

ПРИРОДНЫЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ *PRUNUS ARMENIACA* L. (ROSACEAE) КАК ОБЪЕКТ ВТОРИЧНОЙ ИНВАЗИИ ФИТОПАТОГЕНА *WILSONOMYCES CARPOPHILUS* (LEV.) ADASK. (BOTRYOSPHERACEAE) В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ ГОРНОГО ДАГЕСТАНА

© 2026 Анатов Д.М.^{1,2}

¹Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН, Махачкала, 367000, Россия

²Горный ботанический сад ДФИЦ РАН, Махачкала, 367000, Россия

e-mail: djalal@list.ru

Поступила в редакцию 31.10.2025. После доработки 30.05.2026. Принята к публикации 24.07.2026.

В работе приведены новые данные по распространению клостероспориоза (*Wilsonomyces carpophilus* (Lev.) Adask.) в природных ценопопуляциях абрикоса (*Prunus armeniaca* L.) Внутригорного Дагестана. Для оценки влияния основных абиотических факторов среды, воздействующих на распространение клостероспориоза у плодов и листьев, было проанализировано 468 деревьев из 17 ценопопуляций. Установлено, что плоды поражаются патогеном сильнее (3,2 балла), чем листья (1,3 балла). Выявлено, что высота над уровнем моря является основным лимитирующим фактором, способствующим усилению поражаемости патогеном. Отмечено влияние высотного уровня внутри речных бассейнов и с учётом экспозиций склонов. По итогам однофакторного дисперсионного и регрессионного анализов доказано влияние линейного вклада высотного градиента в общую дисперсию. Коэффициент детерминации подтвердил весомый вклад высотного уровня в поражаемость плодов клостероспориозом ($r^2 = 25,8\%$) и слабый – для листьев ($r^2 = 1,7\%$). Коэффициент линейной корреляции r_{xy} для плодов составил 0,51, для листьев – 0,13. Моделирование поражаемости плодов и листьев с учётом мультиколлинеарности показало высокий относительный вклад и положительную зависимость от количества осадков в тёплый период (bio18) на поражаемость плодов, а для листьев – отрицательную зависимость с минимальной температурой самого холодного месяца (bio6). Установлено, что экономическая эффективность выращивания абрикоса во Внутригорном Дагестане ограничена пределом до 1200 м над уровнем моря с учётом микроусловий, выше которого естественная поражаемость плодов значительно возрастает.

Ключевые слова: дикорастущий абрикос, *Wilsonomyces carpophilus* (Lev.) Adask.), высотный градиент, экспозиция, плоды, листья, Внутригорный Дагестан.

DOI: 10.35885/1996-1499-19-3-09-21

Введение

Prunus armeniaca L. (абрикос обыкновенный) – одна из важнейших плодовых культур в мире. В диком виде *P. armeniaca* произрастает в Центральной Азии, где основной его ареал сосредоточен на территориях Китая, Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана и Афганистана [Абрикос, 1989; Mehlenbacher et al., 1991; Faust et al., 1998; Ledbetter, 2008; Zhebentyayeva et al., 2012; Tanwar et al., 2019; Bourguiba et al., 2020]. Наибольшие площади дикорастущего абрикоса за пределами первичного ареала приходятся на территорию Дагестана [Asadulaev, Anatov, 2019], что подчёркивает уникальность дагестанских цено-

популяций как изолированного фрагмента вторичного ареала вида.

Одной из причин, ограничивающих распространение абрикоса в горные районы Дагестана, является низкая устойчивость сортов и природных популяций к грибным патогенам. К одной из самых распространённых грибных болезней абрикоса относится клостероспориоз [Ноздрачева, Мелькумова 2007; Скворцов, Крамаренко, 2007].

Клостероспориоз (вызываемый преимущественно *Wilsonomyces carpophilus* (Lev.) Adask.) – одно из потенциально опасных заболеваний косточковых культур в мире, в том числе и в России (Северный Кавказ, Юг Рос-

сии, Поволжье, Южный Урал, Дальний Восток), где поражает преимущественно персик, нектарин, сливу и абрикос [Прах и др., 2015; Анатов, Османов, 2019; Мищенко, 2020; Дроник, 2020; Боровков и др., 2024; Шерстобитов, Колесова, 2025; Насонов и др., 2025]. Поражает практически все части растения: генеративные почки, плоды, листья, скелетные ветви и молодые побеги, что приводит к осыпанию завязей, ослаблению деревьев, снижению качества плодов и продуктивности [Ivanova et al., 2012; Голубев, 2019].

Таксономически *W. carpophilus* относится к группам грибов Dothideomycetes, Pleosporomycetidae, Pleosporales, Dothidotthiaceae [Marin-Felix et al., 2017]. Имеет ряд синонимов, таких как *Stigmia carpophila*, *Coryneum beijerinckii*, *Clasterosporium carpophilum*, *Thyrostroma carpophilum*, *Sciniatosporium carpophilum* и *Sporocadus carpophilus* [Adaskaveg et al., 1990; Ahmadpour et al., 2009]. Однако, по данным недавно составленной мультигенной филогении, *Wilsonomyces* рассматривается как отдельный род [Marin-Felix et al., 2017; Farooq et al., 2023].

Развитию болезни способствует умеренно тёплая $+(20-26)^{\circ}\text{C}$ дождливая погода летом или просто периоды с высокой влажностью воздуха (выше 70%). Сохранению гриба зимой в виде мицелия и конидий способствуют поражённые участки побегов, камедь и трещины между чешуйками в почках. Жаркая сухая погода уменьшает инфицирование болезнями. Помимо основных генераций у патогена могут развиваться сопутствующие генерации в течение всего периода проявления болезни. Частота появления генераций зависит от температуры и влажности воздуха [Lalancette et al., 2012; Прах и др., 2015]. Для равнинной зоны Дагестана вероятность повреждения клястероспориозом абрикоса составляет 32,8% [Газиев, 2016], но в горных условиях выше 1100 м над уровнем моря это заболевание значительно сильнее поражает деревья как в культурных садах, так и в природных популяциях [Анатов и др., 2015].

Минимальная положительная температура, при которой возможно прорастание спор и заражение растений клястероспориозом, $5-6^{\circ}\text{C}$, а оптимальная температура для раз-

вития этого гриба находится в пределах $19-26^{\circ}\text{C}$ [Батырханов, 2000]. Поэтому в условиях Дагестана первичное заражение растений абрикоса, видимо, происходит ещё в осенние месяцы и, особенно, во время зимних и весенних оттепелей.

Помимо внедрения инвазивных видов [Хусаинова и др., 2018] в последнее время отмечено, что клястероспориоз, прежде всего, серьёзная угроза для лесов диких сородичей косточковых культур [Ye et al., 2020]. В Дагестане это заболевание чаще всего поражает *P. armeniaca* и *P. persica*, реже *P. divaricata* и *P. domestica*. В годы, благоприятные для развития болезни, продуктивность абрикосовых деревьев может снижаться до 90% [Дементьева, 1962; Nabi et al., 2018]. При этом плоды дикорастущего абрикоса ценный источник питания для регионов его произрастания, и снижение урожайности может негативно влиять на продовольственную безопасность региона [Malik et al., 2010; Pinar et al., 2013].

