях применение морфометрических методов позволяет давать количественную оценку морфологическому статусу, росту и продукционным процессам растения, оценить взаимосвязанность отдельных параметров морфоструктуры растений, и на этой основе характеризовать уровень целостности особей, получить информацию для последующего выявления ключевых, индикаторных морфологических параметров, на основе которых возможны комплексная оценка и диагностирование жизненного состояния особей растений [70, 127 с.].

Для проведения морфометрических исследований граната обыкновенного в различных фитоценологических условиях во всех исследованных пунктах отбирали по десять кустов граната, с которых собирали плоды и листья.

Морфометрические параметры различных органов растения с учетом ошибки средней арифметической приведены в таблице 4.3.1 (см. приложение)

Из данных таблицы видно, что высоким уровнем изменчивости характеризуются высота растения и площадь листовой пластинки. Растения из ЦП XI, XIII отличаются наибольшей высотой стебля ( $6.33 \pm 0.9$ ;  $6 \pm 0.66$ ), а из ЦП III и VIII - наибольшей площадью листовой пластинки. Для особей ЦП IX характерна наименьшая длина ( $3.40 \pm 0.5$ ), а для растений ЦП XIV - наименьшая

ширина листовой пластинки ( $10.07 \pm 0.27$ ). Длина черешка листовой пластинки у растений из ЦП X значительно выше ( $2.00 \pm 0.21$ ), чем у остальных образцов.

По результатам анализа было обнаружено, что гранату присущи гетерофиллия, различия в форме и размерах листьев, связанные с экологическими различиями местообитаний. Форма листьев варьировала от ланцетной и эллиптической до клинообразной и серповидной. Листья граната располагаются супротивно, а на старых ветвях мы наблюдали также очередное расположение и пучками. Края листьев из всех мест произрастания растения были исключительно цельнокрайными.

Морфологические измерения плодов проводили на 10 плодах граната из каждого исследуемого образца. Были изучены следующие характеристики плодов: ДП: длина плода; ШП: ширина плода; ВП: вес плода; ДЗ: длина зерен; ШЗ – ширина зерен; ОВЗ: общий вес зерен; КЗ: количество зерен на плод; ДШВ: длина шеи венчика; КЧЧ: количество чашелистиков чашечки; ДЧЧ: длина чашелистиков чашечки; СЗ: соотношение зерен; ИЧ: индекс чашечки; ВС: Выход сока. Для анализа морфометрических параметров плодов каждый плод взвешивали индивидуально, затем вручную удаляли и взвешивали зерна, кожуру и мембрану. Вес каждой части плода регистрировали на электронных весах (Mettler Toledo, Switzerland) с точностью 0,01 г. Длину и ширину плодов и чашечки измеряли с помощью цифрового штангенциркуля. Измерения повторяли три раза для каждого плода. Зерна граната вручную отделяли от экзокарпа и мезокарпа и измеряли ОВЗ на один плод.

Результаты морфометрического анализа плодов, собранных из восьми районов и восьми ЦП дикорастущего граната показали, что дикий гранат – растение полиморфное. Его экотипы различаются по качеству и размерам плодов. Физические характеристики исследованных образцов граната приведены в таблице 4.3.2 (см. приложение).

Согласно полученным данным, средняя масса плодов варьировала от 37,33 г (P.g.4) до 99,33 г (P.g.8). Вес зерен был значительно выше у образца P.g.8 (59,33 г). Общая длина плода изменялась от 31,66 мм (P.g.4) до 58,00 мм (P.g.8), а

ширина от 28,66 мм (P.g.4) до 59,00 мм (P.g.8), тогда как длина зерен варьировала от 5,67 мм (P.g.7, 8) до 8,67 мм (P.g.1), а ширина от 3,67 мм (P.g.8) до 6,00 мм (P.g.1). Образцы также различались по размеру чашечки, индекс которой варьировал от 13,79 (P.g.8) до 23,71 (P.g.7). Показатель количество зерен на плод указывает на существенную разницу между образцами. Согласно результатам, P.g.8 имеет максимальное среднее значение зерен на плод - 471. Показатель выхода сока значительно отличался и составлял от 35,4% до 78,3%, с самым низким значением в образце P.g.4. Таким образом, наибольшей амплитудой варьирования среди морфологических признаков вида отличаются линейные размеры высоты побега, площадь листовой пластинки, вес плода, количество зерен на плод.

Таким образом, было показано, что экологические условия произрастания дикорастущего граната оказывают существенное влияние на наступление и сроки протекания различных фаз развития у растения. Анализ морфометрических параметров, фитоценотического состава и онтогенетического состояния ценопопуляций исследуемого вида позволяет предположить, что абиотические и биотические факторы могли влиять на изменчивость данных параметров. Из абиотических факторов основными являлись: влияние почвенно-климатических факторов и высоты произрастания. Из биотических факторов - длительность прохождения возрастных состояний; меньшая смертность особей высокой жизненности; ускорение темпов развития и сокращение времени пребывания в соответствующих возрастных состояниях, стравливания и вытаптывания скотом молодой части особей, которые обуславливают падение продуктивности и эффективности размножения.

## **ГЛАВА V**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ ГРУПП БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ И ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ГРАНАТА ОБЫКНОВЕННОГО**



## 5.1. Особенности жирно-кислотного состава липидов семян граната обыкновенного

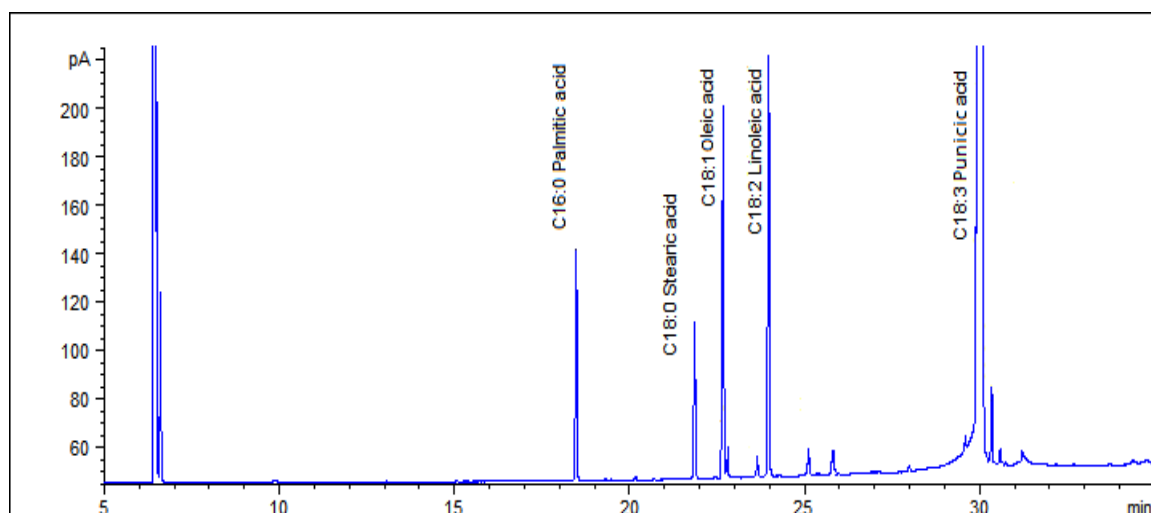
Выявление новых природных источников незаменимых жирных кислот является приоритетным направлением современной науки. Применение незаменимых жирных кислот с антиоксидантным действием предотвращает окислительный стресс и замедляет процесс старения [23, с. 153-158]. Одним из источников жирных кислот является дикорастущий гранат. В лечебных целях используют кору стволов, ветвей и корней граната, масло семян, а также плодовую корку. Масло семян граната обладает цитотоксическим и противоопухолевым действием. Оно может применяться для нормализации жирового и липидного обмена, укрепления иммунитета, профилактики и лечения ряда воспалительных заболеваний, таких как воспалительные заболевания кишечника, ревматоидный артрит и ишемическая болезнь сердца, уменьшать накопление печеночных триглицеридов и способствовать регенерации эпидермальной ткани [133, р. 8644-8660; 202, р.130-135; 241, р. 151-163]. Вышеуказанные полезные свойства масла связаны с содержанием в его составе ряда биологически активных компонентов, таких как стерины, пуниковая кислота и др. Кроме жирных кислот и липидов, масло семян также содержит стероиды, стеролы, лигнины, гидроксильные кислоты, фитостеролы, такие как  $\beta$ -ситостерин, кемпестерол, стигмастерол и  $\alpha$  -,  $\beta$  -,  $\gamma$  -,  $\delta$ -токоферолы [125, р. 430-442; 211, р 1-11]. Во многих исследованиях были выявлены противовоспалительные, иммуномодулирующие, противораковые, антиэстрогенные эффекты пуниковой кислоты [132, р. 1-11; 204, р.1-8].

Учитывая вышеуказанные полезные свойства дикорастущего граната, мы также решили провести исследования по изучению компонентного состава масла семян граната, произрастающего в Азербайджане.

Для получения жирного масла семена *P.granatum* (из Сиязаньского района) высушивали при 105°C в термостате. Жирное масло из семян *P.granatum*

получали экстракцией н-гексаном в аппарате Сокслета в течение 8 – 10 ч. Гексановый раствор отфильтровывали и сгущали отгонкой растворителя в вакууме (ROVA-N2L) [255, p. 259-262]. Полученное масло взвешивали и анализировали методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «НР» 6890 series с пламенно-ионизационным детектором, после предварительного перевода жирных кислот в метиловые эфиры. Разделение проводили на 100 метровой капиллярной колонке «Agilent 112-88A7». Температура колонки составляла 140°C – 5 минут, изотермический режим при 240°C в течении 15 минут. Время удерживания каждого из компонентов сравнивали с результатами литературных источников.

Хроматографический анализ жирного масла семян дикорастущего граната из Азербайджана позволил установить в его составе наличие 9 высших жирных кислот (Рис. 5.1.1).



**Рисунок 5.1.1 Газохроматографический анализ масла семян *P. granatum*.**

Количественное содержание и качественный состав жирных кислот, идентифицированных по времени удерживания представлены в нижеприведенной таблице 5.1.1.

**Таблица 5.1.1**

**Жирнокислотный состав семян *Punica granatum* L.**

Жирная кислота	Содержание (%)	Время удерживания (мин)
C14:01 (Миристиновая кислота)	0,03	0,05
C16:0 (Пальмитиновая кислота)	3,29	7,28
C17:0 (Гептадекановая кислота)	0,03	0,06
C18:0 (Стеариновая кислота)	2,43	3,12
C16:1 (Пальмитолеиновая кислота)	0,05	0,13
C18:1 (Олеиновая кислота)	6,53	0,06
C20:1 (Гадолеиновая кислота)	0,63	0,31
C18:2 (Линолевая кислота)	6,27	0,07
C18:3 (9c11t13c) (Пуниковая кислота)	79,64	0,62
НЖК	5,78%	
НСЖК	93,11%	
НСЖК/НЖК	16,1	
МНС/ПНС	0,08	

Примечание: НЖК – насыщенные жирные кислоты, НСЖК – ненасыщенные жирные кислоты, МНС – мононенасыщенные жирные кислоты, ПНС - полиненасыщенные жирные кислоты.

В результате изучения жирнокислотного состава масла семян было выявлено девять жирных кислот (Табл. 5.1.1). Было выявлено, что основной насыщенной жирной кислотой масла граната является пальмитиновая кислота, содержание которой достигает 3,29%. Количество остальных насыщенных кислот – стеариновой, гептадекановой (маргариновой), миристиновой составило 2,43%, 0,03%, 0,03%, соответственно. Результаты наших исследований согласуются с данными S. Dadashi с соавторами, по результатам которых преобладающей жирной кислотой масла Иранских сортов граната являлась пальмитиновая кислота (4,04-4,46%), за ней следовала стеариновая (2,81-3,00%), и в незначительных количествах были обнаружены маргариновая (0,01%) и миристиновая (0,03%) кислоты [136, р. 351-363]. Согласно данным таблицы 5.1.1 масло характеризовалось высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот

(93,11%). Доминирующей МНС жирной кислотой являлась олеиновая кислота (6,53%). На долю остальных МНС жирных кислот приходилось 0,63% (гадолеиновая или цис-9-эйкозеновая кислота) и 0,05% (пальмитолеиновая кислота) [251, р.127]. В исследованиях Г. Сассано с соавторами эти показатели достигали 6,82-7,17% (олеиновая кислота), 0,64-0,66% (гадолеиновая кислота) [224, р. 1046-1052].

Как видно из полученных результатов, в образце дикорастущего граната среди ПНС жирных кислот преобладает пуниковая кислота (79,64%). Пуниковая кислота представляет собой полиненасыщенную цис-9, транс-11, цис-13 жирную кислоту, согласно же наименованию IUPAC-(9Z, 11E, 13Z)-октадека-9,11,13-триеновая кислота [114]. Согласно литературным данным, количество пуниковой кислоты меняется в пределах от 70 до 76% в зависимости от места произрастания растения, времени сбора урожая, генотипов плодов и климатических условий [108, р.16-27]. Пуниковая кислота также известна как «супер конъюгированная линоленовая кислота», эффект которой превосходит действие конъюгированной линоленовой кислоты [191, р. 1024; 243, р. 504-511]. В исследовании, проведенном Сю Бассири с соавторами [116, р. 345] было обнаружено, что пуниковая кислота является потенциальным ингибитором раковых клеток предстательной железы человека РС-3. Как известно, TNF- $\alpha$  (фактор некроза опухоли) является одним из наиболее важных противовоспалительных цитокинов, который играет ключевую роль в ожирении, воспалении и резистентности организма к инсулину. Более высокие уровни TNF- $\alpha$  в сыворотке коррелируют с резистентностью к инсулину. Пуниковая кислота в дозе 30 мкМ сопоставима с росиглитазоном при инсулинорезистентном поглощении глюкозы. Кроме того, стеролы масла (даукостерин, кампестерол, стигмастерол, бета-ситостерол) также проявили противоопухолевый эффект; ингибировали провоспалительные цитокины 98, апоптоз клеток рака простаты и высвобождение простагландина [112, р. 219-226; 117, р. 328-334].

Уровень второй ПНС жирной кислоты – линолевой кислоты в нашем образце составил 6,27%. Наличие в составе жирного масла эссенциальной жирной

кислоты С18:2 также является весьма положительным фактом, поскольку она поступает в организм человека исключительно с пищей [185, р. 573-578; 191, р. 1024].

Согласно полученным результатам соотношение НСЖК/НЖК, МНС/ЛНС составляет 16,109 и 0,083, соответственно.

Было также проведено изучение физико-химических констант и органолептических показателей масла семян *P. granatum* L. (Табл. 5.1.2).

**Таблица 5.1.2**

**Физико-химические константы и органолептические показатели  
жирного масла семян *Punica granatum* L.**

Эксперимент	Метод испытания	Результат
Органолептические показатели внешний вид цвет запах вкус	ГОСТ 5472-50	прозрачная жидкость желтый без запаха свойственный семенам
Свободные жирные кислоты, %	ГОСТ Р 50457-92	0,20
Цвет (Lovibond, 1/4 inc)	ГОСТ 5477-2015	1,6 красный, 6 желтый
Пероксидное число, мэкв O <sub>2</sub> /кг	ГОСТ Р 51487-99	3,03
Йодное число (г I <sub>2</sub> / 100 г)	ГОСТ 5475-69	225,92
Число омыления (мг КОН / г)	ГОСТ 5478-2014	192,91
Массовая доля фосфорсодер-их в-в, мг/кг	ГОСТ Р 52676-2006	0

Как видно из таблицы 5.1.2, жирное масло *Punica granatum* L. имеет следующие значения физико-химических констант: пероксидное число равно 3,03 мэкв O<sub>2</sub>/кг, йодное число - 225,92 и число омыления - 192,91 [255, р. 259-262].

Согласно результатам исследования S. Dadashi с соавторами, высокие показатели йодного числа масла граната связаны с высоким содержанием в его составе пуниковой кислоты [136, р. 351-363]. В исследовании данных авторов значение данного показателя изменялось от 216,95 до 220,34. Исследованный нами образец масла также отличался высоким значением числа омыления (192,91),

которое характеризует общее число свободных и связанных жирных кислот в жире. Довольно высокое значение числа омыления указывает на то, что масло обладает меньшей молекулярной массой, чем остальные пищевые масла. Peroксидное число является важным показателем для определения качества масла. Довольно низкое его значение в нашем образце указывает на правильное извлечение и дальнейший анализ масла граната и вследствие чего отсутствию окислительного разложения масла.

Таким образом, достаточно высокое содержание пуниковой кислоты в составе масла семян дикорастущего граната, широкий спектр его фармакологической активности, а также показатели физико-химических констант масла позволяют рассматривать семена растения в качестве дополнительного сырьевого источника ценной пуниковой кислоты, и как перспективный источник для создания оздоровительных и лекарственных средств.

## **5.2. Качественный состав и количественное содержание органических кислот и сахаров плодов дикорастущего граната**

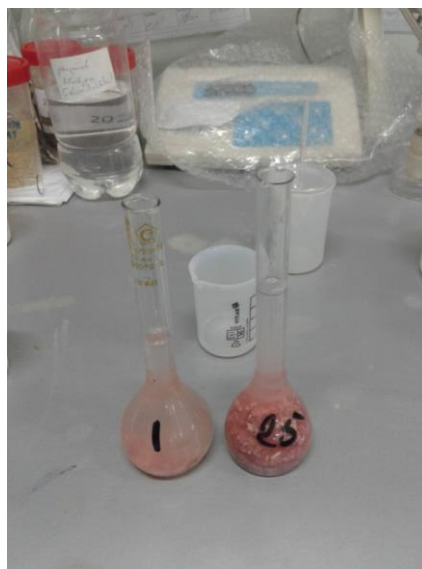
Органические кислоты и сахара во фруктах являются важными компонентами их вкуса и органолептических качеств. Эти соединения служат однозначными маркерами для оценки не только сенсорных признаков, но и характеристики генотипа [190, p. 115-121].

Органические кислоты обычно происходят из фотосинтетических ассимилятов (фотосинтатов), перемещенных из фотосинтетического источника во фрукт. По прибытии в плод фотосинтаты превращаются в органические кислоты, хотя небольшое количество органических кислот может перемещаться в тканях сосудов [130, p. 1-15]. Поскольку лимонная и яблочная кислоты являются основными органическими кислотами во фруктах, большинство исследований связано с их метаболизмом и накоплением. Как правило, промежуточными предшественниками в органическом метаболизме являются

другие органические кислоты или сахара, поэтому органические кислоты могут синтезироваться из сахаров и наоборот.

Были проведены исследования с целью установления качественного состава и количественного содержания органических кислот в соке дикорастущего граната. С этой целью отделенные вручную от мезокарпа и эндокарпа зерна граната предварительно измельчали до пюреобразного состояния.

Для измерения массовой концентрации всех, определяемых органических кислот каждую параллельную пробу перед измерением разбавляли в 2 и 50 раз (Рис.5.2.1).



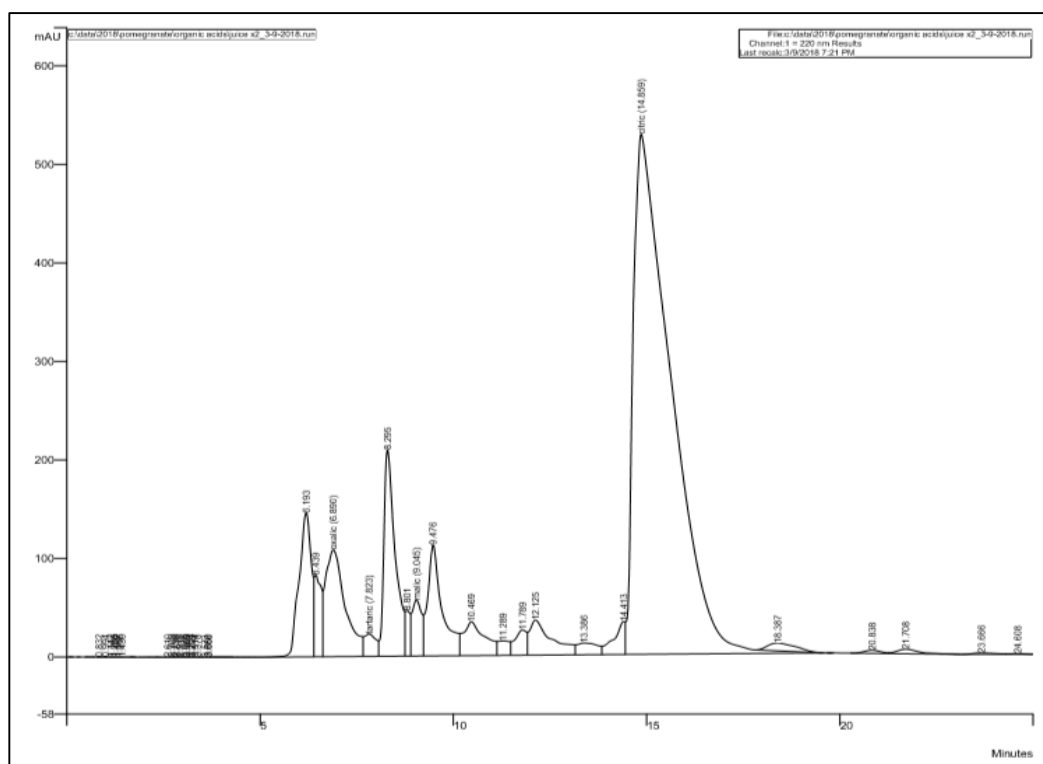
**Рисунок 5.2.1 Разбавление пробы в 2 и 50 раз**

Для этого точную навеску 1 г и 25 г переносили в две отдельные мерные колбы (50 см<sup>3</sup>). Каждую колбу доводили до метки элюирующим раствором (раствор однозамещенного фосфорнокислого калия молярной концентрации 0,02 моль/дм<sup>3</sup>) и содержимое колбы переносили в коническую колбу, помещенную в ультразвуковую баню на 15 мин, а затем центрифугировали в течение 5 мин при 7000 об/мин. Полученный супернатант пропускали через картридж C18 и

фильтровали в виалу для автосамплера через фильтр из регенерированной целлюлозы с диаметром пор 0,25 мкм [31].

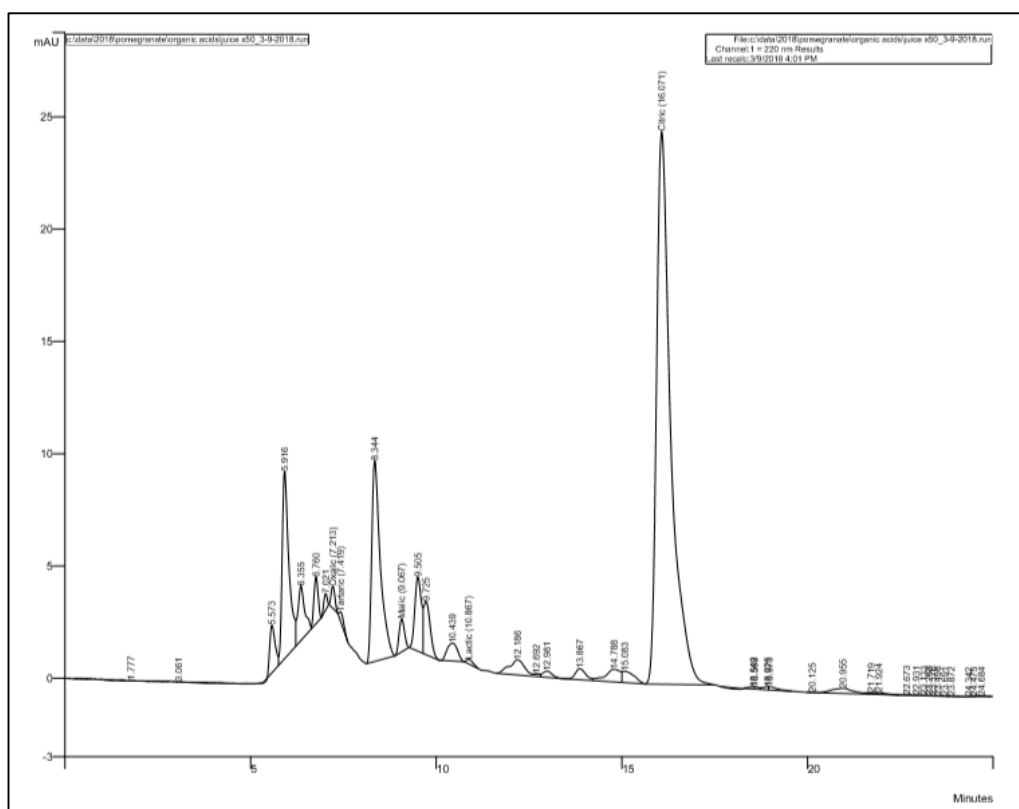
Качественный состав и количественное содержание органических кислот и сахаров анализировали с помощью Varian LC / MS (US Ser. № 05755). Объем инъекции составлял 10 мкл для обоих образцов. Органические кислоты отделяли на колонке Supelcogel TMC-610H (внутренний диаметр 30 см × 7,8 мм, Supelco, Bellefonte, PA, USA), изократически, при 30 ° С, используя 0,1% фосфорную кислоту в качестве подвижной фазы при скорости потока 0,5 мл. / мин. В качестве подвижной фазы при анализе сахаров на колонке  $\mu$ Bondapak-NH<sub>2</sub> (30 см × 3,9 мм, то есть, Waters, Milford, MA, USA) использовали ацетонитрил / воду (85:15, об. / об.).

Было установлено, что при разбавлении пробы в 2 раза в соке плодов дикорастущего граната были обнаружены и определены количественно следующие органические кислоты: щавелевая, винная, яблочная и лимонная кислоты (Рис. 5.2.2), а при разбавлении в 50 раз – щавелевая, винная, яблочная, молочная и лимонная кислоты (Рис. 5.2.3).



**Рис 5.2.2 ВЭЖХ хроматограмма органических кислот  
(2-кратное разбавление)**





**Рисунок 5.2.3 ВЭЖХ хроматограмма органических кислот (50-кратное разбавление)**

Результаты анализа по выявлению качественного состава и количественного содержания органических кислот, обнаруженных в составе сока из плодов дикорастущего граната, представлены в таблице 5.2.1.

**Таблица 5.2.1 Состав и содержание индивидуальных органических кислот сока плодов *P. granatum* (50-кратное разбавление).**

Органические кислоты	Содержание (г/кг)	Время удерживания (мин)
Щавелевая кислота	0.025	7.213
Винная кислота	0.079	7.419
Яблочная кислота	0.525	9.067
Молочная кислота	0.125	10.867
Лимонная кислота	29.43	16.071

Как видно из таблицы 5.2.1, в результате анализа сока дикорастущего граната в его сосоставе было выявлено пять органических кислот, включающие щавелевую, винную, яблочную, молочную и лимонную. Среди идентифицированных органических кислот наибольшее количество приходится на лимонную кислоту (98%), а наименьшее на щавелевую кислоту (0,08%) [256, р. 75-68]. Согласно результатам V.L.Singleton и W.A.Gortner, [229, р. 19-23] количественное содержание лимонной кислоты связано с развитием и созреванием плодов. Кратковременные факторы окружающей среды, такие как солнечная радиация, не влияют на уровень лимонной кислоты. Изменение концентрации яблочной кислоты не связано с созреванием плодов, а обратно связано с эвапотранспирацией. Содержание яблочной кислоты в нашем образце составило 1,74%. Наши данные противоречат результатам Legua с соавторами, где основной кислотой граната являлась яблочная кислота (в диапазоне от 0,31 до 1,56 г / 100 г), за которой следовала хинная кислота (в диапазоне от 0,046 до 1,19 г / 100 г). Щавелевая, лимонная и янтарная кислоты были обнаружены при значительно более низких концентрациях (от 0,011 до 0,11, от 0,018 до 3,22 и от 0,032 до 0,37 г / 100 г соответственно) и лишь в следовых количествах была обнаружена фумаровая кислота [181, р. 481–494].

Известно, что органические кислоты обладают сильным бактериостатическим эффектом [157, р. 2-8]. Как и многие антимикробные вещества, органические кислоты работают в направлении снижения рН, таким образом, кислота подавляет работу клеточных ферментов и влияет на систему переноса питательных элементов, что вызывает нарушение обмена веществ микроорганизмов и убивает их. Определенная часть органических кислот, преимущественно короткоцепочечные соединения, которые способны быстро усваиваться в пищеварительном тракте, находят рациональное применение в кормлении животных. К ним относятся, например, муравьиная, пропионовая, молочная, масляная (чаще в виде солей и эфиров), лимонная, фумаровая и сорбиновая кислоты. Многочисленными исследованиями было подтверждено, что подкисление животных кормов различными слабыми органическими

кислотами, такими как муравьиная, фумаровая, молочная и сорбиновая кислоты, снижает колонизацию патогена и выработку токсичных метаболитов, улучшает усвояемость белка, Ca, P, Mg и Zn, повышает эффективность роста животных и снижает их заболеваемость [96, p. 983-987; 131, p. 569-591; 210, p. 558-569; 214, p. 91-141].

Таким образом, довольно высокое содержание лимонной кислоты (29.43 г/кг) в соке плодов дикорастущего граната позволяет рассматривать их как ценное сырье для производства и применения лимонной кислоты в качестве антимикробного агента.

