

Об адаптации *Berberis aquifolium* в лесных сообществах Южного берега Крыма

Бондаренко З. Д., Багрикова Н. А.

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
Ялта, Россия,
dreada2803@mail.ru, nbagrik@mail.ru

В статье дана характеристика эдафо-климатических условий лесных сообществ Южного берега Крыма, в которых отмечается инвазионный вид *Berberis aquifolium*. По результатам геоботанического обследования сообществ, проведения кластерного, ординационного анализа методом фитоиндикации определены амплитуды следующих факторов: освещенности ценозов (Lc), температурный режим (Tm), континентальность климата (Kn), увлажнение почвы (Hd), реакция субстрата (Rc), содержание минерального азота в почве (Nt). Изученные сообщества довольно близки по показателям континентальности климата и реакции субстрата. Сообщества в смешанных и хвойных лесах с участием *Pinus pallasiana* среднего пояса (класс Erico-Pinetea) отличаются наибольшей амплитудой и высокими значениями параметров освещенности и температурного режима. В пушистодубово-грабниковых сообществах (класс Quercetea pubescentis) в нижнем поясе выявлены наибольшие по значению параметры увлажнения и содержания минерального азота в почве. Высокий размах по большинству эдафо-климатических факторов свидетельствует о том, что *Berberis aquifolium* имеет достаточно широкие экологические амплитуды, что позволяет виду внедряться в разные типы растительных сообществ. Полученные данные подтверждают высокую степень адаптации вида к природным условиям Южного берега Крыма.

Ключевые слова: чужеродные растения, кластерный, ординационный анализ, растительные сообщества, факторы среды, экологические шкалы, заповедные территории, Крымский полуостров.

ВВЕДЕНИЕ

Стремительный рост вторжения чужеродных растений определяет глобальный характер проблемы, так как инвазионные виды являются одной из основных причин потери биоразнообразия во всем мире, а исследования актуальны и востребованы. При изучении путей инвазии за последние сотни лет установлено, что именно интродукция является основным путем для распространения более чем половины всех инвазионных растений по всему миру, в том числе на территории Крымского полуострова. В Крыму из 70 видов, имеющих 1-й, 2-й и 3-й инвазионные статусы, 52 относятся к интродуцированным в разное время растениям (Bagrikova, Skurlatova, 2021). Установлено, что не менее 14 видов отмечаются на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) Южного берега Крыма (Багрикова и др., 2021). Из них *Berberis aquifolium* Pursh. проходит полный жизненный цикл, отмечается в разных по видовому составу фитоценозах, в том числе в лесных сообществах Горного Крыма (Багрикова и др., 2021a, 2021б; Багрикова, Бондаренко, 2021, 2022; Бондаренко, 2021 и др.).

Цель работы – выявить особенности адаптации инвазионного вида *B. aquifolium* к условиям вторичного ареала на основе применения методов ординации и фитоиндикации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являлись лесные сообщества с участием *Berberis aquifolium* на двух заповедных территориях Горного Крыма («Ялтинский горно-лесной» и «Мыс Мартыан»). Исследования выполнены по общепринятым методикам в 2019–2021 годах. При описании выявляли полный флористический состав, участие видов оценивали по шкале обилия-покрытия Ж. Браун-Бланке (Миркин и др., 2001): r – вид встречен единично; + – вид

встречается редко 3–10 шт. (ПП 3–5%); 1 – число особей велико (до 100 шт.) (ПП 5%); 2 – от 6 до 25 %; 3 – от 26 до 50 %; 4 – от 51 до 75 %; 5 – выше 75 %.

Анализ распространения вида показал, что на территории «Мыса Мартьян» он встречается с незначительным обилием, поэтому для выявления особенностей его адаптации к условиям вторичного ареала в комплексный анализ включены 48 геоботанических описаний, выполненных в нижнем и среднем лесных поясах на территории «Ялтинского горно-лесного» заповедника.

