

J. Forest. Res. 1989. V. 4. № 2. p. 187-202
 21. Zhang J., Hao Z.Q., Song B., Ye J.,
 Li B.H., Yao X.L. Spatial distribution patterns
 and associations of *Pinus koraiensis* and *Tilia*

amurensis in broad-leaved Korean pine mixed
 forest in Changbai Mountains. Chin. J. Appl.
 Ecol. 2007. V. 18 (8). pp. 1681–1687.

УДК 581.522

DOI: 10.34655/bgsha.2020.59.2.021

Е.А. Тишкина

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАКИТНИКА РУССКОГО *CHAMAECYTISUS RUTHENICUS* (FISCH. EX WOL.) KLASK. В КЕРЖЕНСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

Ключевые слова: *Chamaecytisus ruthenicus*, ценопопуляция, онтогенетическая и демографическая структура, виталитетный спектр, морфологические параметры.

Статья посвящена исследованию биологических особенностей раkitника русского *Chamaecytisus ruthenicus*. Изучена онтогенетическая, демографическая структура и жизненное состояние данного вида. Дана оценка состояния ценопопуляций *Chamaecytisus ruthenicus* в хвойно-широколиственных лесах в буферной зоне Керженского заповедника Нижегородской области. Исследованные ценопопуляции являются нормальными неполночленными, но способными к самоподдержанию. Отсутствие различных состояний особей генеративного и постгенеративного периодов в отдельных случаях объясняется сукцессионным состоянием ценопопуляций. В онтогенезе *Chamaecytisus ruthenicus* выделены 3 периода и 6 онтогенетических состояний. Характерным типом спектра является левосторонний. Преобладание прегенеративной фракции определяет изученные ценопопуляции, как молодые и переходные. Об этом свидетельствуют индексы восстановления и замещения. Они в большинстве ценопопуляций раkitника выше единицы, это говорит об успешном семенном возобновлении. Почти нулевые отметки индекса старения объясняются выпадением большинства особей в генеративном периоде. Установлено, что все ценопопуляции относятся к слабоповрежденным. При корреляционном анализе установлено, что морфологические параметры раkitника зависят от сомкнутости древесного полога. Чем выше сомкнутость, тем больше площадь проекции и объем кроны и тем меньше плотность ценопопуляции, а с увеличением сомкнутости древесного полога раkitник полностью исчезает. На основе анализа демографических показателей и ряда организменных и популяционных признаков было оценено состояние ценопопуляций вида. В результате выявлено, что наиболее благоприятные условия для существования раkitника являются в березняке орляковом.

Е. Tishkina

BIOLOGICAL PECULIARITIES OF *CHAMAECYTISUS RUTHENICUS* (FISCH. EX WOL.) KLASK. IN THE KERZHENSKIY STATE NATURE RESERVE

Keywords: *Chamaecytisus ruthenicus*, coenopopulation, ontogenetic and demographic structure, vitalitet spectrum, morphological parameters.

The article is devoted to the study of biological features of *Chamaecytisus ruthenicus*. The ontogenetic, demographic structure and life status of this species were studied. The assessment of the state of *Chamaecytisus ruthenicus* coenopopulations in coniferous and broad-leaved forests in the buffer zone of the Kerzhensky reserve of the Nizhny Novgorod region is given. The studied

coenopopulations are normal incomplete, but capable of self-support. The absence of different states of individuals of the generative and post-generative periods in some cases is explained by the successional state of coenopopulations. In the ontogenesis of *Chamaecytisus ruthenicus*, 3 periods and 6 ontogenetic states were identified. The characteristic type of spectrum is left-sided. The predominance of the pregenerative fraction determines the studied coenopopulations as young and transitional. This is evidenced by the recovery and replacement indexes. They are higher than one in most broom coenopopulations, which indicates a successful seed renewal. Almost zero marks of the aging index are explained by the loss of most individuals in the generative period. It is established that all cenopopulations are weakly damaged. Correlation analysis showed that the morphological parameters of broom depends on the density of the tree canopy, the higher the density, the greater the projected area and the volume of the crown, and the lower the density of cenopopulations, and with increasing density of the tree canopy broom disappears completely. Based on the analysis of demographic indicators and a number of organizational and population characteristics, the state of coenotic populations of the species was estimated. As a result, it was found that the most favorable conditions for the existence of broom are in the orlyakov birch forest.

