DOI: 10.24427/978-83-67185-47-9_6

Rozdział 6
Влияние экологических факторов на ресурсно-ценотические параметры *Vaccinium vitis-idaea* L. сосняков мшистых заказника «Гродненская Пуща»

Chapter 6
The influence of environmental factors on the resource-cenotic parameters of *Vaccinium vitis-idaea* L. of mossy pine forests of the reserve "Grodnenskaya Pushcha"

Анна Ивановна Садковская, Олег Викторович Созинов***

*(*a_sadkovskaya@list.ru), (**ledum@list.ru)*

Abstract. Geobotanical studies of the resource lingonberry *Vaccinium vitis-idaea* L. of different-aged communities of the pine forest with mosses on the territory of the nature reserve "Grodnenskaya Pushcha" (Belarus) have been carried out. A linear relationship was found between the yield of *V. vitis-idaea shoots* (air-dry weight) and the projective cover r = 0,85; productivity (g/m^2) = –3,03253 + 1,79386* projective cover (%), (r^2 = 0,73)). The mode of illumination, moisture, and soil acidity affects the resource-cenotic parameters of *V. vitis-idaea* quite strongly (η^2 ± m n^2 = 51,3 ± 8,3 – 99,8 ± 0,1%). However, the linear dependence of the parameters on the factors was either not revealed or low (up to r = 0,38). This indicates a non-linear relationship (k > 4,0) of the studied parameters of *V. vitis-idaea* with abiotic environmental factors, which is formed under conditions of interspecific competition and ecological mosaicism of phytocoenoses. A positive relationship was recorded at low values of the projective cover between the blueberry *V. myrtillus* L. (up to 20%) and *V. vitis-idaea* (up to 5%), which indicates a positive relationship of these species in the phytocoenosis with their low abundance.

Key words: resource-cenotic parameters, Scotch pine forests, *Pinetum pleuroziosum*

1. Введение

Использование недревесных ресурсов леса приобретает все большее значение в связи с современными тенденциями перехода к комплексному их применению и устойчивому лесопользованию [1]. Дикорастущие ягодники леса используются как дополнительный источник питания и витаминов, для производства лекарственных препаратов (плоды и листья содержат большое количество витаминов, микроэлементов и биологически активных веществ) [2].

Брусника *Vaccinium vitis-idaea* L. – ценнейшее дикорастущее ягодное и лекарственное растение, которое является важным ценотическим компонентом лесных биоценозов [3, 4]. Листья и побеги *V. vitis-idaea*, содержащие биологически активные вещества, широко применяются в народной и официнальной медицине. Ценность пищевых и лечебно-профилактических свойств этого вида обусловлена содержанием в ягодах, листьях и побегах значительного количества физиологически активных соединений: органических кислот, сахаров, пектинов, витаминов, фенольных соединений, арбутина и микроэлементов [5–7].

2. Материалы и методы

Исследования проводили на территории ландшафтного заказника республиканского значения «Гродненская Пуща» (Беларусь, Гродненская область, Гродненский район; UTM: 34UFE3) летом 2018 года; сбор *Cormi Vitis idaeae* (побеги *V. vitis-idaea*) осуществляли во второй половине августа. При проведении исследований заложено 17 пробных площадей (400 м^2) в сосняках мшистых *Pinetum pleuroziosum* различного возраста и происхождения: I класс возраста (1–20 лет – молодняки) – 5, 17 лет (лесные культуры), 14 лет (насаждения естественного происхождения), II класс возраста (21–40 лет – жердняки) – 26 лет (лесные культуры), 27 лет (насаждения естественного происхождения), III класс возраста (41–60 лет – средневозрастные) – 47, 52, 57 лет (лесные культуры), 57 лет (насаждения естественного происхождения), IV класс возраста (61–80 лет – приспевающие) – 72 и 77 лет (лесные культуры), 67 и 77 лет (насаждения естественного происхождения), V класс возраста (81–100 лет – спелые) – 87 (лесные культуры), 87 лет (насаждения естественного происхождения), VI класс возраста (101–120 лет – перестойные) – 112, 112 лет (насаждения естественного происхождения), на которых проведены полные геоботанические описания [8]; 82,4% изученных биотопов – с произрастанием *V. vitis-idaea*. Урожайность (г/м^2) *Cormi Vitis idaeae* определяли методом проективного покрытия [9, 10]. Высоту (см), проективное покрытие (%), массу (г) *Cormi Vitis idaeae* определяли в ценотических популяциях (далее – ценопопуляциях) *V. vitis-idaea*. Сквозистость полога древостоя определяли глазомерно в 5-кратной повторности [8]. Абсолютную