Проведены исследования с целью выявления сахаров в составе сока дикорастущего граната. Известно, что сахара представляют собой полигидроксиальдегиды (кетоны), принадлежащие к группе гликанов (углеводов). Основная функция углеводов состоит в том, чтобы предоставлять организму энергию для его функционирования и физических нагрузок, используя глюкозу в качестве источника [238, p. 29-36]. Кроме того, терапия, используемая для преодоления хронической боли в спине (пролотерапия) позволяет использовать сахар (глюкозу или декстрозу) в инъекциях для облегчения боли [168]. Кроме того, многие лекарства состоят из гликанов (тип сахара) в качестве основного ингредиента. Такие препараты, как гепарин (используется для лечения и профилактики сгустков крови в венах, артериях или легких), эритропоэтин, некоторые противогриппозные препараты и препараты для лечения рака, также содержат гликаны [144]. Сахариды в тканях растений в основном вырабатываются из триозофосфатов, образующихся при фотосинтезе, происходящем в листьях. Сахароза и крахмал, конечные продукты фотосинтеза, могут временно храниться в листьях, но большая часть сахарозы транспортируется в ткани акцептора, которые не производят этот сахар [222, p. 33-67; 249].

Плоды граната – богатый источник сахаров. В наших исследованиях в составе сахаров сока дикорастущего граната были обнаружены глюкоза и фруктоза. При этом содержание фруктозы (60.3 г/л) превышало содержание

глюкозы (47.3 г/л). Наши показатели довольно близки к показателям М. Nafees [198, р. 493]. В нашем образце соотношение глюкоза/фруктоза составляло 0.78, что значительно ниже, чем в исследованиях Vegara с соавторами [240, р. 203-208], где значение данного показателя изменялось в пределах от 0.8 до 0.95 и составляло 61.4-65.0 г/л и 65.3-68.0 г/л, соответственно. В литературе приводятся данные, связанные с обнаружением в составе сока граната сахарозы. В дополнении к основным сахарам (глюкоза и фруктоза), в составе сока были также обнаружены в следовых количествах арабиноза, сахароза и мальтоза [181, р. 481–494]. М. Fischer-Zorn и V. Ara [150, р. 204-213] утверждают, что даже следовое содержание в гранатовом соке сахарозы может быть лишь результатом подмешивания сока граната с другим фруктовым соком. Следует указать, что мы также не обнаружили сахарозу в составе сока дикорастущего граната.

Содержание редуцирующих сахаров в соке образцов дикорастущего граната составило 14,24 г/100 мл [258, р. 75-68]. Результаты по изучению физико-химических и антиоксидантных свойств 20 Иранских сортов граната показали, что уровень редуцирующих сахаров, глюкозы, фруктозы и другие физико-химические свойства обладали большой изменчивостью среди разных сортов граната что может быть связано с высокой генетической гетерогенностью внутри сортов [235, р. 180-185].

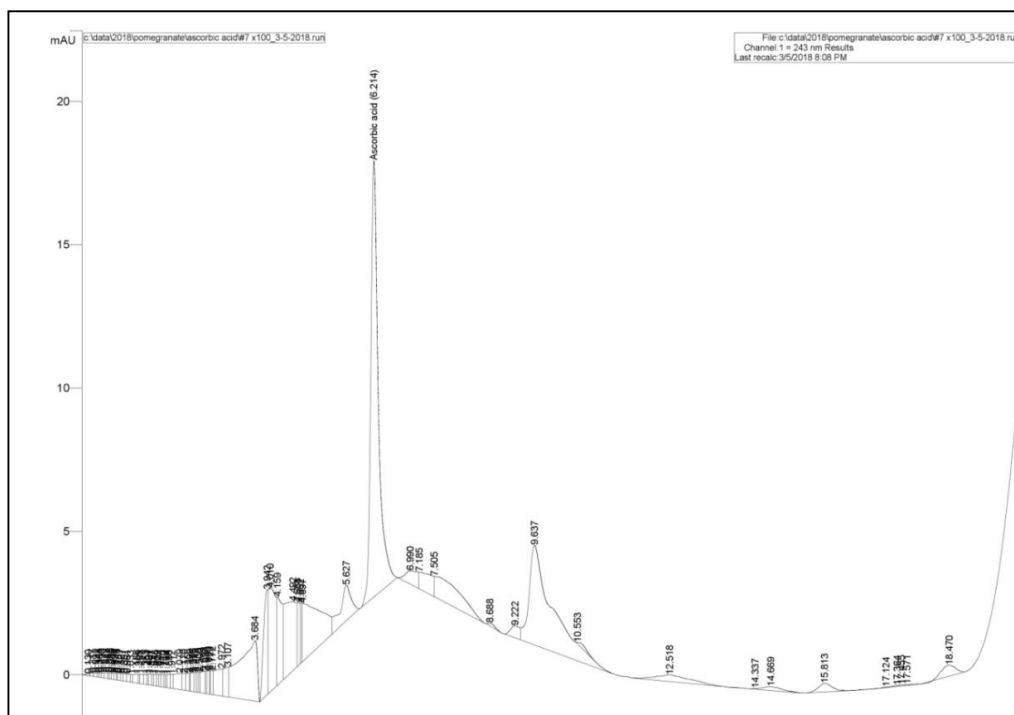
### **5.2.1 Количественное содержание витамина С в соке плодов граната обыкновенного**

Антиоксидантные свойства и действующий как кофактор по меньшей мере для восьми ферментов сделали аскорбиновую кислоту очень влиятельным элементом в биологических системах [206, р. 17-22].

Недостаток витамина С в организме отражается на состоянии пищеварительного тракта, при этом отмечается большая восприимчивость последнего к инфекциям, развитие катаральных состояний в желудке и

кишечнике. Шаповалова с соавторами доказали, что снижение антиоксидантного потенциала при С-авитаминозе является доказательством того, что аскорбиновая кислота способна активизировать энзимы антиоксидантной защиты организма, находящегося в состоянии оксидативного стресса – важнейшего составляющего компонента недостаточности витамина С [93, р. 35-38].

Исследовано количественное содержание витамина С в соке плодов дикорастущего граната. Для этого около 1,5 мл сока *P. granatum*, полученного из 10,25 г очищенных зерен граната центрифугировали с числом оборотов 8000 в течении 10 минут. Затем пробу отбирали в медицинский шприц с фильтром и отфильтровали в виалу [28]. Хроматографические исследования проводили с использованием высокоэффективного жидкостного хроматографа - Varian LC/MS (США сер. № 05755). Подготовку подвижной фазы для жидкостной хроматографии проводили согласно ГОСТ 245-76 [27]. С этой целью 3,12 г дигидрофосфата натрия растворяли в 200 мл дистиллированной воды. Полученный раствор переносили в стакан вместимостью 1000 см<sup>3</sup>, доводили рН до 2,5 концентрированной фосфорной кислотой по ГОСТ 6552-80 [36]. Затем раствор дегазировали в течении 15 минут и фильтровали через мембранный диск (47 мм). Хроматограмма для образца сока плодов граната показала пики, указывающие на присутствие аскорбиновой кислоты. Полученные пики сравнивали со стандартом для сравнения и подтверждения количества витамина С. Хроматограмма витамина С сока плодов граната представлена на рис.5.2.1.1.



**Рисунок 5.2.1.1. ВЭЖХ-хроматограмма аскорбиновой кислоты в соке плодов *Punica granatum* L.**

Результаты проведенного анализа по выявлению аскорбиновой в соке дикорастущего граната методом высокоэффективной жидкостной хроматографии показали, что в соке из плодов *Punica granatum* L. содержание данной составляет 27,96 мг/100 г [53, с. 131-133]. По данным S. Khomdram и D. Shantibala, в соке дикого граната, произрастающего в Манипуре, содержание аскорбиновой кислоты составляло 14.4 мг/100 г [177, р. 501-504]. Согласно результатам египетских ученых [146, р. 29-35] в соке сортов граната содержание данной кислоты колеблется в пределах от 4.28 до 6.80 г/100 г. В соке же сортов граната из Шри-Ланки содержание аскорбиновой кислоты составляло 6.3-11.02 мг/л [103, р. 370-375]. Таким образом, анализ литературных данных показывает, что данные по количественному содержанию аскорбиновой кислоты в составе сока плодов граната связывают с районами произрастания, сроками сбора и методами ее определения.

Полученные в наших исследованиях результаты показывают, что сок дикорастущего граната из Азербайджана содержит достаточно высокое

содержание аскорбиновой кислоты, что позволяет рекомендовать растение в качестве дополнительного сырьевого источника получения витамина С.

### **5.3. Количественное содержание танина в различных органах *P. granatum* L.**

Долгое время считалось, что основным фармакологическим эффектом дубильных веществ является проявление вяжущих свойств и, лишь после было доказано наличие антиоксидантной, ангиопротекторной, противоопухолевой и других видов активностей [57, с. 1-6; 226, р. 479-555]. Результаты многочисленных эпидемиологических исследований свидетельствуют о том, что дубильные вещества полезны при наружном лечении кожных воспалений и травм, а потребление дубильных веществ может предотвратить начало хронических заболеваний [171]. Известно, что танины ингибируют перекисное окисление липидов *in vitro*, ингибируют внеклеточные микробные ферменты, воздействие на метаболизм микробов посредством ингибирования окислительного фосфорилирования и таким образом влияют на рост бактерий, обладают способностью улавливать свободные радикалы [165, р. 3279-3287]. С целью возможности научного обоснования применения дикорастущего граната в качестве источника сырья для получения танинов, применяемых в пищевой промышленности и медицине, мы провели исследования по определению содержания танина в различных органах дикорастущего граната (листья, цветки, плоды), произрастающего в Азербайджане.

Подготовку пробы для анализа проводили в следующем порядке. Высушенные листья и лепестки растения размельчали с помощью мельницы, брали навеску 2.635 г и к ней добавляли 200 см<sup>3</sup> кипящей дистиллированной воды и ставили на водяную баню с обратным холодильником на 45 мин. По истечении времени раствор фильтровали под вакуумом Бюхнера и охлаждали при комнатной температуре. Плоды граната были разделены, внешняя кожура и

внутренняя мембрана, покрывающая зерна, были удалены вручную. Навеска кожуры составила 10 г. Повторили вышеуказанный процесс. С помощью механического пресса из плодов получали сок (10 мл) и хранили при  $-80^{\circ}\text{C}$ .

Для определения содержания танинов 10 мл экстракта образца добавляли в выпарительную чашу, а затем добавляли 25 мл раствора индигокармина и 750 мл деионизированной дистиллированной воды. Раствор титровали 0,1 н. водным раствором  $\text{KMnO}_4$  до тех пор, пока синий цвет раствора не изменился на золотисто-желтый. Все образцы были проанализированы в трех экземплярах.

В результате проведенных исследований было установлено, что наибольшее содержание суммы дубильных веществ накапливается в кожуре граната (386.5 мг/л), наименьшее – в соке зерен граната (230 мг/л) [50, с. 95-98]. Следует указать, что содержание танинов в цветках и листьях дикорастущего граната составляет 350 мг/л и 330 мг/л, соответственно. Наши результаты противоречат результатам W. Elfalleh с соавторами [139, р. 707-713], которые обнаружили высокое количество дубильных веществ в экстрактах листьев и цветков, и низкое - в кожуре и семенах тунисских сортов граната. Различия в накоплении танинов в различных органах растения связывают с экологическими факторами среды и генотипом.

Учитывая преобладание танинов в кожуре (386.5 мг/л) и лепестках цветков (350 мг/л) дикорастущего граната, и высокую биологическую активность данных веществ результаты наших исследований позволяют рекомендовать кожуру и цветки данного растения в качестве дополнительного природного источника сырья для получения танинов, применяемых в медицине и пищевой промышленности.

### **5.3. Качественный состав и количественное содержание фенольных кислот в различных органах граната обыкновенного**



Фенольные соединения считаются одним из самых больших и широко распространенных групп вторичных метаболитов растений. Полифенолы известны многочисленными фармакологическими свойствами и широко используются в качестве антиоксидантов, противовоспалительных, антимуtagenных, антиканцерогенных и противомикробных средств [96, р. 687-690].

Изучен компонентный состав и количественное содержание фенольных кислот в соке, кожуре, листьях и цветках дикорастущего граната, произрастающего на территории Азербайджанской Республики.

Подготовку пробы осуществляли следующим образом: к высушенной (при 40°C) и предварительно размельченной кожуре и листьям граната весом 10 г добавили 20 мл метанола и хранили в холодильнике в течение 12 часов. Далее экстракты фильтровали через воронку Бюхнера и высушивали в ротормном испарителе при 40°C под вакуумом перед пропусканием через мини-картридж С18, устроенный в устройство для твердофазной экстракции (ТФЭ).

К высушенным (при 40°C) лепесткам цветков граната (10 г) добавили 38,8 мл этанола и 1,2 мл HCl и хранили в холодильнике при 4°C в течение 12 часов. Перед пропусканием через мини-картридж С18 проводили отгонку при 40°C под вакуумом.

К свежесжатому гранатовому соку (500 мл) добавляли 1 мл соляной кислоты. Далее этот сок центрифугировали и проводили отгонку в ротормном испарителе при 40°C под вакуумом. К оставшейся массе добавляли 200 мл спирта и 1 мл соляной кислоты и хранили в холодильнике. Перед пропусканием через мини-картридж С18 сок снова упаривали в ротормном испарителе при 40°C под вакуумом.

В качестве элюентов применяли смеси: А - вода / фосфорная кислота (99:0,2) и В - ацетонитрил / вода / фосфорная кислота (50 / 49,8 / 0,2). Скорость потока составляла 1,0 мл / мин.

Разделение компонентов достигалось следующим образом: концентрацию А поддерживали постоянной на уровне 100% в течение 2 минут, от 2 до 7 минут

концентрацию В увеличивали линейно до 20%, затем с 7 до 25 минут с последующим линейным увеличением до 40% с последующим удержанием от 25 до 31 мин. С 31 до 35 мин концентрация В линейно увеличивалась до 80%, а затем с 35 до 40 мин до 100% с последующим удержанием от 40 до 42 мин. Время уравнивания до исходного состояния составляло 15 мин для всего цикла 57 мин [122, р. 106-109].

Мини-колонки С18 содержат цепи С18, связанные на гидроксиде кремния, удерживают гидрофобные органические соединения (например, антоцианы, фенолы), позволяя таким образом пропускать промыванием дистиллированной водой сахара и органические кислоты, промывание же оставшихся пигментов этилацетатом дополнительно удаляет фенольные кислоты, флаванолы и флавонолы, и в конце оставшиеся антоцианы смываются метанолом.

Полученные этилацетатные фракции высушивали в ротаторном испарителе и затем растворяли в 80% этаноле. Таким образом, образцы для ВЭЖХ были готовы для проведения анализа.

Таблица 5.3.1 показывает содержание фенольных кислот, обнаруженных в различных органах дикорастущего граната.

**Таблица 5.3.1 Компонентный состав и содержание фенольных кислот в различных органах *P. granatum*, произрастающий в Сиязаньском районе.**

Фенольные кислоты	Плод		Лепестки цветков (мг/л)	Листья (мг/кг)
	Сок (мг/л)	Кожура (мг/кг)		
Кофейная кислота	1.92	2.42	0.95	0.72
Хлорогеновая кислота	7.66	0.10	1.43	31.49
Коричная кислота	0.11	0.08	0.49	1.00
Феруловая кислота	1.26	0.69	22.84	106.91
Галловая кислота	0	0.54	1.76	0
п-кумаровая кислота	0.14	0.29	0.06	0.08
Синаповая кислота	6.54	0.28	283.65	1.16

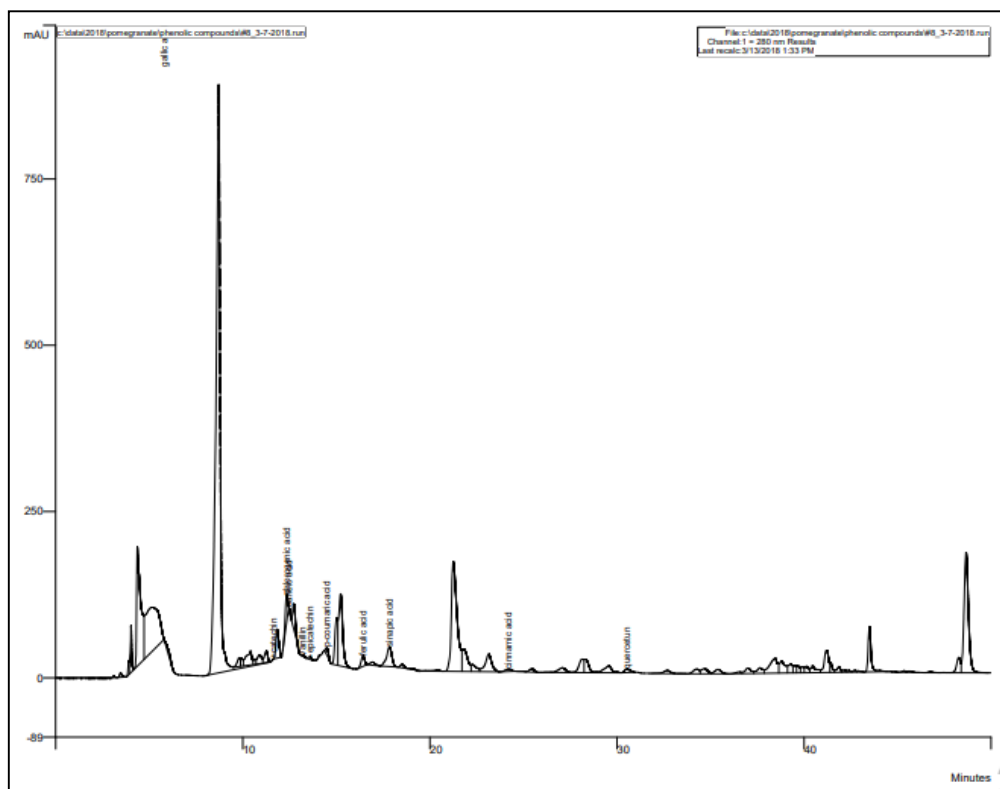
Ванилин (фенольный альдегид)	0.15	15.55	9.79	0.71
---------------------------------	------	-------	------	------

Как видно из таблицы 5.4.1.1, основным компонентом среди производных оксикоричной кислоты в соке граната является хлорогеновая кислота (43,4%). Остальные кислоты сока: кофейная, коричная, феруловая, п-кумаровая, синаповая составили 1,91 мг/л, 0,11 мг/л, 1,26 мг/л, 0,14 мг/л, 6,54 мг/л, 0,15 мг/л, соответственно. В следовых количествах в соке дикорастущего граната был обнаружен фенольный альдегид ванилин (0,15 мг/л). Следует отметить, что мы не обнаружили производные оксibenзойной кислоты в образце сока граната (Рис. 5.3.2). Наши результаты согласуются с результатами Н. Palafox-Carlos с соавторами, которые сообщили, что хлорогеновая кислота была самым распространенным фенольным соединением, обнаруженным с помощью ВЭЖХ в мякоти плодов манго с концентрацией 28 мг / 100 г сухого веса [207, p. 105-111]. Кроме того, G. Natipoglu и др. также сообщили, что хлорогеновая кислота была определена как основная фенольная кислота в метанольном экстракте Иссопа лекарственного [163, p. 427-433].

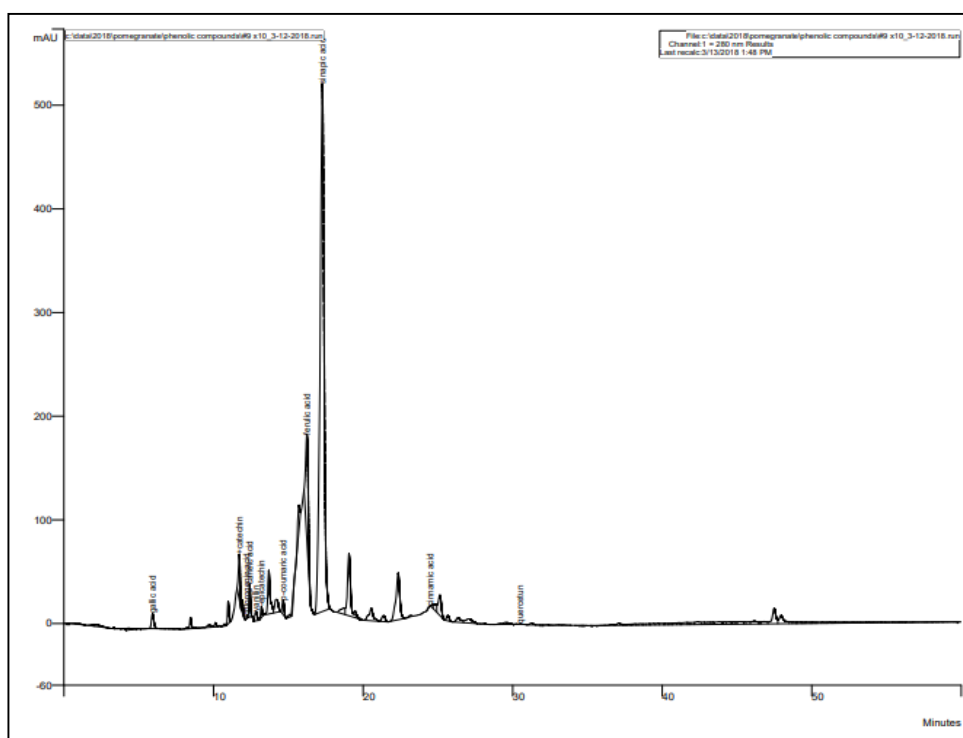
Концентрация фенольных кислот в различных органах растения граната показала, что более высокая концентрация была у феруловой кислоты, где она достигала 106,91 мг / кг в листьях растения. Фенольный альдегид – ванилин преобладал в образе из кожуры граната и составлял 15.55 мг / кг. Полученные результаты показали, что общее содержание фенольных кислот в лепестках граната было выше, чем в остальных частях растения [54, с. 74; 253, p. 38-42].

В образце лепестков граната (Рис. 5.3.3), среди производных оксикоричной кислоты преобладает синаповая кислота, на ее долю приходится 91,2% от общего количества фенольных кислот.

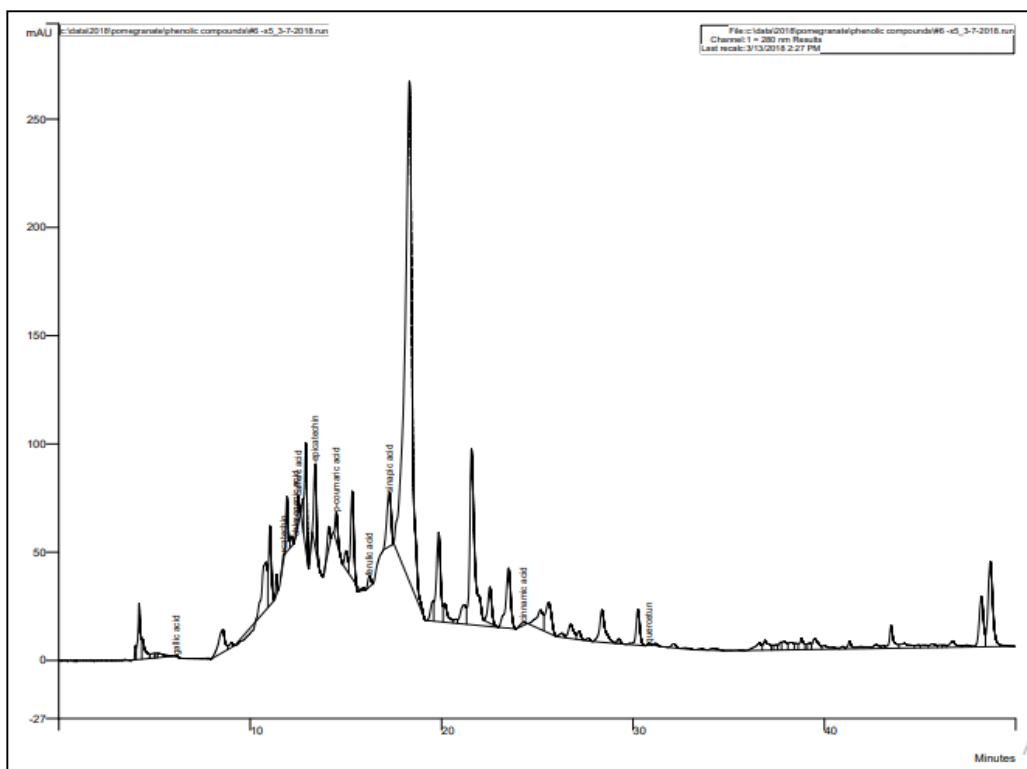
Концентрация галловой кислоты в кожуре (Рис. 5.3.4) составляла соответственно 0,54 мг / кг, тогда как в образце листьев (Рис. 5.3.5) она не была обнаружена. П-кумаровая кислота в обоих образцах была обнаружена в следовых количествах.



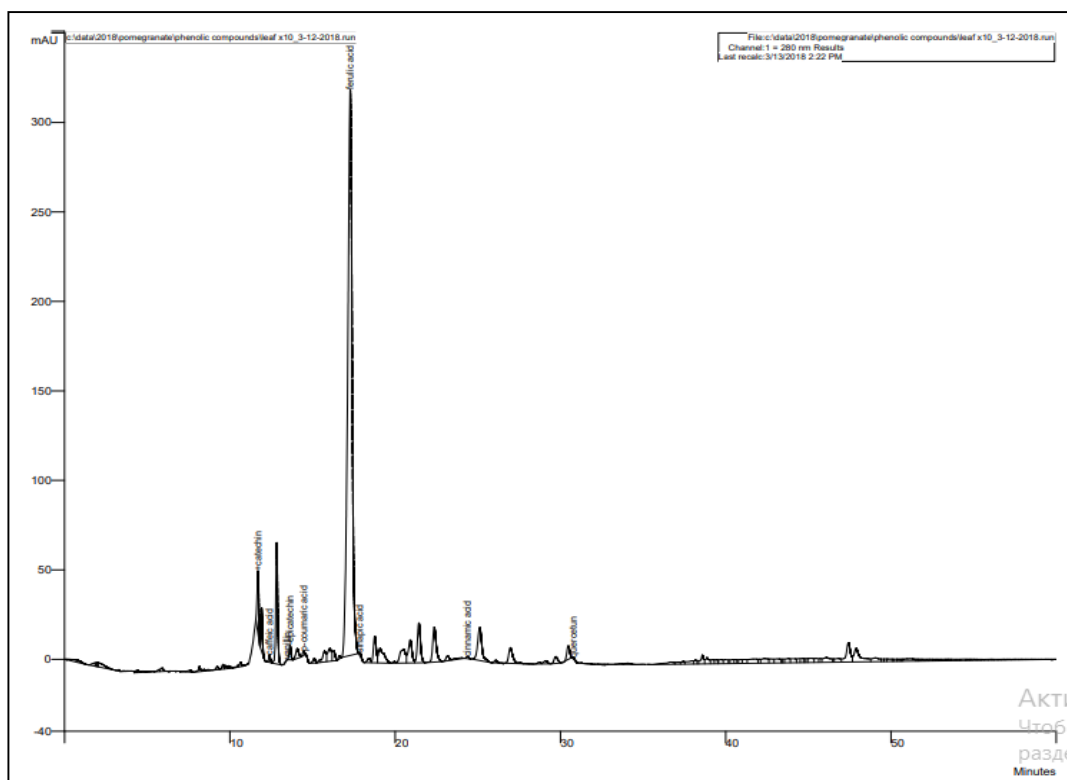
**Рисунок 5.3.2** Хроматограмма фенольных кислот в образце сока дикорастущего граната



**Рисунок 5.3.3** Хроматограмма фенольных кислот в образце лепестков дикорастущего граната



**Рисунок 5.3.4** Хроматограмма фенольных кислот в образце кожуры дикорастущего граната



**Рисунок 5.3.5** Хроматограмма фенольных кислот в образце листьев дикорастущего граната

Большинство идентифицированных в составе различных органов дикорастущего граната фенольных кислот проявляют определенные фармацевтические свойства. Известно, что кофеиновая кислота, одна из наиболее распространенных оксикоричных кислот, которая избирательно блокирует биосинтез лейкотриенов, компоненты, связанные с иммунорегуляторными заболеваниями, астмой и аллергическими реакциями [259, p. 16458-16476].

Галловая кислота обычно используется в фармацевтической промышленности. В результате исследований было обнаружено, что галловая кислота проявляет цитотоксичность против раковых клеток, не вредя здоровым клеткам. Галловая кислота также используется для лечения альбуминурии и диабета [173, p. 225-237]. Сообщается, что феруловая кислота обладает многими физиологическими функциями, включая антиоксидантную, противомикробную, противовоспалительную, антитромбозную и противоопухолевую активность [154, p. 39-54]. Было обнаружено, что введение синапной кислоты проявляло значительное изменение токсичности, вызванной мышьяком в печеночной ткани [188, p. 34-51].

Вышеуказанные полезные свойства, идентифицированных в составе различных органов дикорастущего граната, фенольных кислот говорит о возможности использования различных органов растения в лечении ряда заболеваний.

Таким образом, полученные результаты качественного и количественного содержания фенольных кислот в экстрактах на основе его различных органов позволяют сделать заключение об имеющихся отличиях, как по качественному составу, так и по количественному содержанию фенольных кислот.