Горный Дагестан представляет собой уникальную модельную территорию, где дикорастущий абрикос произрастает в широком диапазоне высот (600–1500 м над уровнем моря). Это создаёт естественный полигон для оценки влияния изменяющихся климатических факторов на динамику патогенной нагрузки в высотном градиенте. Несмотря на широкую распространённость *W. carpophilus*, пространственные закономерности его поражающей активности в естественных популяциях *Prunus armeniaca* остаются недостаточно изученными, особенно в условиях выраженного высотного климатического градиента.

Кроме того, в настоящее время отсутствует единый консенсус относительно статуса абрикоса, несмотря на его многовековую историю в регионе. С точки зрения классической ботаники абрикос является инвазивным видом для Северного Кавказа (пришельцем из Центральной Азии и Китая), и любое активное распространение «чужака» в дикой природе рассматривается как потенциальная угроза экосистеме. Например, в Кабардино-Балкарской и Чеченской республиках по критериям инвазивности абрикос отнесён ко второму статусу (виды, внедряющиеся в естественные и полустественные сообщества, а

также антропоценозы, не приводящие к полному изменению их состава) [Шхагапсоев и др., 2021; 2022]. В условиях Дагестана природные популяции абрикоса уже были сформированы к моменту активного изучения флоры ботаниками, а с учётом его важного экономического значения для республики он считается естественным элементом флоры, занимающим свою экологическую нишу. Отсюда следует, что клостероспориоз для абрикоса выступает естественным ограничителем его распространения и в высотном, и в широтном направлении.

В этой связи определение основных закономерностей поражаемости клостероспориозом на примере природных популяций абрикоса представляет теоретический и прак-

тический интерес как для прогнозирования его дальнейшего распространения в Дагестане и возможной «инвазии» на сопредельные территории, так и при расширении культуры абрикоса.

Цель данного исследования – выявление закономерностей пространственного распределения поражаемости *Wilsonomyces carpophilus* в природных ценопопуляциях *Prunus armeniaca* и оценка роли высотного и климатического градиентов в формировании интенсивности заболевания.

Материалы и методы

Основные симптомы заболевания на листьях: образование красновато-фиолетовой каймы с малиновым центром; в последую-

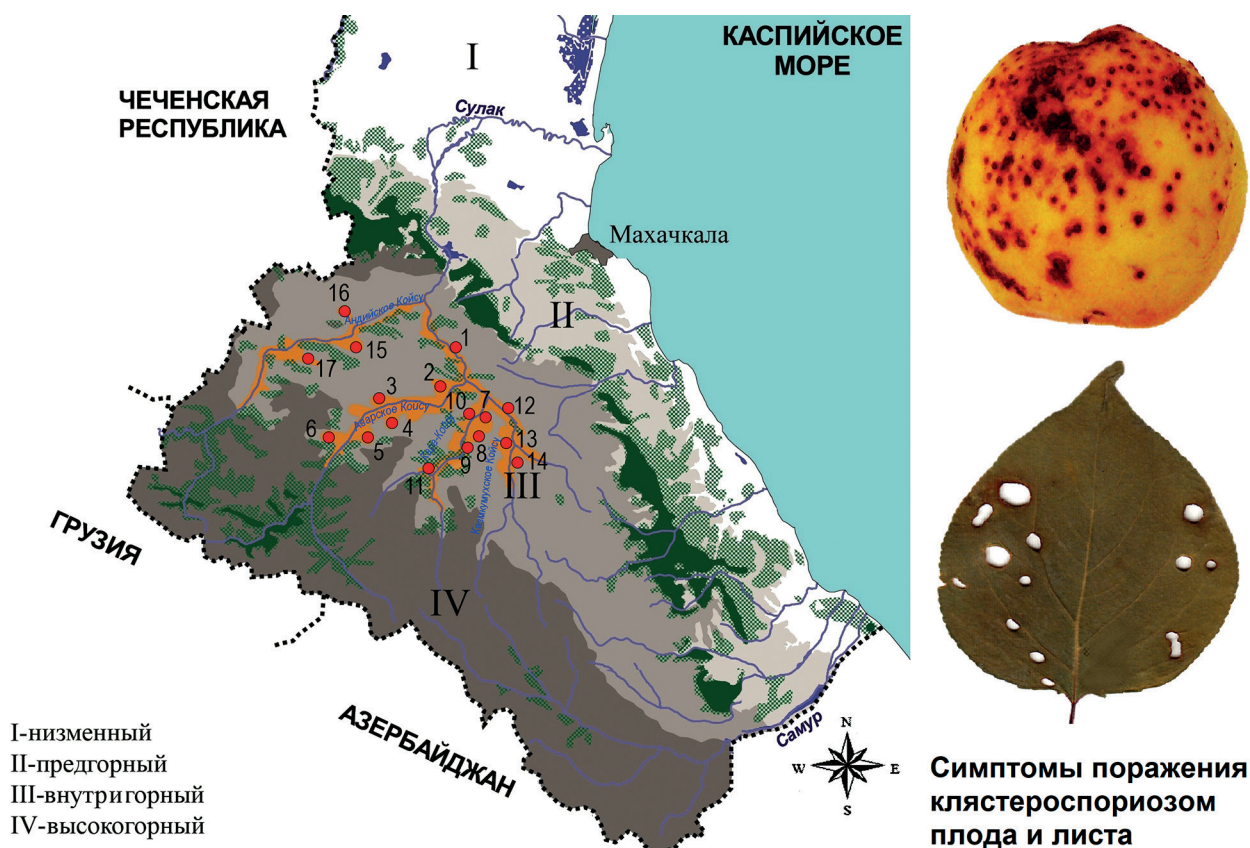


Рис. 1. Карта распространения природных популяций *P. armeniaca* L. и точки отбора проб: 1 – с. Майданское, 550–650 м над уровнем моря (42°36'07,7" с.ш.; 46°58'19,9" в.д.); 2 – с. Хариколо, 1150–1250 м (42°31'58,0" с.ш.; 46°50'41,7" в.д.); 3 – с. Могох, 1200–1300 м (42°29'20,9" с.ш.; 46°34'10,3" в.д.); 4 – с. Гоор-Хиндах, 1150–1300 м (42°26'17,3" с.ш.; 46°34'48,4" в.д.); 5 – с. Тлях, 1150–1300 м (42°23'31,4" с.ш.; 46°32'13,7" в.д.); 6 – с. Ратлуб, 1290–1450 м (42°21'23,8" с.ш.; 46°26'32,5" в.д.); 7 – с. Курми, 700–900 м (42°26'54,4" с.ш.; 47°02'6,9" в.д.); 8 – с. Салта, 900–1050 м (42°25'31,1" с.ш.; 47°00'49,9" в.д.); 9 – с. Н. Кегер, 1050–1200 м (42°24'37,1" с.ш.; 46°59'15,3" в.д.); 10 – с. Хварада, 1200–1350 м (42°28'4,6" с.ш.; 46°59'46,4" в.д.); 11 – с. Чарода, 1400–1450 м (42°16'32,6" с.ш.; 46°48'27,4" в.д.); 12 – с. Хаджалмахи, 750–850 м (42°26'44,7" с.ш.; 47°08'17,5" в.д.); 13 – с. Буртанимахи, 1000–1100 м (42°21'44,9" с.ш.; 47°09'42,5" в.д.); 14 – с. Кули-Балхар, 1400–1450 м (42°17'35,8" с.ш.; 47°13'24,2" в.д.); 15 – с. Амуши-Мушули, 950–1100 м (42°38'34,8" с.ш.; 46°29'34,8" в.д.); 16 – с. Ингиши, 1200–1350 м (42°47'28,0" с.ш.; 46°32'34,0" в.д.); 17 – с. Верхний Инхело 1350–1500 м (42°37'22,36" с.ш.; 46°20'0,62" в.д.).

