

УДК 581.527.4 (470.67)

DOI: 10.33580/2409-2444-2020-6-2-34-45

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ РЕДКОГО ВИДА *NONEA DECURRENS* (С.А. МЕУ.) G. DON FIL В ПРЕДГОРЬЯХ ДАГЕСТАНА

А.М. Гасанова*, Е.В. Яровенко, А.Э. Шихрагимова
Дагестанский государственный университет, РФ, г. Махачкала
*gasanowaazra@yandex.ru

Данная работа проведена в рамках многолетнего комплексного изучения эндемичного вида Восточного Кавказа — *Nonea decurrens* (С.А. Меу.) G. Don fil и посвящена исследованию пространственного размещения особей вида в различных экологических условиях на 6-и модельных площадках в нижних предгорьях Дагестана.

Определение типа пространственного размещения было проведено с применением метода квадратов и подтверждено статистическими тестами Хи-квадрат и индекс Одума.

Выявлено, что на территории произрастания особи *Nonea decurrens* размещены контагиозно. При обследовании заложенных профилей на постоянных площадках выявлены элементарные мелкие и объединенные крупные скопления особей изучаемого вида разных возрастных состояний (прегенеративные и генеративные). Популяционная плотность *Nonea decurrens* на территории произрастания вида составила 0.65 шт/м², протяженность элементарных скоплений на профилях — 8.9 м, а плотность особей в них — 30,4 шт/м². Протяженность промежутков между скоплениями составила 1,1 м, а плотность особей здесь — 0.16 шт/м². Дискретность скоплений установлена на уровне 0.97, что обнаруживает четкое отграничение таковых друг от друга, а степень отдаленности скоплений (0.3) демонстрирует групповой тип размещения особей изучаемого вида на всех модельных площадках.

Ключевые слова: *Nonea decurrens*, популяционные исследования, пространственное размещение, редкие виды, Предгорный Дагестан.

SPATIAL ACCOMMODATION OF A RARE PLANT *NONEA DECURRENS* (С.А. MEY.) G. DON FIL IN THE FOOTHILLS OF DAGESTAN

A.M. Gasanova, E.V. Yarovenko, A.E. Shikhragimova
Dagestan State University

This work was carried out within the framework of a long-term comprehensive study of the endemic species of the Eastern Caucasus — *Nonea decurrens* (С.А. Mey.) G. Don fil and is devoted to the study of the spatial accommodation of individuals of the species in various ecological conditions on 6 model areas in the lower foothills of Dagestan.

Determination of the type of spatial accommodation was carried out using the method of squares and confirmed by the statistical tests Chi-square and Odum's index.

It was revealed that, individuals of *Nonea decurrens* are accommodation in groups on the territory of growth. When examining the established transects on permanent areas, elementary small and united large accumulations of individuals of the studied species of different age states (pregenerative and generative) were revealed. The population density of *Nonea decurrens* in the area where the species grows was 0.65 pieces / m², the length of elementary aggregations on transects was 8.9 m, and the density of individuals in them was 30.4 pieces / m². The length of the intervals between the accumulations was 1.1 m, and the density of individuals here was 0.16 pcs / m². The discreteness of accumulations is set at 0.97, which reveals a clear delimitation of those from each other, and the degree of remoteness of accumulations (0.3) demonstrates the group type of accommodations of individuals of the species under study at all model areas.

Keywords: *Nonea decurrens*, population studies, spatial accommodation, rare species, Foothill Dagestan.

Изучение пространственного размещения особей в популяциях растений имеет огромное значение, так как именно от горизонтальной структуры зависят очень многие важные стороны популяционной жизни вида (Markov, 2012).

Определенные типы территориальной организации могут позволить популяциям наиболее эффективно использовать ресурсы среды, снижая при этом внутривидовую конкуренцию. Это позволяет популяции укрепить свои позиции по отношению к другим видам, населяющим данную территорию. Другое, не менее важное, значение пространственное размещение имеет для обеспечения взаимодействия особей внутри популяции, которая без определенных контактов, не сможет выполнять ни свои видовые функции, ни функции, связанные с участием в экосистеме (Zlobin, 2009).

Особенно важно изучение пространственной структуры эндемичных, реликтовых, охраняемых видов растений, каковым является *Nonea decurrens* (С.А. Mey.) G. Don fil. — стержнекорневой многолетник из семейства бурачниковые, эндемик восточной части Кавказа, уязвимый вид, включенный в Красную книгу Дагестана. В республике изучаемый вид произрастает на очень ограниченной территории (хребет Нарат-Тюбе, Талгинское ущелье, гора Тарки-Тау), являющейся северной границей его ареала. За пределами Дагестана вид произрастает только в Азербайджане (Талыш). Факторы угрозы *Nonea decurrens* — это рекреация, рубка лесов, хозяйственное освоение территорий, выпас скота, сенокошение, общеклиматические изменения (Krasnaya... 2009).

Первичное изучение этого растения в предгорьях Дагестана было начато в 2010 году Яровенко Е.В., а мониторинг популяции вида проводится с 2013 года (Yarovenko, Fetieva, 2013). В целом род *Nonea* изучен слабо, имеются отрывочные сведения преимущественно зарубежных авторов о морфологии, анатомии и химическом составе некоторых других видов данного рода (Karimov, Ali-zade, 2016; Imran et al., 2017; Yeter, 2017).

Таким образом, учитывая необходимость мониторинга данного вида, нами впервые проведены исследования пространственного размещения особей популяции нонеи низбегающей.

Материал и методика

Исследование пространственного размещения особей *Nonea decurrens* в предгорьях Дагестана проводилось, на шести постоянных (модельных) площадках, отличающихся разнообразными экологическими параметрами (высота, экспозиция, крутизна склона, тип растительности, тип почв, степень антропогенного воздействия). Экспедиции осуществлялись в апреле–мае 2020 года в период массового цветения и плодоношения растений.