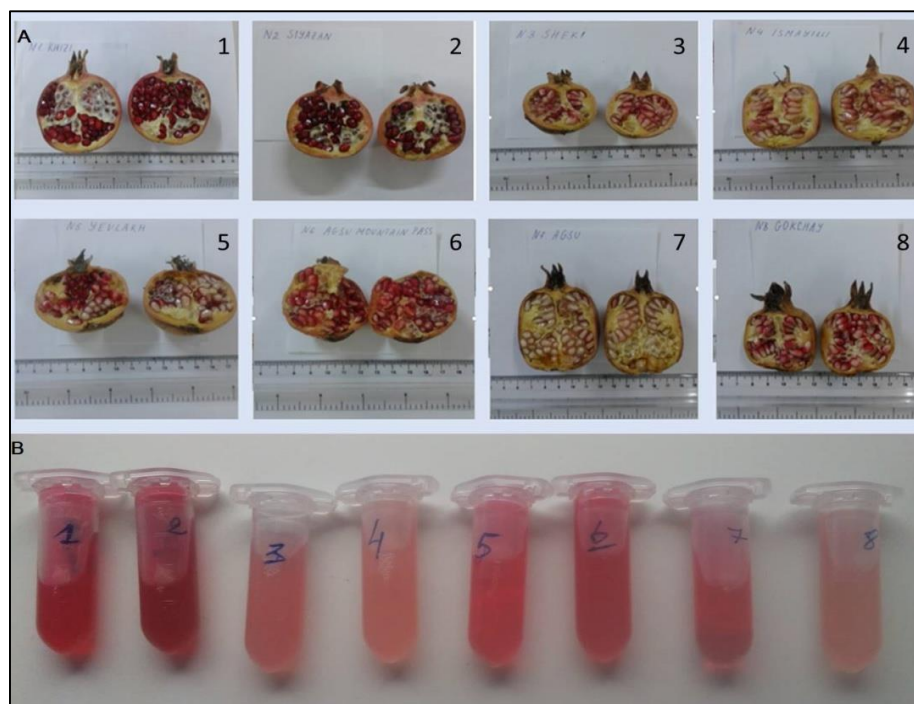
Были изучены органолептические и некоторые химические характеристики плодов дикорастущего граната, которые приведены в таблице 5.3.2.

**Таблица 5.3.2 Органолептические и некоторые химические характеристики плодов дикорастущего граната.**

<b>Код образца</b>	<b>Цвет кожуры</b>	<b>Цвет зерен</b>	<b>Вкус</b>	<b>pH сока</b>	<b>Содержания растворимых сухих веществ (°Brix)</b>
<b>P.g.1</b>	Желтовато-розовый	Ярко-красный	Кисло-сладкий	2.44	15,42
<b>P.g.2</b>	Зеленовато-красный	Ярко-красный	Кисло-сладкий	2.67	15,05
<b>P.g.3</b>	Желтовато-розовый	Розовый	Кисло-сладкий	2.47	17,25
<b>P.g.4</b>	Розовый	Беловато-розовый	Кислый	2.35	15,35
<b>P.g.5</b>	Желтовато-розовый	Розовый	Кислый	2.23	14,75
<b>P.g.6</b>	Желтовато-розовый	Розово-красный	Кисло-сладкий	2.45	13,35
<b>P.g.7</b>	Зеленовато-розовый	Беловато-розовый	Кислый	2.39	15,20
<b>P.g.8</b>	Розовый	Розовый	Кислый	2.34	17,48

Известно, что pH является важным фактором для цветовой экспрессии антоцианов, поскольку эти соединения более устойчивы в кислой, чем в щелочной или нейтральной среде. В кислой среде происходит смещение равновесия хромофоров антоцианов к катиону флавилиума, наиболее стабильной форме антоцианов [148, p. 1799-1814; 164, p. 139-146; 209, 45 p.].

Цвет экстрагированного сока в исследованных образцах граната варьировал от ярко-красного (P.g. 2) до светло-розового (P.g. 8) (Рис.5.3.6 А, В). Цвет сока, полученного из зерен образцов дикорастущего P.g.4, P.g. 5 и P.g. 8 был более темного цвета, что и объясняется низкими значениями pH (2,23–2,35) [254, p. 40-46].



**Рисунок 5.3.6** Плоды, собранные из восьми районов исследования (А) и соответствующие соки, полученные из данных плодов (В).

Было выявлено, что общее содержание растворимых сухих веществ сока было значительно выше в образце P.g.8 (17,48 °Brix). Цвет зерен граната варьировал от беловато-розового до розово-красного, а цвет кожуры от желтовато-розового до зеленовато-красного.

#### **5.4. Качественный состав и количественное содержание флавоноидов в различных органах граната обыкновенного**

Проведены исследования по идентификации и количественному определению флавоноидов: антоцианов, флаванолов и флавонолов в различных органах граната обыкновенного.

Для определения антоцианов сока, лепестков и кожуры граната подготовку образцов проводили в следующем порядке. К свежавыжатому гранатовому соку (500 мл) добавляли 1 мл 1% раствора соляной кислоты. Далее раствор центрифугировали и упаривали в роторном испарителе (ROVA-N2L) при 40° С.



Сухой остаток растворяли в 200 мл этанола и 1 мл 1% раствора соляной кислоты и пропускали через С18. После смывания метанолом антоцианов из мини-колонки С18, полученный экстракт разбавляли 2 мл бидистиллированной воды.

Для подготовки образца лепестков к 100 г лепестков добавляли 388 мл 95% спирта и 12 мл 1% раствора соляной кислоты, а далее осуществляли вышеизложенные этапы.

Для экстракции антоцианов кожуры в 10 г образца добавляли 20 мл этанола и хранили в холодильнике при 4°C в течение 12 часов. Затем экстракт фильтровали через воронку Бюхнера и сушили в роторном испарителе при 40°C, а затем пропускали через мини-картридж С18, смывая метанолом. В качестве мобильной фазы применяли смеси: А - вода / муравьиная кислота / ацетонитрил (87:10:13) и В – вода / муравьиная кислота / ацетонитрил (40/10/50). Скорость потока составляла 1,0 мл / мин. Объем впрыска: 5 мкл.

Для определения качественного состава и количественного содержания флаванолов и флавонолов сока, кожуры и лепестков граната экстракцию проводили, как и в случае с антоцианами, только в данном случае смывали картридж С18 этилацетатом.

Для экстракции листьев к 10 г образца добавляли 20 мл этанола и хранили в холодильнике при 4°C в течение 12 часов. Затем экстракт фильтровали через воронку Бюхнера и сушили в роторном испарителе при 40°C, а затем пропускали через мини-картридж С18, смывая этилацетатом. Градиент состоял из двух элюентов: А - вода / фосфорная кислота (99: 0,2) и В - ацетонитрил / вода / фосфорная кислота (50 / 49,8 / 0,2).

Полученные метанольные и этилацетатные фракции высушивали в роторном испарителе и затем растворяли в 80% этаноле. Таким образом, образцы были готовы для проведения ВЭЖХ-анализа.

Результаты анализа по установлению качественного состава и количественного содержания флавоноидов в различных органах дикорастущего граната представлены в таблице 5.4.1.

**Таблица 5.4.1 Состав и содержание антоцианов, флаванолов и**

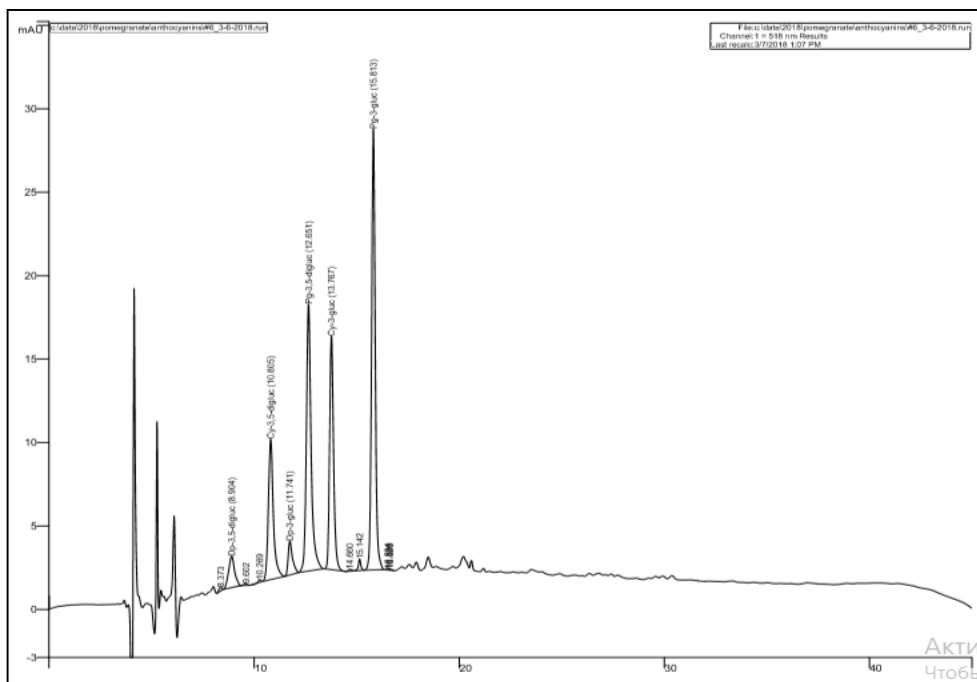
## флавонолов в различных органах *P. granatum L.*

Образец	Антоцианы						Флаванолы		Флавонолы
	Дел-3,5-диглю (%)	Циа-3,5-диглю (%)	Дел-3-глю. (%)	Пел-3,5-диглю (%)	Циа-3-глю. (%)	Пел-3-глю. (%)	+катехин (мг/кг)	- эпикатехин (мг/кг)	кверцетин (мг/кг)
Кожура (экзокарп)	3.85	14.27	2.97	25.90	18.79	32.90	2.04	67.23	0.44
Лепестки	0.004	1.05	0.05	94.11	0.01	4.64	61.49	42.35	4.46
Листья	-	-	-	-	-	-	31.49	2.78	16.96
Сок	20.80	34.65	13.19	1.67	27.48	1.82	0.22	2.39	3.05

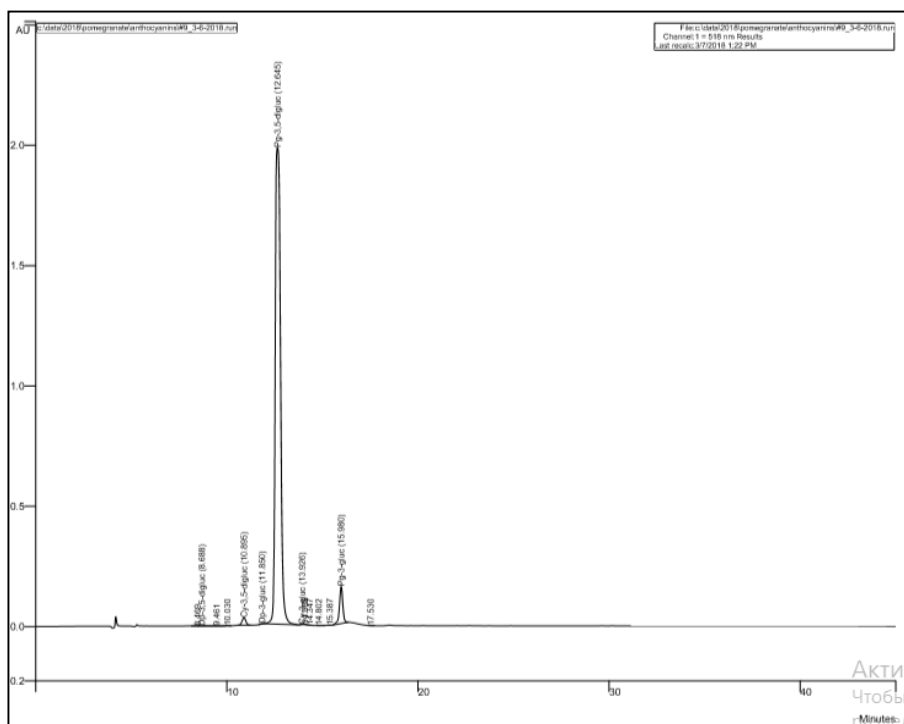
В результате анализов в различных органах дикорастущего граната, произрастающего на территории Сиязаньского р-на были выявлены следующие флаванолы, флавонолы и антоцианы: + катехин, -эпикатехин, кверцетин, дельфинидин-3,5-диглюкозид (Дел-3,5-диглю.), цианидин-3,5-диглюкозид (Циа-3,5-диглю.), дельфинидин-3-глюкозид (Дел-3-глю.), пеларгонидин -3,5-диглюкозид (Пел-3,5-диглю.), цианидин-3-глюкозид (Циа-3-глю.), пеларгонидин-3-глюкозид (Пел-3-глю.).

Было обнаружено, что накопление флаванолов и флавонолов, выявленные в различных органах граната также отличалось в зависимости от органа растения. В кожуре и лепестках граната наиболее распространенным мономерным полифенолом являлся эпикатехин (67,23 мг / кг и 42.35 мг / кг, соответственно). Однако в образце листьев и сока его концентрация была значительно ниже и составляла 2.78 мг / кг и 2,39 мг / кг, соответственно. Пел-

3-глю. был преобладающим антоциановым пигментом экзокарпа (Рис.5.4.1), а пел-3,5-диглю. – лепестков граната (Рис. 5.4.2).



**Рисунок 5.4.1 Хроматограмма антоцианового состава кожуры дикорастущего граната.**



**Рисунок 5.4.2 Хроматограмма антоцианового состава лепестков дикорастущего граната.**

В образцах лепестков граната преобладающим антоцианом являлся пел-3,5-диглю., на его долю приходится 94.11% от общего количества антоцианов. Остальные антоцианы лепестков были найдены в незначительных количествах. Преобладающим флаванолом лепестков граната являлся +катехин (61.49 мг/кг). Наибольшее содержание флавонола – кверцетина было обнаружено в листьях растения, где его количество достигало 16.96 мг/кг [254, р. 40-46].

### **5.5. Фенольные соединения сока плодов из различных популяций *Punica granatum* L.**

Был изучен химический состав соков дикорастущих гранатов, собранных из восьми районов АР, различающихся почвенно-климатическими условиями. В результате исследования химического состава соков, полученных из восьми образцов дикорастущих гранатов, было выявлено, что шесть различных антоцианов присутствовали в составе гранатовых соков, а именно дельфинидин-3,5-О-диглюкозид (Дел-3,5-диглю.), цианидин-3,5-О-диглюкозид (Циа-3,5-диглю.), цианидин-3-О-глюкозид (Циа-3-глю.), цианидин-3-О-пентозид (Циа-3-пент.), пеларгонидин-3,5-О-диглюкозид (Пел-3,5-диглю.), пеларгонидин-3-О-глюкозид (Пел-3-глю.) (Табл. 5.5.1).

Было выявлено, что антоциановый состав образцов значительно различался как качественно, так и количественно. Образцы Р.г. 3-8 содержали только производные цианидина, а именно Циа-3,5-диглю., Циа-3-глю. и Циа-3-пент. Наибольшее содержание этих соединений было обнаружено в Р.г. 5, 6, 7. Образцы Р.г. 1 и Р.г. 2 показали различную антоциановую композицию, характеризующуюся наличием Дел-3,5-диглю., Циа-3,5-диглю., Пел-3,5-диглю. и Пел-3-глю. Самая высокая концентрация Циа-3,5-диглю. была определена в Р.г. 1 ( $152,6 \pm 2,21$  мг/л) и Р.г. 2 ( $102,3 \pm 1,39$  мг/л), тогда как более низкий уровень был выявлен в Р.г. 4 ( $5,450 \pm 0,63$  мг/л). Соединения Циа-3-пент. и Пел-

3-глю. присутствовали в низких концентрациях в составе сока всех образцов [257, р. 277-286].

**Таблица 5.5.1 Содержание производных антоцианов в составе соков из различных популяций дикорастущего граната.**

№	Дел-3,5-диглюк. (мг/л)	Циа-3,5-диглю. (мг/л)	Пел-3,5-диглю. (мг/л)	Циа-3-глю. (мг/л)	Пел-3-глю. (мг/л)	Циа-3-пент. (мг/л)
P.g. 1	75.58 ± 0.46 <sup>b</sup>	152.6 ± 2.21 <sup>a</sup>	0.102 ± 0.001 <sup>b</sup>	-	1.67 ± 0.165 <sup>a</sup>	-
P.g. 2	114.7 ± 1.85 <sup>a</sup>	102.3 ± 1.39 <sup>b</sup>	80.54 ± 1.20 <sup>a</sup>	-	0.65 ± 0.03 <sup>b</sup>	-
P.g. 3	-	7.910 ± 0.30 <sup>e</sup>	-	10.20 ± 0.04 <sup>d</sup>	-	0.551 ± 0.06 <sup>e</sup>
P.g. 4	-	5.450 ± 0.63 <sup>f</sup>	-	5.051 ± 0.08 <sup>f</sup>	-	0.061 ± 0.003 <sup>f</sup>
P.g. 5	-	26.94 ± 2.49 <sup>d</sup>	-	30.34 ± 2.85 <sup>c</sup>	-	2.451 ± 0.26 <sup>c</sup>
P.g. 6	-	49.75 ± 17.8 <sup>c</sup>	-	41.32 ± 5.04 <sup>a</sup>	-	6.581 ± 0.28 <sup>a</sup>
P.g. 7	-	41.12 ± 1.46 <sup>c</sup>	-	33.53 ± 1.09 <sup>b</sup>	-	4.663 ± 0.15 <sup>b</sup>
P.g. 8	-	7.680 ± 0.61 <sup>e</sup>	-	9.52 ± 0.48 <sup>e</sup>	-	0.532 ± 0.002 <sup>e</sup>

*Примечание.* Значения представлены как среднее значение ± SD (n = 3). Числа, за которыми следуют разные буквы в одном и том же столбце, статистически различаются в соответствии с критерием Тьюки (p ≤ 0,05)

Присутствие шести антоцианов, 3-О-глюкозидов и 3,5-О-диглюкозидов дельфинидина, цианидина и пеларгонидина согласуется с составом антоцианов, которые были зарегистрированы в турецких сортах [237, р. 2086-2095]. Соединение Циа-3,5-диглю. присутствовало во всех образцах [119], однако более высокое значение, обнаруженное в P.g. 1 и P.g. 2, чем и объясняется выраженный красный цвет сока, полученного из их зерен (Рис. 5.3.6 В). Эти результаты согласуются с результатами N. Hasnaoui и др. [162, р. 741-757], которые обнаружили, что Циа-3,5-диглю. был основным антоцианом в тунисском гранатовом соке, а также в турецком сорте «Измир 1513» (170 мг/л), которые в свою очередь характеризовались ярко-красным цветом сока [236, р. 2086-2095].

Кроме того, в образцах P.g. 1 и P.g. 2 наблюдалась самая низкая концентрация Пг-3-глю. (1.67 и 0.65 мг/л, соответственно), пигмента, ответственного за оранжевую пигментацию. Эти данные согласуются с теми, о которых сообщают Z. Ben-Simhon и др., которые обнаружили сходные значения в содержании Пг-3-глю. у сорта граната «Wonderful» [119].

Количественные и качественные вариации антоцианов среди образцов могут быть связаны с условиями окружающей среды в период созревания, а также с механизмами адаптации генотипа к зоне выращивания. H. Borochov-Neori и др. [123, p. 5325-5334; 124, p. 54-68] сообщили об увеличении диглюкозилированных антоцианов после сезонного потепления, и наши данные могут согласиться с предположением о корреляции между высоким уровнем антоциановых диглюкозидов и жарким летом. Действительно, P.g. 1 и P.g. 2, которые были собраны из сухих регионов, характеризующихся жарким летом, содержат самые высокие уровни дельфинидин-3,5-О-диглюкозида и цианидин-3,5-О-глюкозида, предположительно из-за более высокой стабильности 3,5-диглюкозидов по сравнению с 3-глюкозидами. Тем не менее, высокий уровень антоцианов может быть также следствием адаптации к засоленной почве или болотам, так как большое количество антоцианов приводит к повышению солеустойчивости у растений. Кроме того, некоторые авторы утверждают, что на ранних стадиях развития количество диглюкозидных антоцианов выше, чем моноглюкозидных, однако, тенденция меняется обратно в конце стадий развития и созревания [223, p. 79–88].

Гипотеза о том, что P.g.1, P.g. 2, P.g. 6, P.g. 7 могут быть более устойчивыми к засоленной почве, должна быть дополнительно изучена с точки зрения их возможного использования в качестве источников генов устойчивости в селекционных программах. Кроме того, высокая и специфическая концентрация антоцианов в P.g.1 и P.g. 2 делает два образца особенно интересными для использования в различных целях, учитывая активность этих соединений в качестве клеточных антиоксидантов [121, p. 2107].

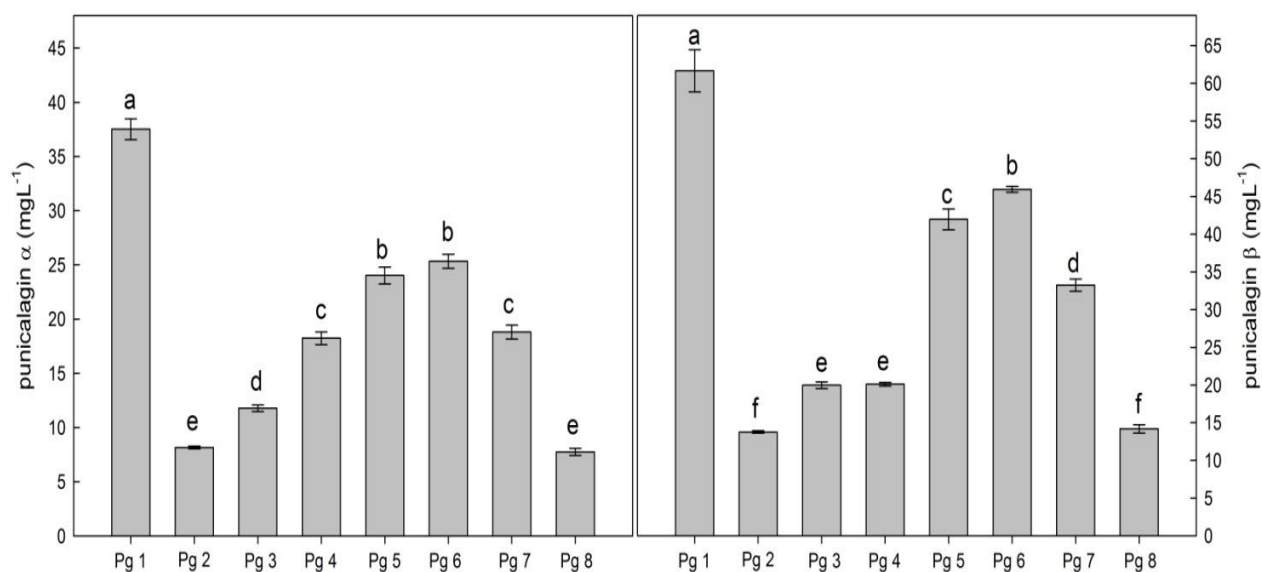
Были проведены анализы по установлению количественного содержания и идентификации дубильных веществ и их производных в образце соков граната. Разделение компонентов осуществляли путем введения 10 мкл образца сока в аналитическую колонку SB-C18 (5 мкм, 250 × 4.6 мм) (Agilent Technologies, Италия), работающую при 30° С и скорости потока 0,6 л/мин.

Индивидуальные компоненты были идентифицированы путем сравнения УФ-спектральных характеристик с характеристиками аутентичных стандартов и на основе идентификации, сообщенной в научной работе У.А. Фишера [149, р. 807-821]. Детектор с диодной матрицей был установлен на диапазон обнаружения от 200 до 600 нм. Количественное определение дубильных веществ с использованием калибровочных кривых соответствующих стандартов проводили при 280 нм.

В результате анализов было установлено, что в дополнение к антоцианам, исследованные нами гранатовые соки были также богаты гидролизуемыми танинами, которые синтезируются из галлоил глюкозы, причем пентагаллоил глюкоза служит предшественником как галлотаннинов с более высокой молекулярной массой, так и эллагитанинов. Эллагитанины, которые содержат две или более соседние галлоильные группы, которые связаны с образованием гексагидроксидифеноил (ГГДФ) звенья, особенно богаты в плодах граната и могут в значительных количествах экстрагироваться в сок [180, р. 4320-4326].

Среди гидролизуемых дубильных веществ в исследованных образцах были обнаружены  $\alpha$  и  $\beta$  изомеры пуникалагина, производные пуникалагина, эллаговая кислота, глюкозид эллаговой кислоты, галлоил-глюкоза и ГГДФ-гекс-производное.

Все гранатовые образцы содержали изомеры пуналагина  $\alpha$  и  $\beta$ . Концентрация  $\alpha$ -пуникалагина варьировала от ~ 8 мг/л в P.g. 2 и P.g. 8 до 37,52 мг/л в P.g. 1. Наибольшее содержание  $\beta$ -пуникалагина было обнаружено в P.g. 1 (61,65 мг/л), тогда как самое низкое - P.g. 2 и P.g. 8 (~ 14 мг/л) (Рис. 5.5.1).



**Рисунок 5.5.1 Концентрация пуникалагина  $\alpha$  и  $\beta$  в составе соков из различных популяций.**

В составе соков полученных из различных образцов были обнаружены и другие производные пуникалагина (Табл. 5.5.2). Эти соединения были идентифицированы по спектру поглощения в UV/VIS, который показал максимумы при 378 и 258 нм.

**Таблица 5.5.2  
Содержание производных пуникалагина в составе соков из различных популяций.**

№	Производное пуникал_1 (мг/л)	Производное пуникал_2 (мг/л)	Производное пуникал_3 (мг/л)	Производное пуникал_4 (мг/л)	Сумма всех производных пуникалагина (мг/л)
P.g.1	14.1 ± 0.73 <sup>a</sup>	21.7 ± 0.18 <sup>a</sup>	7.94 ± 0.19 <sup>b</sup>	8.44 ± 0.17 <sup>c</sup>	151.3 ± 4.66 <sup>a</sup>
P.g.2	9.09 ± 0.03 <sup>c</sup>	8.17 ± 0.10 <sup>c</sup>	2.20 ± 0.01 <sup>e</sup>	6.15 ± 0.13 <sup>d</sup>	47.54 ± 0.38 <sup>f</sup>
P.g.3	4.12 ± 0.06 <sup>d</sup>	10.3 ± 0.33 <sup>b</sup>	8.36 ± 0.18 <sup>b</sup>	19.7 ± 0.43 <sup>a</sup>	74.28 ± 1.41 <sup>e</sup>
P.g.4	4.15 ± 0.05 <sup>d</sup>	10.4 ± 0.10 <sup>b</sup>	7.49 ± 0.18 <sup>b</sup>	19.7 ± 0.02 <sup>a</sup>	80.13 ± 1.13 <sup>d</sup>
P.g.5	1.95 ± 0.09 <sup>f</sup>	8.72 ± 0.38 <sup>c</sup>	4.54 ± 0.49 <sup>d</sup>	4.54 ± 0.49 <sup>f</sup>	88.93 ± 3.29 <sup>b</sup>



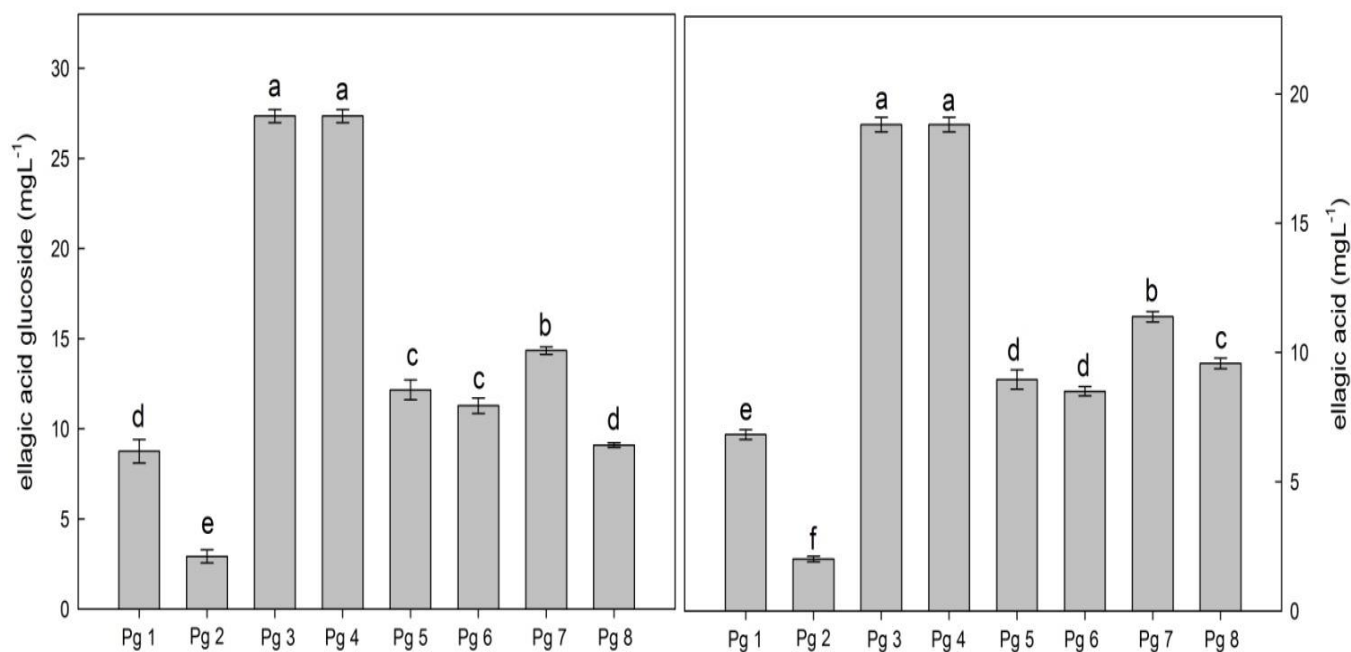
P.g.6	11.6 ± 0.48 <sup>b</sup>	-	9.66 ± 0.44 <sup>a</sup>	-	92.51 ± 0.88 <sup>b</sup>
P.g.7	3.07 ± 0.02 <sup>e</sup>	11.0 ± 0.32 <sup>b</sup>	6.15 ± 0.18 <sup>e</sup>	11.3 ± 0.10 <sup>b</sup>	83.60 ± 1.29 <sup>c</sup>
P.g.8	4.10 ± 0.15 <sup>d</sup>	6.53 ± 0.25 <sup>d</sup>	9.27 ± 0.40 <sup>a</sup>	5.71 ± 0.23 <sup>e</sup>	47.54 ± 1.90 <sup>f</sup>

Примечание. Сумма всех производных пуникалагина включает также пунакалагин  $\alpha$  и  $\beta$ .