^{1,2}**Тишкина Елена Александровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории «Экология древесных растений»; доцент кафедры экологии и природопользования; e-mail: elena.mlob1@yandex.ru

Elena A. Tishkina, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher at the Laboratory "Ecology of woody plants"; Associate Professor of Ecology and nature management Chair; e-mail: elena.mlob1@yandex.ru

¹ФГБУН Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Botanical Garden, Russian Academy of Sciences, Ural Branch, Ekaterinburg, Russia

²Институт леса и природопользования ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург, Россия

Institute of Forest and Environmental Management, The Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

Введение. Благодаря естественному формообразованию в мире растений актуальным является выявление флористических находок и привлечение растений природной флоры в культуру, что способствует расширению декоративного ассортимента. Объектом исследования выбран раkitник русский, имеющий обширный ареал и являющийся пионерным растением, заселяющим все свободные участки после вырубок и других реорганизаций территории, в частности при строительстве железных дорог. Кроме того, это растение имеет лекарственное и декоративное значе-

ние, а также используется для укрепления и украшения откосов [7].

Целью исследования является анализ особенностей онтоморфогенеза и онтогенетической структуры ценопопуляций *Chamaecytisus ruthenicus* в Керженском заповеднике.

Объекты и методы исследования. Исследования проведены на территории буферной зоны Керженского заповедника в заволжской части Нижегородской области (56°30' с. ш., 44°50' в. д.) в подзоне хвойно-широколиственных лесов [5]. Изучены 3 ценопопуляции (ЦП) *Chamaecytisus ruthenicus* (табл.1).

Таблица 1 - Характеристика ценопопуляций *Chamaecytisus ruthenicus*

Номер ценопопуляции	Тип леса	Древостой		Характеристика ценопопуляции					
		состав	сомкнутость древесного полога	общая плот- ность, экз./га	эффе- ктив- ная плот- ность, экз./га	индекс вита- литета, %	морфологические показатели		
							высота, м	площадь проекции кроны, м ²	объем кроны, м ³
1	Сосняк орляковый	ЗБ7С	0,5	985	492	51	0,88±0,05	0,24±0,03	0,08±0,01
2	Березняк орляковый	6ОсЗБ1Д	0,6	444	249	69	1,13±0,06	0,28±0,05	0,13±0,03
3	Сосняк зеленомош- ный	9С1Б	0,6	667	267	52	0,73±0,05	0,38±0,07	0,11±0,03

Для характеристики ценопопуляций применены следующие демографические показатели: индекс возрастности [6, 9], индекс эффективности [3], индекс старения [2], индексы восстановления и замещения [9]. Эффективная плотность каждой ценопопуляции определена исходя из разных онтогенетических состояний на единицу площади. Тип ценопопуляции выявлен по классификации А.А. Уранова [9], О.В. Смирновой [8] и Л.А. Животовского [3]. Рассчитан виталитетный спектр на основе жизненного состояния каждой особи и установлен индекс виталитета ценопопуляции по В.А. Алексееву [1]. Состояние ракитника оценено с использованием комплекса признаков. В качестве организменных признаков были выбраны: высота растения, площадь проекции и объема кроны; среди популяционных – виталитетный спектр, эффективная плотность ценопопуляции, плотность особей на 1 гектар, доля особей в зрелом генеративном состоянии (g_2) и доля особей молодой фракции ($im-g_1$). Для оценки состояния диапазон каждого признака был разбит на пять одинаковых классов с одинаковым объемом по равномерной шкале.