Нонея низбегающая (*Nonea decurrens*) — это мезофитный травянистый многолетник высотой 20–50 см, размножающийся исключительно семенным путем. Корень вертикальный, толстый, на верхушке часто многоглавый. В зависимости от возрастного состояния особи, на одних головках корня могут образоваться бесплодные розетки, а на других цветоносные побеги. Стебли крепкие, в верхней части железисто-опушенные, несколько бархатистые, щитковидно-ветвистые (Flora..., 1953). Листья широко продолговато-ланцетные (у прикорневых розеток), или яйцевидно-продолговатые (под соцветием), по краю цельные и без ресничек, железисто-опушенные низбегающие по стеблю. Длина их 3–8 см, а ширина — 1–3 см. Прицветные листья крупные, очень острые, яйцевидные, закрывающие цветки (около 3 см). Завитки немногочетковые, при плодах рыхлые, около 3 см в длину. Соцветие в виде короткой щитковидной метелки из коротких сильно олиственных завитков (Litvinskaya, Murtazaliev, 2009). Цветки небольшие, венчик черно-пурпуровый, с коротким или равным трубке отгибом, 8–9 мм длиной и 4–6 мм шириной (Flora..., 1953). Чашечки при плодах колокольчатосферовидных, густо железисто-пушистые, 10–13 мм длиной, с широкими треугольно-острыми зубцами. Орешек обычно один, самый крупный в роде (до 8 мм дл.), яйцевидно-сферовидный, густо-мелкопушистый, морщинисто-сетчатый (Grossgeim, 1940). Цветет в апреле–мае. Вид произрастает на лугах, сухих травянистых склонах предгорий.

Исследования по пространственному размещению особей *Nonea decurrens* проводились на шести модельных постоянных площадках размером 10 на 10 м каждая, расположенных в окрестностях г. Махачкала: на Нараттюбинском хребте, горе Тарки-тау и в Талгинском ущелье (рис. 1).

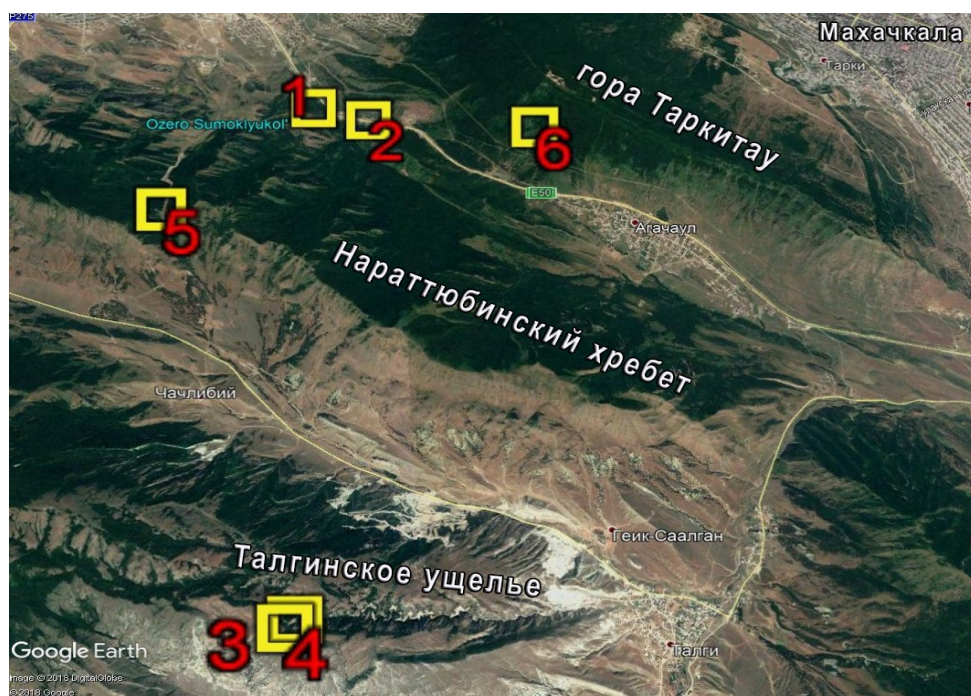


Рис.1. Места локализации *Nonea decurrens*.

Fig. 1. Locations of *Nonea decurrens*.

Нараттюбинский хребт представляет собой моноклираль, сложенную среднемиоценовыми и песчано-глинистыми породами. Климат здесь сухой, теплый и умеренно-континентальный, со средней температурой января (-1)–(-3) °С, июля 24 °С и осадками 350–400 мм в год. Сухой климат и наличие всего двух рек пересекающих район в узких долинах, способствует низкому среднегодовому стоку (15–30 мм) и отсутствию постоянных водотоков. Почвы здесь в основном светло-каштановые и каштановые несколько солонцеватые, к которым приурочены степные и сухостепные разнотравно-злаковые и полынно-разнотравно-злаковые урочища. На вершинах склонов произрастают дубовые и смешанные леса на горно-лесостепных почвах, в ложбинах встречаются лесокустарниковые урочища. Нараттюбинский хребт мало используется в хозяйственном плане из-за малого количества водных источников и расчлененного рельефа, здесь больше развито скотоводство (Атаев, 2014).

Талгинское ущелье представляет собой одно из самых ценных памятников природы Дагестана. Это полностью безводное пространство с выраженным аридным ландшафтом, так как отделено от Каспийского моря Нараттюбинским хребтом и горой Тарки-тау, которые сдерживают облака. В год выпадает не больше 400 мм осадков. Талгинское ущелье имеет общую протяженность около 4 км и ширину в самой узкой части 10–15 метров. Оно состоит из разновысотных известняковых скал, с крутизной склонов от 45° до 90°, перемежающихся осыпями. По мере продвижения в глубь ущелья и увеличения высоты, происходит смена типов растительности: от полупустынной до лесной (Fiziko-geograficheskie..., 2020). Почвенный покров ущелья очень скуден и развит только на пологих склонах и на его дне (Magomedova, Yarovenko, 2014). Несмотря на климатические невзгоды, здесь произрастает более 500 видов растений, из которых 26.7% имеют статус эндемиков, реликтов и охраняемых (Magomedova et al., 2013).