щем поражённая ткань отмирает и выпадает, образуя отверстия, откуда и получило свое название – дырчатая пятнистость; сильно поражённые патогеном листья преждевременно осыпаются. Плоды абрикоса могут покрываться многочисленными мелкими красноватыми пятнами, затем они несколько увеличиваются в размерах, принимают форму выпуклых подушечек тёмно-коричневого цвета, при сильных поражениях образуют сплошную корку коросты (рис. 1). Особенно вредоносно осеннее заражение цветковых почек, которые к весне погибают [Ковалёв, 1970; Алейникова, 2011; Байжигитов, Хакимов, 2018].

Анализ поражаемости клястероспориозом плодов и листьев *Prunus armeniaca* L. в Горном Дагестане проводился на примере 17 ценопопуляций (ЦП) Внутригорного Дагестана с охватом бассейнов рек Аварское Койсу, Андийское Койсу, Кара-Койсу, Казикумухское Койсу (см. рис. 1). Оценка и анализ поражаемости природных популяций проводились по 18–30 деревьям из каждой ЦП, суммарный объём выборки составил 468 деревьев. Учёт клястероспориоза проводили по общепринятой методике в соответствии с нашими дополнениями [Программа и методика..., 1999; Анатов, Османов, 2019]. Для учёта поражаемости клястероспориозом проводился подсчёт по 10 листьям и плодам у каждого образца по следующей шкале: 0 – поражения нет; 1 – поражено до 1% поверхности (1–2 мелких пятна); 2 – поражено до 10% поверхности (до 4–6 мелких или 1–2 крупных пятна); 3 – поражено до 25% поверхности (до 6–8 мелких или 3–5 крупных пятен); 4 – поражено до 30% поверхности (до 10 мелких или 6–8 крупных пятен); 5 – поражено более 50% поверхности (многочисленные сливающиеся пятна).

Для оценки изменчивости поражаемости клястероспориозом абрикоса был проведён комплекс статистических методов анализа. Применялись методы описательной статистики (средние арифметические значения $\bar{X}$ и их ошибок S_x , медианы Me , размаха). Оценка линейной зависимости изучаемых параметров от влияния учтённых факторов проводилась с применением множественного, однофакторного дисперсионного и регрессионного

анализа с разложением на компоненты дисперсии (η^2) и коэффициенты детерминации (r^2) с оценкой их долей влияния, в процентах [Снедекор, 1961; Плохинский, 1980, Щеглов, 2017].

В качестве показателей окружающей среды (предикторов) были взяты среднегодовая температура воздуха, сумма осадков за год, осадки в самый влажный и сухой период, среднемесячная минимальная температура самого холодного месяца, среднемесячная максимальная температура самого жаркого месяца, сумма активных температур выше 5°C, крутизна и экспозиция склонов из базы WorldClim v. 2.1 с пространственным разрешением 30 секунд [Fick, Hijmans, 2017, WorldClim, 2020], имеющие наиболее важное значение как абиотические факторы в распространении живых организмов [Hijmans et al., 2005].

Статистическая обработка данных и построение графиков осуществлены с использованием программного обеспечения Statistica v.13.3.

Результаты и обсуждение

Сравнительная характеристика природных ценопопуляций абрикоса показала, что плоды поражаются значительно сильнее относительно листьев, в среднем это соотношение 3-кратное (табл. 1). Плоды поражаются в среднем на 3,2 балла в объединённой выборке, а листья – на 1,3 балла. Средний диапазон поражаемости между разными бассейнами рек составил для плодов 3,0–3,8 балла, для листьев 0,9–1,7 балла. Наибольшие различия проявляются при сравнении ценопопуляций. Минимально плоды и листья поражаются в окрестности селения Майданское (600 м над уровнем моря) (1,1 и 0,5 балла), максимально – в окрестности с. Ратлуб (1420 м) (4,6 и 2,2 балла соответственно).

По бассейнам рек наибольшая поражаемость наблюдается в ЦП Андийского Койсу, наименьшая – в ЦП Казикумухского Койсу. То есть отмечается некоторое возрастание с юго-востока на северо-запад, возможно, связанное с годовым выпадением осадков, и постепенное снижение в юго-восточном направлении. Например, авторы из Пакистана

Таблица 1. Описательная статистика поражаемости клястероспориозом плодов и листьев природных популяций абрикоса

Группы	N	Плоды			Листья		
		X±Sx	Me	Размах	X±Sx	Me	Размах
Аварское Койсу							
Майданское (600 м)	18	1.1±0.24	1.0	0.0–3.0	0.4±0.11	0.5	0.0–1.0
Хариколо (1050 м)	30	3.7±0.23	4.0	0.0–5.0	0.8±0.10	1.0	0.0–2.0
Могох (1150 м)	30	3.1±0.25	3.5	1.0–5.0	0.9±0.11	1.0	0.0–2.0
Гоор-Хиндах (1200 м)	28	2.7±0.19	3.0	0.0–4.0	0.6±0.08	0.8	0.0–1.0
Тлях (1270 м)	30	3.9±0.11	4.0	3.0–5.0	0.5±0.10	0.5	0.0–2.0
Ратлуб (1420 м)	23	4.6±0.10	5.0	4.0–5.0	2.2±0.22	2.0	1.0–5.0
Андийское Койсу							
Амуши (950 м)	26	3.5±0.21	3.8	1.0–5.0	1.7±0.24	1.0	0.0–4.0
Ингиши (1250 м)	30	3.8±0.14	4.0	2.0–5.0	1.6±0.12	1.5	1.0–4.0
В.Инхело (1400 м)	25	4.2±0.12	4.0	3.0–5.0	2.0±0.13	2.0	1.0–3.5
Кара Койсу							
Курми (800 м)	30	1.5±0.18	1.3	0.0–4.0	1.6±0.16	1.0	0.0–3.0
Салта (900 м)	30	2.5±0.22	3.0	0.0–4.5	1.8±0.23	1.8	0.0–4.5
Н.Кегер (1080 м)	30	3.8±0.22	4.0	0.0–5.0	1.5±0.14	1.0	0.0–3.0
Хварада (1300 м)	30	3.7±0.10	4.0	2.5–5.0	1.0±0.12	1.0	0.0–3.0
Чарода (1500 м)	18	4.0±0.18	4.0	2.5–5.0	2.0±0.25	2.0	0.0–4.0
Казикумухское Койсу							
Хаджалмахи (850 м)	30	2.8±0.17	3.0	0.5–4.0	0.7±0.08	1.0	0.0–1.0
Бурганимахи (1100 м)	30	3.1±0.19	3.0	1.0–5.0	1.5±0.16	1.0	0.0–3.5
Кули (1450 м)	30	3.3±0.20	3.5	1.0–5.0	0.9±0.12	1.0	0.0–3.0
По бассейнам рек							
Казикумухское	90	3.0±0.11	3.0	0.5–5.0	1.0±0.08	1.0	0.0–3.5
Кара-Койсу	138	3.0±0.12	3.0	0.0–5.0	1.5±0.08	1.0	0.0–4.5
Аварское	159	3.3±0.11	3.5	0.0–5.0	0.9±0.07	1.0	0.0–5.0
Андийское	81	3.8±0.10	4.0	1.0–5.0	1.7±0.10	2.0	0.0–4.0
По экспозициям склонов							
Северная	247	3.1±0.09	3.0	0.0–5.0	1.4±0.06	1.0	0.0–5.0
Восточная	148	3.2±0.09	3.5	0.0–5.0	0.9±0.05	1.0	0.0–4.0
Южная	73	3.8±0.11	4.0	1.0–5.0	1.5±0.11	1.5	0.0–4.0
Σ	468	3.2±0.06	3.5	0.0–5.0	1.3±0.04	1.0	0.0–5.0