Как видно из таблицы 5.5.2, максимальное количество производных пуникалагина 1 и 2 наблюдалось в соке образца P.g. 1, тогда как накопление пуникалагина 2 было выше в P.g. 4 и P.g. 7.

Производное пуникалагина 4 было максимальным в P.g. 3 и P.g. 4, достигая концентрации более 19 мг / л, тогда как минимальное его содержание было обнаружено в P.g. 5 (4,54 ± 0,49 мг/л). В целом, учитывая сумму всех производных пуникалагина, самое высокое содержание было обнаружено в P.g. 1 [257, p. 277-286].

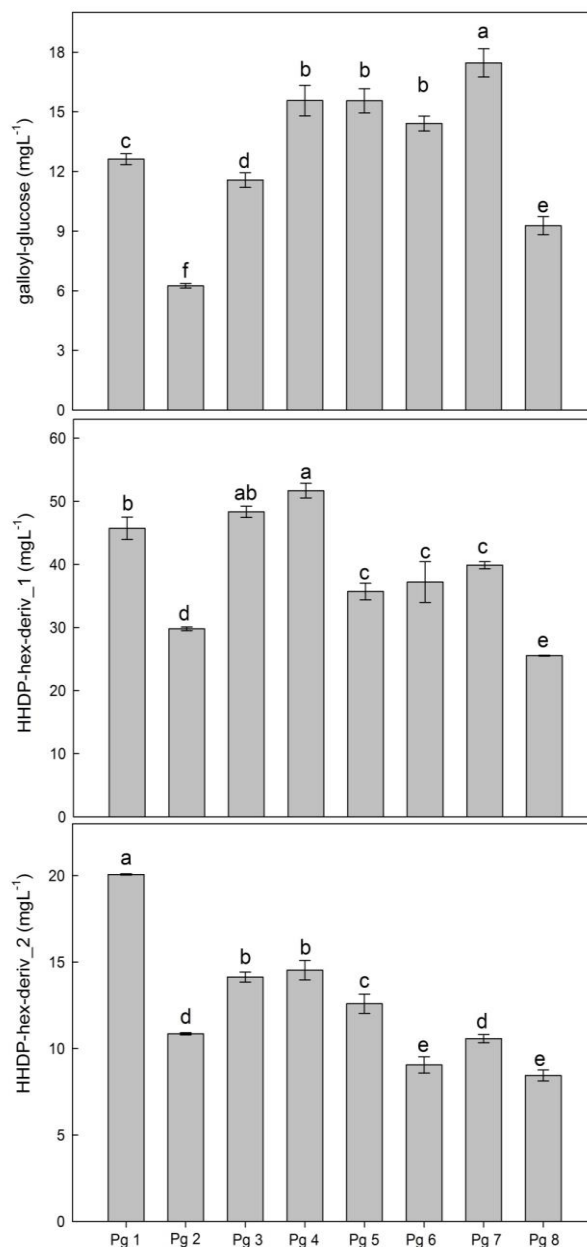
Среди различных образцов граната было обнаружено значительное изменение в содержании производных эллаговой кислоты. Концентрация эллаговой кислоты варьировала от 2,01 до 18,81 мг/ л и возрастала от P.g.2 < P.g. 1 < P.g. 6 = P.g. 5 < P.g.8 < P.g.7 < P.g. 3 = P.g. 4. Аналогичная тенденция наблюдалась и для глюкозида эллаговой кислоты, содержание которой изменялось от 2,92 до 27,36 мг/л, достигая максимального значения в P.g. 3 и P.g. 4 и самого минимального в P.g. 2 (Рис. 5.5.2).



**Рисунок 5.5.2 Концентрация глюкозида эллаговой кислоты и эллаговой кислоты в соках, полученных из плодов граната разных популяций.**

Другие соединения были идентифицированы, исходя из времени удерживания и их спектра поглощения в UV/VIS, в виде галлоил-глюкозы и ГДФ-гекс-производных. Действительно, пик галлоил-глюкозы показал типичные УФ-спектры, аналогичные спектрам галловой кислоты ( $\lambda_{\text{max}} = 269 \text{ nm}$ ), в то время как ГДФ-гекс-производные имеют время удержания и  $\lambda_{\text{max}}$ , аналогичное производным педункулагина ( $\lambda_{\text{max}} = 258 \text{ и } 375 \text{ nm}$ ), которые приводятся в работе U.A Fischer с др. [149, p. 807-821].

Концентрация галлоил-глюкозы увеличилась с минимума в P.g. 2 (~ 6 мг/л) до максимума в P.g.7 (~ 18 мг/л). Концентрация ГДФ-гекс-производных была самой высокой в образцах P.g. 1, P.g. 3 и P.g. 4. Почти в одинаковом количестве ГДФ-гекс-производное\_1 было обнаружено в образцах P.g. 3 и P.g. 4 (~ 50 мг/л), в то время как, содержание ГДФ-гекс-производного\_2 изменялось от 8,44 мг/л в образцах P.g. 6 и P.g. 8 до 20,07 мг/л в образце P.g.1 (Рис. 5.5.3).



**Рисунок 5.5.3 Концентрация галлоил-глюкозы и двух ГГДФ -гекс-производных (HHDP-гекс-производное\_1 и HHDP-гекс-производное\_2 в соках, полученных из плодов граната разных популяций.**

Высокие уровни эллагитанинов, в частности производных пуникалагина, обнаруженных в наших соках, соответствуют уровням, приведенным в литературе [99, р. 1-7; 112, р. 38; 174, р. 496-507; 192, р. 14821–14840]. Даже если эти соединения могут придавать неприятный вкус сокам из-за их взаимодействия с белками слюны, они были идентифицированы как активные антиатеросклеротические соединения в соках граната, отвечающие за способность этого сока защищать холестерин липопротеинов низкой плотности

человека от окисления *in vivo* [189, p. 1663-1682; 248, p. 1-8]. Кроме того, эллагитанины проявляют также высокую антиоксидантную способность, а также антимуtagenные и противораковые свойства. Помимо широкого применения пунакалагина в защите здоровья человека [247, p. 100], следует отметить заметную противогрибковую активность пунакалагина из-за его способности, подобной амфотерицину В образовывать поры-подобные агрегаты в клеточных мембранах грибов [220, p. 1-9]. Эти недавние результаты указывают на дальнейшее потенциальное использование пунакалагинов, извлеченных из плодов граната, в качестве экологически чистых природных составов для борьбы с грибами и бактериями при выращивании сельскохозяйственных культур.

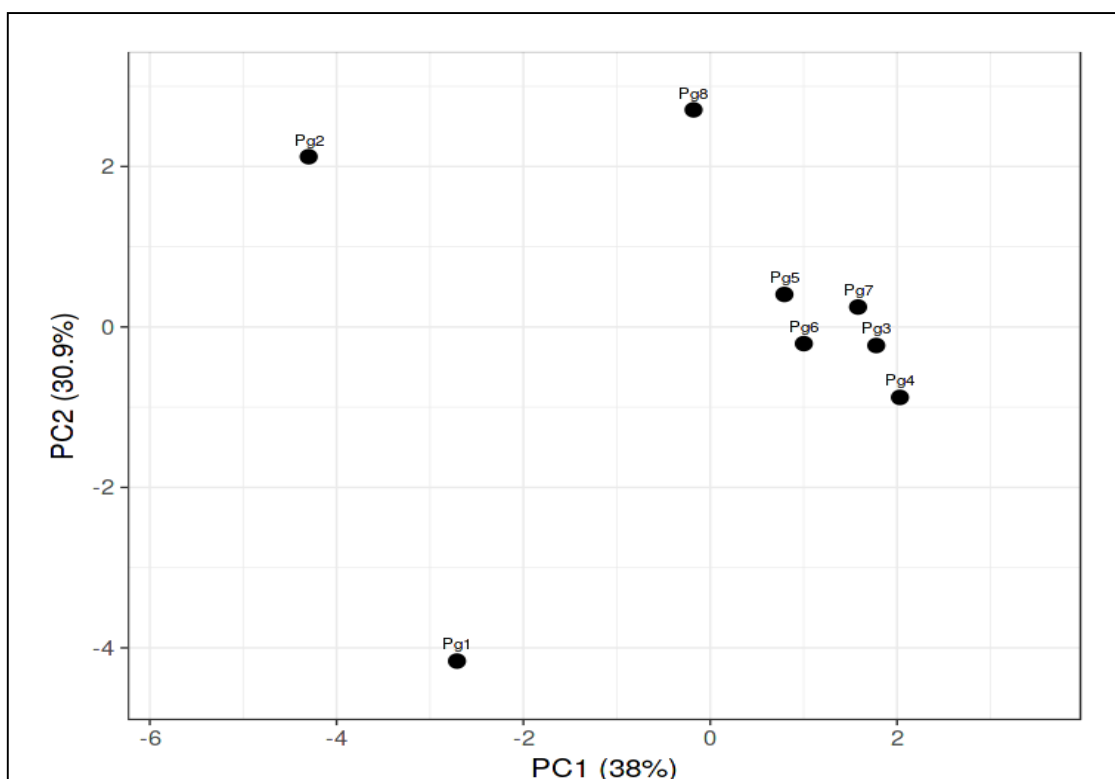
Помимо их многочисленных применений для здоровья человека и сельского хозяйства, эллагитанины также выполняют важные функции в физиологии растений и действительно могут обеспечивать защиту от биотических стрессов [153, p. 1-27; 226, p. 479-555]. Содержание производных эллаговой кислоты, по-видимому, увеличивается при наличии такого фактора стресса как засоление [125, p. 54-68], вероятно, из-за способности этих соединений ослаблять осмотический стресс, как ранее сообщалось у других видов [142, p. 173-183].

Таким образом, изучение качественного и количественного содержания фенольных соединений в составе соков, из различных районах Азербайджана, позволили выбрать перспективные образцы дикого граната, особенно богатые антоцианами и эллаготанинами. На основании результатов анализа составлена тепловая карта, показывающая содержание фенольных соединений в образцах дикорастущего граната из различных популяций (Рис. 5.5.4, см. приложение).

Как видно из тепловой карты, среди исследованных образцов Р.г. 1 был богат как антоцианинами, так и гидролизуемыми танинами, особенно производными пунакалагина. В этом образце, собранном в Хызынской район, характеризующемся жарким летом и холодной зимой, но частично смягченным климатом, обусловленной его близостью к Каспийскому морю, взаимодействие между условиями окружающей среды и генотипом вызывает накопление как

более стабильных антоцианов, таких как 3,5-дигл и циа-3,5-дигл, а также различных производных пуникалагина. Аналогичная антоциановая композиция была также обнаружена в образце P.g. 2, который, однако, показал несбалансированную композицию из-за очень низкого количества танинов (Табл. 5.4.3.1.1, 5.4.3.2.1, 5.4.3.2.4). Действительно, накопление обоих классов полифенолов может стимулироваться в условиях потепления, но также может быть несколько снижено в условиях длительной и сильной засухи [193, p. 1922-1927].

Биplot PCA был применен для выделения корреляций между содержанием фенольных соединений в различных образцах сока дикорастущего граната (Рис. 5.4.3.2.5).



**Рисунок 5.5.5 PCA биplot для исследованных образцов граната на основе содержания фенольных соединений**

Два PC (PC1, PC2) объяснили почти 70% дисперсии данных. Было выявлено, что чем ближе образцы по районам произрастания, тем больше они похожи по составу фенольных соединений. Действительно, PC1 четко отличает P.g. 1 и P.g. 2 от других образцов, так как образцы слева от биplotа более богаты

антоцианами. PC2 позволяет различать образцы на основе содержания их танинов, и он четко показывает наличие трех разных групп: самые богатые образцы (P.g.1), образцы с аналогичным содержанием танинов (P.g. 3,4,5,6,7) и образцы с самым низким содержанием (P.g. 2 и P.g. 8). Образцы P.g. 3,4,5,6,7 имеют более сбалансированное содержание и антоцианов, и дубильных веществ (Рис. 5.5.4).

Кроме того среди исследованных образцов можно наблюдать влияние окружающей среды на их химический состав. Генетический фон каждого образца играет ключевую роль в реакциях на условия окружающей среды, в результате чего образцы более или менее чувствительны к различным воздействиям окружающей среды, однако, в большинстве случаев, влияние климата на состав зерен граната является существенным поскольку метаболизм фенолов, как синтез, так и окисление, вызван стрессовыми условиями, особенно термическим стрессом [137, p. 1038-1045]. При этом было показано, что сезонное потепление увеличивает долю диглюкозилированных антоцианов [123, p. 5325-5334]. Так например, образцы P.g. 5, 6, 7, которые были собраны из районов с жаркими летними условиями и засоленными почвами имели более высокое содержание антоцианов и пуникалагина по сравнению с P.g. 3 и P.g. 4 (Табл. 2.2.1, 5.5.1, 5.5.2), которые были собраны из регионов с умеренным климатом и темными суглинистыми почвами, характеризовались более высоким содержанием эллаговой кислоты и ее гликозилированного производного (Рис. 5.5.2, Табл. 5.5.2).

Результаты этого исследования, учитывая недавнюю работу по геному граната [213, p. 1108-1128], предоставляют ценный ресурс для выбора образцов граната с интересными метаболическими признаками, которые могут быть использованы в селекционных работах для увеличения накопления этого биологически активного соединения.

Таким образом, результаты, представленные в этом исследовании, способствуют получению существенной информации о химическом составе различных органов дикорастущего граната, собранного из восьми районов

Азербайджана, характеризующихся различными климатическими условиями, составом почвы и высотой. Природные популяции дикорастущего граната обладают бесценным генофондом, и особи из этих естественных местообитаний могут являться донорами ценных признаков для создания сортов граната, устойчивых к различным патогенам и факторам среды.

# ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНОВ *PUNICA GRANATUM L.* В РЕАКЦИИ С ДФПГ

## 6.1. Сравнительное исследование антиоксидантной активности различных экстрактов *P. granatum L.*

В настоящее время во всем мире ведется активная работа по выявлению новых источников биоантиоксидантов. Эти исследования связаны с ростом и развитием многих серьезных заболеваний, таких как рак, инсульт, диабет 2 типа, сердечно-сосудистые и нейродегенеративные заболевания. Одновременной причиной этих заболеваний является окислительный стресс, обусловленный увеличением выработки реактивных форм кислорода, азота, в том числе свободных радикалов, и неспособностью организма их нейтрализовать [94, 140 с.].

Для того чтобы соединение было определено как антиоксидант, оно должно удовлетворять двум основным условиям:

1. Когда он присутствует в низкой концентрации относительно окисляемого субстрата, он может задерживать или предотвращать автоокисление или окисление, опосредованное свободными радикалами.

2. Полученный радикал, образующийся после очистки, должен быть стабильным, чтобы прервать цепную реакцию окисления [221, р. 31-43].

Растительные полифенолы являются важным классом антиоксидантов. Фенольные соединения являются отличными поглотителями кислородных радикалов, поскольку потенциал восстановления электронов фенольным радикалом ниже, чем у кислородных радикалов. Следовательно, фенольные соединения могут поглощать реакционноспособные кислородные интермедиаты, предотвращая тем самым дальнейшие окислительные реакции [98, р. 875-877].



Среди тестов на гашение свободных радикалов самым распространенным является метод на основе ДФПГ радикала (1,1-дифенил-2-пикрилгидразил). ДФПГ радикал имеет область поглощения при 517 нм. В этом методе измеряется количество антиоксиданта, необходимого для 50% уменьшения первоначальной концентрации ДФПГ. При этом рассчитывается время, необходимое для достижения вышеуказанного состояния [82, 212 с.].

При определении антиоксидантной активности по методу ДФПГ экстракты растения 10 мкл (гранатовый сок, метанольный экстракт экзокарпа, мезокарпа (перегородки), листьев и цветков) смешивали с 940 мкл воды и 50 мкл свежеприготовленного 2 мМ раствора ДФПГ. Смесь инкубировали в темноте в термомиксере (Eppendorf Thermomixer Comfort) при температуре 25-27°C в течение 30 мин (Рис. 6.1.1).

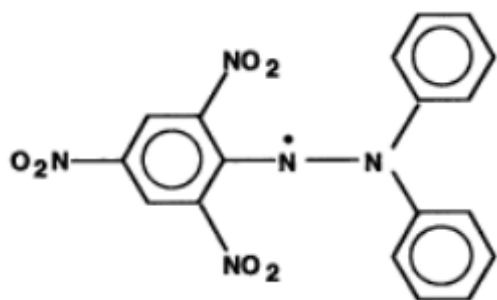
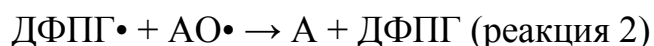


**Рисунок 6.1.1 Инкубирование смеси в термомиксере**

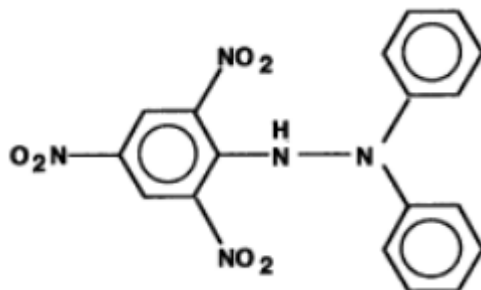
Уменьшение оптической плотности по сравнению с контролем (метанол) снимали при 517 нм с помощью УФ-видимого спектрофотометра (Safas, Монако) [254, р. 40-46].

Молекула ДФПГ ( $\alpha,\alpha$ -дифенил- $\beta$ -пикрилгидразил) (Рис. 6.1.1, 6.1.2) характеризуется как стабильный свободный радикал благодаря делокализации запасного электрона над молекулой в целом, так что молекулы не димеризуются.

Одновременно делокализация приводит к появлению темно-фиолетового цвета, характеризующегося полосой поглощения в растворе этанола с центром около 520 нм. Когда раствор ДФПГ смешивали с раствором вещества (антиоксиданта), способного дать атом водорода (реакция 1, Рис.6.1.2), образовавшийся радикал взаимодействовал со второй молекулой ДФПГ, что привело к образованию восстановленной формы (реакция 2, Рис 6.1.3) с потерей фиолетового цвета.

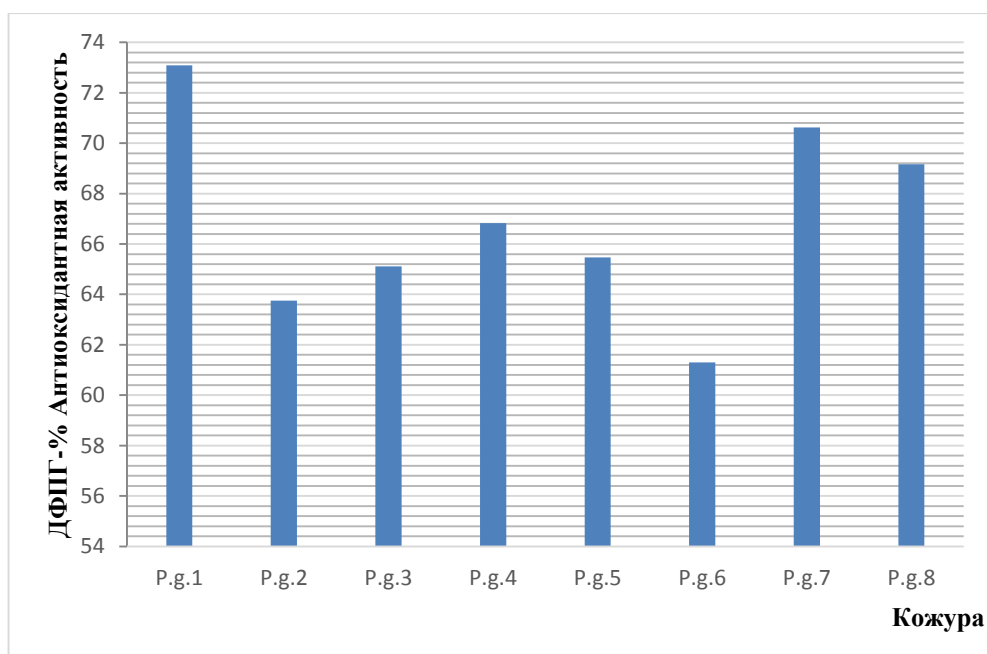
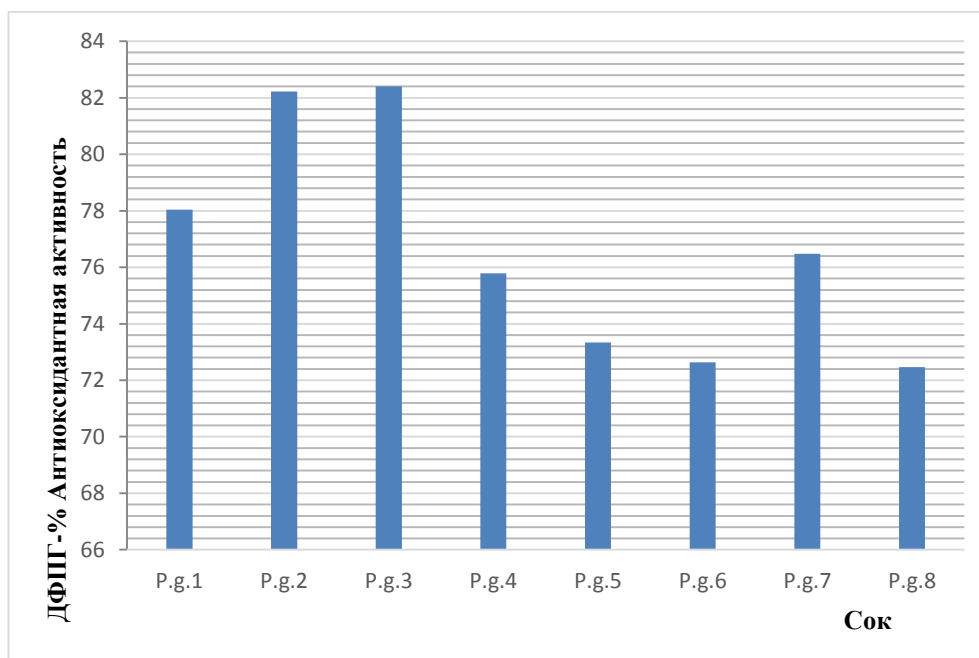


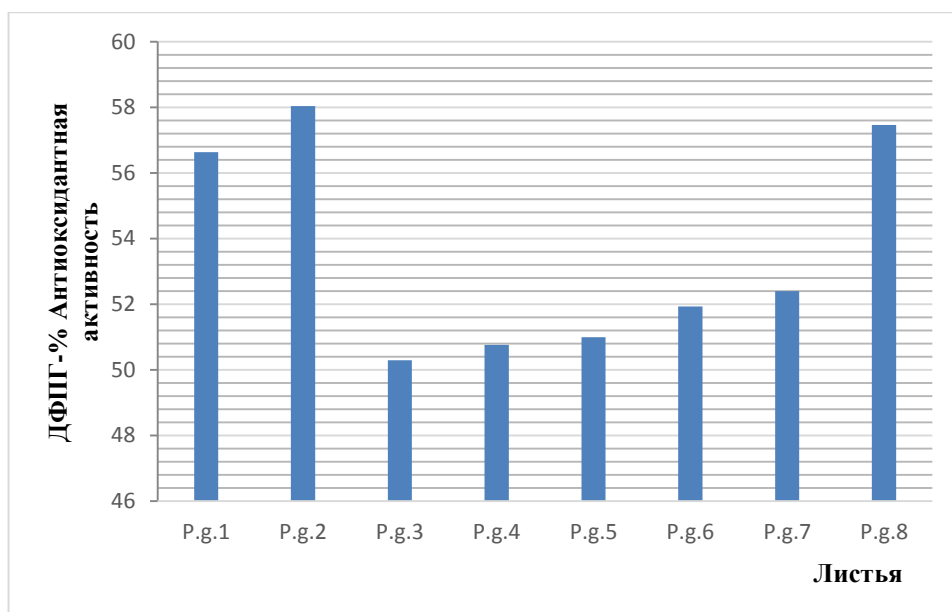
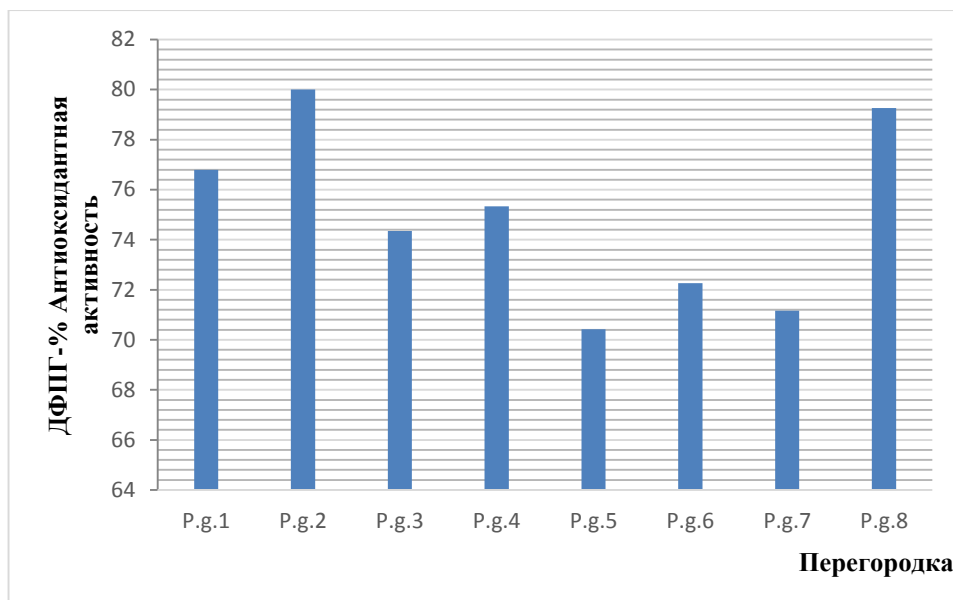
**Рисунок 6.1.2 Дифенилпикрилгидразил (свободный радикал), справа экстракт граната сразу после добавления ДФПГ**



**Рисунок 6.1.3 Дифенилпикрилгидразин (без свободного радикала), справа экстракт граната после 30 мин**

На рисунке 6.1.4 приведены результаты по изучению антиоксидантной активности различных частей исследуемых образцов граната, рассчитанной методом ДФПГ.





**Рисунок 6.1.4 Антиоксидантная активность различных частей исследуемых образцов граната**

В наших исследованиях различия в значении антиоксидантной способности различных частей образцов граната были статистически значимыми, и варьировали от 50,29% до 82,4%. Была установлена следующая иерархия для антиоксидантной способности различных частей растения: сок > перегородка > кожура > листья. Этот порядок отличался от того, что сообщалось для перуанских гранатов, значения накопления фенольных соединений, и

антиоксидантной активности располагались в следующем порядке: сок <кожура <мембрана [149, p. 807-821].

Согласно полученным результатам максимальная антиоксидантная активность по методу ДФПГ была определена для сока плодов P.g.3, которая составила 82,4%. Высокой антиоксидантной активностью обладали также экстракты из мезо- (P.g.2) и экзокарпа (P.g.1), активность которых составила 80% и 73,1%, соответственно. Листья обладали не высокой активностью, антиоксидантная способность экстрактов которых изменялась от 50,29% до 58,04% (максимальная активность в P.g.2) [254, p. 40-46].