Гора Тарки-тау представляет собой северо-восточный форпост размещения горных ландшафтов Кавказа. Это плато ориентировано с северо-запада на юго-восток. На нем преобладают лесные, лесостепные и сухостепные ландшафты, а местами даже полупустынные

комплексы. Здесь так же умеренно-континентальный климат, с жарким летом ($+20^{\circ}\text{C}$), с очень мягкой зимой (от $+3$ до -1°C) и осадками 410–450 мм в год. Постоянных водотоков на Тарки-тау нет, однако есть много родников, сосредоточенных в основном в Таркинской ложине, и два маленьких озера. Для верхней половины плато и наветренных северных и северо-западных склонов характерны широколиственные лесные ландшафты. Почва здесь горная коричневая, суглинистая. Ниже лесной ландшафт уступает место лесостепным сообществам на светло-каштановых почвах. Южные и юго-восточные склоны характеризуются полупустынными ландшафтами. Самые нижние участки склонов — это антропогенные селитебные комплексы (Тарки, Кяхулай, Альбуркент и Агачаул), где большая часть склонов используется под пастбища крупного рогатого скота, овцеводство и сенокосение. На юго-западном склоне Тарки-тау, где и находится одна из исследуемых нами ценопопуляций, проложен трубопровод, проходит автотрасса «Краснодар–Дербент», а так же, по периферии всей горы сформированы линейно-транспортные комплексы (Атаев, 2014).

Характеристика постоянных модельных площадок приведена в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительные характеристики постоянных площадок с участием *Nonea decurrens* в предгорьях Дагестана

Table 1. Comparative characteristics of permanent sites with *Nonea decurrens* in the foothills of Dagestan

№ площадки area number	экспозиция и крутизна склона, выс. м н.у.м. exposure and steepness of the slope, height a. s. l.	наименование почвы soil name	растительные сообщества plant communities	антропогенное воздействие anthropogenic impact
1.Нарат-тюбе Narat-tyube	восточная 25–30° 215 eastern	темно-каштановый, суглинистый dark chestnut, loamy	разнотравно-злаковое forbs-cereal	регулярное сенокосение, выпас скота regular mowing, grazing
2.Нарат-тюбе Narat-tyube	юго-западная 10–20° 197 south-west	темно-каштановый, суглинистый dark chestnut, loamy	разнотравно-злаковое, с доминированием <i>Amygdalus nana</i> L. herb-cereal, with dominance <i>Amygdalus nana</i> L.	расположение на обочине трассы «Краснодар–Дербент» location on the side of the «Krasnodar–Derbent» highway
3.Талгинское ущелье Talgi gorge	северо-западная 5–15° 578 north-west	предгорный чернозем, суглинистый foothill chernozem, loamy	разнотравно-злаковое, остепненное herb-cereal, steppe	отсутствует absent
4.Талгинское ущелье Talgi gorge	северо-западная 0–10° 589 north-west	светло-каштановый, суглинистый light-chestnut, loamy.	разнотравно-злаковое. herb-cereal	слабый выпас скота, вывоз грунта (разовый) weak cattle grazing, soil removal (one-time)
5.Нарат-тюбе Narat-tyube	южная 35–40° 614 south	предгорный чернозем, суглинистый foothill chernozem, loamy	разнотравно-злаковое. herb-cereal	выпас скота (слабый) livestock grazing (weak)
6.Тарки-тау Tarki-tau	юго-западная 35–45° 440 south-west	темно-каштановый, суглинистый dark chestnut, loamy	разнотравно-злаковое herb-cereal	линейно-транспортные комплексы

Чтобы выявить особенности распределения нонеи избегающей в ценопопуляциях пользовались методом квадратов. Покрыли изучаемую территорию одинаковыми по размеру k пробными площадками (квадратами) в произвольном (случайном) порядке, а так же определили среднее число растений на площадку $\bar{n}$. На листах миллиметровой бумаги в масштабе 1:10 фиксировалось местоположение особей, произрастающих в квадратах, с учетом их возрастных состояний (прегенеративное и генеративное). Для определения плотности особей в квадрате находили среднее на все 100 площадок (Kashin et al., 2015).

Подставив в выражения для вероятностей P нахождения $0-n$ растений на площади вместо ожидаемого числа растений на единицу площади a оценку $\bar{n}$, получили величины ожидаемых вероятностей площадок с этим числом растений нонеи избегающей при условии случайного распределения особей по исследуемой территории. По распределению Пуассона вероятности P устанавливались по формулам:

$$P_0=e^{-a}, \quad P_1=ae^{-a}, \quad P_2=\frac{a^2}{2}e^{-a}, \quad P_3=\frac{a^3}{3!}e^{-a}, \quad P_4=\frac{a^4}{4!}e^{-a}$$

В результате получили ожидаемые доли площадок с этим числом особей. Их умножили на число площадок с этим числом растений ($O = P \times k$) и выяснили, сколько площадок с этим числом особей ожидается. Сравнили фактическое и ожидаемое число площадок с определенным числом особей (если оно совпадает — распределение случайное, если не совпадает — неслучайное, то есть равномерное или групповое).

Правильность определения размещения проверялась с помощью статистических тестов нуль-гипотезы о случайном распределении растений по территории. Один из них — это тест хи-квадрат, второй основан на индексе статистической дисперсии (индекс Одума или Грейг-Смита) (Zhivotovskii, Osmanova, 2019), а третий является некоторой модификацией индекса, предложенного Одумом — индекс дисперсии Соутвуда (I_d) (Kramarenko, 2020).