[Hussain et al., 2023) отмечают, что заболевание усиливается в направлении с востока на запад и с юга на север. Влияние экспозиций показало увеличение поражаемости на южных склонах. Данное обстоятельство объясняется тем, что средняя высота над уровнем моря произрастания ЦП на южных склонах выше, чем на северных и восточных, так как большинство ЦП на северных склонах находится в пределах 1200 м, а на южных – выше 1400 м. Из полученных данных заметен некоторый тренд увеличения поражаемости плодов с высотой над уровнем моря (рис. 2).

Наше исследование основных мест произрастания природных ЦП в Дагестане по климатическим параметрам показало, что количество осадков уменьшается с северо-запада на юго-восток [Anatov, 2025].

Для более точного подтверждения нашего предположения о роли высотного фактора в изменении поражаемости природных популяций абрикоса патогеном было сделано сопоставление вдоль высот внутри каждого речного бассейна (рис. 3).

Выявлено, что с высотой над уровнем моря поражаемость плодов клястероспорио-

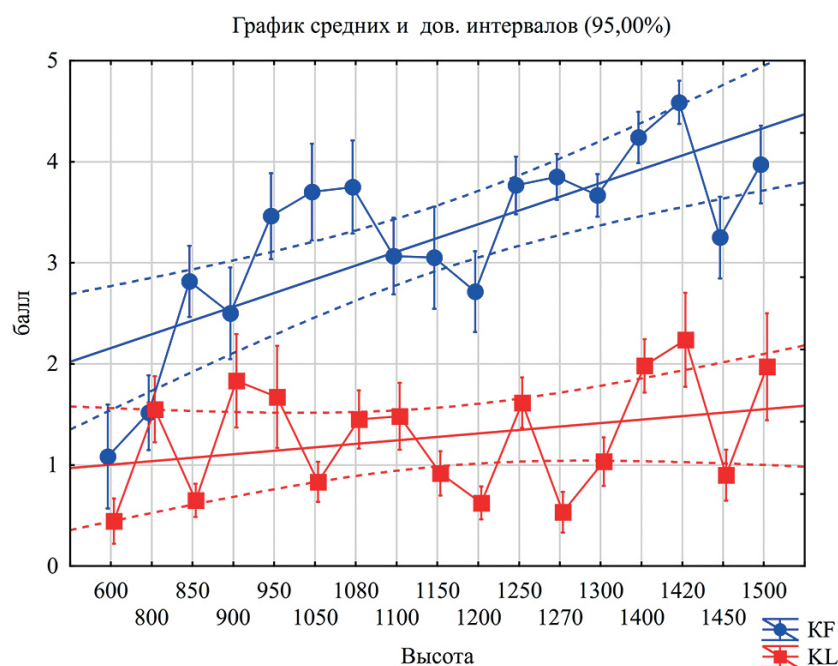


Рис. 2. Визуализация поражаемости кластероспориозом плодов (KF) и листьев (KL) вдоль высотного уровня.

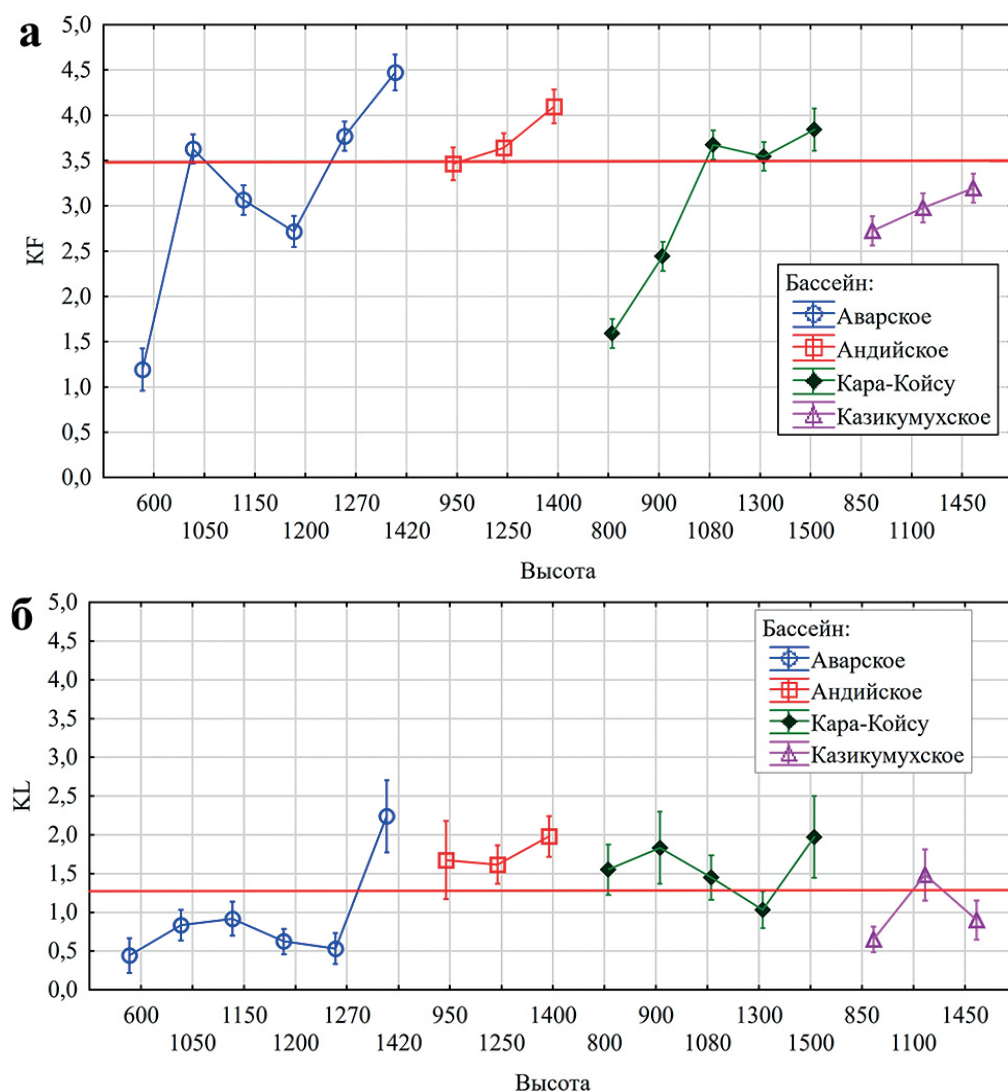


Рис. 3. Поражаемость кластероспориозом плодов (а) и листьев (б) природных популяций абрикоса по бассейнам рек. *Примечание:* здесь и далее красная горизонтальная линия показывает общепопуляционное среднее значение.