Результаты и обсуждение. В районах исследования ракитник русский представлен невысокими (до 1,13 м), но довольно раскидистыми кустами с проекцией кроны до 0,38 м² и объемом до

0,13 м³. При корреляционном анализе установлено, что морфологические параметры ракитника зависят от сомкнутости древесного полога. Чем выше сомкнутость, тем больше площадь проекции ($r = 0,72$, $p < 0.05$) и объем кроны ($r = 0,91$, $p < 0.05$) и тем меньше плотность ценопопуляции ($r = -0,91$, $p < 0.05$), а с увеличением сомкнутости древесного полога ракитник полностью исчезает. Положительная корреляция индекса виталитета установлена с объемом кроны ($r = 0,83$, $p < 0.05$), высотой куста ($r = 0,83$, $p < 0.05$) и генеративными растениями ($r = 0,72$, $p < 0.05$), что является основанием рассматривать возрастание значений этих признаков как увеличение жизненности особей. Соотношение высоты ($r = -0,53$, $p < 0.05$) и объема ($r = -0,99$, $p < 0.05$) растения и плотности, напротив, имеют отрицательную, корреляционную связь, то есть, чем выше морфологические показатели ракитника, тем меньше ее плотность. Наибольшая численность ракитника установлена в сосняке орляковом при сомкнутости древесного полога 0,5 (985 шт./га), где биотипы данного вида находятся на начальной стадии внедрения под древесный полог сосны обыкновенной. Все ценопопуляции относятся к слабоповрежденным, где индекс виталитета составляет от 51 до 69 %. По классификации А.А. Уранова и О.В. Смирновой, изученные ценопопуляции ракитника относятся к нормальным неполночленным,

т.к. отсутствуют особи различных состояний генеративного и постгенеративного периодов (табл. 2). В возрастной структуре выделены три периода и шесть онтогенетических состояний. Присутствие прегенеративных, генеративных и постгенеративных особей характерно для всех ценопопуляций. Левосторонний одновышинный спектр формируется в ЦП1, 3, где абсолютный максимум приходится на имматурные и виргинильные особи (56,6-63,2%), что позволяет сделать вывод о хорошей способности ценопопуляции к самовозобновлению и наличии благоприятных условий для

прорастания семян. Это подтверждает индексы восстановления и замещения данных ценопопуляций (от 1,34 до 4,25). На увеличение доли виргинильных и молодых генеративных особей в онтогенетических спектрах влияют стрессовые факторы, такие как выпас скота, сенокошение, вытаптывание, приводящие к гибели растений. Кроме антропогенной нагрузки, произрастание раkitника зависит от колебаний погодных и экологических условий местообитания, которые влияют на особенности прорастания семян и темпы развития особей в том или ином онтогенетическом состоянии.

Таблица 2 – Распределение особей по онтогенетическим состояниям и демографические показатели состояния ценопопуляций *Chamaecytisus ruthenicus*

ЦП	Онтогенетические состояния						Демографические показатели					Тип ЦП
	<i>im</i>	<i>v</i>	<i>g1</i>	<i>g2</i>	<i>g3</i>	<i>ss</i>	Индекс возрастности	Индекс замещения	Индекс восстановления	Индекс эффективности	Индекс старения	
1	16,6	46,6	33,3	0	0	3,5	0,18	2,63	2,9	0,50	0,03	Молодая
2	10,0	30,0	0	3,4	40,0	16,6	0,48	0,67	0,92	0,56	0,17	Переходная
3	26,6	30,0	0	0	13,4	30	0,41	4,25	1,31	0,40	0,30	Переходная

Правосторонний двухвышинный спектр с максимум на старых генеративных растениях сформировался в березняке орляковом (ЦП3). Возможно, это связано с тем, что при отсутствии постоянных нарушений в местообитании наблюдается старение ценопопуляции вследствие слабого возобновления. Индексы восстановления и замещения, которые отражают динамические процессы в ценопопуляции, варьируют от 0,67 до 0,92, что говорит о слабом восстановительном процессе. Индекс старения близок к нулю (0,03-0,30), это указывает на то, что большая часть особей отмирает в старом генеративном со-

стоянии. Подобная биологическая особенность характерна для большинства особей раkitника. Оценка возрастности и эффективности показала, что тип ЦП меняется от молодой к переходной ($\Delta = 0,18 - 0,48$; $\omega = 0,40 - 0,56$) (рис.1). Согласно классификации «дельта-омега» Л.А. Животовского, изученные ценопопуляции разделились на две группы: молодую (ЦП1) и переходную (ЦП2, 3). Для того чтобы оценить отношение растительного организма и ценопопуляции к условиям существования при различной степени фитоценоотических взаимодействий, применен комплексный подход (табл.3).