Тест хи-квадрат основан на вычислении суммы X^2 нормированных отклонений фактических (Φ) численностей от численностей ожидаемых (O) согласно распределению Пуассона: $X^2 = \frac{(\Phi-O)^2}{O}$, которая в случае выполнения нуль гипотезы следует X^2 распределению со степенями свободы $m-2$, где m — это число сравниваемых классов. Точную величину уровня значимости (P) выявили с помощью возможностей табличного редактора *Microsoft Excel*, используя опцию ХИ2РАСП (Zhivotovskii et al., 2019).

Второй тест основан на индексе дисперсии (индекс Одума) и вычисляется как отношение дисперсии числа растений по площадкам (S^2) к среднему числу растений на площадку ($\bar{X}$): $I_{od} = \frac{S^2}{\bar{X}}$. При $I_{od} < 1$ особи распределены в популяции равномерно, при $I_{od} > 1$ особи распределены контагиозно, при $I_{od} = 1$ особи распределены случайным образом (Kashin et al., 2015).

Для проверки с помощью статистического теста, основанного на индексе Одума (индекса Соутвуда), вычислялось его произведение на число степеней свободы $k-1$: $I_d = I_{od}(k-1)$. Математически доказано, что эта величина примерно следует хи-квадрат распределению с $k-1$ степенями свободы. По нему определили уровень значимости (P), воспользовавшись возможностями табличного редактора *Microsoft Excel*. При малом значении P , стремящемся к нулю, считают, что случайность распределения особей маловероятна, в то время как при значении P близком к единице — распределение особей равномерно (Zhivotovskii et al., 2019; Kramarenko, 2020).

Скопления особей изучались, руководствуясь рекомендациями Л. Б. Заугольной (Zaugol'nova, 1994) и своими соображениями. При этом определялся радиус репродуктивной активности (RRA) по следующей методике: между парами особей, которые точками нанесены на миллиметровую бумагу в масштабе 1:10, связанными отношениями «потомок–родитель» измерялись расстояния (парами являлись im-g); определялись среднее арифметическое (радиус репродуктивной активности–расстояние, на которое разлетаются семена) и его ошибка.

Для фиксации скоплений соединялись отрезками точки-особи, которые укладываются в этот радиус. В результате получили определенное количество скоплений на трансекту. В скоплениях фиксировались возрастные состояния особей и их количество.

Протяженность скоплений (L_c), определялась измерением наиболее удаленных точек-особей, с последующим усреднением полученных данных. Площадь скопления определяли как прямоугольник, в который оно вмещалось. Сумма площадей всех таких прямоугольников составляла общую площадь скоплений. Учитывая число особей на все скопления, рассчитали плотность особей в скоплениях (M_c) в расчете на квадратный метр.

Измеряя расстояния между ближайшими скоплениями и усредняя затем эти цифры, определили протяженность промежутков между скоплениями (L_n). Учитывая, что общая площадь трансекты 100 м^2 , зная площадь скоплений, получили площадь промежутков между скоплениями и так смогли определить плотность особей в промежутках между скоплениями в расчете на квадратный метр (M_n).

По формуле, предложенной в «Ценопопуляциях...» (Tsenopopulyatsii, 1977), определили отграниченность скоплений (D_m) друг от друга $D_m = \frac{M_c - M_n}{M_c}$. При сравнении с максимальной степенью отграниченности (1), судили о той или иной степени дискретности скоплений. Степень отдаленности скоплений (D_L), как известно, характеризует относительное расстояние между скоплениями, которое определяли по формуле: $D_L = \frac{L_n}{L_n + L_c}$, где L_n — протяженность промежутков между скоплениями; L_c — протяженность скоплений.

Результаты и их обсуждение

В каждой ценопопуляции на профилях из 100 площадок мы зафиксировали количество особей растений. Вычислив среднее на все 100 площадок, определили популяционную плотность (D) в каждой ценопопуляции. Результаты вычислений приведены в таблице 2.

Таблица 2. Популяционная плотность в исследуемых ценопопуляциях

Table 2. Population density in the studied cenopopulations

№ площадки / area number	1	2	3	4	5	6
Количество особей на 100 м^2 Number of individuals per 100 м^2	110	70	34	53	84	41
Популяционная плотность (D) шт/ м^2 Population density (D) pcs / м^2	1.1	0.7	0.34	0.53	0.84	0.41

По методу квадратов на изучаемых локалитетах произвольно были выбраны по 10 площадок размером 1 м^2 ($k=10$ для каждой ценопопуляции) и получили сведения о количестве особей на площадках, а так же среднее арифметическое число особей по десяти площадкам $\bar{n}$ (табл. 3).

Таблица 3. Распределение числа особей *Nonea decurrens* по пробным площадкам в изучаемых ценопопуляциях

Table 3. Accommodation of the number of individuals of *Nonea decurrens* by sample areas in the studied cenopopulations

№ пл. No. of area	$\bar{n}$	S^2	$S^2/\bar{n}$	Число растений по частотам на площадках ($k=10$)							
				0	1	2	3	4	5	6	7
1	2.5	4.94	1.98	3	1	1	1	2	1	1	0
2	2.3	3.79	1.65	3	1	1	1	3	1	0	0
3	1.4	2.04	1.46	4	1	3	1	1	0	0	0
4	1.9	4.32	2.27	4	1	1	2	1	0	1	0

5	1.6	2.46	1.54	3	2	2	1	2	0	0	0
6	2.6	6.04	2.32	2	3	0	2	1	0	1	1

Примечание: № пл. — номер площадки; $\bar{n}$ — среднее арифметическое число особей по десяти площадкам; S^2 — значение дисперсии по площадкам.

Note: No. of area — area number; $\bar{n}$ — the arithmetic mean number of plants over ten areas; S^2 — variance by areas.