Известно, что увеличение потребления продуктов, богатых антиоксидантами, такими как витамины и полифенолы, увеличивает общую антиоксидантную способность организма [233]. Плод граната представляет собой богатый источник биологически активных компонентов, таких как фенольные соединения, антоцианы, витамин С и т. д. Эти фитохимические вещества накапливаются в разных частях плодов, таких как экзокарп, мезокарп, семена и зерна. Многие исследователи [216, p. 910-918] сообщают, что гранатовый сок является нейтрализатором свободных радикалов и обладает мощным антиоксидантным действием [101, p. 235-246]. Эти полезные эффекты гранатового сока были приписаны к антиоксидантным свойствам гранатовых полифенолов, сахаросодержащих полифенольных дубильных веществ, антоцианов и витамина С [139, p. 707-713; 208, p. 473-477]. В исследованиях М. Гила и Б. Томаса было выявлено, что наибольшая антиоксидантная активность наблюдается у новоформирующихся плодов (20 дней) [155, p. 4581-4589]. По мере же роста плодов антиоксидантная активность снижается из-за снижения уровня аскорбиновой и фенольных кислот.

Согласно исследованиям А Gil. более высокие уровни антиоксидантной способности связаны с увеличением потребления витамина С [155, 992 p.]. Кроме того, автор также утверждает, что антиоксидантная активность сока граната напрямую связана с уровнем пуникалагина. Этот результат противоречит тому, что наблюдалось в наших исследованиях. Так например, сок

образца Р.г. 3, который накапливал в невысоких количествах пуникалагин (74.28 мг/л) и высоких количествах эллаговую кислоту (27,36 мг/л) обладал максимальной антиоксидантной активностью, нежели сок образца Р.г. 1, характеризующего максимальным накоплением пуникалагина (151.3 мг/л). То же самое наблюдается и в случае образца Р.г. 6, экстракт сока которого продемонстрировал минимальную антиоксидантную активность (73%), хотя образец отличался высоким содержанием пуникалагина (92.51 мг/л).

Таким образом, сравнительный анализ антиоксидантной активности различных частей различных образцов граната показал, что высокая антиоксидантная активность органов связана с накоплением не отдельных компонентов, а комплекса биологически активных и питательных веществ и наиболее перспективным источником биологически активных веществ с высокой антиоксидантной активностью являются плоды растения, а именно сок плодов.

## ГЛАВА VII

### ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В ОЦЕНКЕ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА И СЫРЬЕВОЙ ЦЕННОСТИ ЗАРОСЛЕЙ ДИКОРАСТУЩЕГО ГРАНАТА

В последние годы технологический прогресс и растущая доступность приемников GPS привели к расширению применения геоинформационного картографирования. Современное геоинформационное картографирование раскрывает возможности картографического метода, с помощью которого решаются разнообразные научные задачи, такие как выделение территорий наибольшего и наименьшего биоразнообразия, проведение анализа биоразнообразия по ряду показателей – видовому, ценотическому, структурному и т.д. [75, 432 с.; 203, р. 15-31]. Может проводиться межвидовой и внутривидовой анализ разнообразия с использованием различных типов данных: наличие видов, данные морфологической характеристики, химических анализов и т.д. Таким образом, можно провести комплексный анализ пространственного разнообразия для решения общих вопросов в области биологии сохранения и использованию ресурсов растений, понимать, интерпретировать и визуализировать данные.

Согласно мнению А.Ю. Турышева, симбиоз ботанического ресурсоведения и геоинформатики позволит создать электронный кадастр дикорастущих лекарственных растений [87, с. 475-478]

Существует ряд различных методов, используемых для анализа географических данных в ГИС. Как правило, анализ выполняется над векторными и растровыми данными [217, р. 95-106]. Существуют методы анализа географических данных и методы анализа атрибутивных (табличных) данных. Ресурсоведческая информация векторизуется и регистрируется в системе географических координат программой ArcGIS в виде отдельных слоев и каждый такой слой посвящен одной теме или одному виду ресурсов. Анализ

атрибутивных данных одного тематического слоя может быть выполнен как: SQL-запрос к таблице с данными атрибутов; использование различных арифметических операций (сложение, вычитание, умножение и т. д.), логарифмических функций, метода многокритериального решения и методов, основанных на искусственном интеллекте [218, р. 299-302].

### 7.1. Ресурсная характеристика зарослей дикорастущего граната

Были проведены исследования по определению запаса плодов дикорастущего граната в различных районах Азербайджана. С этой целью в пределах ключевого участка было заложено десять учетных площадок площадью 1 м<sup>2</sup>. На каждой учетной площадке подсчитывалось число кустов. В пределах одной учетной площадки собирали все сырье. Собранное с площадки сырье взвешивали с точностью  $\pm 5\%$ . Были рассчитаны: биологический запас (БЗ) и эксплуатационный запас (ЭЗ). Были заготовлены образцы растительного сырья для проведения морфометрического и фитохимического анализа. Результаты полученных данных представлены в таблице 7.1.1.

**Таблица 7.1.1 Ресурсная характеристика *P. granatum* L.**

Район исследования	Площадь заросли (га)	БЗ (т)	ЭЗ (т)	Абсолютное число особей, шт. на 100 м <sup>2</sup>	Экземплярная насыщенность (плотность), шт./м <sup>2</sup>
Хызы	0,035	0,039	0,027	30	0.3
Сиязань	0,8	9	6	51	0.5
Шеки	3	40	25	40	0.4
Исмаиллы	0,3	3	2	35	0.4
Евлах	1	13	10	36	0.4
Агсу	0,0725	0,029	0,018	37	0.4
Гейчай	0,4	5	3	44	0.4
Агдаш	0,0015	0,014	0,011	25	0.3

Установлено, что дикорастущий гранат в обследованных территориях формируется вдоль дорог и вблизи рек. Популяции граната занимают площади



от 0,0015 до 3 га. Численность особей на 100 м<sup>2</sup> доходит до 51 шт., а экземплярная насыщенность изменяется от 0.3 до 0.5. Биологический запас *P.granatum* L. в исследованных районах колеблется от 0.014 т до 40 т. Максимальной величиной биологического запаса характеризуются Шекинский (40 т), за ним следуют Евлахский (13 т) и Сиязаньский (9 т) районы Азербайджана. Минимальной величиной биологического запаса характеризуется Агдашский район. Эксплуатационный запас более 3 т выявлен в трех районах Азербайджана: Сиязаньском (6 т), Евлахском (10 т) и Шекинском (25 т).

## 7.2. Геопространственные данные

Каждый класс объектов в ArcGIS содержит атрибутивные данные, связанные с ним. Например, местоположение конкретного растения, представленного в виде точки, содержит следующие данные в атрибутивной базе данных по дикорастущему гранату: местоположение (данные GPS), фото, ресурсоведческие характеристики (площадь заросли, вид сырья, плотность запаса сырья, БЗ, ЭЗ, ВОЗС), фитоценоотические характеристики, морфометрические показатели, а также результаты химических анализов (средние показатели содержания в сырье действующих веществ, АОА различных органов и т.д). На рисунке 7.2.1 представлена схема обработки данных в ГИС.

Как видно из рисунка 7.2.1, на этапе проверки роль ГИС заключалась в анализе ресурсоведческих, фитохимических и др. показателей в зависимости от различных факторов, которые будут позже рассмотрены на этапе оценки. На этапе же оценки ее роль заключалась в создании карт пригодности, таким образом, позволяя визуализировать районы, наиболее перспективные для заготовки сырья в соответствии с результатами многокритериального анализа (сравнение районов по показателям ЭЗ и среднего показателя содержания в сырье биологически активных веществ).

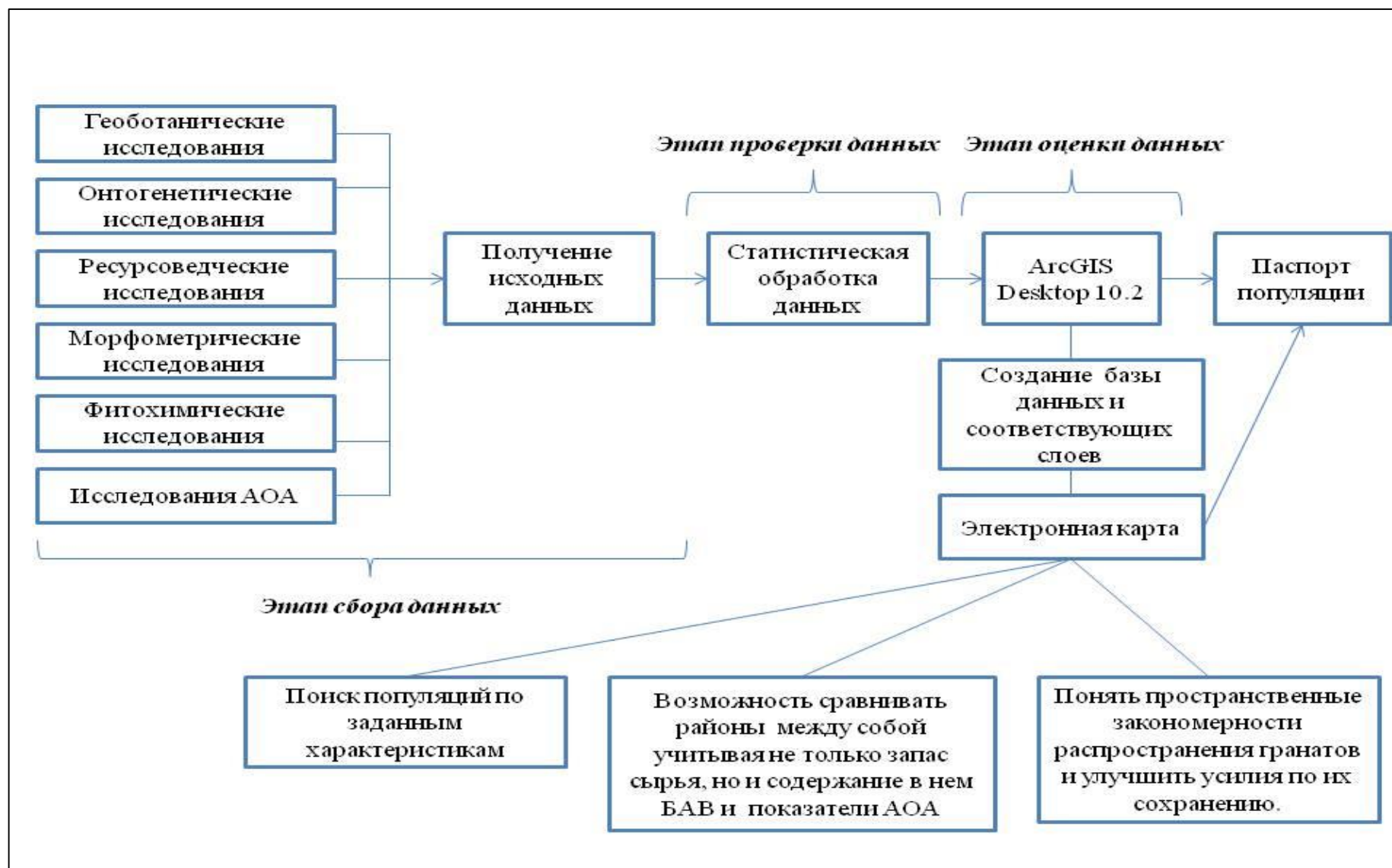


Рисунок 7.2.1 Схема обработки данных в ArcGIS

Для управления ресурсоведческой цифровой информацией необходимо создание большого количества электронных тематических слоев и автоматически увязанного с ними банка геоданных [88, с. 2715-2719]. При этом необходимо все полученные данные перевести в цифровой вид (электронные таблицы) [83, с. 449–462]. С этой целью мы создали тематический слой под названием «Запас сырья» и соответственно сформирована атрибутивная БД данного слоя (Рис.7.2.2).

	Район исследования	Площадь заросли	ЭЗ	БЗ
▶	Агдаш	0,0015	0,011	0,014
	Агсу	0,0725	0,066	0,134
	Гейчай	0,4	3	5
	Евлах	1	10	13
	Исмаиллы	0,3	2	3
	Сиязань	0,8	6	9
	Хызы	0,035	0,027	0,039
	Шеки	3	25	40

**Рисунок 7.2.2 Тематический слой «Запас сырья»**

С целью сравнения административных районов по характеристикам популяций лекарственных растений может быть использован условный коэффициент, названный «показатель сырьевой ценности района» (ПСЦР), который представляет собой произведение возможного объема ежегодной заготовки сырья и среднего показателя содержания действующих веществ в данном районе [85, 25 с.; 95, 24 с.]. ПСЦР позволяет сравнивать районы между собой по результатам комплексной оценки состояния зарослей, учитывающей не только запас сырья, но и содержание в нем биологически активных веществ. Использование данного показателя в ГИС позволяет визуализировать районы, наиболее перспективные для заготовки того или иного вида сырья [86, с. 568].

Для визуализации ресурсозначимых местообитаний дикорастущего граната мы также создали слой под названием «ПСЦР» с соответствующей атрибутивной БД (Рис. 7.2.3).

ПСЦР_							
Район исследования	Сумма всех производных пуникалагина	Сумма всех антоцианов	АОА сока	АОА мембраны	АОА кожуры	АОА листьев	
Гейчай	47,54	17,733	78	77	73	57	
Сиязань	47,54	298,19	82	80	64	58	
Шеки	74,28	18,66	83	74	65	50	
Исмаиллы	80,13	10,562	76	75	67	51	
Агсу	83,6	79,283	74	70	66	52	
Евлах	88,93	59,731	73	72	61	53	
Агсуинский перевал	92,51	97,651	77	71	71	54	
Хызы	151,3	229,952	72	80	69	58	

**Рисунок 7.2.3 Тематический слой «ПСЦР»**

После создания необходимых тематических слоев и заполнения атрибутивных данных мы осуществили поиск по атрибутивным данным тематического слоя «запас сырья» соответствующий следующему значению: площадь заросли > 0,3 га. По результатам обработки данных в ГИС заданным критериям соответствуют 4 административных района АР, а именно Евлахский, Шекинский, Сиязаньский и Гейчайский [51, с. 28-30].

Аналогичный поиск задан по атрибутивным данным тематического слоя «ПСЦР» (Рис.7.2.4, см. приложение), где поиск ведется по двум выбранным критериям: сумма всех производных пуникалагина > 80 мг/л и АОА сока > 75%. Результаты многокритериального анализа выявили, что популяции дикорастущего граната, произрастающие на территориях Агсуинского перевала и Исмаиллинского района, соответствуют заданным параметрам поиска.

Было выявлено, что главным образом в таких фитоценозах как *Punica granatum* + *Tamarix* spp. + *Hypericum perforatum*; *Punica granatum* – *Rubus caucasicus* + *Bellis perennis*; *Punica granatum* – *Cirsium vulgare* + *Crepis capillaries* отмечена высокая урожайность сырья.

Кроме того, все вышеперечисленные атрибутивные данные всех созданных слоев позволили автоматизировать формирование паспорта популяции (Рис. 7.2.5). Выбрав интересующий нас район произрастания, мы получаем все данные касательно дикорастущего граната в этом районе.

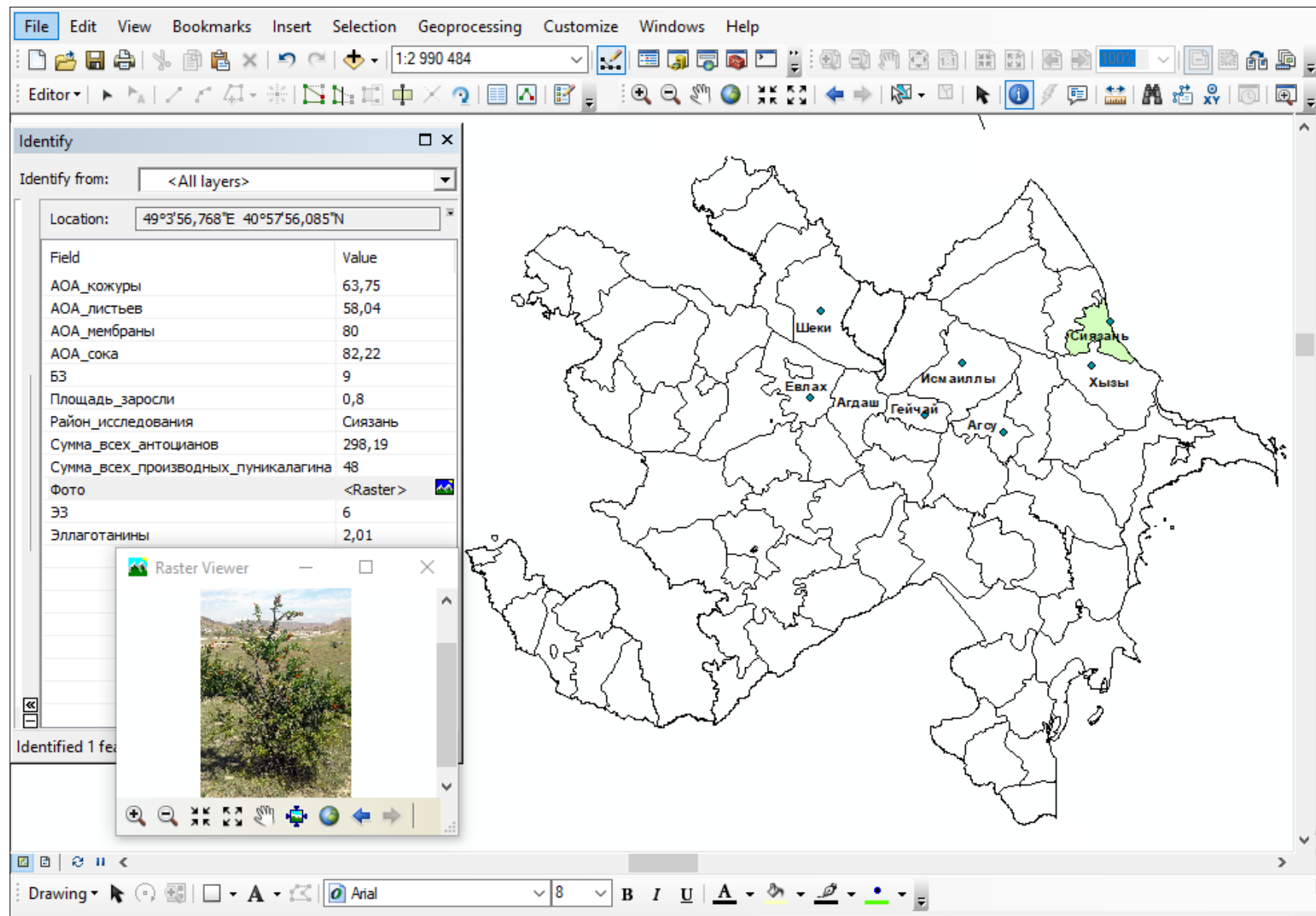


Рисунок 7.2.5 Паспорт Сиязаньской популяции дикорастущего граната

Выбрав команду информации (*i*) и выбрав данные определенного тематического слова (в нашем случае мы выбираем все тематические слои (*All layers*) мы получаем данные, заключенные в атрибутивные таблицы соответствующих слоев и формируем паспорт этих популяций (Рис. 7.2.6, 7.2.7., 7.2.8, 7.2.9, 7.2.10, см. в приложение).

Таким образом, анализ поиска по атрибутивным данным позволил выявить образцы как с высокими качественными характеристиками плодов, так и достаточным запасом (P.g.1, P.g 2, P.g. 6) для потенциального коммерческого производства лекарственных, косметических продуктов, а также пищевых добавок на основе этого растения, объединение же всех созданных тематических слоев позволило автоматизировать формирование паспорта популяций дикорастущего граната.

### **7.3. Охрана вида**

В современном мире нарушение экологического равновесия и естественных биогеоценозов в результате как природных явлений (наводнение, эрозия, оползни и т.д.), так и человеческой деятельности (вырубка лесов, использование земель для сельского хозяйства и пастбищ) приводит к уменьшению численности и исчезновению видов, характерных для местной флоры и фауны. [10, с. 3-7].

Согласно Г.М. Левину, гранату как персистентному реликту вымирание вида в ходе эволюционных процессов в обозримом будущем, по-видимому, не грозит [65, с. 32-39].

Необходимо отметить, что ресурсы *P.granatum* сокращаются с каждым годом вследствие возрастающего антропогенного пресса. Такие виды хозяйственной деятельности человека, как дорожное и жилищное строительство, выпас скота и др., привели к сокращению запасов дикорастущего граната (Рис.7.3.1 А, Б; 7.3.2; 7.3.3).





А.



Б.

**Рисунок 7.3.1 А, Б. Разрушение гранатников вследствие проведения дорожного строительства (Шекинская дорога М-5)**



**Рисунок 7.3.2 Разрушение гранатников вследствие жилищного строительства (Евлахский район)**





A.



Б.

**Рисунок 7.3.3 Элиминация молодых фракций в результате выпаса и вытаптывания скотом. А. Сиязаньский р-н; Б. Агсуинский р-н.**

В настоящее время возрастной состав граната в ЦП I, III, VII, VIII, XI и XIV имеет правостороннюю, ЦП II, V, X, XII – бимодальную, ЦП IV, VI, IX, XIII – левостороннюю асимметрию.

Причиной сокращения ареала дикорастущего граната на территории Шекинского, Агсуинского, Сиязаньского и Хызынского районов являются следующие причины:

1. Высокий процент средневозрастных генеративных растений у обследованных ценопопуляций, с одной стороны, определяется элиминацией молодых фракций в результате выпаса и вытаптывания

скотом, а с другой, с постепенным увеличением продолжительности жизни особей в генеративном периоде.

2. Минимальная доля особей в правой части спектра в большинстве случаев связано с частым отмиранием особей в постгенеративном периоде. Минимальная доля прегенеративной фракции у ЦП XIV может быть обусловлена следующими факторами: гибель неокрепших особей происходит в результате стравливания и вытаптывания скотом растительности, которые обуславливают падение продуктивности, эффективности семенного и вегетативного размножения.
3. Почвенно-климатические условия и межпопуляционные отношения препятствуют в данных ЦП-х дикорастущего граната увеличению численности молодых особей.

Таким образом, биотические и абиотические факторы, а также продолжающееся прямое антропогенное воздействие на гранатники в вышеуказанных районах приводит к сокращению площади и числа их ценопопуляций. В связи с чем, дикорастущие гранаты из этих регионов нуждаются в государственных мероприятиях по их рациональному использованию и охране. Для решения этой проблемы было направлено письмо в Министерство экологии и природных ресурсов Азербайджана для организации охраны *P. granatum* с целью сохранения его естественных популяций. Кроме того рекомендуется ежегодное проведение мониторинга для изучения состояния *P. granatum*, и осуществление депонирования семян в банках для сохранения генофонда дикорастущего граната.

## ВЫВОДЫ

1. Впервые изучены фенологические особенности дикорастущего граната и показано, что наступление и длительность фенофаз в различных местах произрастания граната происходит не одновременно, и зависит от почвенно-климатических условий и высоты местности. Чем выше среднегодовая температура и ниже высота местности, тем раньше начинается рост и развитие растения.

2. Результаты анализа фитоценотического состава популяций дикорастущего граната показали, что в большинстве исследуемых ценозов гранат является доминантом-эдификатором с проективным покрытием 60-90%. Установлено, что особи *P. granatum* L. в ЦП-х распределены следующим образом: групповое (ЦП I – IV, VIII – IX, XIII – XIV), случайно-клинальное и контагиозно-клинальное (ЦП V – VII), равномерное (ЦП X-XII). Обнаружено три типа популяций: молодые (ЦП III, IV, V, VI, VII, IX, X, XII, XIII), переходные (ЦП I, III, VIII, XI), стареющие (ЦП XIV). Наиболее угрожаемое состояние у ЦП XIV, популяция является стареющей и неустойчивой.

3. Методом ВЭЖХ в масле семян было обнаружено 9 жирных кислот, в составе сока 5 органических кислот и 2 сахара. Основную часть жирных кислот (79,64%) составляет пуниковая кислота, органических кислот - лимонная кислота (29,43 г / кг), в составе сахара обнаружены глюкоза (60,3% г / л) и фруктоза (47,3 г / л).

4. Установлено, что состав и содержание фенольных кислот и флавоноидов в различных органах резко отличается. Основными соединениями лепестков цветков *P. granatum* L. является синаповая кислота (283,65 мг/л),

+катехин (61.49 мг/кг), кверцетин (16.96 мг/кг) и Пел-3,5-диглю. (25,90%), сока - хлорогеновая (7,6 мг/л) и синаповая (6,54 мг/л) кислоты, листьев - феруловая кислота (106, 91 мг/кг), кожуры - эпикатехин (67,23 мг / кг) и Пел-3-глю (32,90%).

5. Установлена изменчивость дикорастущего граната по составу и содержанию БАВ в соке плодов из восьми образцов граната. Выявлено, что эти различия обусловлены почвенно-климатическими факторами среды. Образцы Р.г.5, 6, 7 из районов с жарким климатом и засоленными почвами содержали высокое количество антоцианов и пуникалагина, а образцы Р.г. 3 и Р.г. 4, собранные из регионов с умеренным климатом и темными суглинистыми почвами отличались высоким содержанием эллаговой кислоты и ее гликолизированного производного.

6. Изучена АОА различных органов дикорастущего граната. Показано, что сок плодов граната из Шекинского района обладает высокой АОА (82,4%). АОА экстрактов мезо- и экзокарпа составила 80% (Сиязаньский р-н) и 73,9% (Хызынский р-н), соответственно. Листья обладали невысокой активностью, АО способность экстракта которого составила максимум 58,04% (Сиязаньский р-н).

7. Результаты геоинформационного картографирования позволили автоматизировать формирование паспорта популяций дикорастущего граната, а также выявить образцы с высокими качественными характеристиками плодов и достаточным запасом (Р.г.1, Р.г 3, Р.г. 6) для потенциального коммерческого производства лекарственных, косметических продуктов, а также пищевых добавок на основе этого растения. Проведена оценка форм как селекционного материала, по результатам которой шесть форм, а именно Р.г.1, Р.г.3, Р.г.4, Р.г.5, Р.г.6, Р.г.7 отобраны для введения в культуру.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Результаты анализа по выявлению содержания БАВ И ПВ в различных органах, а также показатели антиоксидантной активности экстрактов различных частей (кожура, лепестки, перегородка, сок, листья) *P. granatum* показали перспективу использования растения не только в пищевых, но и в медицинских целях в лечении и профилактике таких заболеваний как СПИД, COVID-19 и др.

2. Рекомендуются использование дикорастущих гранатов из ценопопуляций I, III, VII, отличающихся достаточным запасом и высокими показателями различных групп БАВ в качестве природных составов (пищевое, лекарственное, техническое, косметическое, в получении пищевых добавок и др.).

3. Рекомендуются введение в культуру образцов P.g.1, P.g.3, P.g.4, P.g.5, P.g.6, P.g.7, которые показали высокую адаптивность к почвенно-климатическим воздействиям путем накопления в высоких количествах вторичных метаболитов.

4. Рекомендуются осуществление депонирования семян в банках для сохранения генофонда дикорастущего граната.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Azərbaycan Respublikası: ekoloji atlas / Q.Ş. Məmmədov, M.Y. Xəlilov, Z.S. Məmmədova – Bakı: Bakı Kartoqrafiya Fabriki, – 2009. – 156 s.
2. Azərbaycan Respublikasının Qırmızı kitabı. Nadir və nəslə kəsilməkdə olan bitki və göbələk növləri / H.S. Bağirov, C.Ə. Əliyev – Bakı: Qərb-Şərq, – 2-ci nəşr, – 2013. 676 s.
3. Azərbaycan: ekoturizm potensialı / Q. Məmmədov, E.Yusifov, M. Xəlilov, [və b.] – Bakı: Qərb-Şərq, – I kitab, – 2012. – 360 s.
4. Azərbaycan: ekoturizm potensialı / Q. Məmmədov, E.Yusifov, M. Xəlilov, [və b.] – Bakı: Qərb-Şərq, – II kitab, – 2012. – 420 s.
5. İmaməliyev, Q.N., Mustafayeva, Z.P. Nar (*Punica granatum* L.) genofondunun qorunması və öyrənilməsi // Genetik Ehtiyatlar İnstitutunun elmi əsərləri, – 2006, – s. 80-82.
6. Məmmədov, Q.M. Hetrozislikdə hibrid gücünün (F1; M1V1 ; M1V5 ) yaranmasının gen mexanizmi // Azərbaycan aqrar elmi, – 2019, 2(256), – s. 11-35.
7. Məmmədov, Q. Ş. Azərbaycanın torpaq ehtiyatları / Q.Ş. Məmmədov. – Bakı: Elm, – 2002. – 131 s.
8. Məmmədov, Q. Ş. Torpaqşünaslıq və torpaq coğrafiyasının əsasları / Q. Ş. Məmmədov. – Bakı: Elm, – 2007. – 660 s.
9. Mustafayeva, Z.P. Abşeron yarımadasında nar bitkisinin budaqlarının illik artımının öyrənilməsi // AMEA Botanika İnstitutunun elmi əsərləri, – 2012. XXXII cild, – s. 4-7.
10. Əli-zadə, V.M. Bitkilərin Qorunmasının Regional Strategiyası: İnkişaf və Perspektivlər // AMEA Botanika İnstitutunun elmi əsərləri, – 2012. XXXII cild, – s. 3-7.
11. Алиев, А.Г. Сорта граната в Агдамском районе // Бюлл. ВНИИСС, – 1941, – с. 8-10.