База данных описаний создана в программе TURBOVEG 2.0 (Hennekens, Schaminee, 2001). Для их анализа применялись количественные методы, в том числе кластерный анализ с помощью программы JUICE (Tichy, 2002) и интегрированного в неё алгоритма PC-ORD 5.0 (McCune, Mefford, 2006), а также ординационный анализ на основе программы Past 3.26 (Hammer et al., 2001).

Статистическая обработка данных выполнена с помощью пакетов программ MS Excel 2010, STATISTICA 10. Для выявления экологических особенностей сообществ использован метод фитоиндикации. Экологические амплитуды сообществ приведены по шкалам Г. Элленберга (Ellenberg et al., 2001).

Названия высших единиц растительности приведены согласно EuroVegChecklist (Mucina et al., 2016) с учетом сведений по классификации растительности Крыма (Корженевский и др., 2003; Дубина и др., 2019), названия видов – по базе данных Plant of the World On-line (POWO, 2024).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании полученных результатов установлено, что натурализовавшиеся растения *Berberis aquifolium* на Южном берегу Крыма встречаются в нарушенных местообитаниях (в хозяйственных и рекреационных зонах, вдоль дорог), а также в природных и полуестественных биотопах в нижнем и среднем лесном поясах в смешанных и хвойных лесах в подлеске на высотах от 160 до 535 м н. у. м., которые относятся согласно EuroVegCheckList к двум классам растительности – *Erico-Pinetea* Horvat 1959, *Quercetea pubescentis* Doing-Kraft ex Scamoni et Passarge 1959 (Бондаренко, 2021; Багрикова и др., 2021a, 2021b).

Результаты кластерного анализа 48 геоботанических описаний позволили выделить пять фитоценонов (ФЦ), которые объединяются в две группы (рис. 1).

Во всех описанных сообществах с высоким постоянством отмечены *Quercus pubescens* Willd., *Carpinus orientalis* Mill., *Cornus mas* L., *Pinus pallasiana* D. Don, *Hedera helix* L. Кроме них часто встречаются *Juniperus deltoides* R.P.Adams., *Torminalis glaberrima* (Gand.) Sennikov & Kurtto, *Ruscus aculeatus* L., *Euphorbia amygdaloides* L.

Первая группа (ФЦ 1 и 2) объединяет пушистодубово-грабинниковые сообщества, распространенные в нижнем поясе Крымских гор, относящиеся к союзу *Carpino orientalis-Quercion pubescentis* Korzhenevsky et Shelyag-Sosonko 1983, порядка *Quercetalia pubescenti-petraeae* Klika 1933, класса *Quercetea pubescentis*. В древесном ярусе кроме диагностических видов союза с высоким постоянством встречаются *Acer campestre* L., *Cornus domestica* (L.) Spach, в травяно-кустарничковом покрове – *Daphne laureola* L., *Lapsana communis* L., *Carex divisa* Huds., *Hippocrepis emerus* (L.) Lassen.

Сообщества ФЦ 1 описаны в основном на высоте от 240 до 460 м н.у.м на склонах юго-восточной и южной экспозиций в западной части заповедника в Алупкинском, Ливадийском и Оползневском лесничествах в окрестностях поселка Горное (280–300 м н. у. м.), на горе Ай-Никола (330–345 м н. у. м.), в окрестностях поселков Олива, Санаторное, Бекетово, на тропе «Шайтан-Мердвень» (400–460 м н. у. м.) (рис. 2). Растительность представлена дубово-сосново-грабинниковыми или дубово-грабинниково-кизилловыми сообществами, во втором ярусе с высоким постоянством отмечается *J. deltoides*. Общее число видов – 60. Экологическая плотность *B. aquifolium* составляет 12 особей / 100 м², обилие – 1–2 балла.