Подставив эти значения в формулу, получили вероятность нахождения особей в пределах любого участка единичной площади. Значение показательной функции ($e=2.71828182$ — основание натуральных логарифмов) приведены из справочных материалов. Зная вероятности площадок с разным числом растений, мы вычислили ожидаемое число площадок «О» с данным числом растений перемножением этих вероятностей и общего числа площадок k .

Величины вероятностей нахождения 0–1–2–3–4–5–6 растений на площадке №1 (Нарат-тубе): $P_0=2.71828^{-2.5}=0.083$; $P_1=2.5*2.71828^{-2.5}=0.207$; $P_2=3.12*2.71828^{-2.5}=0.259$; $P_3=2.604*2.71828^{-2.5}=0.216$; $P_4=1.627*2.71828^{-2.5}=0.135$; $P_5=0.813*2.71828^{-2.5}=0.067$; $P_6=0.339*2.71828^{-2.5}=0.028$;

Ожидаемые числа площадок со столькими растениями: $O_0=0.083*10=0.83$; $O_1=0.207*10=2.07$; $O_2=0.259*10=2.59$; $O_3=0.216*10=2.16$; $O_4=0.135*10=1.35$; $O_5=0.067*10=0.67$; $O_6=0.028*10=0.28$; Подобным образом провели расчеты для всех площадок, результаты приведены в таблице № 4.

Таблица 4. Сравнение фактического и ожидаемого по Пуассону числа площадок с разным числом растений *Nonea decurrens* на площадках

Table 4. Comparison of the actual and expected Poisson number of areas with different numbers of plants *Nonea decurrens* on areas

№ пл. No. of area	I_d	P		Число растений по частотам на площадках ($k=10$)						
				0	1	2	3	4	5	6
1	17.73	0.03								
			Ф (A)	3	1	1	1	2	1	1
			О (E)	0.83	2.07	2.59	2.16	1.35	0.67	0.28
2	14.85	0.09	Ф (A)	3	1	1	1	3	1	
			О (E)	1.01	2.32	2.66	2.03	1.2	0.53	
3	13.14	0.15	Ф (A)	4	1	3	1	1		
			О (E)	2.47	3.47	2.42	1.13	0.39		
4	20.43	0.01	Ф (A)	4	1	1	2	1	1	
			О (E)	1.51	2.87	2.73	1.7	0.81	0.3	
5	13.86	0.12	Ф (A)	3	2	2	1	2		
			О (E)	2.04	3.26	2.61	1.49	0.59		
6	20.88	0.01	Ф (A)	2	3	2	1	1	1	
			О (E)	0.76	1.98	4.45	2.2	1.41	0.7	

Примечание: № пл. — номер площадки; I_d — индекс Соутвуда; X^2 — «хи-квадрат» на соответствие распределению Пуассона; P — уровень значимости индекса дисперсии; Ф — фактическое количество площадок; О — ожидаемое количество площадок;

Note: No. of area — area number; I_d — Southwood index; X^2 — «chi-square» on the Poisson distribution; P — variance index significance level; A — actual number of areas. E-expected number of areas.

В таблице 4 ожидаемые и фактические числа площадок с 0, 1, 2, 3, 4, 6 и 7 особями не соответствуют друг другу: они отличаются наиболее значимо по количеству площадок с 0, 1, 2 и 3 растениями. Однако полагаться только лишь на глазомерную оценку нельзя, так как иногда она может подводить. Для объективности выводов, о типе распределения растений, проверим значимость этих различий между наблюдаемыми и ожидаемыми данными, применив тест хи-квадрат к данным таблицы 4.

В табл. 4 почти все ожидаемые численности заметно меньше 3, так что тест хи-квадрат неприменим. Хотя все фактические и ожидаемые численности плохо соответствуют друг другу, что говорит о том, что распределение далеко от случайного.

Обратимся теперь ко второму тесту, основанному на индексе дисперсии (индекс дисперсии Соутвуда, который вычисляется как его произведение на число степеней свободы $k-1$): $I_d = I_o \cdot (k-1)$. Подставив соответствующие значения в формулу мы получаем: Пл №1 — 17.73; Пл №2 — 14.85; Пл №3 — 13.14; Пл №4 — 20.43; Пл №5 — 13.86; Пл №6 — 20.88; Все значения индекса Соутвуда значительно больше 1. Это указание на то, что растения распределены по территории по групповому типу.

При этом установили по табличному редактору *Excel*, используя функцию ХИ2РАСП, что этим величинам соответствуют уровни значимости индекса дисперсии (P) (табл. 4).

Третий тест с помощью которого можно подтвердить полученные методом квадратов результаты распределения особей нонеи избегающей, является индекс Одума. Индекс Одума вычисляется как отношение значения дисперсии по площадкам (s^2) к среднему арифметическому числу особей на площадках ($\bar{n}$). Подставив соответствующие значения в формулу, мы получили следующие значения индекса Одума (I_o) для площадок: №1 — 1.97; №2 — 1.65; №3 — 1.46; №4 — 2.27; №5 — 1.54; №6 — 2.32;

Значения индекса Одума оказались больше единицы ($I_o > 1$), что соответствует правому хвосту распределения I_o на рис. 2, то есть особи нонеи избегающей в этих ценопопуляциях распределены контагиозно (агрегировано или скоплениями, кучно).

Таким образом, проанализировав с помощью статистических критериев и получив объективные количественные оценки, мы установили групповой тип размещения растений популяции *Nonea decurrens* в Предгорьях Дагестана.

Изучение протяженности скоплений и промежутков между ними. Для изучения скоплений особей на площадках в первую очередь мы определили радиус репродуктивной активности нонеи избегающей, путем измерения расстояния между парами особей связанных отношениями «потомок–родитель». Далее нашли среднее арифметическое и его ошибку. Для наших площадок он составил: Пл №1: 31.3 ± 3.36 ; Пл №2: 53.75 ± 11.43 ; Пл №3: 72.86 ± 14.26 ; Пл №4: 38.85 ± 4.35 ; Пл №5: 12.5 ± 2.5 ; Пл №6: 15.54 ± 2.16 .