12. Алиев, Б.Г. Проблемы эрозии в Азербайджане и пути ее решения / Б.Г.Алиев, И.Н.Алиев – Баку: ЗИҮА-ИПЦ «Нурлан», – 2000, – 122 с.
13. Алиев, Д.М. Черный гранат // «Сов. субтропики», – 1940. №11-12, – с. 74.
14. Алиев, Д.М. О химическом составе сока плодов граната // Учен записки Азерб. СХИ, – 1972. №4, – с. 15-17.
15. Алиев, Р.К., Дамиров, И.А. Использование плодов дикого граната для получения медицинской лимонной кислоты и лимонного натра // Доклад АН АзССР, – 1949, 5 (9), – с. 16-18.
16. Алиев, Р.К., Дамиров, И.А. Алкалоидоносные растения Азербайджана // – Москва: Медицинская промышленность СССР, – 1952. №2, – с. 20-22.
17. Ализаде, К.А., Касумова, Г.М., Расулов, Г.Л. Сообщение о составе флоры верхнеплиоценовой эпохи Азербайджана // ДАН Азерб. ССР, – 1966, 12 (12), – с. 30-32.
18. Асадов, К.С., Дикорастущие плодовые растения Азербайджана / К.С.Асадов, А.К.Асадов, – Баку: Азербайджан Милли Энциклопедиясы, – 2001. – 256 с.
19. Асланов, С.Р. Подбор сортов граната для соков // Доклад АН АзССР, – 1958. Т. XIV, – с. 8-9.
20. Асланова, М.С., Магеррамов, М.А. Физико-химические показатели новых помологических сортов плодов граната и их изменения при хранении в МГС, – 2011, 4(17), – с. 54-58.
21. Баккал, И.Ю., Лянгузова, И.В., Тихменева, И.Б. Состояние ассимиляционного аппарата кустарничков // Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова, – 1990. – с. 112-116.
22. Бузук, Г.Н. Морфометрия лекарственных растений. 1. *Vaccinium vitis-idaea* L. Изменчивость формы и размеров листьев // Вестн.фармации, –2006. №2, – с. 21-33.



23. Великодоров, А.В. Жирнокислотный состав масел семян некоторых дикорастущих и культивируемых растений астраханской области, полученных методом сверхкритической флюидной экстракции / А.В.Великодоров, В.Б.Ковалев, С.Б.Носачев [и др.] // Химия растительного сырья, – 2018. № 2, – с. 153-158.
24. Гаджиева, С.Б. Изучение генетического разнообразия генотипов дикого граната (*Punica granatum* L.) Азербайджана с использованием маркеров ISSR // Вестник КрасГАУ, – 2020. № 3, – с. 20-28.
25. Гасанов, З.М. Сортовое разнообразие и содержание биологически активных веществ в плодах граната (*Punica granatum* L.) / З.М.Гасанов, А.А.Набиев, З.В.Гаджиев [и др.] // Современное садоводство, – 2015. №1, – с. 1-7.
26. Гедройц, К. К. Химический анализ почвы / К.К.Гедройц. – М.-Л.: Сельколхозгиз, 3-е изд., – 1932. – 536 с.
27. ГОСТ 245-76 «Реактивы. Натрий фосфорнокислый однозамещенный 2-водный. Технические условия».
28. ГОСТ 31643-2012 «Продукция соковая. Определение аскорбиновой кислоты методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».
29. ГОСТ 31663-2012 «Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот».
30. ГОСТ 32167-2013 «Мед. Метод определения сахаров»
31. ГОСТ 33410-2015 «Продукция безалкогольная, слабоалкогольная, винодельческая и соковая. Определение содержания органических кислот методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».
32. ГОСТ 34128-2017 «Продукция соковая. Рефрактометрический метод определения массовой доли растворимых сухих веществ».
33. ГОСТ 5472-50 «Масла растительные. Определение запаха, цвета и прозрачности».

34. ГОСТ 5475-69 «Масла растительные. Методы определения йодного числа».
35. ГОСТ 5478-2014 «Масла растительные и натуральные жирные кислоты. Метод определения числа омыления».
36. ГОСТ 6552-80 «Реактивы. Кислота ортофосфорная. Технические условия».
37. ГОСТ Р 50457-92 «Жиры и масла животные и растительные. Определение кислотного числа и кислотности».
38. ГОСТ Р 51487-99 «Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа».
39. ГОСТ Р 52676-2006 «Масла растительные. Методы определения фосфорсодержащих веществ».
40. Гюльяхмедов, А.П. Микроэлементы в почвах Азербайджана и их значение в растениеводстве / А.П.Гюльяхмедов, Б.К.Шакури. – Баку, – 1970. – 66 с.
41. Гюльбякова, Х.Н., Шаталова, Т.А., Масловская, Е.А. Разработка технологии и анализ экстракта цветков бузины черной жидкого // Вестник Уральской Медицинской Академии Наук, – 2014, 3 (49), – с. 51-52.
42. Дамиров, И.А. Дикий гранат Азербайджана как источник медицинской лимонной кислоты // Азмеджурнал, – 1972, №2, – с. 33-38.
43. Дамиров, И.А. Лечебное значение граната / И.А.Дамиров, Д.З.Шукюров – Баку: Азернешр, – 1973. – 39 с.
44. Животовский, Л.А. Онтогенетические спектры, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология, – 2001. №1, – с. 3-7.
45. Жукова, Л.А., Полянская, Т.А. О некоторых подходах к прогнозированию перспектив развития ценопопуляций растений // Тверь: Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология, издательство Твер. гос. ун-т, – 2013. № 31, – с. 160-171.

46. Запрягаева, В.И. Дикорастущие плодовые Таджикистана / В.И. Запрягаева. – М.: Наука, – 1964. – 695 с.
47. Заугольнова, Л.Б. Оценка степени динамичности ценопопуляции растений в пределах одного фитоценоза // – М.: Динамика ценопопуляции растений, – 1985, – с. 46-63.
48. Заугольнова, Л.Б., Денисова, Л.В., Никитина, С.В. Подходы к оценке состояния ценопопуляций растений // Бюл. МОИП. Отд. биол., – 1993, 98 (5), – с. 100-108.
49. Зейналова, А.М. Фенологические особенности *Punica granatum* L. В кн. II Международное книжное издание стран Содружество Независимых Государств «Лучший молодой ученый – 2020»: II международная книжная коллекция научных работ молодых ученых. – Нур-Султан, – 2020, – с. 76-79.
50. Зейналова, А.М. Содержание танина в различных органах *Punica granatum* L. // Azerbaijan Journal of Botany, – 2020, – 1(2), с. 95-98.
51. Зейналова, А.М. Геоинформационное картографирование в оценке ресурсного потенциала зарослей дикорастущего граната // Сборник статей LI Международной Научно-Практической Конференции. – Пенза: 28 февраля, – 2021, – с. 28-30.
52. Зейналова, А.М., Новрузов, Э.Н. Биоактивные соединения граната // Международная конференция «Влияние климатических изменений на биоразнообразие растений», – Баку, Азербайджан: – 19-21 сентября, – 2017, – с. 192-197.
53. Зейналова А.М., Новрузов Э.Н. Определение содержания витамина С в соке плодов *Punica granatum* L. методом ВЭЖХ // Scientific Conference "New Challenges in Botanical Studies", co-organized by the Azerbaijan Botanist Society, – Baku: – June 20-21, – 2018, – с. 131-133.
54. Зейналова, А.М., Новрузов, Э.Н. Исследование фенольных кислот экстрактов кожуры и листьев дикорастущего граната // Symposium dedicated to the 120th anniversary of the academician V.I. Ulyanyshev, – Baku: – December 25, – 2018, – с. 74.

55. Злобин, Ю.А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений (очерки популяционной биологии) / Ю.А.Злобин. – М., – 1988. – 184 с.
56. Ибатулина, Ю.В. Пространственная структура ценопопуляций степных эдификаторов на юго-востоке Украины // Промышленная ботаника, – 2007. Вып. 7, – с. 73-79.
57. Иванова, Е.В., Лукша, Е.А. Содержание дубильных веществ в надземной и подземной частях *Aconogonon divaricatum* // Современные проблемы науки и образования, – 2015. № 5, – с. 1-6.
58. Изучение популяций растений на промышленных отвалах: ИЗ95 / М.А. Глазырина, Е.И. Филимонова, Н.В. Лукина [и др]. М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, – 2016, – 228 с.
59. Карашарлы, А.С. Гранат и его использования / А.С.Карашарлы. – Баку: Азернешр, – 1979. – 117 с.
60. Кудрявцев, А.Ю. Динамика ценопопуляций деревьев и кустарников лесостепного комплекса Приволжской возвышенности // Поволжский экологический журнал, – 2008. №1, – с. 29-38.
61. Кульков, О.П. Культура граната в Узбекистане / О.П.Кульков. – Ташкент: изд-во Фон, – 1983, – 192 с.
62. Левин, Г.М. Жизненные формы граната в Туркмении // Изв. АН ТССР. Сер. биол. Наук, – 1976. №.1, – с. 33-35.
63. Левин, Г.М. Итоги изучения граната в Туркменистане (1964-1993 гг.). Сообщ. 1 // Изв. АН ТССР. Сер. Биол. наук., – 1993. №5, – с. 11-15.
64. Левин, Г.М. Гранат: монотипный род как система // Краткое содержание докладов научной конференции «Линневский вид как система», – Ашгабат, – 1997, – с. 15-18.
65. Левин, Г.М. Вопросы сохранения дикого граната в Туркменистане // Проблемы освоения пустынь, – 1998, №3, – с. 32-39.

66. Левин, Г.М. *Punica granatum* (*Punicaceae*): Биология, экология и география вида // Ботанический журнал, – 2007. Т. 92, №2, – с. 185-211.
67. Лемеза, Н.А. Геоботаника. Учебная практика / Н.А.Лемеза, М.А.Джус – Минск, – 2008. – 225 с.
68. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / И.Н. Бейдман. – Новосибирск: «Наука», – 1974. – 161 с.
69. Методика определения запасов лекарственных растений. – М., – 1986, – 52 с.
70. Методы изучения ценопопуляций цветковых растений. Учебно-методическое пособие для магистров биологического факультета / Сост. А.С. Кашин Т.А.Крицкая, Н.А.Петрова, И.В.Шилова – Саратов, – 2015. – 127 с.
71. Негрбов, В.В. Ресурсоведение лекарственных растений / В.В.Негрбов. – Воронеж, – 2015. – 57 с.
72. Нестеренко, Г.А. Гранат / Г.А.Нестеренко, А.Д.Стребкова – М.: Сельхозгиз, – 1949. – 56 с.
73. Новрузов, Э.Н. Пигменты репродуктивных органов растений и их значение. Баку / Э.Н.Новрузов. – Баку: «Элм», – 2010. – 308 с.
74. Новрузов, Э.Н, Зейналова, А.М. Биологическая активность и терапевтическое действие гранатового масла // Растительные ресурсы, – 2019. №2, – с.186-194.
75. Огуреева, Г.Н. Картографирование биоразнообразия. В книге «География и мониторинг биоразнообразия» / Г.Н.Огуреева, Т.В.Котова – Москва: Изд-во НУМЦ, – 2002. 432 с.
76. Оленников, Д.Н., Кашенко, Н.И., Веннос, С. Новые гликозиды эллаговой кислоты из *Punica granatum* L. // Химия природных соединений, – 2019. №5, – с. 756-759.
77. Работнов, Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3 : Геоботаника, – 1950. Вып. 6, – с. 7-204.

78. Рагимов, Х.Ш. Агроклиматические условия и ресурсы возделывания граната в Азербайджанской ССР: / автореферат дисс. канд.наук по биологии. / – Баку, 1964. – 19 с.
79. Розанов, Б.С. Культура граната в СССР / Б.С.Розанов. – Сталинабад: Издательство АН Таджикистана ССР, – 1961. – 224 с.
80. Сапожникова, Е.В., Горпонова, Л.Г. Комплексное использование дикого граната // Сб. НИ работ АзНИИ многолетних насаждений, – 1954. №2, – с. 33-34.
81. Серебряков, И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Л.: Полевая геоботаника: [в 5 томах], – 1964. Т. 3, – с. 146–205.
82. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и влияние их на здоровье и старение человека / Я.И.Яшин, В.Ю.Рыжнев, А.Я.Яшин [и др.] – М.: Издательство «ТрансЛит», – 2009. – 212 с.
83. Созинов, О. В. Информационные технологии в ботаническом ресурсоведении: результаты и перспективы // Растит. Ресурсы, – 2015, 51(3), – с. 449–462.
84. Стребкова, А.Д. К вопросу сортрайонирования граната в АзССР // Бюллетень ВНИИСС, – 1940. №3, – с. 14-17.
85. Турышев, А.Ю. Геоинформационные технологии в изучении дикорастущих лекарственных растений Пермского края: / Автореф.дис...канд.фарм.наук/ – Пермь, 2007. – 25 с.
86. Турышев, А. Ю. Методические подходы применения современных информационных технологий в лекарственном ресурсоведении // Современные проблемы науки и образования, – 2015. № 4, – с. 568.
87. Турышев А. Ю. Инновации в лекарственном ресурсоведении / А.Ю.Турышев, А.Б.Яковлев, Г.И.Олешко [и др.] // Вестник РУДН. Секция медицина, – 2010. № 4, – с. 475-478.
88. Турышев, А.Ю. Применение элементов пространственного анализа при изучении лекарственной флоры региона на примере Среднего Урала/

А.Ю.Турышев, А.Н.Согрина, А.Е.Рябинин [и др.] // Фундаментальные исследования, – 2013. № 10 (часть 12), – с. 2715-2719.

89. Уранов, А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. Науки, – 1975. № 2, – с. 7-34.

90. Флора Азербайджана: [в 8 томах]. – Баку: Изд-во Академии Наук Азербайджанской ССР, – т. VI. – 1955, – с. 331-335.

91. Ценопопуляции растений. Развитие и взаимоотношения / А.Г.Богданова А.Г., Н.М.Григорьева, В.Н.Егорова [и др.] – Москва: Наука, – 1977. – 131 с.

92. Шакури, Б.К. Почвенный покров, биологическая продуктивность горных земель Азербайджана и влияние экзогенных и антропогенных факторов на морфогенетические особенности почв и параметры их продуктивности / Б.К.Шакури. – Баку: «МВМ», – 2012. – 576 с.

93. Шаповалова, Е.М., Шидин, А.В., Бессонова, Н.С. Витамин С И антиоксидантная защита // Международный научно-исследовательский журнал, – 2017, – 4 (58), – р. 35-38.

94. Шарова, Е.И. Биоантиоксиданты растений / Е.И.Шарова. – СПб: Изд-во Санкт-Петербургского университета, – 2016, – 140 с.

95. Яковлев, А.Б. Изучение возможности управления популяциями ландыша майского в лесных фитоценозах: / Автореф.дис...канд.фарм.наук. / – СПб., 1994. – 24 с.

96. Abdul Qadir, M., Mahmood, A. Organic acids effective antimicrobial agents against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* at ambient Temperature // JPR:BioMedRx: An International Journal, – 2013, 1(11), – р. 983-987.

97. Ahmadiankia, N. Molecular targets of pomegranate (*Punica granatum*) in preventing cancer metastasis // Iran. J. Basic Med. Sci. – 2019, 22, – р. 977.

98. Ainsworth, E.A., Gillespie, K.M. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent // *Nature Protocols*, – 2007, 2 (4), – p. 875-877.
99. Akhavan, H. Phenolic compounds and antioxidant activity of juices from ten Iranian pomegranate cultivars depend on extraction / H.Akhavan, M.Barzegar, M.Weidlich [et al.] // *J. Chem.*, – 2015, p. 1-7.
100. Ali, A.A., Jawad, A.M., Ewadh, M.J. Isolation and diagnosis of phenolic compounds in pomegranate peel and their use in inhibition of intestinal pathogenic bacteria isolated from human intestine and stomach // *Med J Babylon*, – 2018, 15, – p. 1-4.
101. Aloqbi, A. Antioxidant activity of pomegranate juice and punicalagin / A.Aloqbi, U.Omar, M.Yousr [et al.] // *Natural Science*, – 2016, – № 8, – p. 235-246.
102. Al-Rawahi, A.S. Phenolic constituents of pomegranate peels (*Punica granatum* L.) cultivated in Oman / S.A.Al-Rawahi, G.Edwards, M.Al-Sibani [et al.] // *European Journal of Medicinal Plants*, – 2014, 4 (3), – p. 315-331.
103. Amararatne, D.I.M, Weerakkody, W.A.P., Jayakody, J.A.L.P. Bioactive Properties of Fruit Juice of Pomegranate (*Punica granatum*) Grown in Dry Regions of Sri Lanka // *Tropical Agricultural Research*, – 2012, 23(4), – p. 370-375.
104. Ammar, A. Effect of pomegranate juice supplementation on oxidative stress biomarkers following weightlifting exercise / A.Ammar, M.Turki, O.Hammouda [et al.] // *Nutrients*, – 2017, 9(8), – p. 819.
105. Ampem, G., Fawole, O.A., Opara, U.L. Quality indices and bioactive contents of pomegranate oil // *Acta Hortic.*, – 2018. Vol. 1201, – p. 19-28.
106. APG II. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II // *Botanical Journal of the Linnean Society*, – 2003. Vol. 141, – p. 399-436.
107. APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants // *Bot. J. Linn. Soc.*, – 2009. –Vol. 161, – p. 105-121.



108. Aruna, P. Health Benefits of Punicic Acid: A Review / P.Aruna, D.Venkataramanamma, A.K.Singh [et al.] // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, – 2016. Vol. 15, – p. 16-27.
109. Aslanova, M.S., Magerramov, M.A. Physicochemical parameters and amino acid composition of new pomological sorts of pomegranate fruits // Chemistry of plant raw material. – 2012. №1, – p. 165-169.
110. Awad, A.B., Burr, A.T., Fink, C.S. Effect of resveratrol and  $\beta$ -sitosterol in combination on reactive oxygen species and prostaglandin release by PC-3 cells // Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids. – 2005. №72, – p. 219-226.
111. Ayad, B.M. Protective effect of pomegranate peel extract on dietary-induced non-alcoholic fatty liver disease / B.M.Ayad, M.A.Elhawesh, O.K.Alatresh [et al.] // JMMSS, – 2020, 4(2), – p. 1-6.
112. Balli, D. Characterization of arils juice and peel decoction of fifteen varieties of *Punica granatum* L.: A Focus on Anthocyanins, Ellagitannins and Polysaccharides / D.Balli, L.Cecchi, M.Khatib // Antioxidants (Basel), – 2020, 9 (3), – p. 38.
113. Basler, D., Körner, C. Photoperiod sensitivity of bud burst in 14 temperate forest tree species // Agricultural and Forest Meteorology, – 2012. Vol. 165, – p. 73-81.
114. Bassaganya-Riera J. Method of using punicic acid to enhance immune response and prevent metabolic disorders. - Google Patents, – 2014.
115. Bassiri-Jahromi, S. *In Vivo* Comparative Evaluation of the Pomegranate (*Punica granatum*) Peel Extract as an Alternative Agent to Nystatin against Oral Candidiasis / S.Bassiri-Jahromi, M.R.Pourshafie, E.M.Ardakani [et al.] // Iranian Journal of Medical Sciences, – 2018, 43 (3), – p. 296-304.
116. Bassiri-Jahromi, S. *Punica granatum* (pomegranate) activity in health promotion and cancer prevention // Oncology reviews, – 2018, Vol. 12, – p. 345.
117. Bedel, H.A. Effect of the nutraceutical, punicic acid / H.A.Bedel, N.T.Turgut, A.U.Turtoglu [et al.] // Indian Journal of Pharmaceutical Sciences, – 2017, 79 (3), – p. 328-334.

118. Benihani, S., Swedan, S., Alguraan, Z. Pomegranate and type 2 diabetes // *Nutrit. Res.*, – 2013, 33 (5), – p. 341-348.
119. Ben-simhon, Z. “White” anthocyanin-less pomegranate (*Punica granatum* L.) caused by an insertion in the coding region of the leucoanthocyanidin dioxygenase gene / Z.Ben-simhon, S.Judeinstein, T.Trainin [et al.] // *PLoS ONE*, – 2015, 10 (11), e0142777.
120. Bhowmik, D. Medicinal Uses of *Punica granatum* and Its Health Benefits / D.Bhowmik , H.Gopinath, B.P.Kumar [et al.] // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, – 2013, 1(5), – p. 28-35.
121. Blesso, C. Dietary anthocyanins and human health // *Nutrients*, – 2019, 11(9), – p. 2107.
122. Borenz, D.P.M., Nikfardjam, M.S.P., Creasy, G.L. A new RP-HPLC method for analyses of polyphenols, anthocyanins, and indole-3-Acetic acid in wine // *Am.J.Enol.Vitic.*, – 2008, 59 (1), – p. 106-109.
123. Borochoy-neori, H. Climate effects on anthocyanin accumulation and composition in the pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit arils / H.Borochoy-neori, S.Judeinstein, M.Harari [et al.] // *J. Agric. Food Chem.*, – 2011. Vol. 59, – p. 5325-5334.
124. Borochoy-neori, H. Salinity effects on colour and health traits in the pomegranate (*Punica granatum* l.) fruit peel / H.Borochoy-neori, S.Judeinstein, E.Tripler [et al.] // *IJPTI*, – 2014. №4, – p. 54-68.
125. Boroushaki, T.M., Mollazadeh, H., Afshari, A.R. Pomegranate seed oil: a comprehensive review on its therapeutic effects // *IJPSR*, – 2016, 7 (2), – p. 430-442.
126. Braidy, N. Consumption of pomegranate improves synaptic function in a transgenic mice model of Alzheimer’s disease / N.Braidy, M.M.Essa, A.Poljak [et al.] // *Oncotarget*, – 2016. – p. 1-16.
127. Brand-Williams, W., Cuvelier, M., Berset, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity // *LWT-Food Science and Technology*, – 1995, 28 (1), – p. 25-30.

128. Chaouche, T.M., Haddouchi, F., Ksouri, R. Evaluation of antioxidant activity of hydromethanolic extracts of some medicinal species from South Algeria // Journal of the Chinese Medical Association, – 2014, №77, – p. 302-307.
129. Chen, J. Antimicrobial activity of pomegranate peel and its application on food presentation / J.Chen, C.Liao, X.Ouyang [et al.] // Journal of Food Quality, – 2020, Vol. 2020, – p. 1-8.
130. Chidi, B.S., Bauer, F.F., Rossouw, D. Organic acid metabolism and the impact of fermentation practices on wine acidity: A review // S. Afr. J. Enol. Vitic., – 2018, 39(2), – p. 1-15.
131. Coban, H. B. Organic acids as antimicrobial food agents: applications and microbial productions // Bioprocess and Biosystems Engineering, – 2020. № 43, – p. 569–591.
132. Colombo, E., Sangiovanni, E., Dell'agli, M. A review on the anti-inflammatory activity of pomegranate in the gastrointestinal tract // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, – 2013. – p. 1-11.
133. Costantini, S. Potential anti-inflammatory effects of the hydrophilic fraction of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil on breast cancer cell lines / S.Costantini, F.Rusolo, V.De Vito [et al.] // Molecules, – 2014, 19, – p. 8644-8660.
134. Craine, J. M. Flowering phenology as a functional trait in a tallgrass prairie / J.M.Craine, E.M.Wolkovich, E.G.Towne [et al.] // New Phytologist, – 2012. Vol. 193, – p. 673-682.
135. Cronquist, A. An Integrated System of Classification of Flowering Plants / A.Cronquist. New York: Columbia University Press, – 1981. – 666 p.
136. Dadashi, S. Pomegranate (*Punica granatum* L.) seed: A comparative study on biochemical composition and oil physicochemical characteristics / S.Dadashi, M.Mousazadeh, Z.Emam-Djomeh [et al.] // International journal of Advanced Biological and Biomedical Research, – 2013, 1(4), – p. 351-363.
137. Di stefano, V. Antioxidant activity and phenolic composition in pomegranate (*Punica granatum* L.) genotypes from south Italy by UHPLC–Orbitrap-

MS approach. / V.Di stefano, R.Pitonzo, M.E.Novara [et al.] // J Science Food Agric., – 2019, 99 (3), – p. 1038-1045.

138. Dib, A. The effect of pomegranate seed powder addition on radical scavenging activity determined by TLC–DPPH test and selected properties of gluten-free pasta. / A.Dib, K.Kasprzak, A.Wójtowicz [et al.] // J. Liq. Chromatogr. Relat. Technol., – 2018, 41, – p. 364-372.

139. Elfalleh, W. Antioxidant capacities of phenolic compounds and tocopherols from Tunisian pomegranate (*Punica granatum*) fruits // W.Elfalleh, N.Tlili, N.Nasri [et al.] // Journal of Food Science, – 2011. № 76, – p. 707-713

140. Elfalleh, W. Total phenolic contents and antioxidant activities of pomegranate peel, seed, leaf and flower // Journal of Medicinal Plant Research, – 2012, 6 (32), – p. 4724-4730.

141. Elfalleh, W., Yahia, N., Ferchichi, A. Main pomegranate phytochemicals and their contribution to the antioxidant potencies of pomegranate juice // II International Symposium on the Pomegranate. Zaragoza : CIHEAM , – 2012, – p. 325-329.

142. El-Souda, W.A. Ability of ellagic acid to alleviate osmotic stress on chickpea seedlings / W.A.El-Souda, M.M.Hegab, H.Abdelgawad [et al.] // Plant Physiol. Biochem., – 2013. № 71, – p. 173-183.

143. Emami, A. Effect of pomegranate seed oil as a source of conjugated linolenic acid on performance and milk fatty acid profile of dairy goats / A.Emami, M.H.Fathi-Nasri, M.Ganjkhanelou [et al.] // Livestock Science, – 2016, 193, – p. 1-7.

144. [en.wikipedia.org/wiki/glycobiology](http://en.wikipedia.org/wiki/glycobiology)

145. Encyclopedia Britannica. Pomegranate. 1 Sept. – 2006.

146. Ferial, I. A. The Physico-Chemical Properties of Pomegranate Juice (*Punica granatum* L.) Extracted From Two Egyptian Varieties / A.I. Ferial, H.A.Somia, R.N.El-Mohsen [et al.] // World Journal of Dairy & Food Sciences, – 2014, 9 (1), – p. 29-35.

147. Fernandes, L. Fatty acid, vitamin E and sterols composition of seed oils from nine different pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain /

L.Fernandes, J.A.Pereira, I.Lopez-Cortes // Journal of Food Composition and Analysis, – 2015. № 39, – p.13-22.

148. Fernandes, L. Physicochemical composition and antioxidant activity of several pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain / L.Fernandes, J.A.Pereira, I.Lopez-Cortes // Eur Food Res Technol., – 2017. № 243, – p. 1799-1814.

149. Fischer, U.A., Carle, R., Kammerer, D.R. Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD-ESI/MSn // *Food Chem.*, – 2011, 127 (2), – p. 807-821.

150. Fischer-Zorn, M., Ara, V. Pomegranate juice-chemical composition and potential adulteration // *Fruit Processing*, – 2007, 17 (4), – p. 204-213.

151. Foss, S. R. Antifungal activity of pomegranate peel extract and isolated compound punicalagin against dermatophytes / S.R.Foss, S.V.Nakamura, T.Ueda-Nakamura [et al.] // *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials.*, – 2013. № 13, – p. 32.

152. Foss, S.R. Antifungal activity of pomegranate peel extract and isolated compound punicalagin against dermatophytes / S.R.Foss, C.V.Nakamura, T.Ueda-Nakamura [et al.] // *Ann. Clin. Microbiol. Antimicrob.*, – 2014, 13, – p. 32-38.

153. Fraga-Corral, M.. Technological application of tannin-based extracts / M.Fraga-Corral, P.Garcia-Oliveira, A.G.Pereira [et al.] // *Molecules*, – 2020, 25(614), – p. 1-27.

154. Fujisawa S. Antioxidant and prooxidant action of eugenol-related compounds and their cytotoxicity / S.Fujisawa, T.Atsumi, Y.Kadoma [et al.] // *Toxicology*, – 2002, 177 (1), – p. 39-54.

155. Gil, A. Tratado de Nutrición: Bases fisiológicas y bioquímicas de la nutrición. Segunda Edición / A.Gil. – Madrid, España, – 2010. 992 p.

156. Gil, M.I. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing / M.I.Gil, F.A.Tomás-Barberán, B.Hess-Pierce [et al.] // *J Agric Food Chem.* – 2000, 48(10), – p. 4581-4589.