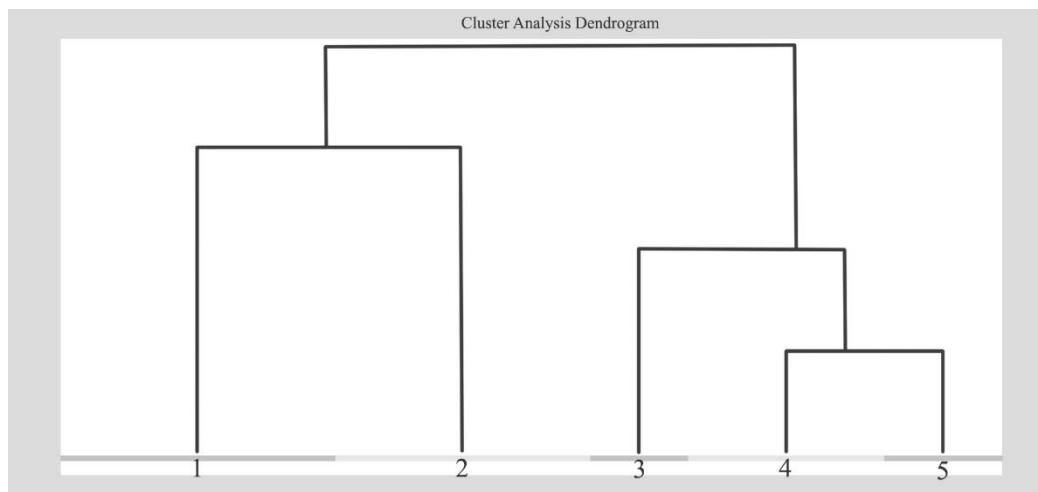


Рис. 1. Дендрограмма дифференциации сообществ с участием *Berberis aquifolium* (кластерный анализ, PC-ORD)

По горизонтали: фитоценоны (1–5), описание которых дано в тексте статьи.

Сообщества ФЦ 2 описаны на горе Ай-Никола на высоте 160–320 м н. у. м., на склонах северо-восточной экспозиции. Растительность представлена дубово-сосново-грабинниковыми сообществами, в них также отмечены *Tilia cordata* Mill., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Euonymus verrucosus*, *E. latifolius*, *Dictamnus albus* L., *Ruscus hyppoglossum* L., представители семейства *Orchidaceae* и выявлено наибольшее флористическое разнообразие – 65 видов, но обилие *B. aquifolium* составляет до 1 балла при наименьших значениях экологической плотности (7–8 особей / 10 м²) (Бондаренко, 2021).

Во вторую группу (ФЦ 3, 4 и 5) объединены сообщества хвойных и смешанных лесов союза *Pinion pallasianae* Korzhenevsky 1998, порядка *Pinetalia pallasianae-kochianae* Korzhenevsky 1998, класса *Erico-Pinetea*, описанные восточной части заповедника в Гурзуфском лесничестве в среднем лесном поясе на высоте от 250 до 550 м н. у. м., на склонах от юго-западной до западной экспозиций (рис. 2). В первом ярусе доминируют *Pinus pallasiana*, *Quercus pubescens*, редко встречается интродуцированные виды *Abies nordmanniana* (Steven) Sprach, *A. pinsapo* Boiss, *Juglans regia* L., в травяно-кустарничковом ярусе представлены *Rubus caesius* L., *Teucrium chamaedrys* L., *Carex halleriana* Asso.

Сообщества ФЦ 3 описаны южнее пгт Советское (Лесхоз) (360–380 м н. у. м.), отличаются высокой до 0,8 сомкнутостью древостоя первого и второго ярусов, флористическим разнообразием – 35 видов, высокой экологической плотностью (24 особи / 100 м²) и обилием *B. aquifolium* до 3–4 баллов. Растительность представлена сосново-грабово-кленово-кизилковыми сообществами, в них значительный процент участия приходится на чужеродный вид *Acer platanoides* L., в травяно-кустарничковом покрове доминируют *Arum orientale* subsp. *orientale*, *Tamus communis* L.

Сообщества ФЦ 4 описаны в окрестностях пгт Советское и санатория «Долоссы» (450–535 м н. у. м.) выше глубокой балки. Растительность представлена сосново-дубово-грабинниково-кизилковыми сообществами, средняя сомкнутость древостоя 0,6–0,7, общее число видов – 44 (рис. 2).