При соединении особей, связанных радиусом репродуктивной активности, на картах-схемах площадок были нанесены скопления особей нонеи избегающей. Полученные таким образом скопления нами названы как элементарные или скопления первого уровня агрегированности. Данные, о скоплениях элементарного уровня, представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5. Данные по элементарным скоплениям *Nonea decurrens*
Table 5. Data on elementary accumulations of *Nonea decurrens*

№ / №	Число особей (шт) в элементарных скоплениях: g (im) / Number of plants (pc), in elementary accumulations clusters: g (im)						Площадь скоплений м ² Accumulation area m ²					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	4	5	3	2	2	3(2)	1	2	2	0.5	0.4	0.8
2	9(1)	9(1)	6(2)	6(2)	3	5(2)	0.8	0.25	2	1.5	0.5	0.24
3	2	4	4	4(1)	3	6(1)	0.4	1	1	0.8	0.1	0.54
4	2	3(1)	2	3(2)	2	7	0.25	0.7	1	0.3	0.2	0.42
5	3(1)	2	2	2	2	3(1)	0.8	0.8	0.6	0.5	0.9	0.9
6	2	4	4(1)	12(6)	2	3(1)	0.7	0.9	0.5	3	0.1	0.12
7	3	8	9(2)	8(3)	3(2)	2	0.35	1.5	2.5	2.1	0.8	0.6
8	8(3)	3		3(1)	2	4(3)	1.1	0.4		0.8	0.6	0.18
9	3(2)	3		5	2	4(1)	0.8	0.4		1.3	0.6	0.32
10	6(4)	2		2(1)	2	3(1)	0.6	0.2		0.4	0.4	0.4
11	2(1)	2		2	2	7(6)	0.25	0.8		0.5	0.4	0.2

12	7(4)	2				2	1.2	0.1				0.8
13	5(1)	2				2(1)	1.1	0.75				0.6
14	2	2				3(2)	0.8	0.8				0.12
15	2(1)	3(1)				2(1)	0.25	1				0.8
16	17(3)					2	5.2					0.16
17	4(1)						1.1					
18	2(1)						0.25					
19	2						0.3					
20	2(1)						0.2					
21	4(1)						0.8					
Об	91	54	30	49	25	58	17.3	11.6	9.6	11.7	5	7.2
Ср	4.3	3.6	4.3	4.5	2.3	3.6	0.82	0.77	1.4	1.1	0.45	0.45

Примечание: № — номер скопления, №' — номер площадки, g — особи в генеративном состоянии, im — особи в прегенеративном состоянии, Об — общее количество особей во всех скоплениях, Ср — среднее количество особей по всем скоплениям.

Note: № — number of the accumulations, №' — number of the area. g — adult plants. im — young plants. Ob — total number of plants in all accumulations, Sr — average number of plants in all accumulations.

Таблица 6. Данные по элементарным скоплениям *Nonea decurrens*

Table 6. Data on elementary clusters of *Nonea decurrens*

№/№'	Протяженность скоплений L_c , м Length of accumulations L_c , m						Протяженность промежутков между скоплениями L_n , м / Length of intervals between accumulations L_n , m					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	1.2	2.25	2.5	2	0.5	0.75	0.15	1.25	1.5	0.5	0.6	2.5
2	2	2.5	3	2.2	0.4	0.5	0.75	1.15	0.75	0.8	2	0.6
3	1.35	1.15	1.5	2	0.8	0.9	0.75	0.4	0.8	2	0.7	0.8
4	0.9	1.1	1.5	1.5	0.6	0.6	0.75	0.35	0.9	0.8	0.9	1.4
5	1.6	1.1	1.2	1.3	0.55	0.3	0.75	0.45	1.1	1.6	0.7	1.8
6	1.35	1.2	3	2.2	0.6	0.3	1.25	0.4	3	0.5	1.6	0.3
7	1	1.6	3	2.7	0.5	0.3	0.8	0.35		0.75	1.4	1.4
8	1.8	1.1		2	0.43	0.6	0.35	0.3		2.5	0.9	0.4
9	1	0.9		3.3	0.45	0.7	1.5	0.4		2.5	1.2	0.3
10	1.25	0.9		1.7	0.5	0.3	1.25	0.85		1.5	1.3	0.7
11	0.75	1.1		1.3	0.45	0.4	0.4	0.6		1.8	2	0.9
12	1.5	1.3				0.4	0.6	2.5				0.6
13	1.9	1.35				0.3	0.4	0.75				1.2
14	1.3	1.5				0.4	0.6	1.2				0.9
15	0.9	1.3				0.3	0.65	0.3				
16	4					0.4	0.35					
17	1.5						2					
18	1						0.5					
19	1						0.6					
20	0.85						0.6					
21	1.15						0.45					
Ср:	1.4	1.35	2.24	2.1	0.53	0.47	0.7	0.75	1.34	1.4	1.21	0.98

Примечание: № — номер скопления, №' — номер площадки, м — метр, Ср — средняя протяженность скоплений в площадках.

Note: № — number of the accumulation, №' — number of the areas. m — metre, Sr — average extent of accumulations in areas.

Как видно из таблицы 5, скопления могут быть как одновозрастными, так и включать особи разного возрастного состояния. Количество особей в скоплениях от двух до семнадцати. Всего на общую площадь скоплений на площадках (1 пл:17.25; 2 пл:11.6; 3 пл:9.6; 4 пл:11.7; 5 пл:5; 6 пл:7.2) м² приходится соответственно (1 пл:91; 2 пл:54; 3 пл:30; 4 пл:49; 5 пл:25; 6 пл:58) особей нонеи низбегающей. Таким образом, плотность скоплений M_c составляет (1 пл:5.28; 2 пл:4.66; 3 пл:3.13; 4 пл:4.19; 5 пл:5; 6 пл:8.1) штук на квадратный метр. Из таблицы 6 видно, что средняя протяженность таких скоплений для всех площадок, составляет (1 пл:1.4; 2 пл:1.35; 3 пл:2.24; 4 пл:2.1; 5 пл:0.53; 6 пл:0.47) м.