зом заметно возрастает (рис. 3, а), при этом чем выше перепад высот, тем сильнее контраст. Для листьев такая тенденция практически отсутствует (рис. 3, б).

Немаловажным фактором, усиливающим или ослабляющим действие высотного уровня, выступает экспозиция склона. Сравнение ценопопуляций абрикоса показало, что на плодах только на северных склонах наблюдается заметное влияние высот, это связано с объёмом выборки и наибольшим охватом в высотном направлении. Так, при возрастании высоты над уровнем моря на северных склонах (с 600 до 1400 м над уровнем моря) пора-

жаемость плодов увеличивается с 1,2 до 4,5 балла (рис. 4, а). Влияния экспозиций склонов на поражаемость листьев вдоль высотного уровня не было обнаружено (рис. 4, б).

Для подтверждения влияния факторов условий произрастания на поражённость клостероспориозом (экспозиций склонов, ЦП и эколого-географических единиц) был проведён трёхфакторный иерархический дисперсионный анализ (табл. 2). Проведённый анализ показал достоверное влияние всех учтённых факторов на самом высоком уровне значимости.

Разложение компонент дисперсии ($\eta^2, \%$) по трём учтённым факторам показало, что

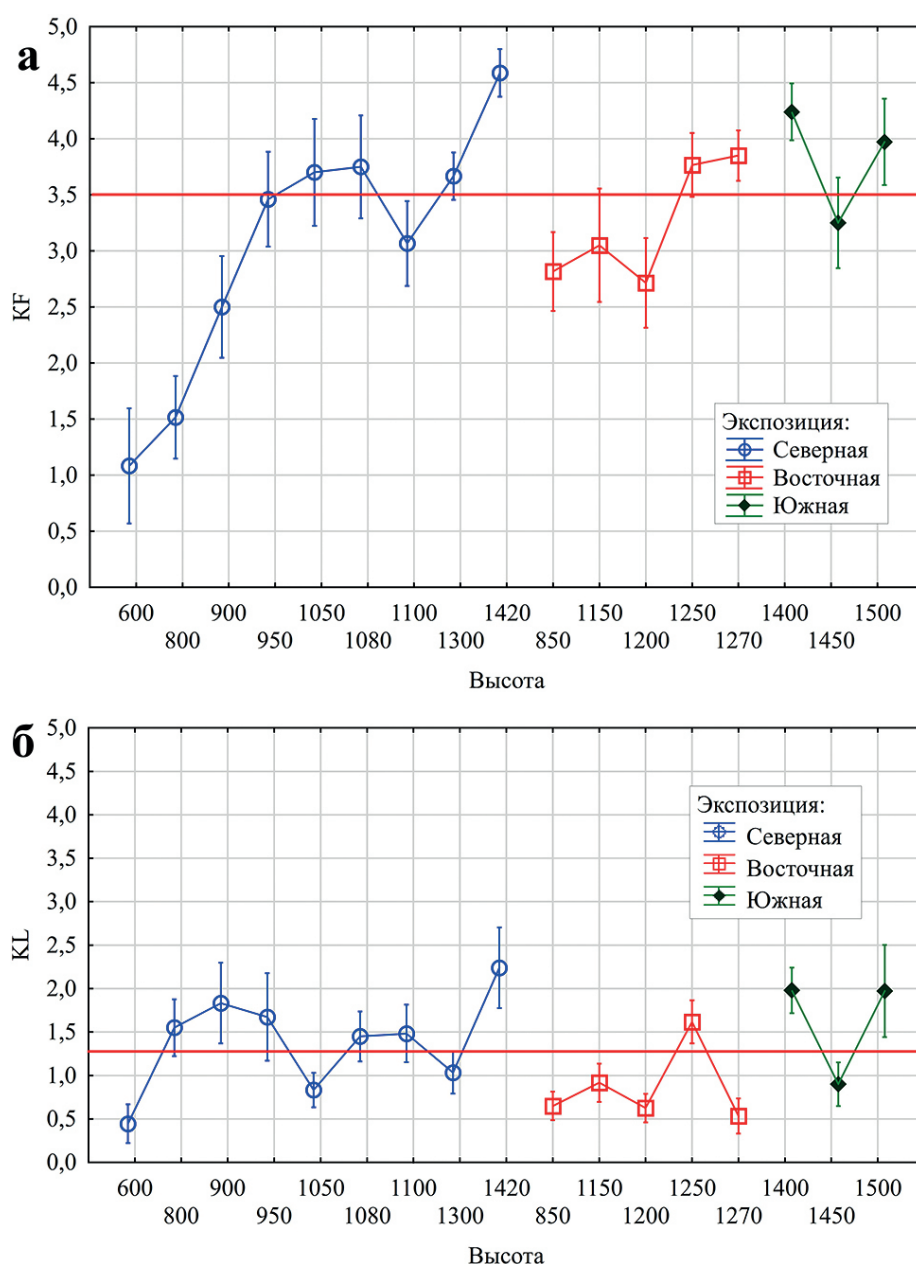


Рис. 4. Поражаемость клостероспориозом плодов (а) и листьев (б) абрикоса в зависимости от экспозиций склонов и высоты над уровнем моря.

Таблица 2. Трёхфакторный иерархический дисперсионный анализ поражаемости клястероспориозом плодов и листьев

Факторы	df	Плоды			Листья		
		SS	F	p	SS	F	p
ЭГЕ	3	38.01	12.98	0.0000	53.95	29.11	0.0000
Экспозиция	6	30.55	5.22	0.0000	26.69	7.20	0.0000
ЦП	7	252.54	36.97	0.0000	51.42	11.89	0.0000
Ошибка	451	440.11			278.66		
Всего	467	761.21			410.71		

Примечание: df – степени свободы; SS – сумма квадратов; F – критерий Фишера; p – уровень достоверности.

наибольшие различия в поражении плодов вносят межценотические различия (фактор ЦП), сила влияния которого составила 33,2%; влияние бассейнов рек (ЭГЕ) и экспозиций незначительно (рис. 5). Для листьев суммарное влияние факторов ниже, но влияние факторов ЭГЕ ($\eta^2 = 13,1\%$) и ЦП (12,5%) в целом выше.

Оценка роли линейного вклада высотного градиента в общую дисперсию была проведена с помощью однофакторного дисперсионного и регрессионного анализа (табл. 3). Коэффициент детерминации подтвердил весомый вклад высотного уровня в поражаемость плодов клястероспориозом ($r^2 = 25,8\%$) и слабый – для листьев ($r^2 = 1,7\%$). Соответственно, расчетные параметры модели объясняют на 61,3% связь высотного фактора с общей дисперсией признака (r^2/η^2 , %). Коэффициент корреляции r_{xy} для плодов составил 0,51, для листьев – 0,13. Таким образом, усиление поражаемости плодов клястероспориозом с высотой над уровнем моря доказано.