В ФЦ 5 входят сообщества, описанные ниже глубокой балки от Верхней Массандры до пгт Советское (325–445 м н. у. м.). Растительность представлена сосново-дубово-грабинниково-кизилковыми сообществами, с высоким постоянством отмечается *T. glaberrima*, отличаются наименьшим количеством видов – 29. Экологическая плотность и обилие *B. aquifolium* составляет 15 особей / 100 м² и 1–2 балла соответственно (Бондаренко, 2021).

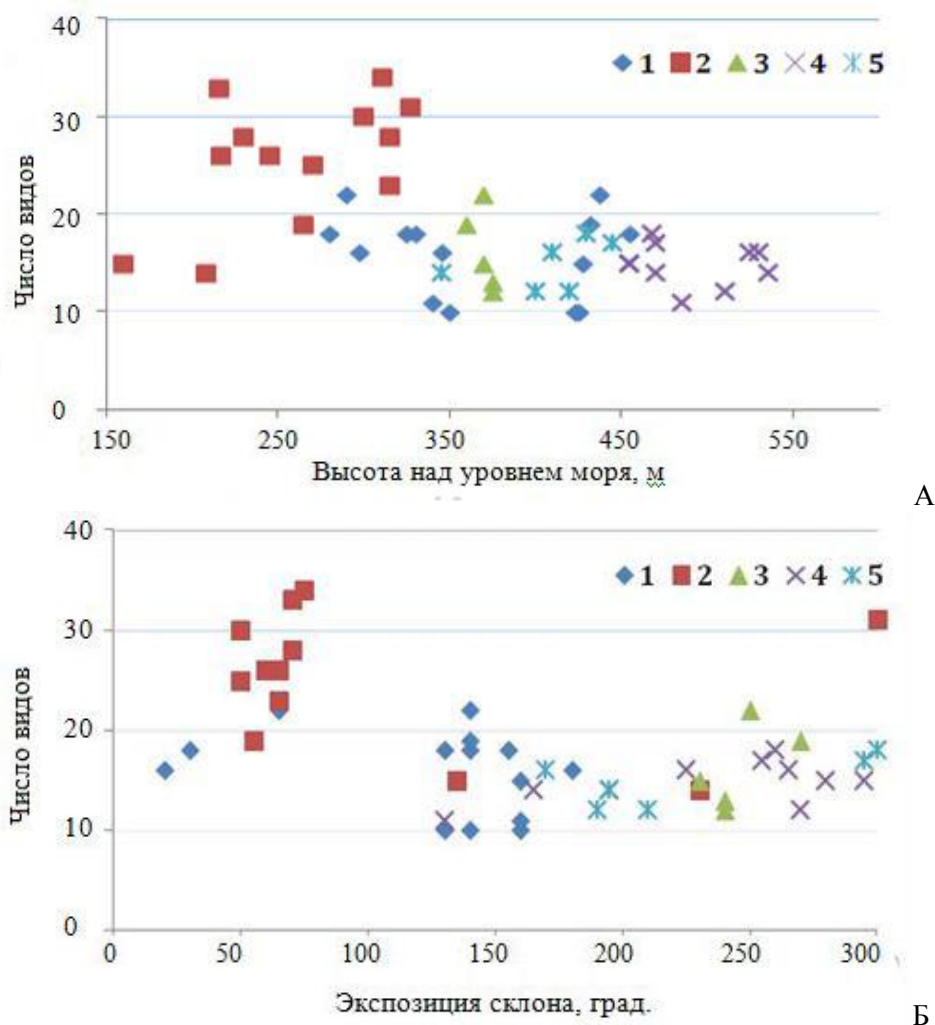


Рис. 2. Эколого-ценотическое распределение сообществ с участием *Berberis aquifolium* по высоте над уровнем моря (А) и экспозиции склона (Б)
Цветом и значками выделены фитоценозы (1–5), описание которых дано в тексте статьи.