Так же в таблице 6, приведены показатели протяженности промежутков между элементарными (мелкими) скоплениями. Они выявляют размеры меньшие, чем размеры скоплений (в среднем, 1.1 м в сравнении с 1.34). Вычитая из общей площади площадь, занятую особями нонеи низбегающей, мы выяснили, что площадь промежутков между скоплениями составила (1 пл:82.7; 2 пл:88.4; 3 пл:90.4; 4 пл:88.3; 5 пл:95; 6 пл:92.8) м². На эти площади приходятся, (общее число особей на трансекте) — (число особей в скоплениях), то есть по: (1 пл:18; 2 пл:14; 3 пл:4; 4 пл:4; 5 пл:16; 6 пл:26) особей. На квадратный метр промежутков между скоплениями приходится, таким образом, (1 пл:0.22; 2 пл:0.16; 3 пл:0.05; 4 пл:0.06; 5 пл:0.17; 6 пл:0.28) особи (M_n).

При визуальном изучении территорий площадок, мы зафиксировали скопления более высоких уровней: 1) На пл. №1 выделено 3 скопления, объединявших по 2, 4 и 11 элементарных скоплений из 12, 9 и 60 особей. 2) На пл. №2 выделено 2 скопления, объединявших по 2 и 8 элементарных скоплений из 14 и 29 особей. 3) На пл. №3 выделено 1 скопление, которое объединяет 5 элементарных скоплений из 18 особей. 4) На пл. №4 выделено 3 скопления, объединявших по 4, 4 и 3 элементарных скоплений из 15, 27 и 8 особей. 5) На пл. №5 выделено 1 скопление, которое объединяет 7 элементарных скоплений из 15 особей. 6) На пл. №6 выделено 3 скопления, объединявших по 3, 5 и 5 элементарных скоплений из 18, 16 и 16 особей.

Отграниченность скоплений друг от друга составляет по площадкам: 1–0.95; 2–0.97; 3–0.98; 4–0.99; 5–0.97; 6–0.97. Это означает, что скопления довольно четко отграничены друг от друга, так как максимальная степень отграниченности равна единице, в нашем случае показатели приближены к ней.

Степень отдаленности скоплений (D_L), составила по площадкам: 1 — 0.33; 2 — 0.36; 3 — 0.37; 4 — 0.4; 5 — 0.18; 6 — 0.17, которые вполне укладывается в понимание группового размещения особей *Nonea decurrens* на площади популяционного поля.

Выводы

Особи *Nonea decurrens* в популяции предгорного Дагестана размещены агрегированно (контагиозно), что было вычислено с применением метода квадратов и подтверждено критериями Одума и индексом дисперсии Соутвуда.

На изучаемой территории выявлены элементарные мелкие (63) и объединенные крупные скопления (13) особей изучаемого вида.

Популяционная плотность *Nonea decurrens* на территории произрастания вида составила 0.65 шт/м². Протяженность элементарных скоплений на трансектах равна 8.9 м, а плотность особей в них 30.4 шт/м². Протяженность промежутков между скоплениями составила 1.1 м, а плотность особей 0.16 шт/м².

Дискретность скоплений установлена на уровне 0.97, что обнаруживает четкое отграничение таковых друг от друга, а степень отдаленности скоплений 0.3 демонстрирует групповой тип размещения особей нонеи низбегающей во всех исследованных ценопопуляциях.

Литература

- [Ataev] Атаев З. В. 2014. Природа и ландшафты Нараттюбинского хребта и горы Тарки-тау на Восточном Кавказе. *Молодой ученый* 7(66): 247–250.
- [Flora...] *Флора СССР. Т. 19.* 1953. М.–Л.: 751 с.
- [Fiziko-geograficheskie...] *Физико-географические условия. Талгинское ущелье Исти-су. Конспект лекций.* 2020. Махачкала: 23 с.
- [Grossgeim] Гроссгейм А.А. 1940. *Флора Кавказа. Т. 2.* Баку: 284 с.
- Imran M., Muhammad I., Farhat U., Muhammad A., Abdul S., Muhammad R. S., Muhammad S. J., Farman U. 2017. Anticholinesterase and antioxidant potentials of *Nonea micrantha* Bioss. & Reut along with GC-MS analysis. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 17(1): 499. <https://doi.org/10.1186/s12906-017-2004-9>
- Karimov V. N., Ali-zade V. M. 2016. The Systematic Analysis of Species of the *Nonea* Medik. genus in Azerbaijan Flora. *Proceedings Azerbaijan National Academy of Sciences Biological and Medical Sciences* 72(3): 49–58 (на Азерб.).
- [Kashin et al.] Кашин А. С., Крицкая Т. А., Петрова Н. А., Шилова И. В. 2015. *Методы изучения ценопопуляций цветковых растений: учебно-методическое пособие для магистров биологического факультета.* Саратов: 127 с.
- [Krasnaya...] *Красная книга Республики Дагестан.* 2009. Махачкала: 552 с.
- [Kramarenko] Крамаренко С. С. 2020. *Практикум по математическим методам в экологии.* <http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Article/A18/Vol1/Kramar1.html#r212> (Дата обращения: 09 XI 2020)
- [Litvinskaya, Murtazaliev] Литвинская С. А., Муртазалиев Р. А. 2009. *Кавказский элемент во флоре Российского Кавказа: география, созология, экология.* Краснодар: 439 с.
- [Markov] Марков М. В. 2012. *Популяционная биология растений.* М.: 387 с.
- [Magomedova, Yarovenko] Магомедова М. А., Яровенко Е. В. 2014. Сравнение таксономического и географического спектров двух локальных флор Предгорного Дагестана. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* 16(1–3): 779–783.
- [Magomedova et al.] Магомедова М. А., Яровенко Е. В., Аджиева А. И. 2013. *Анализ некоторых локальных флор центрального Предгорного Дагестана.* Махачкала: 130 с.
- [Tsenopopulyatsii] *Ценопопуляции растений (развитие и взаимоотношения).* 1977. М.: 183 с.
- [Yarovenko, Fetieva] Яровенко Е. В., Фетиева В. Э. 2013. Популяционные исследования *Nonea decurrens* (С.А. Мей.) G. Donfil. в Предгорном Дагестане. *Труды Международного форума по проблемам науки, техники и образования.* М.: 146 с.
- Yeter Y. 2017. Anatomical investigations of *Nonea dumanii* (Boraginaceae). *Marmara Pharmaceutical Journal* 21(4): 804–809.
- [Zaugol'nova] Заугольнова Л. Б. 1994. *Структура популяций семенных растений и проблемы из мониторинга.* Дис... д-ра биол. наук. СПб: 70 с.
- [Zhivotovskii, Osmanova] Животовский Л. А., Османова Г. О. 2019. *Популяционная биогеография растений.* Йошкар-Ола: 128 с.
- [Zlobin] Злобин Ю. А. 2009. *Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста.* Сумы: 263 с.