Наблюдаемое влияние факторов высотного уровня на поражаемость клястероспориозом и его неодинаковая реакция плодов и листьев натолкнула на необходимость проведения оценки влияния комплекса экологических факторов для подбора оптимальной модели регрессии.

По результатам множественного регрессионного анализа поражаемости клястероспориозом плодов были выделены три достоверных экологических предиктора с учётом мультиколлинеарности (табл. 4). Величина коэффициента детерминации (r^2) показывает относительно высокий вклад количества осадков в тёплый период (bio18) на поражаемость плодов. Частные корреляции (r) показывают положительный тренд поражаемости плодов с количеством осадков в тёплый период; отрицательный – с минимальной температурой самого холодного месяца (bio6) и экспозицией склонов (Aspect).

Для поражаемости листа, помимо отрицательной связи с минимальной температурой

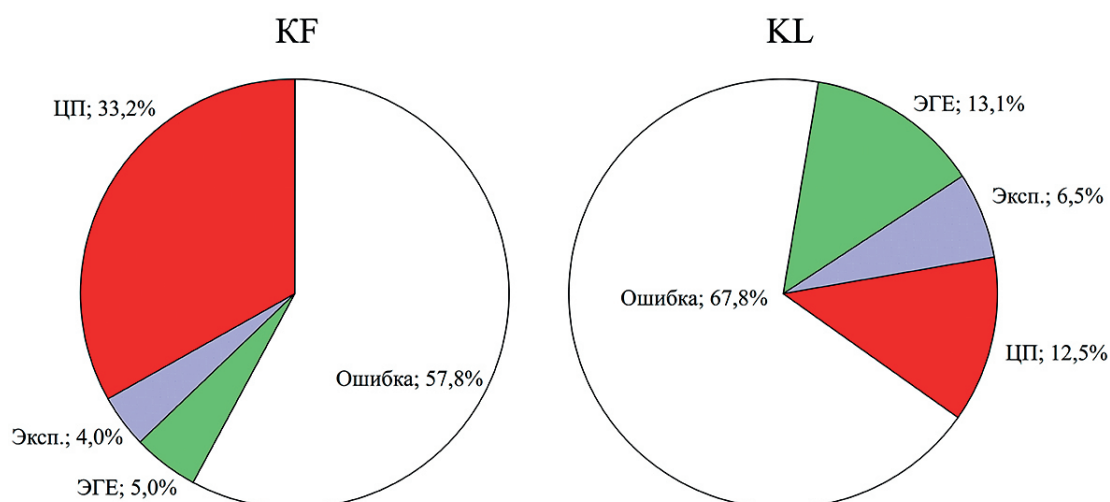


Рис. 5. Компоненты дисперсии (в процентах) поражаемости клястероспориозом по факторам условий произрастания (ЦП); экспозиция (Эксп.); эколого-географические единицы (ЭГЕ).

Таблица 3. Результаты однофакторного дисперсионного и регрессионного анализа поражаемости клястероспориозом плодов и листьев в природных ценопопуляциях абрикоса по фактору высотного градиента

Параметры	Факторы	df	SS	F	p	$\eta^2, \%$	$r^2, \%$	r_{xy}
Дисперсионный анализ								
Плоды	Высота	16	321.10	20.57	0.000	42.2		
	Ошибка	451	440.11					
	Всего	467	761.21					
Листья	Высота	16	132.05	13.36	0.000	32.2		
	Ошибка	451	278.66					
	Всего	467	410.71					
Регрессионный анализ								
Плоды	Высота	1	196.72	162.4	0.000		25.8	0.51
	Ошибка	466	564.48					
	Всего	467	761.21					
Листья	Высота	1	6.82	7.87	0.005		1.7	0.13
	Ошибка	466	403.89					
	Всего	467	410.71					

Примечание: df – степени свободы; SS – сумма квадратов; F – критерий Фишера; p – уровень достоверности; η^2 – сила влияния фактора; r^2 – коэффициент детерминации; r_{xy} – коэффициент корреляции между высотным уровнем и изучаемым признаком.

самого холодного воздуха, отмечены факторы: средняя температура наиболее сухого периода (bio9) и крутизна склона (Slope). Индекс VIF характеризовался значениями в пределах 1,46 для плодов и 2,99 для листьев, что показывает отсутствие мультиколлинеарности предикторов.

Полученная регрессионная модель с экологическими предикторами почти полностью совпадает с однофакторной моделью по вы-

сотному уровню, но показала улучшение линейной модели (табл. 5). Коэффициент детерминации (r^2) составил 28,4% для плодов, что немного выше от модели с использованием однофакторной регрессии по высотному градиенту. Модель с учтёнными предикторами, полученная для листьев, значительно лучше, чем связь с высотным градиентом. Коэффициент детерминации (r^2) для листьев составил 20,5%.

Таблица 4. Итоги множественного линейного регрессионного анализа поражаемости плодов и листьев по экологическим предикторам с учётом мультиколлинеарности

Параметры	Модель	B	Ст. ош.	Beta	Ст. ош.	p	VIF	$r^2, \%$	r_{xy}
Плоды	Св. член	-6.107	0.800			0.000			
	bio18	0.021	0.003	0.320	0.046	0.000	1.43	21.0	0.46
	bio06	-0.628	0.114	-0.261	0.047	0.000	1.46	3.4	-0.19
	Aspect	-0.002	0.000	-0.206	0.040	0.000	1.03	4.1	-0.20
Листья	Св. член	-8.32	0.903			0.000			
	bio06	-1.244	0.119	-0.704	0.067	0.000	2.64	5.6	-0.24
	bio09	0.898	0.1	0.646	0.072	0.000	2.99	8.5	0.29
	Slope	0.045	0.007	0.282	0.046	0.000	1.25	6.4	0.25

Примечание: B – нестандартизированный регрессионный коэффициент, Beta – стандартизированный регрессионный коэффициент; Ст. ош. – стандартная ошибка; Св. член – свободный член; p – статистическая значимость модели; VIF – коэффициент инфляции дисперсии; r^2 – коэффициент детерминации; r – частные корреляции между изучаемым предиктором и учтённым признаком.

Таблица 5. Множественный регрессионный анализ поражаемости клястероспориозом плодов и листьев в природных ценопопуляциях абрикоса по экологическим предикторам

Переменные	Факторы	df	SS	F	p	r ² , %	r _{xy}
Плоды	Регрессионная	3	216.55	61.49	0.0000	28.4	0.53
	Ошибка	464	544.66				
	Всего	467	761.21				
Листья	Регрессионная	3	84.29	39.94	0.0000	20.5	0.45
	Ошибка	464	326.42				
	Всего	467	410.71				

Примечание: df – степени свободы; SS – сумма квадратов; F – критерий Фишера; p – уровень достоверности; r² – коэффициент детерминации; r_{xy} – коэффициент корреляции между высотным уровнем и изучаемым признаком.

Заклучение

Проведённое сравнение ценопопуляций абрикоса по поражаемости клястероспориозом плодов и листьев выявило основные закономерности распространения этого заболевания. Установлено, что плоды поражаются патогеном сильнее, чем листья, и это соотношение в среднем 2–3-кратное. Так, средний балл поражённости абрикоса на общепопуляционном уровне составляет 3,2 балла, а листьев – 1,3 балла. Обнаруженные различия между ними могут быть обусловлены различным характером заражения плодов и листьев; так как генеративная стадия генетически детерминирована годовым циклом развития, то плоды абрикоса при заражении грибом сохраняются до созревания, не осыпаясь, а сильно заражённые листья могут осыпаться и за счёт постоянного обновления листвы; процент поражённых листьев и степень их поражения частично снижаются.