157. Gómez-García, M. Antimicrobial activity of a selection of organic acids, their salts and essential oils against swine enteropathogenic bacteria / M.Gómez-García, C.Sol , P. J.G.de Nova [et al.] // *Porcine Health Management*, – 2019, 5 (32), – p. 2-8.
158. Goor, A., Liberman, J. The pomegranate // In: Atsmon J (Ed) State of Israel, Ministry of Agriculture, Agriculture Publication Section, – Tel Aviv: – 1956, – p. 5-57.
159. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants: BBCH-Monograph. / U. Meier. – Germany, – 2001. – 158 p.
160. Gunjan, J. Antioxidant activity of various parts of *Punica granatum*: A review / J.Gunjan, N.Rahul, S.Divya [et al.] // *Journal of Drug Delivery & Therapeutics*, – 2012, 2(6), – p. 138-141.
161. Hajleh, M.A., Al-Dujaili, E.A.S. Anti-cancer Activity of Pomegranate and its Biophenols; General Review // *EC Nutrition*, – 2016.– p. 28-52.
162. Hasnaoui, N. Organic acids, sugars, and anthocyanins contents in juices of Tunisian pomegranate fruits / N.Hasnaoui, R.Jbir, M.Mars [et al.] // *Inter. J. Food Prop.*, – 2011. № 14, – p. 741-757.
163. Hatipoglu, G. Automated and standard extraction of antioxidant phenolic compounds of *Hyssopus officinalis* L. ssp. *Angustifolius* / G.Hatipoglu, M.Sökmen, E.Bektas [et al.] // *Ind Crops Prod.*, – 2013, № 43, – p. 427-433.
164. Hirth, M. Effect of extrusion cooking process parameters on the retention of bilberry anthocyanins in starch based food / M.Hirth, A.Leiter, S.M.Beck [et al.] // *J. Food Eng.*, –2014. № 125, – p. 139-146.
165. Hostnik, G., Gladovic, M., Bren, U. Tannin Basic Building Blocks as Potential Scavengers of Chemical. Carcinogens: A Computational Study // *J. Nat. Prod.*, – 2019, 82, – p. 3279–3287.
166. HPLC-Determination of nine major anthocyanins in red and rosé wine. Compendium of international methods of analysis-OIV. Anthocyanins. – 2007, – p. 1-13.
167. [http://files.preslib.az/projects/azereco/ru/eco\\_m1\\_1.pdf](http://files.preslib.az/projects/azereco/ru/eco_m1_1.pdf)

168. <http://www.spinehealth.com/treatment/injections/whatprolotherapy-treatment-chronic-backpain>
169. <https://health.gov/sites/default/files/2020-01/DietaryGuidelines2010.pdf>
170. <https://www.esri.com/>
171. <https://www.intechopen.com/books/tannins-structural-properties-biological-properties-and-current-knowledge/applications-of-tannins-in-industry>
172. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucore/PGOL01000001.1>
173. Kahkeshani, N. Pharmacological effects of gallic acid in health and diseases: A mechanistic review / N.Kahkeshani, F.Farzaei, M.Fotouhi [et al.] // Iranian Journal of Basic Medical Sciences, – 2019. Vol. 22, – p. 225-237.
174. Kalaycioğlu, Z., Erim, F. B. Total phenolic contents, antioxidant activities, and bioactive ingredients of juices from pomegranate cultivars worldwide // Food chem., – 2017. № 221, – p. 496-507.
175. Kam, A. A comparative study on the inhibitory effects of different parts and chemical constituents of pomegranate on  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase / A.Kam, M.Li, V.Razmovski-Naumovski [et al.] // Phytother. Res., – 2013, 27(11), – p. 1614-1620.
176. Khoddami, A., Roberts, T.H. Pomegranate oil as a valuable pharmaceutical and nutraceutical // Lipid Technology, – 2015, 27(2), – p. 40-42.
177. Khomdram, S., Shantibala, Devi G. A. Determination of antioxidant activity and vitamin c of some wild fruits of Manipur // J. The Bioscan, – 2010, 5(3), – p. 501-504.
178. Kosenko, V.N. Palynomorphology of representatives of the family *Punicaceae* // Bot. Z., – 1985. № 70, – p. 39-41.
179. Kostka, T. Pomegranate (*Punica granatum* L.) Extract and Its Anthocyanin and Copigment Fractions - Free Radical Scavenging Activity and Influence on Cellular Oxidative Stress / T.Kostka , J.J.Ostberg-Potthoff, K.Briviba [et al.] // Foods, – 2020, 9(11), – p. 1-17.

180. Kushwaha, S.C., Bera, M.B., Kumar, O. Extraction of polyphenols from fresh pomegranate peel using response surface methodology // *Asian Journal of Chemistry*, – 2015. – 27(12), – p. 4320-4326.
181. Legua, P. Evaluation of Spanish pomegranate juices: organic acids, sugars, and anthocyanins / P.Legua, P.Melgarejo, J.J.Martínez [et al.] // *International Journal of Food Properties*, – 2012. № 15, – p. 481–494.
182. Les, F. Bioactive Properties of Commercialised Pomegranate (*Punica granatum*) Juice: Antioxidant, Antiproliferative and Enzyme Inhibiting Activities / F.Les, J.M.Prieto, J.M.Arbonés-Mainar [et al.] / *Food Funct.*, – 2015, 6, – p. 2049-2057.
183. Li, Z. P. Antimicrobial Activity of Pomegranate and Green Tea Extract on *Propionibacterium Acnes*, *Propionibacterium Granulosum*, *Staphylococcus Aureus* and *Staphylococcus Epidermidis* / Z.P.Li, P.H.Summanen, J.Downes [et al.] // *Journal of Drugs in Dermatology*, – 2015, 14 (6), – p. 574-578.
184. Linnaeus, C. *Species Plantarum* / C.Linnaeus. – Stockholm, – 1753. Vol. I, – 472 p.
185. Liu, G. Effects of supercritical CO<sub>2</sub> extraction parameters on chemical composition and free radical-scavenging activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil / G.Liu, X.Xu, Y.Gong [et al.] // *Food and Bioproducts Processing*, – 2012. № 90, – p. 573-578.
186. Mars, M. Pomegranate plant material genetic resources and breeding: a review // *Seminaires Mediterraneens*, – 2000. № 42, – p. 55-62.
187. Martínez, J.J. Seed characterization of five new pomegranate varieties / J.J.Martínez, P.Melgarejo, F.Hernández [et al.] // *Sci. Hort.*, – 2006. № 110, – p. 241-246.
188. Martinovic, N., Abramovi, H. Sinapic acid and its derivatives: Natural sources and bioactivity // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, – 2013, 13(1), – p. 34-51.
189. Mekni, M. Comparative study between extracts of different pomegranate parts issued from five Tunisian cultivars (*Punica granatum* L.): Phytochemical



content, volatile composition and biological activity / M.Mekni, N. Kharrabi, G. Flamimi [et al.] // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, – 2018, 7 (5), – p. 1663-1682.

190. Melgarejo, P. Contribution to a better knowledge of the quality of pomegranate pollen (*Punica granatum* L.) / P.Melgarejo, P.Legua, M.Martinez [et al.] // Options Mediterraneennes, – 2000. №42, – p. 115-121.

191. Melo, I. L. P., Carvalho, E. B. T., Mancini-Filho, J. Pomegranate Seed Oil (*Punica granatum* L.): A Source of Punicic Acid (Conjugated  $\alpha$ -Linolenic Acid) // J Hum. Nutr. Food Sci., – 2014, 2 (1), – p. 1024.

192. Mena, P. Rapid and comprehensive evaluation of (poly) phenolic compounds in pomegranate (*Punica granatum*) juice by UHPLC-MSN / P.Mena, L.Calani, C.DAll'asta [et al.] // Molecules, – 2012, 17 (12), – p. 14821–14840.

193. Mena, P. Sustained deficit irrigation affects the colour and phytochemical characteristics of pomegranate juice // J Sci. Food Agric., – 2013, 93 (8), – p. 1922-1927.

194. Metcalfe, C.R. Anatomy of the Dicotyledons / C.R.Metcalfe, L.Chalk – Oxford: Oxford University Press, – 1950. – 660 p.

195. Metsalu, T., Vilo, J. Clustvis: a web tool for visualizing clustering of multivariate data using Principal Component Analysis and heatmap // Nucleic Acids Research, – 2015, 43 (1), – p. 566-570.

196. Morton, J. Fruits of warm climates. Miami, FL. – 1987, – p. 356-363.

197. Motamedi, F. Effect of pomegranate flower extract on cisplatin-induced nephrotoxicity in rats / F.Motamedi, M.Nematbakhsh, R.Monajemi // Journal of Nephropathology, – 2014. № 3-4, – p. 133-138.

198. Nafees, M. Biochemical analyses of organic acids and soluble sugars in wild and cultivated pomegranate germplasm based in Pakistan / M.Nafees, M.Jafar-Jaskani, I.Ahmad [et al.], Plants, – 2020, 9(4), – p. 493.

199. Nagano, T., Ito, H. Diet containing a polyphenol concentrate from pomegranate juice attenuates contact hypersensitivity in mice // J. Funct. Foods, – 2018, 45, – p. 247-253.

200. Nath, N., Randhawa, G.S. Studies on floral biology in the pomegranate (*Punica granatum* L.) III. Pollination, fruit-set and seed formation // Indian Journal of Horticulture, – 1959, 16 (3), – p. 136-140.
201. Nekooeian, A.A. Effect of pomegranate seed oil on insulin release in rats with type 2 diabetes / A.A.Nekooeian, M.H.Eftekhari, S.Adibi [et al.] // Iran J. Med. Sci., – 2014, 39 (2), – p.130-135.
202. Nekooeian, A.A. Effects of Pomegranate Seed Oil on Insulin Release in Rats with Type 2 Diabetes / A.A.Nekooeian, M.H.Eftekhari, S.Adibi [et al.] // Iranian Journal of Medical Sciences, – 2014, 39(2), – p. 130-135
203. Netek, R., Dobesova, Z., Vavra, A. Innovation of botany education by cloud-based geoinformatics system // Int. J. Information Technology and Management, – 2014, Vol. 13, – p. 15-31.
204. Neyrinck, A.M. Polyphenol-rich extract of pomegranate peel alleviates tissue inflammation and hypercholesterolaemia in high-fat diet-induced obese mice: potential implication of the gut microbiota // A.M.Neyrinck., V.F.van Hee, L.B.Bindels [et al.] // British Journal of Nutrition, – 2012, Vol.7, – p.1-8.
205. Novruzov, E. N. Flavonoid-containing plants of flora of Azerbaijan and prospects of their use / E.N.Novruzov, E.E.Jafarova, M.B.Zulfugarova [et al.] // XIX International Botanical Congress, – China: July 23-29, – 2017, – p. 525-526.
206. Nweze, C.C., Abdulganiyu, M.G., Erhabor, O.G. Comparative analysis of vitamin-C in fresh fruit juice of *Malus domestica*, *Citrus sinensi*, *Ananas comosus* and *Citrullus lantus* by Iodometric Titration // International Journal of Science, Environment and Technology, – 2015, – 4 (1), – p. 17-22.
207. Palafox-Carlos, H., Yahia, E.M., González-Aguilar, G.A. Identification and quantification of major phenolic compounds from mango (*Mangifera indica* cv. *ataulfo*) fruit by HPLC-DAD-MS/MS-ESI and their individual contribution to the antioxidant activity during ripening // Food Chem., – 2012, № 135, – p. 105-111.
208. Pan, Z. Continuous and pulsed ultrasound-assisted extractions of antioxidants from pomegranate peel / Z.Pan, W.Qu, H.Ma, G.G.Atungulu [et al.] // Ultrason Sonochem., – 2012, № 19, – p. 473–1477.

209. Pavez, I.A.C. Caracterización física, química y sensorial de frutos de granado cv. Wonderful provenientes de tres regiones de Chile: / Final course work, Santiago do Chile, – 2011, – 45 p.
210. Pearlin, B.V. Role of acidifiers in livestock nutrition and health: A review / B.V.Pearlin, S.Muthuvel, P.Govindasamy [et al.] // J Anim Physiol Anim Nutr., – 2020. Vol. 104, – p. 558-569.
211. Pereira de Melo, I. L., Teixeira de Carvalho, E. B., Mancini-Filho, J. Pomegranate seed oil (*Punica granatum* L.): A source of punicic acid (conjugated  $\alpha$ -linolenic acid) // Journal of Human Nutrition & Food Science, – 2014, 2 (1), – p 1-11.
212. Pirinççioğlu, M. The protective role of pomegranate juice against carbon tetrachloride-induced oxidative stress in rats / M.Pirinççioğlu, G.Kizil, M.Kizil [et al.] // Toxicology and Industrial Health, – 2014, 30(10), – p. 910-918.
213. Qin, G. The pomegranate (*Punica granatum* L.) genome and the genomics of punicalagin biosynthesis / G.Qin, C.Xu, R.Ming [et al.] // Plant J., –2017, 91 (6), – p. 1108-1128.
214. Quitmann, H., Fan, R., Czermak, P. Acidic organic compounds in beverage, food, and feed production // Adv Biochem Eng Biotechnol., – 2014, № 143, – p. 91–141.
215. Rahmani, A.H., Alsahi, M.A., Almatroodi, S.A. Active constituents of pomegranate (*Punica granatum*) as potential candidates in the management of health through modulation of biological activities // Pharmacogn J., – 2017, 9 (5), – p. 689-695.
216. Rana, T.S., Diganta, N., Shirish, A.R. Systematics and taxonomic disposition of the genus *Punica* L. // Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology, – 2010, 4 (2), – p. 19-25.
217. Reddy, S.C. Application of GIS in plant taxonomy, species distribution and ecology // Journal of Economic and Taxonomic Botany, – 2017. 3-4, – p. 95-106.
218. Rikslovic, A., Cosic, I., Lazarevic, D. The role of GIS in industrial location analysis // XVI International Scientific Conference on Industrial Systems (IS'14), – Novi Sad, Serbia: October 15, – 2014, – p. 299-302.

219. Rongai, D. Effect of pomegranate peel extract on shelf life of fresh strawberries: Phytochemical analysis, antifungal activity and possible mechanisms involved / D.Rongai, N.Sabatini, P.Pulcini [et al.] // J. Food Sci. Technol., – 2018. № 55, – p. 2702-2711.
220. Rongai, D. Punicalagin Content and Antifungal Activity of Different Pomegranate (*Punica granatum* L.) Genotypes // D.Rongai, P. Pulcini, G. D.Lernia [et al.] // Horticulturae, – 2019, 5, – p. 1-9.
221. Rosenblat, M., Aviram, M. Antioxidative properties of pomegranate: In vitro studies // In N.P.Seeram, R.N.Schulman, D.Heber. Pomegranates: ancient roots to modern medicine, New York: – 2006. – p. 31-43.
222. Ruan, Y.L. Sucrose metabolism: gateway to diverse carbon use and sugar signaling // Annu Rev Plant Biol., – 2014. № 65, – p. 33-67.
223. Sakamoto, M., Suzuki, T. Methyl jasmonate and salinity increase anthocyanin accumulation in radish sprouts // Horticulturae, – 2019. № 54, – p. 79–88.
224. Sassano, G. Analysis of pomegranate seed oil for the presence of jacaric acid / G. Sassano, P.Sanderson, J.Franx [et al.] // J. Sci. Food Agric., – 2009, 89, – p. 1046-1052.
225. Seca, A. M. L., Pinto, D.C.G.A. Plant Secondary Metabolites as Anticancer Agents: Successes in Clinical Trials and Therapeutic Application // Int. J. Mol. Sci., – 2018, 19 (263), – p. 2-22.
226. Shahat, A.A., Marzouk, M.S. Tannins and related compounds from medicinal plants of Africa. In: Medicinal plant research in Africa. Pharmacology and Chemistry. Editor: Kuete V. – 2013, – p. 479-555.
227. Shaygannia, E. A. Review study on *Punica granatum* L. / E.Shaygannia, M.Bahmani, B.Zamanzad [et al.] // Journal of Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine – 2016. Vol. 21(3), – p. 221-227.
228. Shivsharan, U., Ravva, S. Antimicrobial activity of pomegranate juice // Research J. Pharm. and Tech., – 2018, 11(10), – p. 1-3.

229. Singleton, V.L., Gortner, W.A. Chemical and physical development of the pineapple fruit II. Carbohydrate and acid constituents // J Food Sci., – 1965. № 30, – p. 19-23.
230. Sorrenti, V. Beneficial effects of pomegranate peel extract and probiotics on pre-adipocyte differentiation / V.Sorrenti, C.L.Randazzo, C.Caggia [et al.] // Front. Microbial. – 2019, 10, – p. 660.
231. Stefanou, V. Anti-inflammatory properties of Pomegranate / V.Stefanou, S.Papatheodorou, A.Tsakni [et al.] // Int. J. Adv. Res. MicroBiol. Immunol., – 2020, 2(2), – p.1-13.
232. Still, D.W. Pomegranates: A botanical perspective, – 2006, – p. 199-209.
233. Stockton, A. Effect of pomegranate extract on blood pressure and anthropometry in adults: a double-blind placebo-controlled randomized clinical trial / A.Stockton, G.Farhat, G.S.McDougall [et al.] // Journal of Nutritional Science, – 2017, Vol. 9, – e39.
234. Tang J. Emerging opportunities and challenges in phenology: a review / J.Tang, C.Körner, H.Muraoka [et al.] // Ecosphere, – 2016, 7(8):e01436. 10.1002/ecs2.1436
235. Tehranifar, A. Investigation of physico-chemical properties and antioxidant activity of twenty Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars / A.Tehranifar, M.Zarei, Z.Nemati [et al.] // Sci. Hortic., – 2010. № 126, – p. 180-185.
236. Tobe, H. Chromosome counts for some Lythraceae s. str. (Myrtales), and the base number of the family / H.Tobe, P.H.Raven, S.A.Graham [et al.] // Taxon, – 1986. № 35, – p. 13-20.
237. Türkyilmaz, M. Anthocyanin and organic acid profiles of pomegranate (*Punica granatum* L.) juices from registered varieties in Turkey // Int. J. Food Sci. Technol., – 2013. № 48, – p. 2086-2095.
238. Varucha, M. Effect of sugar intake towards human health / M.Varucha, A.K.Shrivastava, S.P.Shukla [et al.] // Saudi J. Med., – 2016, 1 (2), – p. 29-36.

239. Vegara, S. Chemical guide parameters for *Punica granatum* cv. 'Mollar' fruit juices processed at industrial scale / Vegara, S., Martí, N., Lorente, J. [et al.] // Food Chem., 2014. № 147, – p. 203-208.
240. Višnjevec A. M. Genetic, Biochemical, Nutritional and Antimicrobial Characteristics of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Grown in Istria / A.M.Višnjevec, A.Ota, M.Skrt [et al.] // Food Technol Biotechnol., – 2017, 55 (2), – p. 151-163.
241. Vitasse, Y. Assessing the effects of climate change on the phenology of European temperate trees / Y.Vitasse, C.Francois, N.Delpierre [et al.] // Agricultural and Forest Meteorology, – 2011. Vol. 151, – p. 969-980.
242. Wilczek, A. M. Effects of genetic perturbation on seasonal life history plasticity / A.M.Wilczek, J.L.Roe, M.C.Knapp [et al.] // Science, – 2012. 336(6079), – p. 296.
243. Wu, Y. Immunomodulatory and antioxidant effects of pomegranate peel polysaccharides on immunosuppressed mice / Y.Wu, C.P.Zhu, Y.Zhang [et al.] // Int. J. Biol. Macromol. – 2019, 137, – p. 504-511.
244. [www.morretec.com](http://www.morretec.com)
245. Yaseen, N.J., Mustafa-Al-Attar, M.S.. Assessment of mutagenic and antimutagenic effects of *Punica granatum* against ifosfamide induced chromosomal aberrations in male albino mice // Iraqi Journal of Cancer and Medical Genetics, – 2014, 7(1), – p. 5-10.
246. Zago, G.R. Pomegranate (*Punica granatum*) peel lypophilized extract delays lipid oxidation in tuscan sausages / G.R. Zago, F.M. Gottardo, D. Bilibio [et al.] // Food Technology, – 2020, Vol. 50, e20190689.
247. Zarfeshany, A., Asgary, S., Javanmard, S.H. Potent health effects of pomegranate // Adv. Biomed. Res., – 2014. № 3, – p. 100.
248. Zarfeshany, A., Asgary, S., Javanmard, S.H. Potent health effects of pomegranate // Advanced Biomedical Research, – 2014, 3(1), – p. 1-8.
249. Żebrowska, E., Milewska, M., Ciereszko, I. Mechanisms of oat (*Avena sativa* L.) acclimation to phosphate deficiency // Peer J., – 2017.e3989.

250. Zeynalova A.M., Novruzov E.N. Fatty acids composition and physico-chemical constants of *Punica granatum* L. seed oil // Chemistry of plant raw materials, – 2019, 4, – p. 259-262.
251. Zeynalova, A. Phenolic fingerprint in wild growing pomegranate fruits from Azerbaijan / A.Zeynalova, E.Novruzov, P.Bartolini [et al.] // Advances in Horticultural Science, – 2020, 34 (3), – p. 277-286.
252. Zeynalova, A.M. Fatty acid composition of wild growing pomegranate seed oil // Conference of Young Scientists and Students on Innovations in Biology and Agriculture to Solve Global Challenges, – Baku: October 31, – 2018, – p.127.
253. Zeynalova, A.M. Spatial structure of *Punica granatum* L. coenopopulations in the conditions of Northern Azerbaijan // Plant & Fungal Research, – 2019, 2 (2), – p. 57-65.
254. Zeynalova, A.M., Novruzov, E.N. Composition and content of phenolic acids in fruit juice and flowers of *Punica granatum* L. // Plant & Fungal Research, – 2018, 1 (1), – p. 38-42.
255. Zeynalova, A.M., Novruzov, E.N. Determination of organic acids and sugars contents in juices of Azerbaijan wild pomegranate fruits // ANAS reports, – 2020, 3-4, – p. 75-68.
256. Zeynalova, A.M., Novruzov, E.N. Origin, taxonomy and systematic of pomegranate // Proceedings of the Institute of Botany of ANAS, – 2017, No 14, – p. 20-25.
257. Zeynalova, A.M., Novruzov, E.N., Maserti, B. Studies on the Physico-Chemical Characteristics, Antioxidant Activity and juice organic compound composition in Azerbaijan Wild Pomegranate Fruits // Plant & Fungal Research, – 2019, 2(1), – p. 40-46.
258. Zhai, X. Chemical characteristics, antioxidant capacities and hepatoprotection of polysaccharides from pomegranate peel / X.Zhai, C.Zhu, Y.Zhang [et al.] // Carbohydr. Polym., – 2018, 202, – p. 461-469.

259. Zhang, P. Bioactivity and chemical synthesis of caffeic acid phenethyl ester and its derivatives / P.Zhang, Y.Tang, N.Li [et al.] // *Molecules*, – 2014, № 19, – p. 16458-16476.

260. Zohary D., Spiegel-Roy, P. Beginnings of fruit growing in the old world // *Science*, –1975. Vol. 187, – p. 319.



## ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 2.2.1

## Характеристика почв исследованных районов

Район исследования	Типы почв	Гранулометрический состав почв <sup>(1)</sup>	Засоление почвы <sup>(2)</sup>	Содержание гумуса <sup>(3)</sup>	N (%)	Содержание йода (мг / кг)	Содержание Со (мг / кг)0-18 см	Среднее содержание бора (мг / кг)	ЕКО (мг-экв / 100 г)	Ch:Cf	pH
Хызы	Серо-коричневые солончаки	3П 3Пл 4Г (среднесуглинистый глинозем)	<0.25%	1.11-3.14%	0.24	2.5-5.7	32.0	58.0	22-30	-	7.5-8.2%
Сиязань	Солонцы	3 П 4 Пл 3 Г (среднесуглинистый суглинок)	0.25-0.5%	0.5-5.8%	-	2.4-3.8	30.0	83.0	10-20	<i>Cf</i> > <i>Ch</i>	7.3-7.5
Шеки	Каштановые (Серо-коричневые)	5 П 3 Пл 2 Г (тяжелосуглинистый песчаник)	<0.25%	2.0-3.0%	0.16-0.28	4.2-10.5	15.0	24.5	25-40	-	7.2
Исмаиллы	Серо-коричневые солончаки	3 П 4 Пл 3 Г (среднесуглинистый суглинок)	<0.25%	7-8%	0.47-0.82	2.5-5.7	16.0	74.0	39.7	0.8-1.2	7.0-7.3

Продолжение таблицы 2.2.1

Евлах	Сероземные солончаки	5 П 3 Пл 2 Г (тяжелосуглинистый песчаник)	0.15-0.22%	1.40-1.87%	0.11-0.12	1.5-4.3	2.4	81.0	18-27	0.5-0.6	8.1-8.3
Агсу	Солончаки	4 П 3 Пл 3 Г (легкосуглинистый суглинок)	0.5-1.1%	4.3-6.6%	-	2.4-3.8	25.0	58.0	47.2-54.1	<i>Cf</i> > <i>Ch</i>	8-10
Агдаш	Серо-бурые	3 П 4 Пл 3 Г (среднесуглинистый суглинок)	0.5-1.1%	4.3-6.6%	-	2.4-3.8	25.0	58.0	47.2-54.1	<i>Cf</i> > <i>Ch</i>	8-10
Гейчай	Светло-коричневые	3 П 4Пл 3 Г (среднесуглинистый суглинок)	<0.25%	3.0-4.0%	0.16	2.5-5.7	12.0	74.0	-	-	7.0-7.5

- Данные не найдены

(1) Соотношение между элементами гранулометрического состава почв: песок, пыль, глина

(2) содержание соли в сухом остатке (%) в слое 0-100 см

(3) слой почвы 0-19 см

ЕКО - Ёмкость катионного обмена

*Ch:Cf* – Гуминовые и фульвокислоты в составе гумуса



**Рисунок 3.1.1** **Полевые**  
**исследования в с. Баликли Исмаиллинского района (фаза роста -**  
**цветение)**



**Рисунок 3.1.2 Полевые исследования в с. Тезекенд Хызынского района  
(фаза роста - начало плодоношения)**



**Рисунок 3.1.3 Полевые исследования в с. Саядлар Хызынского района  
(фаза роста - конец плодоношения)**



**Рисунок 3.1.4 Полевые исследования в Агсуинском перевале (фаза роста  
- конец плодоношения).**

**Таблица 4.2.4 Некоторые демографические показатели ценопопуляций *P. granatum***

№ЦП / Параметр	Ценопопуляции													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
Ив	0.35	1.23	0.24	1.35	1.16	2	1.07	0.35	1.57	1.25	0.29	1.44	1.24	0.14
Из	0.32	1.10	0.26	1.35	1.05	1.73	0.93	0.31	1.38	1.13	0.27	1.44	1.16	0.17
Ис	0.1	0.08	0.07	0.03	0.07	0.01	0.08	0.06	0.02	0.07	0.12	0.04	0.05	0.15
Δ	0.43	0.22	0.37	0.30	0.30	0.26	0.25	0.36	0.32	0.31	0.36	0.30	0.27	0.62
□	0.46	0.24	0.41	0.33	0.32	0.30	0.28	0.43	0.35	0.34	0.42	0.33	0.31	0.67
Тип ЦП по критерию "дельта-омега"	П	М	П	М	М	М	М	П	М	М	П	М	М	С
Тип ЦП по индексу замещения	Н	ПР	Н	ПР	ПР	ПР	Н	Н	ПР	ПР	Н	ПР	ПР	Н

Примечание: П – переходная, М – молодая, С – стареющая, ПР – перспективная, Н – неустойчивая

Таблица 4.3.1 Статистические морфометрические параметры *P. granatum* .

№ЦП Параметр	Ценопопуляции													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
<b>H</b>	4.9± 0.66	3.9± 0.54	3.7± 0.2	4.37± 0.51	4,16± 0,58	4.23± 0.51	3.33± 0.48	4,66± 0,55	4.57± 0.63	4.23± 0.51	6.33± 0.9	3.77± 0.18	6± 0.66	4.1± 0.6
<b>L<sub>fol</sub></b>	5.09± 0.31	4.87± 0.72	5.05± 0.74	4.90± 0.68	4,87± 0,35	5.32± 0.74	5.41± 0.43	6,39± 0.9	3.40± 0.5	4.70± 0.7	5.11± 0.66	4.80± 0.70	5.37± 0.72	5.41± 0.31
<b>Wh<sub>fol</sub></b>	1.74± 0.2	2.10± 0.31	2.77± 0.4	1.97± 0.29	1,38± 0,11	1.76± 0.25	1.67± 0.09	1,93± 0,05	1.42± 0.21	1.42± 0.03	2.17± 0.27	1.89± 0.23	1.36± 0.16	1.25± 0.14
<b>S<sub>fol</sub></b>	6.38± 0.31	7.36± 0.44	10.07± 0.27	6.95± 0.59	4,84± 0.07	6.74± 0.15	6.5± 0.13	8,88± 0.09	3.48± 0.05	4.81± 0.23	7.98± 0.67	6.53± 0.74	5.26± 0.14	4.87± 0.22
<b>L<sub>fol</sub>/ Wh<sub>fol</sub></b>	2.93± 0.16	2.32± 0.09	1.82± 0.23	2.49± 0.33	3,53± 0.41	3.02± 0.06	3.23± 0.29	3,31± 0.37	2.39± 0.24	3.30± 0.08	2.35± 0.03	2.54± 0	3.94± 0.37	4.33± 0.05
<b>L<sub>pet</sub></b>	0.48± 0.05	0.51± 0.06	0.33± 0.3	0.25± 0	0,32± 0,02	0.41± 0.04	0.45± 0.01	0,47± 0,06	0.41± 0.02	2.00± 0.21	0.49± 0.06	0.42± 0.04	0.33± 0.01	0.32± 0.01

Примечание: H–высота растения, L<sub>fol</sub>– длина листовой пластинки, Wh<sub>fol</sub>– ширина листовой пластинки, S<sub>fol</sub>– площадь листовой пластинки, L<sub>pet</sub>– длина черешка



Таблица 4.3.2 Физические характеристики плодов *P. granatum* L.