References

- Ataev Z. V. 2014. Nature and landscapes of the Narattyubinskiy ridge and Tarki-tau mountain in the Eastern Caucasus. *Young Scientist* 7 (66). P. 247–250. (In Russ).
- Flora SSSR. T. 19* [Flora of the USSR. Vol. 19.]. 1953. Moscow-Leningrad: 751 p. (In Russ.).
- Fiziko-geograficheskie usloviya. Talginskoe ushchel'e Isti-su. Konspekt lektsii.* [Physical and geographical conditions. Talgi gorge Isti-su. Abstract of lectures]. 2020. Makhachkala: 23 p. (In Russ).

- Grossgeim A. A. 1940. *Flora Kavkaza. T. 2* [Flora of the Caucasus. Vol. 2]. Baku: 284 p. (In Russ.).
- Imran M., Muhammad I., Farhat U., Muhammad A., Abdul S., Muhammad R. S., Muhammad S. J., Farman U. 2017. Anticholinesterase and antioxidant potentials of *Nonea micrantha* Bioss. & Reut along with GC-MS analysis. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 17(1): 499. <https://doi.org/10.1186/s12906-017-2004-9>
- Karimov V. N., Ali-zade V. M. 2016. The Systematic Analysis of Species of the *Nonea* Medik. genus in Azerbaijan Flora. *Proceedings Azerbaijan National Academy of Sciences Biological and Medical Sciences* 72(3): 49–58. (In Azeri).
- Kashin A. S., Kritskaya T. A., Petrova A. S., Shilov I. V. 2015. *Metody izucheniya tsenopopulyatsii tsvetkovikh rastenii: uchebno-metodicheskoe posobie dlya magistrrov biologicheskogo facul'teta* [Methods for studying cenopopulations of flowering plants: teaching aid for masters of the Faculty of Biology]. Saratov: 127 p. (In Russ).
- Krasnaya kniga Respubliki Dagestan* [Red book of the Republic of Dagestan]. 2009. Makhachkala: 552 p. (In Russ.).
- Kramarenko S. S. 2020. *Praktikum po matematicheskim metodam v ekologii* [Workshop on mathematical methods in ecology]. <http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Article/A18/Vol1/Kramar1.html#r212> (Date of access: 09 XI 2020).
- Litvinskaya S. A., Murtazaliev R. A. 2009. *Kavkazskii element vo flore Rossiiskogo Kavkaza: geografiya, sozologiya, ekologiya* [Caucasian element in the flora of the Russian Caucasus: geography, sozology, ecology]. Krasnodar: 439 p. (in Russ).
- Markov M. V. 2012. *Populyatsionnaya biologiya rastenii* [Population biology of plants]. Moscow: 387 p. (in Russ).
- Magomedova M. A., Yarovenko E. V. 2014. Comparison of taxonomic and geographical spectra of two local floras of the Foothill Dagestan. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk.* 16(1-3): 779–783. (in Russ).
- Magomedova M. A., Yarovenko E. V., Adzhieva A. I. 2013. *Analiz nekotorykh lokal'nikh flor tsentral'nogo predgornogo Dagestana* [Analysis of some local floras of Central Foothill Dagestan]. Makhachkala: 130 p. (in Russ).
- Tsenopopulyatsii rastenii (razvitie i vzaimootnosheniya)* [Plant cenopopulations (development and relationships)]. 1977. Moscow: 183 p. (in Russ).
- Yarovenko E. V., Fetiyeva V. E. 2013. Population research of *Nonea decurrens* (C.A. Mey.) G. Don fil. in the Dagestan foothills. *Trudy Mezhdunarodnogo foruma po problemam nauki, tekhniki i obrazovaniya* [Proceedings of the International forum on science, technology and Education]. Moscow: 141. (in Russ).
- Yeter Y. 2017. Anatomical investigations of *Nonea dumanii* (Boraginaceae). *Marmara Pharmaceutical Journal* 21(4): 804–809.
- Zaugol'nova L. B. 1994. *Struktura populyatsii semennikh rastenii i problemy ikh monitoringa*. Dr. Diss. [Population structure of seed plants and problems from monitoring. Dr. Diss.]. Saint-Petersburg: 70 p. (in Russ).
- Zhivotovskii L. A., Osmanov G. O. 2019. *Populyatsionnaya biogeografiya rastenii* [Population biogeography of plants]. Yoshkar-Ola: 128 p. (in Russ).
- Zlobin Y. A. 2009. *Populyatsionnaya ekologiya rastenii: sovremennoe sostoyanie, tochki rosta* [Population ecology of plants: current state, points of growth]. Sumy: 263 p. (in Russ).