Результаты ординационного анализа описаний подтверждают объединение в разные фитоценозы и позволили определить ведущие факторы их дифференциации на градиентах факторов среды (рис. 3).

Сообщества, объединенные в ФЦ 1 и 2 занимают центральную позицию в ординационной матрице и характеризуются средними значениями на градиентах большинства факторов. На градиенте континентальность климата (Кп) все фитоценозы имеют значения 7,8–8,9, что указывает на незначительные отличия по данному фактору. Для сообществ, описанных в балке в районе Лесхоза и объединенных в ФЦ 3, ведущими факторами дифференциации являются режим увлажнения (Нд) и содержание азота в почве (Nt), так как описания расположились вдоль осей этих факторов в крайней правой части ординационной матрицы. Закономерна очень сильная положительная корреляционная связь между данными показателями – 0,86 (табл. 1). Таким образом, они отличаются от других фитоценозов мезофитными условиями (рис. 4, 5). Минимальные значения на градиенте температурного режима (Тм) и реакции субстрата (Rc) указывают на слабокислые и нейтральные почвы в балке. Высокая сомкнутость первого и второго древесного яруса определяет наименьшие значения освещенности (Lc) и температурного режима (Тм).

Крайнее левое положение в матрице занимают сообщества (ФЦ 4 и 5), описанные в окр. пгт Советское и санатория «Долоссы», в которых отмечены максимальные значения освещённости ($L_c=5,3-6,5$), минимальные – увлажнение и содержание минерального азота в почве. При этом ФЦ 5 отличается более ксерофитными условиями, а также более высокими значениями температурного режима (Тм). Закономерно, что достаточно сильная и отрицательная связь выявлена между значениями увлажнения почвы с температурным режимом ($-0,73$) и освещенностью ценозов ($-0,81$) (рис. 3–5; табл. 1).

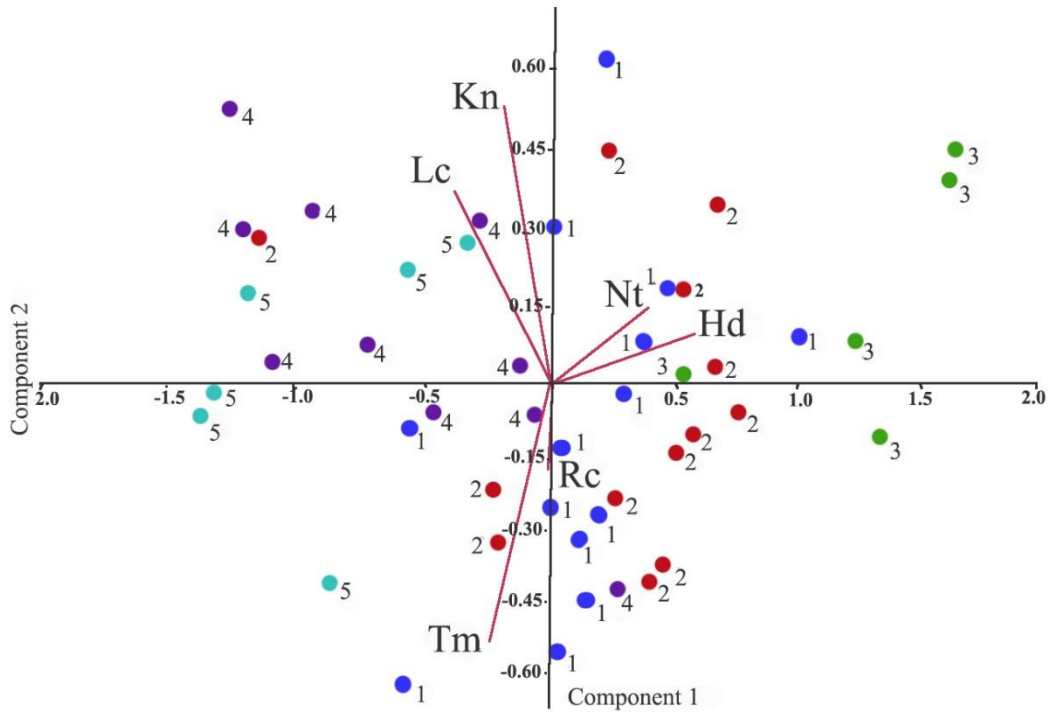


Рис. 3. Ординационный анализ сообществ с участием *Berberis aquifolium* (Past 3.26)
Цифрами (1–5) и цветом выделены фитоценозы, описание которых дано в тексте статьи.