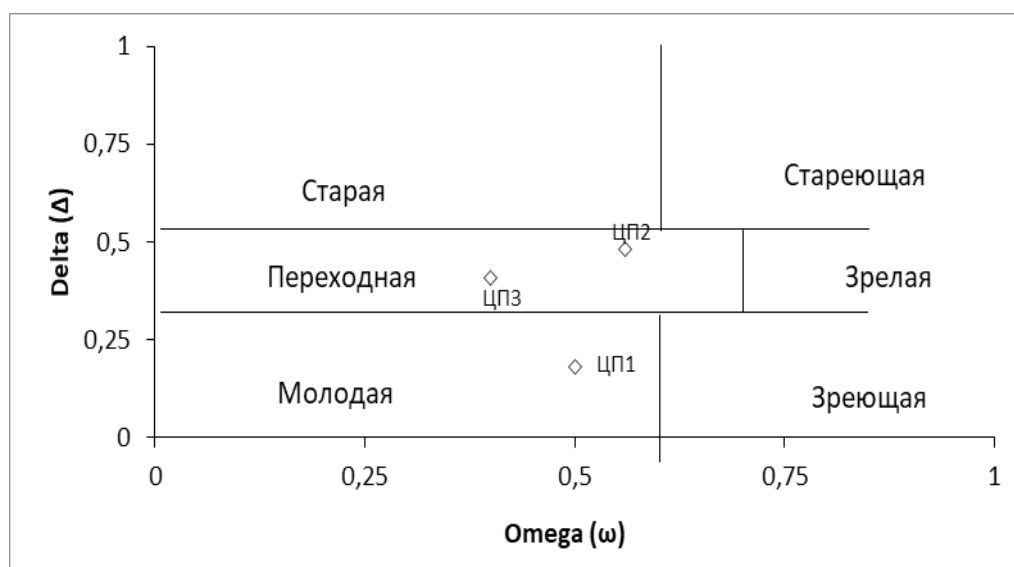


Рисунок 2. Распределение ценопопуляций *Chamaecytisus ruthenicus* в координатах «дельта-омега»

Таблица 3 – Балловые оценки величины признаков *Chamaecytisus ruthenicus*

Признак	Баллы				
	I	II	III	IV	V
Организменные признаки особей					
Высота растений, м	<0,73	0,74-0,84	0,85-0,95	0,96-1,06	1,07-1,17
Площадь проекции кроны, м ²	<0,24	0,25-0,28	0,29-0,32	0,33-0,36	0,37-0,40
Объем кроны, м ³	<0,08	0,09-0,10	0,10-0,11	0,11-0,12	0,12-0,13
Популяционные признаки					
Эффективная плотность ценопопуляций, шт./га	<249	250-310,7	310,8-371,5	371,6-432,3	432,4-493,1
Плотность, шт./га	<444	445-580,2	580,3-715,5	715,6-850,8	850,9-986,1
Доля g2, %	<0	0,1-0,95	0,96-1,81	1,82-2,67	2,68-3,53
Доля im- g1, %	<40	41-55,1	55,2-69,3	69,4-83,5	83,6-97,7
Индекс виталитета, %	<51	52-56,5	56,6-61,1	61,2-65,7	65,8-70,3

Оценка состояния ценопопуляций по совокупности организменных признаков показала, что наибольшие значения по сумме баллов оказались у особей, произрастающих в березняке орляковом (ЦП2) (12 баллов). Самые низкие по совокупности баллов параметры (6 баллов) имеют растения в сосняке орляковом (ЦП1). Анализ состояния ценопопуляций по популяционным признакам показал, что доля особей молодой и зрелой фракций зависит от метеорологических и эколого-ценотических условий, антропогенной нагрузки, а также от особенностей онтогенеза ракитника.

Таким образом, по совокупности популяционных признаков наибольшее значение по сумме баллов (17 баллов) установлено в сосняке орляковом (ЦП1), чуть ниже – в березняке орляковом (13 баллов) (ЦП2) и самый низкий показатель в сосняке зеленомошном в ЦП3 (11 баллов). Таким образом, суммарное соотношение баллов показывает, что в березняке орляковом наиболее благоприятные условия для произрастания ракитника (25 баллов), но из-за слабого восстановительного процесса оптимально считать его нельзя.