Отмеченное некоторое возрастание поражаемости патогеном ценопопуляций по Андийскому Койсу, возможно, связано с годовым выпадением осадков, уменьшающимся постепенно в восточном направлении, и/или с влиянием влажных воздушных масс, проникающих из Грузии через «Бежтинскую депрессию». Также, возможно, это дополняется относительной молодостью природных сообществ абрикоса в этом бассейне, из-за чего абрикос не сформировал более устойчивые к болезни ценопопуляции.

По итогам дисперсионного и регрессионного анализов установлено, что основным фактором, усиливающим поражаемость абрикоса в Дагестане, является высотный уровень

произрастания сообщества, и это влияние достоверно на самом высоком уровне значимости. Коэффициент корреляции r_{xy} для плодов составил 0,51, для листьев – 0,13.

По результатам множественного регрессионного анализа поражаемости клястероспориозом плодов выделены три достоверных экологических предиктора с учётом мультиколлинеарности. Величина коэффициента детерминации (r²) показала высокий относительный вклад и положительную зависимость от количества осадков в тёплый период (bio18) на поражаемость плодов, а для листьев – отрицательную зависимость с минимальной температурой самого холодного месяца (bio6).

Таким образом, усиление поражаемости клястероспориозом является одним из лимитирующих факторов, ограничивающих распространение абрикоса в высотном направлении, что связано с уменьшением температур и возрастанием осадков. На основе анализа поражаемости абрикоса в высотном направлении можно утверждать, что рентабельное производство абрикоса в Дагестане ограничено высотой до 1100 м, выше которой естественная поражаемость значительно возрастает.

Полученные новые результаты анализа поражаемости абрикоса клястероспориозом углубляют понимание адаптивных изменений, происходящих в природных популяциях *Prunus armeniaca* L. вдоль высотного градиента, и могут быть использованы для прогнозирования дальнейшего распространения «инвазии» вида за пределы Дагестана, а также при расширении культуры абрикоса.

Финансирование

Исследование было проведено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (темы № 125012300678-7 «Ботанические ресурсы и устойчивость лесных экосистем Восточного Кавказа» и № 125021302129-4 «Комплексная оценка состояния биологических ресурсов и мониторинг природных экосистем Дагестана»).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит никаких исследований с участием живых организмов в экспериментах, выполненных кем-либо из авторов.

Литература

- Абрикос / под ред. В.К. Смыкова. М.: Агропромиздат, 1989. 240 с.
- Алейникова Н.В. Особенности развития класстероспориоза и коккомикоза в современных условиях // Технологии, инновации. 2011. № 5. С. 40–43.
- Анатов Д.М., Османов Р.М. Оценка коллекции абрикоса Горного ботанического сада ДНЦ РАН по устойчивости к класстероспориозу (*Clasterosporium carpophilum* (Lev) Aderh.) в горных условиях Дагестана // Труды КубГАУ. 2019. № 80. С. 31–35.
- Анатов Д.М., Османов Р.М., Асадулаев З.М., Газиев М.А. Экологические и исторические аспекты разнообразия форм абрикоса в Горном Дагестане // Вестник Дагестанского государственного университета. 2015. Т. 30, вып. 1. С. 73–81.
- Байжигитов Ф.М., Хакимов А.А. Некоторые биоэкологические особенности возбудителей класстероспориоза и монилиоиза // Bulletin of Science and Practice. 2018. Т. 4. № 12. С. 268–272.
- Батырханов Ш.Г. Абрикос и персик Дагестана. Буйнакс, 2000. 78 с.
- Боровков А.К., Лукичева Л.А., Горина В.М., Соколовская Ж.С. Биологические особенности новых селекционных форм абрикоса в степной зоне Крыма // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 114. С. 89–94.
- Газиев М.А. Класстероспориоз на абрикосе в Низменном и Предгорном Дагестане // Ботанический вестник Северного Кавказа. 2016. № 2. С. 5–12.
- Голубев А.М. Создание устойчивых к болезням сортов абрикоса в Нижнем Поволжье // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. Т. 59. С. 266–271.
- Дементьева М.И. Болезни плодовых культур. М.: Сельхозиздат, 1962. 240 с.
- Дроник А.А. Поражаемость класстероспориозом интродуцированных сортов вишни в засушливых условиях Северного Прикаспия // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2020. № 1(43). С. 34–38.
- Ковалёв Н.В. Устойчивость абрикоса к класстероспориозу в связи с географическим и генетическим происхождением // В сб.: Абрикос: материалы научной конференции. Ереван, 1970. С. 169–174.
- Мищенко И.Г. Особенности развития класстероспориоза сливы в Краснодарском крае // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2020. Т. 22, № 4(114). С. 350–354.
- Насонов А.И., Мищенко И.Г., Якуба Г.В. Культуральное разнообразие изолятов возбудителя класстероспориоза в насаждениях сливы домашней на юге России // Садоводство и виноградарство. 2025. № 1. С. 51–56.
- Ноздрачева Р.Г., Мелькумова Е.А. Грибные болезни абрикоса // Защита и карантин растений. 2007. № 12. С. 35–36.
- Плохинский Н.А. Алгоритмы биометрии. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1980. 150 с.
- Прах С.В., Мищенко И.Г., Подгорная М.Е. Особенности развития возбудителя класстероспориоза и мониторинг сливовой плодовой гнили в сливовых насаждениях Краснодарского края // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2015. № 35(05). С. 131–141.
- Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. 606 с.
- Скворцов А.К., Крамаренко Л.А. Абрикос в Москве и Подмосковье. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 188 с.
- Снедекор Д.У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии / пер. с англ. В.Н. Перегудова. М.: Сельхозиздат, 1961. 503 с.
- Хусаинова И.В., Ситпаева Г.Т., Бабаев И.В. и др. Чужеродная дендрофлора Алмадинской области и оценка её инвазионности // Российский журнал биологических инвазий. 2023. Т. 16, № 4. С. 118–131.
- Шерстобитов В.В., Колесова М.А. Устойчивость сортов алычи селекции Майкопской опытной станции ВИР к грибным болезням // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2025. Т. 186, № 1. С. 202–209.
- Щеглов С.Н. Современные биометрические методы в сортоизучении // Современные методология, инструментальный оценки и отбора селекционного материала садовых культур и винограда: монография. Краснодар: СКФНЦСВВ, 2017. С. 31–51.
- Шхагапсоев, С.Х., Чадаева В.А., Шхагапсоева К.А. Чёрная книга флоры Кабардино-Балкарской Республики. Нальчик: Изд-во М. и В. Котляровых, 2021. 200 с.
- Шхагапсоев С.Х., Чадаева В.А., Тайсумов М.А., Шхагапсоева К.А. Чёрный список флоры Чеченской Республики // Российский журнал биологических инвазий. 2022. Т. 15, № 3. С. 186–200.
- Adaskaveg J., Ogawa J., Butler E. Morphology and ontogeny of conidia in *Wilsonomyces carpophilus*, causal