Таблица 1

Корреляционная матрица параметров эдафо-климатических факторов

	Hd	Rc	Nt	Tm	Kn
Hd					
Rc	-0,4006				
Nt	0,8625	-0,3884			
Tm	-0,7307	0,5976	-0,6789		
Kn	-0,5384	0,0023	-0,3595	0,1532	
Lc	-0,8083	0,0607	-0,7304	0,4045	0,5423

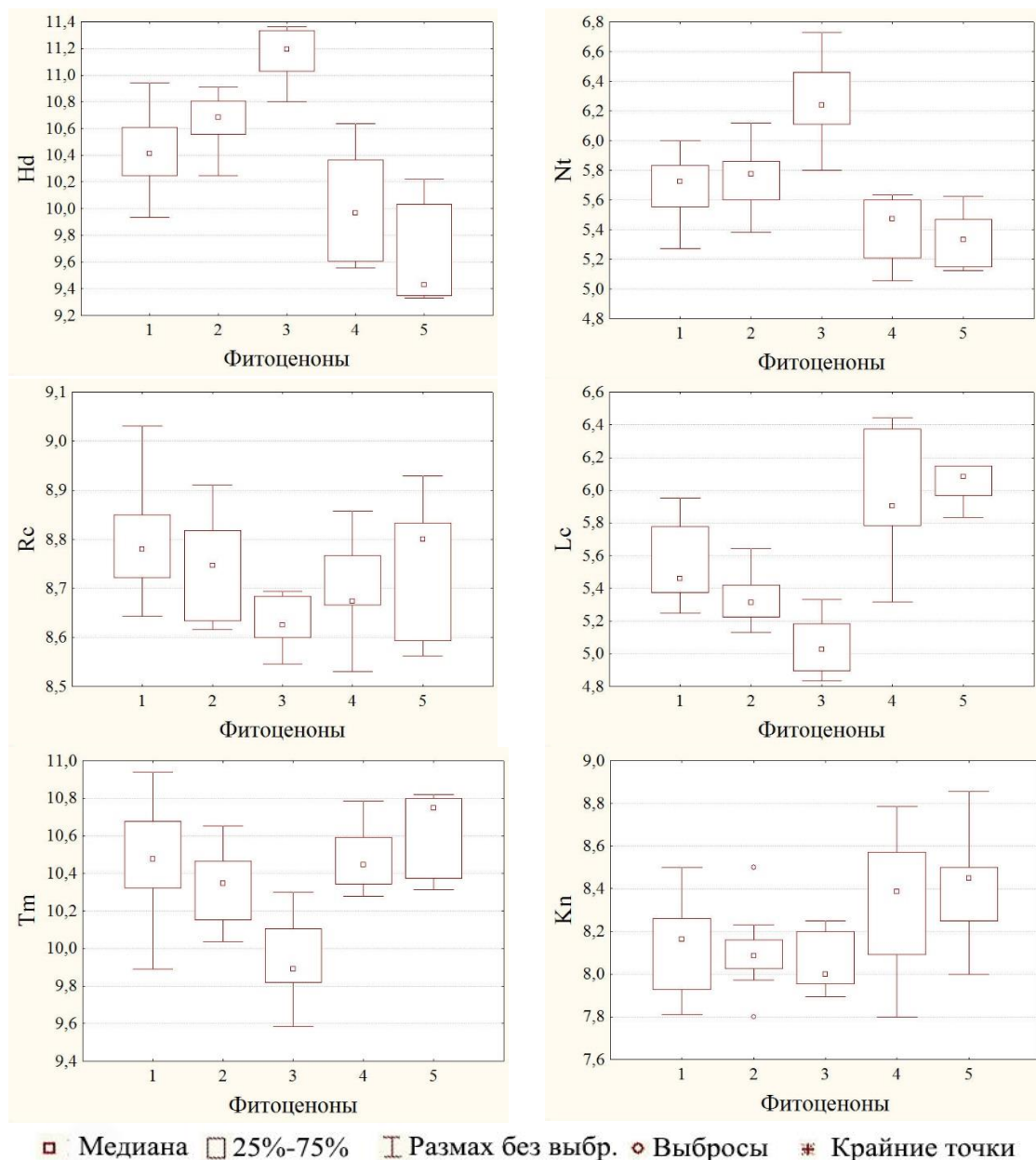


Рис. 4. Экологические амплитуды сообществ с участием *Berberis aquifolium* по шкалам Элленберга

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты ординационного и градиентного анализа показали, что изменяющиеся в разных диапазонах эдафо-климатические условия неоднозначно влияют на