Показатель* Код образца	ДП (мм)	ШП (мм)	ВП (г)	ДЗ (мм)	ШЗ (мм)	ОВЗ (г)	КЗ (шт)	ДШВ (мм)	КЧЧ (шт)	ДЧЧ (мм)	СЗ (%)	ИЧ (%)	ВС (%)
<b>P.g.1</b>	41,33 ±7,02	47,66 ±13,32	59,00 ±37,04	8,67± 0,44	6,00± 0,67	31,33 ±22,50	150,33 ±78,42	7,67± 1,11	7,00± 0,67	9,00± 0,67	53,10	18,56	49,7
<b>P.g.2</b>	44,00 ±11,53	51,33 ±20,74	79,00 ±49,03	8,33± 0,44	5,67± 0,44	47,66 ±38,53	241,67 ±178,37	7,67± 1,78	6,33± 0,44	10,00± 0,67	97,21	17,43	67,2
<b>P.g.3</b>	37,66 ±12,50	44,33 ±12,90	49,33 ±43,50	8,00± 0	5,67± 0,44	29,33 ±24,58	127 ±106,15	6,67± 2,22	7,00± 0,67	9,33± 0,89	59,46	17,71	69,6
<b>P.g.4</b>	31,66 ±7,64	28,66 ±22,50	37,33 ±15,28	8,00± 0	4,67± 0,44	22,33 ±9,71	168,67 ±53,08	6,33± 1,78	6,00± 0,67	10,67± 0,44	59,82	19,99	35,4
<b>P.g.5</b>	41,00 ±6,56	48,66 ±6,50	63,67 ±24,58	8,00± 0	5,33± 0,44	36,33 ±13,01	210,67 ±53,72	5,00± 1,33	6,00± 0,67	8,67± 1,111	57,06	12,20	72,5
<b>P.g.6</b>	35,00 ±10,00	41,66 ±14,50	49,67 ±45,08	7,67± 0,44	5,67± 0,44	28,66 ±30,44	142,33 ±144,98	8,3± 1,11	6,33± 0,44	8,00± 0,67	57,70	23,71	78,3
<b>P.g.7</b>	37,33 ±6,81	42,00 ±8,00	45,67 ±24,54	5,67± 1,11	4,00± 0,67	29,00 ±18,68	309,67 ±76,29	8,33± 1,11	6,00± 0,67	8,33± 0,89	63,50	22,31	63,4
<b>P.g.8</b>	58,00 ±2,65	59,00 ±5,57	99,33 ±35,23	5,67± 1,11	3,67± 0,44	59,33 ±17,47	471 ±129,99	8,00± 0,67	7,00± 0,67	9,67± 1,78	59,73	13,79	74,3

Примечание: \* Все данные были выражены как среднее значение ± стандартное отклонение



Суа35 = цианидин-3,5-О-диглюкозид

СуаG = цианидин-3-О-глюкозид

СуаP = цианидин-3-О-пентозид

Del 35 = дельфинидин-3,5-О-диглюкозид

Pel 35 = пеларгонидин-3,5-О-диглюкозид

PelG = пеларгонидин-3-О-глюкозид

PPA = пуникалагин изомер α

PPB = пуникалагин изомер β

ННДР1 = ГГДФ-гекс-производное\_1

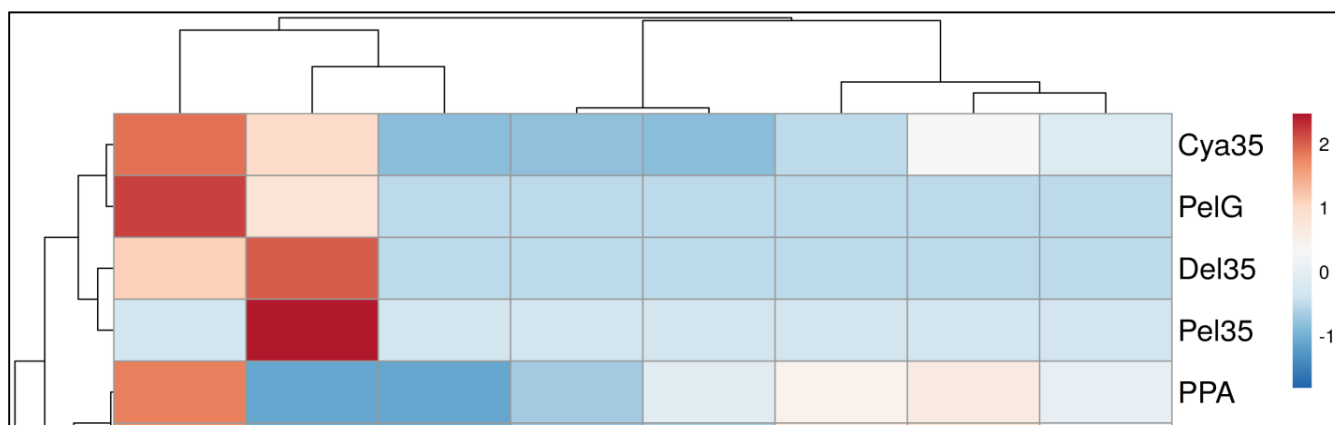
ННДР2 = ГГДФ-гекс-производное\_2

PPD = сумма всех производных  
пуникалагина

EA = эллаговая кислота

EAG = глюкозид эллаговой кислоты

GG = галлоил-глюкоза



**показывающая концентрацию фенольных соединений в образцах дикорастущих гранатов.**

The screenshot displays a GIS interface with a map of a region and a data table. The table, titled 'ПССР\_', contains the following data:

Район исследования	Сумма всех производных пуникалагина	Сумма всех антоцианов	АОА сока	АОА мембраны	АОА кожуры	АОА листьев
Сиязань	47,54	298,19	82	80	64	58
Гейчай	47,54	17,733	78	77	73	57
Шеки	74,28	18,66	83	74	65	50
Исмаиллы	80,13	10,562	76	75	67	51
Агсу	83,6	79,283	74	70	66	52
Евлах	88,93	59,731	73	72	61	53
Агсуинский перевал	92,51	97,651	77	71	71	54
Хызы	151,3	229,952	72	80	69	58

The 'Select by Attributes' dialog box shows the following SQL query:

```
SELECT * FROM Географическое_положение WHERE:
[Сумма_всех_производных_пуникалагина] >80 AND [АОА_сока] >75
```

**Рисунок 7.2.4** Выявление районов произрастания граната, отвечающих заданным параметрам поиска (сумма всех производных пуникалагина > 80 мг/л и АОА сока > 75%)

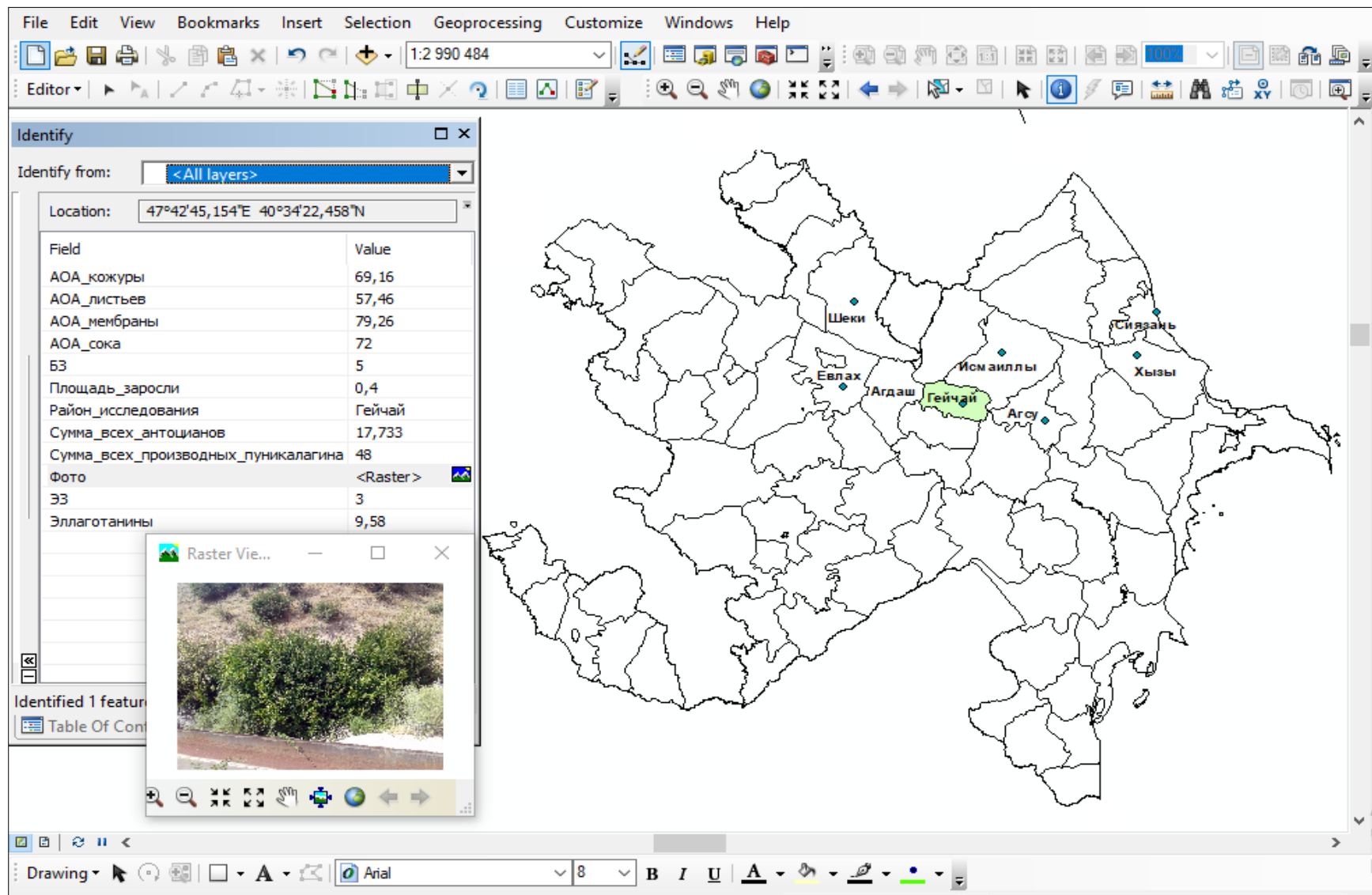


Рисунок 7.2.5 Паспорт Гейчайской популяции дикорастущего граната

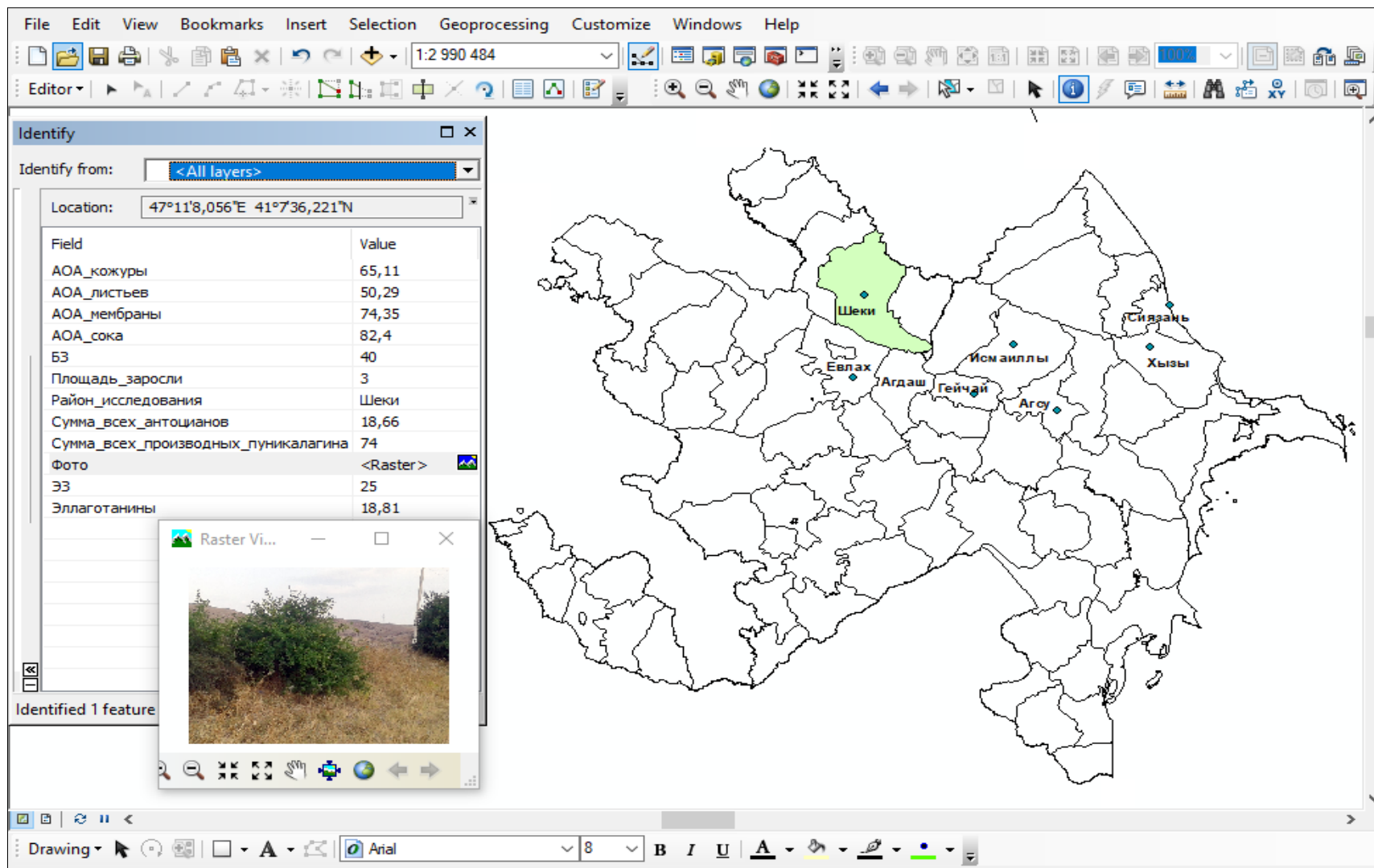


Рисунок 7.2.6 Паспорт Шекинской популяции дикорастущего граната

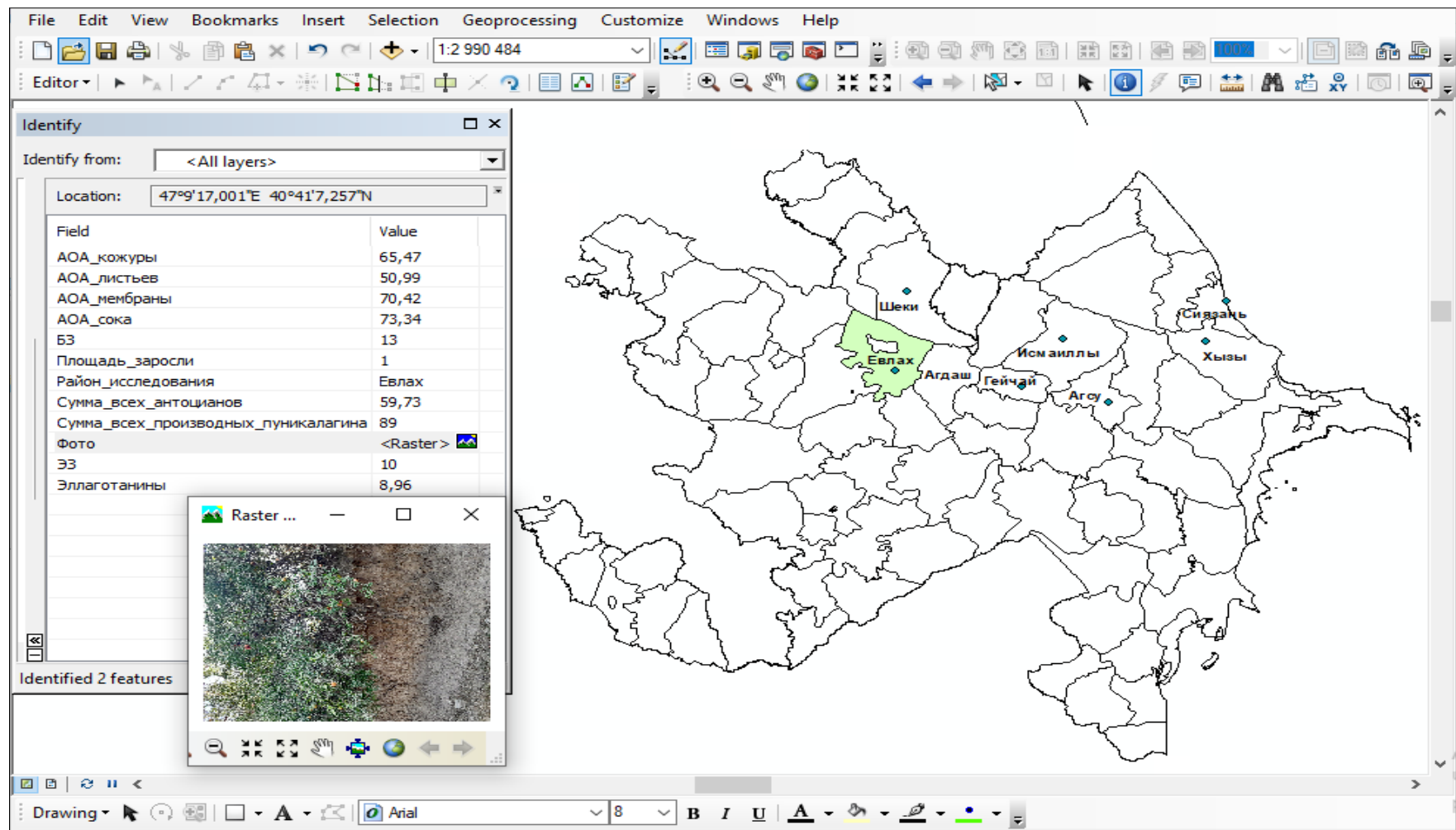


Рисунок 7.2.7 Паспорт Евлахской популяции дикорастущего граната



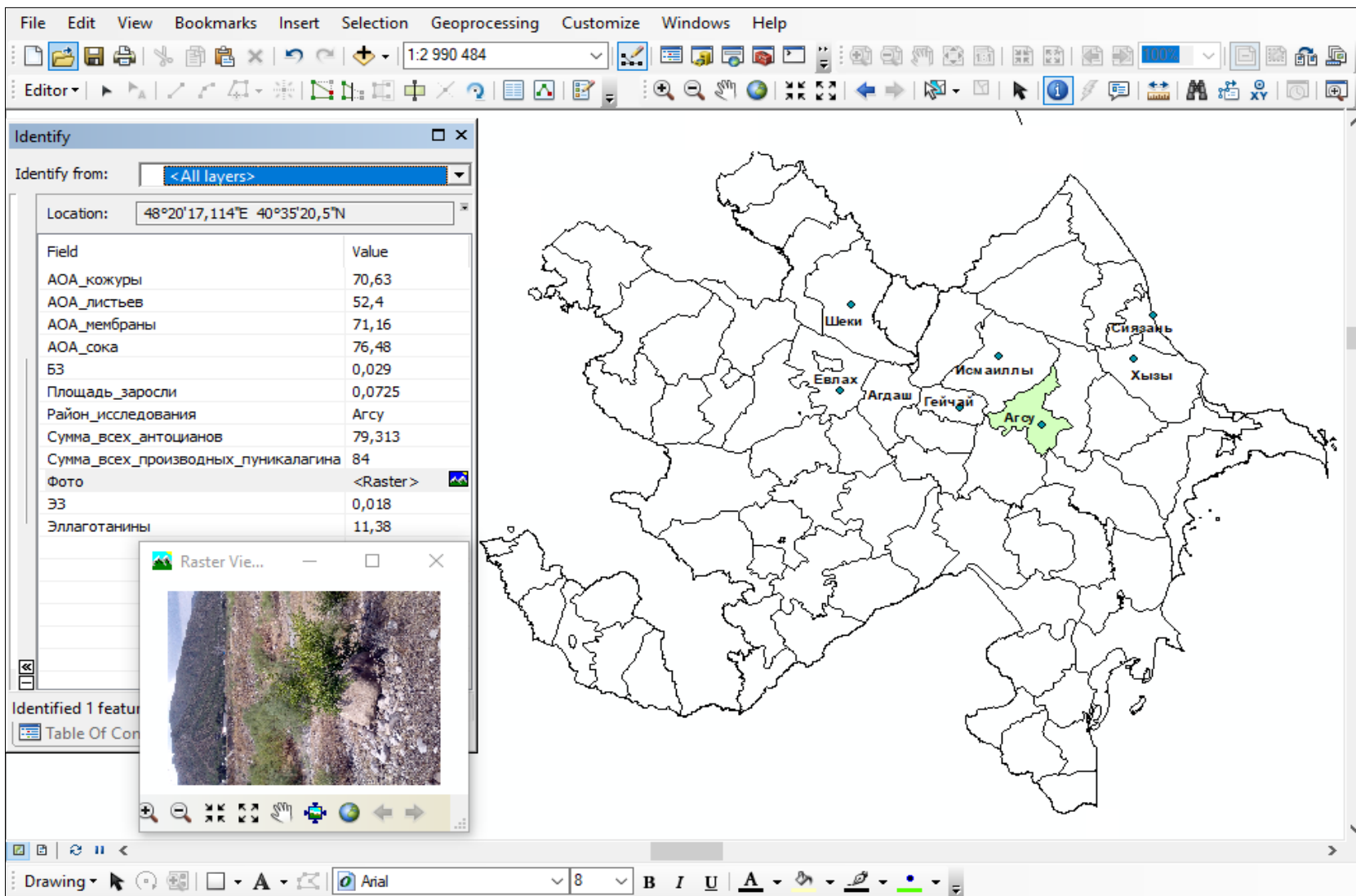


Рисунок 7.2.8 Паспорт Агсуинской популяции дикорастущего граната

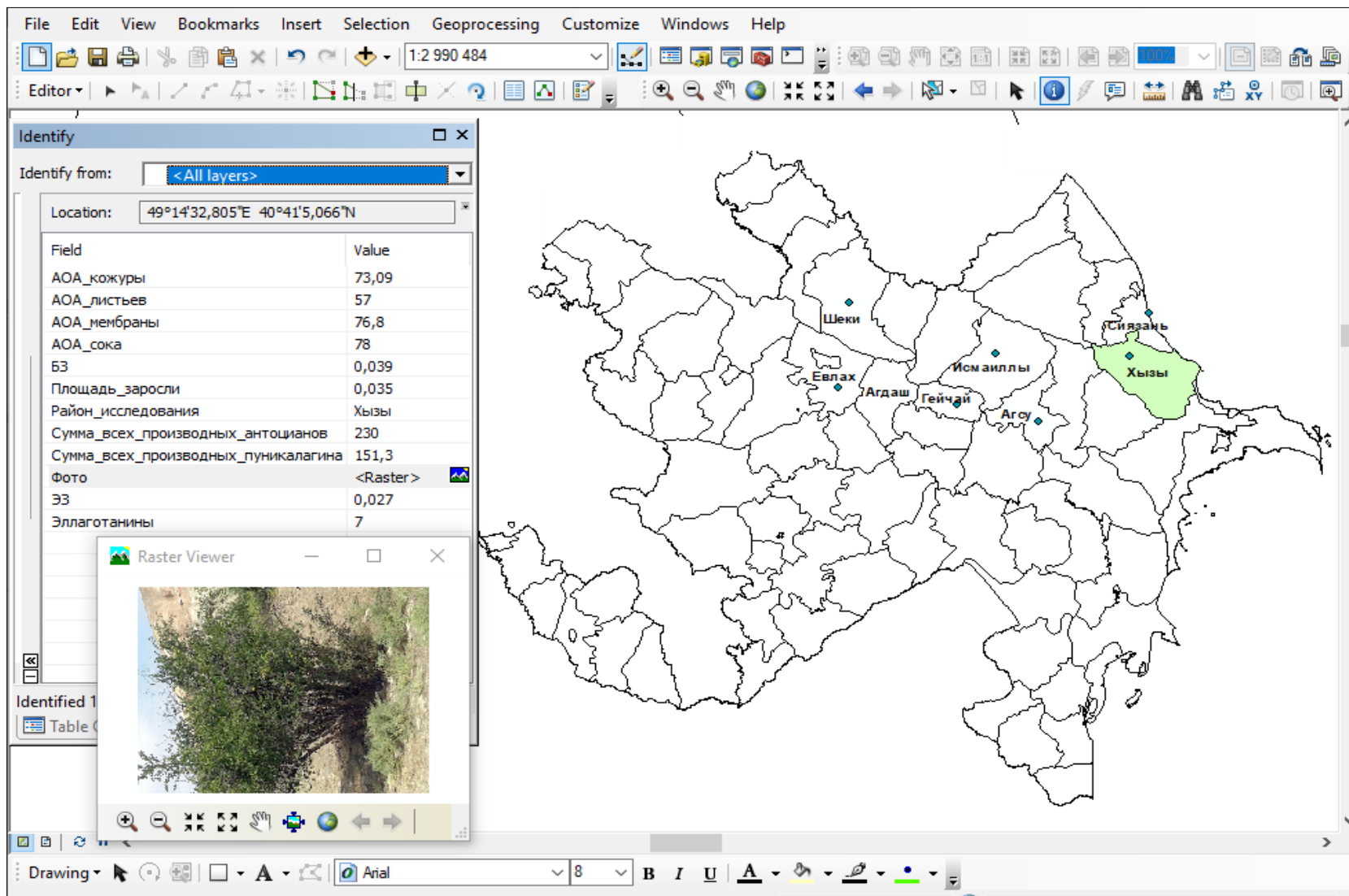


Рисунок 7.2.9 Паспорт Хызынской популяции дикорастущего граната

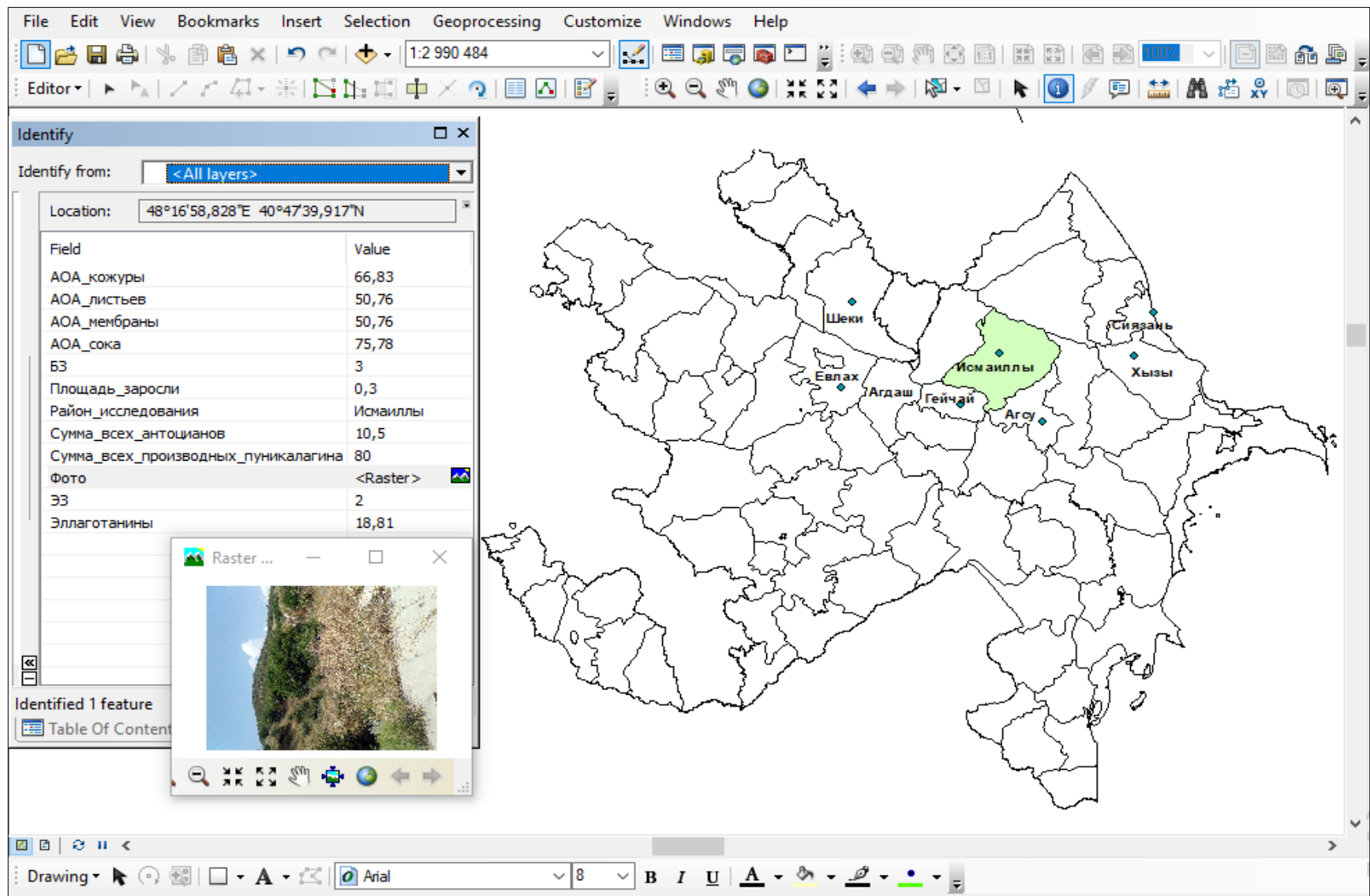


Рисунок 7.2.10 Паспорт Исмаиллинской популяции дикорастущего граната