- pathogen of shot hole disease of *Prunus* species // Mycotaxon. 1990. Vol. 37. P. 275–290.
- Ahmadpour A., Ghosta Y., Javan-Nikkhah M., Fatahi R., Ghazanfari K. Isolation and pathogenicity tests of Iranian cultures of the shot hole pathogen of *Prunus* species, *Wilsonomyces carpophilus* // Australasian Plant Disease Notes. 2009. Vol. 4. P. 133–134.
- Anatov D.M. Analysis of spatial differentiation of natural populations of *Prunus armeniaca* L. in Dagestan using a complex of bioclimatic indicators // Biological Bulletin. 2025. Vol. 52. № 1 P. 89–98.
- Asadulaev Z.M., Anatov D.M. Spatial structure of *Prunus armeniaca* L. populations in the arid woodlands of Mountainous Dagestan // Arid Ecosystems. 2019. Vol. 9. № 2. P. 104–110.
- Bourguiba H., Scotti I., Sauvage C., Zhebentyayeva T. et al. Genetic structure of a worldwide germplasm collection of *Prunus armeniaca* L. reveals three major diffusion routes for varieties coming from the species' center of origin // Frontiers in Plant Science. 2020. Vol. 11. P. 638.
- Farooq M., Nabi A., Khursheed S. et al. Whole genome sequencing of *Wilsonomyces carpophilus*, an incitant of shot hole disease in stone fruits: insights into secreted proteins of a necrotrophic fungal repository // Molecular Biology Reports. 2023. Vol. 50. P. 4061–4071.
- Faust M., Suranyi D., Nyujto F. Origin and dissemination of apricot // Horticultural Reviews. 1998. Vol. 22. P. 225–267.
- Fick S., Hijmans R. WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas // International Journal of Climatology. 2017. Vol. 37. P. 1–14.
- Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. Very high-resolution interpolated climate surfaces for global land areas // International Journal of Climatology. 2005. Vol. 25. P. 1965–1978.
- Hussain A., Ali S., Muhammad M., Akram W., Hussain S.M., Dawar K. Spatial distribution and risk associated with shot hole disease in apricot (*Prunus armeniaca* L.) in Northern Pakistan // Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2023. Vol. 56, no. 6. P. 433–451.
- Ivanova H., Kalocaiova M., Bolvansky M. Shot-hole disease on *Prunus persica* – the morphology and biology of *Stigmata carpophila* // Folia Oecologica. 2012. Vol. 39. P. 21–26.
- Lalancette N., McFarland K.A., Burnett A.L. Modeling sporulation of *Fusicladium carpophilum* on nectarine twig lesions: Relative humidity and temperature effects // Phytopathology. 2012. Vol. 102, no. 4. P. 421–428.
- Ledbetter C.A. Apricots // Temperate fruit crop breeding, germplasm to genomics / Ed. J.F. Hancock. Springer, 2008. P. 39–82.
- Malik S., Chaudhury R., Dhariwal O., Mir S. Genetic diversity and traditional uses of wild apricot (*Prunus armeniaca* L.) in high-altitude north-western Himalayas of India // Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization. 2010. Vol. 8, no. 3. P. 249–257.
- Marin-Felix Y., Groenewald J., Cai L., Chen Q. et al. Genera of phytopathogenic fungi: GOPHY 1 // Studies in Mycology. 2017. Vol. 86. P. 99–216.
- Mehlenbacher S.A., Cociu V., Hough L.F. Apricots (*Prunus*) // Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops / Eds J.N. Moore, J.R. Ballington. Acta Horticulturae. 1991. Vol. 290. P. 63–109.
- Nabi A., Padder B., Dar M., Ahmad M. Morpho-cultural, pathological and molecular variability in *Thyrostoma carpophilum* causing shot hole of stone fruits in India // European Journal of Plant Pathology. 2018. Vol. 151. P. 613–627.
- Pinar H., Unlu M., Ercisli S. Determination of genetic diversity among wild grown apricots from Sakit valley in Turkey using SRAP markers // Journal of Applied Botany and Food Quality. 2013. Vol. 86, no. 1. P. 55–58.
- Tanwar B., Modgil R., Goyal A. Effect of detoxification on biological quality of wild apricot (*Prunus armeniaca* L.) kernel: Biological quality of detoxified wild apricot kernel // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2019. Vol. 99. P. 517–528.
- WorldClim. WorldClim climate data base [Электронный ресурс] // WorldClim. 2020. <https://worldclim.org/data/worldclim21.html> (проверено 01.10.2025).
- Ye S., Jia H., Cai G., Tian C., Ma R. Morphology, DNA phylogeny, and pathogenicity of *Wilsonomyces carpophilus* isolate causing shot-hole disease of *Prunus divaricata* and *Prunus armeniaca* in wild-fruit forest of Western Tianshan Mountains, China // Forests. 2020. Vol. 11. P. 319.
- Zhebentyayeva T., Ledbetter C., Burgos L. et al. Apricot // Fruit Breeding. Handbook of Plant Breeding 8 / Eds M.L. Badenes, D.H. Byrne. N.Y.: Springer Science+Business Media, 2012. P. 415–458.

NATURAL CENOPOPULATIONS OF *PRUNUS ARMENIACA* (L.) (ROSACEAE) AS AN OBJECT OF SECONDARY INVASION OF THE PHYTOPATHOGEN *WILSONOMYCES CARPOPHILUS* (LEV.) ADASK.) (BOTRYOSPHERACEAE) IN THE NATURAL CONDITIONS OF MOUNTAINOUS DAGESTAN

© 2026 Anatov D.M.^{1,2}

¹ Precaspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre of the RAS, Makhachkala, 367000, Russia

² Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Research Centre of the RAS, Makhachkala, 367000, Russia
e-mail: djalal@list.ru

The new data on the spread of shot-hole disease (*Wilsonomyces carpophilus* (Lev.) Adask.) in apricot natural coenopopulations (*Prunus armeniaca* L.) of Intramountainous Dagestan are given. The influence of the main abiotic environmental factors affecting the spread of shot - hole disease was analyzed in fruit and leaves and assessed in 17 coenopopulations and 468 trees. It has been found that fruit are more highly injured by the pathogen (3.2 points) than leaves (1.3 points). As revealed, the altitude above sea level is the main limiting factor facilitating an increased pathogen infestation. The influence of the altitude level inside the river basins and taking into account the slope exposures is noted. Based on the results of one-way variance and regression analyses, the influence of the linear contribution of the altitude gradient to the overall variance has been proved. The coefficient of determination confirmed the significant contribution of the altitude level to the incidence of shot -hole disease in fruit ($r^2=25,8\%$) and weak for leaves ($r^2= 1,7\%$). The linear correlation coefficient r_{xy} for fruit was 0,51, for leaves 0,13. Modeling shot-hole disease of fruit and leaf damage taking into account multicollinearity showed a high relative contribution of precipitation during the warm period (bio18) to fruit injury, and a negative contribution for leaves with the minimum temperature of the coldest month (bio6). It is assumed that the cost effectiveness of apricot cultivation in Intramountainous Dagestan is limited to 1200 m above sea level, taking into account micro-conditions, above which the natural infectability of fruit increases significantly.

Keywords: wild apricot, *Wilsonomyces carpophilus* (Lev.) Adask.), high-altitude gradient, slope exposures, fruit, leaves, Intramountainous Dagestan.