дифференциацию сообществ. Эколого-ценотические условия в большинстве из изученных сообществ являются благоприятными для распространения вида в естественные лесные сообщества в условиях вторичного ареала, вид имеет довольно широкую экологическую амплитуду по большинству параметров, что обуславливает его высокую степень адаптации и 2-ой инвазионный статус в изученных сообществах Южного берега Крыма.

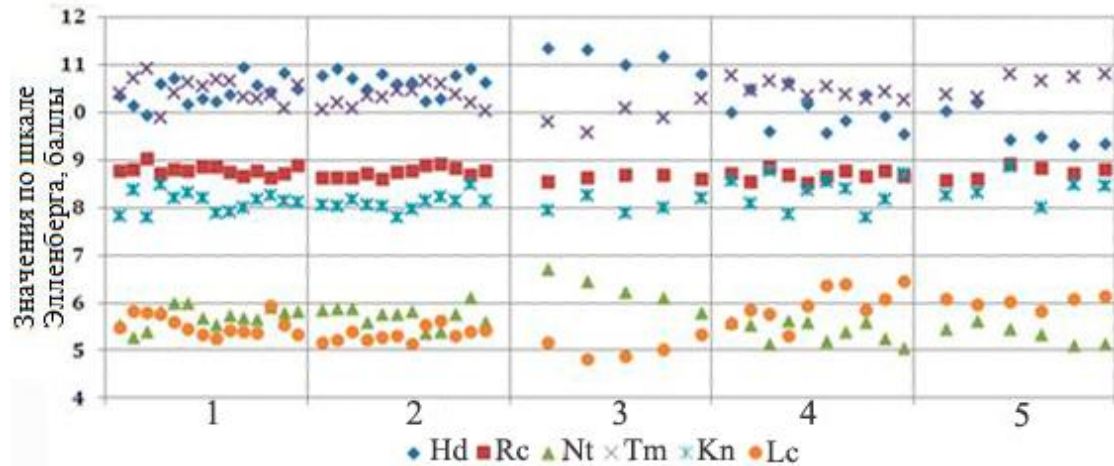


Рис. 5. Изменение параметров эдафо-климатических факторов сообществ с участием *Berberis aquifolium* по экологическим шкалам