Заключение. Изучение распростра-

нения раkitника русского в буферной зоне Керженского заповедника Нижегородской области показало, что исследованные ценопопуляции являются нормальными неполноценными, но способными к самоподдержанию. Отсутствие различных состояний особей генеративного и постгенеративного периодов в отдельных случаях объясняется сукцессионным состоянием ценопопуляций. В онтогенезе *Chamaecytisus ruthenicus* выделено 6 онтогенетических состояний. Характерным типом спектра является левосторонний. Преобладание прегенеративной фракции определяет изученные ценопопуляции, как молодые и переходные. Об этом свидетельствуют индексы восстановления и замещения. Они в большинстве ценопопуляций раkitника выше единицы, это говорит об успешном семенном возобновлении. Почти нулевые отметки индекса старения объясняются выпадением большинства особей в генеративном периоде. Оценка организменных и популяционных показателей ценопопуляций показала, что наиболее благоприятные условия существования раkitника являются в березняке орляковом. Таким образом, состояние ценопопуляций зависит от степени воздействия антропогенного фактора, колебаний погодных условий и эколого-фитоценотических условий произрастания данного вида.

Библиографический список

1. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. - 1989. - № 4. - С. 51-57.
2. Глотов Н.В. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений // Жизнь популяций в гетерогенной среде. - Ч.1. - 1998. - С.146-149.
3. Животовский Л.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. - 2001. - №1. - С. 3-7.
4. Жукова Л.А. Внутрипопуляционное биоразнообразие травянистых растений //

Экология и генетика популяций. - 1998. - С. 35-47.

5. Попов С.Ю. Структура и динамика растительности Керженского заповедника // Труды Государственного природного биосферного заповедника «Керженский». - 2010. - Т.4. - С. 4-10.

6. Работнов Т.А. Вопросы изучения состава популяции для целей фитоценологии // Проблемы ботаники: сб. статей. - 1950. - Вып.1. - С. 465-483.

7. Соколов П.Д. Растительные ресурсы СССР. - Л.: Наука, 1987. - 326 с.

8. Смирнова О.В., Чистякова А.А., Попадюк Р.В., Евстигнеев О.И., Коротков В.Н., Митрофанова М.В., Пономаренко Е.В. Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере широколиственных лесов европейской части СССР). - Пущино: Пущинский научный центр РАН, 1990. - 92 с.

9. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. - 1975. - № 2. - С. 7-34.

1. Alekseev V.A. Diagnostics of the vital state of trees and stands. *Lesovedeniye*. 1989. No. 4. P. 51-57 [in Russian]

2. Glotov N. V. On estimation of parameters of the age structure of plant populations. *Zhizn populyatsiy v geterogennoy srede*. Part 1. 1998. P. 146-149 [in Russian]

3. Zhivotovsky L.A. Ontogenetic States, effective density and classification of plant populations. *Ekologiya*. 2001. No.1. P. 3-7 [in Russian]

4. Zhukova L.A. Intra-Population biodiversity of herbaceous plants. *Ekologiya i genetika populyatsiy*. 1998. P. 35-47 [in Russian]

5. Popov S.Yu. Structure and dynamics of vegetation of the Kerzhensky reserve. *Proceedings of the State Natural Biosphere Reserve "Kerzhensky"*. 2010. Vol. 4. P. 4-10 [in Russian]

6. Rabotnov T.A. Questions of studying the composition of the population for the purposes of phytocenology. *Collection of articles "Problems of botany"* 1950. Vol.1. P. 465-483 [in Russian]

7. Sokolov P.D. Plant resources of the USSR. Leningrad: Nauka. 1987. 326 p. [in Russian]

8. Smirnova O.V., Chistyakova A.A., Popadyuk R. V., Evstigneev O. I., Korotkov V.N., Mitrofanova M.V., Ponomarenko E.V. Population organization of forest territories vegetation cover (on the example of broad-

leaved forests of the European part of the USSR). Pushchino. Pushchino Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 1990. 92 p. [in Russian]

9. Uranov A.A. Age range of phytocenosis populations as a function of time and energetic wave processes. Biol. sciences. 1975. No. 2. P. 7-34 [in Russian]