Список литературы

- Багрикова Н. А., Бондаренко З. Д. Инвазионные виды растений на территории государственного природного заповедника «Ялтинский горно-лесной» // Горные экосистемы и их компоненты: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2021. – С. 131–132.
- Багрикова Н. А., Бондаренко З. Д., Резников О. Н. О натурализации *Berberis aquifolium* на территории заповедников Южного берега Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2021а. – Вып. 139. – С. 17–28.
- Багрикова Н. А., Плугатарь Ю. В., Бондаренко З. Д., Резников О. Н. Наиболее опасные инвазионные виды растений на особо охраняемых природных территориях Горного Крыма // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». – 2021б. – Вып. 12. – С. 114–148. DOI: 10.36305/2413-3019-2021-12-114-148
- Багрикова Н. А., Бондаренко З. Д. Растения «Черной книги» Республики Крым во флоре Государственного природного заповедника «Ялтинский горно-лесной» // Фитоинвазии: остановить нельзя сдаваться: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Москва, 2022. – С. 119–26.
- Бондаренко З. Д. Возрастная структура ценопопуляций *Berberis aquifolium* на особо охраняемых природных территориях Южного берега Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2021. – Вып. 141. – С. 24–35.
- Корженевский В. В., Багрикова Н. А., Рыфф Л. Э., Левон А. Ф. Продромус растительности Крыма (20 лет на платформе флористической классификации) // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2003. – Вып. 186. – С. 32–63.
- Миркин Б. М., Наумова Л. Г., Соломеш А. И. Современная наука о растительности. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
- Bagrikova N. A., Skurlatova M. V. The Materials to the “Black Book” of the Flora of the Crimean Peninsula // Russian Journal of Biological Invasions. – 2021. – Vol. 12, N 3. – P. 244–257. DOI: 10.1134/S2075111721030036
- Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth V., Werner W. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa [Indicator values of plants in Central Europe] 3rd ed. // Scripta Geobotanica. – 2001. – Vol. 18. – P. 1–262.
- Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontologia Electronica. – 2001. – Vol. 4 (1). – 9 p.
- Hennekens S. M., Schaminée J. H. J. Turboveg, a Comprehensive Data Base Management System for Vegetation Data // Journal of Vegetation Science. – 2001. – Vol. 12. – P. 589–591. DOI: 10.2307/3237010.
- McCune B., Mefford M. PC-ORD. PC-ORD 5.0. Multivariate Analysis of Ecological Data // MjM Software, Gleneden Beach, OR. – 2006.
- Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J. P., Raus T., Čarni A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., García R. G., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko D., Pallas J., Daniëls F. J. A., Bergmeier E., Santos Guerra A., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J. H. J., Lysenko T., Didukh Ya.P., Pignatti S., Rodwell J.S., Capelo J., Weber H.E., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S.M., Tichý L. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities // Applied Vegetation Science. – 2016. – Vol. 19 (1). – P. 3–264.
- Plants of the World Online. 2024. URL: <http://www.plantsoftheworldonline.org>.
- Tichý L. JUICE, software for vegetation classification // Journal of Vegetation Science. – 2002. – Vol. 13. – P. 451–453.

Bondarenko Z. D., Bagrikova N. A. About adaptation of *Berberis aquifolium* in forest communities of the Southern coast of Crimea // *Ekosistemy*. 2024. Iss. 37. P. 130–137.

The article discusses the edaphic and climatic conditions of the forest communities on the Southern coast of Crimea, where the invasive species *Berberis aquifolium* was recorded. Based on the results of a geobotanical survey of these communities, cluster and ordination analysis using phytoindicative method, the amplitudes of the following factors were determined: illumination of cenoses (Lc), temperature regime (Tm), continentality of climate (Kn), soil moisture (Hd), substrate reaction (Rc), mineral nitrogen content in soil (Nt). The studied communities are quite similar in terms of the continentality of the climate and substrate reaction. Communities in mixed and coniferous forests with *Pinus pallasiana* of the middle belt (class Erico-Pinetea) are characterized by the highest amplitude and high values of illumination and temperature parameters. The highest level of moisture and mineral nitrogen content in the soil were registered in the low belt of the downy oak-and-hornbeam communities (class Quercetea pubescentis). The significant range of edaphic and climatic factors indicates that *Berberis aquifolium* has sufficiently wide ecological amplitudes. It allows the species to be introduced into various types of plant communities. The obtained data confirm the high level of adaptation of the species to the natural conditions of the Southern coast of Crimea.

Keywords: alien plants, cluster, ordination analysis, plant communities, environmental factors, ecological scales, Reserve Areas, Crimean Peninsula.

Поступила в редакцию 22.02.24

Принята к печати 11.03.24