освещенность определяли с помощью люксметра «Ю–116» с погрешностью измерений ± 10%. Для этого в пяти точках (методом конверта: 4 точки по углам пробной площади и 1 – в центре) на высоте 1,3 м на пробной площади, с использованием фильтра х1000. Определяли контрольные значения освещенности, в 2-кратной повторности, в абсолютно освещенном месте. Далее высчитывали относительную освещенность по формуле:

$$ОС,\% = \frac{A}{B} \cdot 100\% \quad (1)$$

где А – абсолютная освещенность, Lux; В – среднее контрольное значение, Lux

Экологические режимы изучаемых сообществ определяли по шкалам Г. Элленберга [11]. Агрохимический анализ почвы (корнеобитаемый горизонт, А1) проводили по [12]. Коэффициент линейности определяли по [13]. Среднее значение и его ошибка, корреляционный, регрессионный, однофакторный дисперсионный анализы проводили в программе Statistica 10.

3. Полученные результаты

Сосняки мшистые, в которых расположены анализируемые ценопопуляции *V. vitis-idaea*, сформированы на слабоподзолистой песчаной почве, умеренно влажной, кислой, небогатой по трофности, при умеренном световом режиме (таблица 1).

На основе анализа полученных данных, нами выявлено, что урожайность *Cormi Vitis idaeae* (воздушно-сухой вес) во всех изученных сообществах колеблется в пределах от 1,04±0,23 до 14,62±2,98 г/м^2 (таблица 2). Максимальные значения проективного покрытия *V. vitis-idaea* характерны тем же сообществам, что и урожайность – спелой культуре и перестойному естественному сообществу (коэффициент корреляции изменчивости урожайности и проективного покрытия 0,85, $p < 0,05$; урожайность (г/м^2) = –3,03253 + 1,79386*проективное покрытие (%), (r2 = 0,73)). Максимальная урожайность в насаждениях естественного происхождения достигается только в перестойных сообществах (14,25±3,02 г/м^2), тогда как в лесных культурах она формируется ранее на два класса возраста – в приспевающих сосняках мшистых (14,62±2,98 г/м^2). В целом диапазон изменчивости обилия *V. vitis-idaea* варьирует от 1,7 до 9,4%. Высота побегов изменяется от минимальной в культуре жердняка и средневозрастного сообществ (5,78±0,23 и 5,78±0,38 см, соответственно) до максимальной в приспевающей культуре (10,20±0,63 см) и перестойном естественном сообществе (9,95±0,74 см). Встречаемость *V. vitis-idaea* в изученных фитоценозах варьирует от 36% в искусственном средневозрастном насаждении до 100% в приспевающих естественных и искусственных фитоценозах и перестойном естественном сообществе.

ТАБЛИЦА 1. Экологическая характеристика сосняков мшистых различного возраста и происхождения, где были заложены пробные площади

TABLE 1. Ecological characteristics of pine forests with mosses of various age and origin, where sample plots were laid

Возраст древостоя, лет	**0–20**		**21–40**		**41–60**		**61–80**		**81–100**		**101–120**
Происхождение древостоя	НЕП	ЛК	НЕП	ЛК	НЕП	ЛК	НЕП	ЛК	НЕП	ЛК	НЕП
pH	3,92	4,29	4,02	4,43	4,03	4,04	4,23	3,96	4,19	4,03	3,98
Гумус, %	2,58	1,51	0,88	0,42	1,57	1,53	1,72	1,65	1,29	1,54	2,49
P_2O_5, мг/кг	38	79	95	67	66	93	101	84	86	51	88
K_2O, мг/кг	32	62	23	55	19	15	17	22	13	28	17
Сквозистость, %	31	88	50	28	75	63	57	70	56	50	60
Относительная освещенность, %	11,93	65,11	15,23	10,30	36,67	36,48	43,68	45,00	45,98	41,32	23,72
L, балл	6,67	6,83	6,35	6,12	6,42	6,15	6,19	6,47	6,33	6,12	6,37
F, балл	3,48	2,52	3,66	2,81	2,79	2,42	2,68	2,70	2,94	2,66	2,54
R, балл	2,34	2,59	2,95	1,92	1,89	1,72	1,89	1,77	2,02	2,10	1,44
N, балл	2,99	1,84	2,43	0,86	1,00	0,92	0,87	0,78	0,83	0,92	0,67

Примечания: НЕП – насаждения естественного происхождения; ЛК – лесные культуры; L – освещенность; F – увлажнение; R – кислотность; N – содержание азота в почве

Эксплуатационный запас побегов *V. vitis-idaea* варьировал, в зависимости от площади выдела и обилия *V. vitis-idaea*, в пределах 2,09 – 82,70 кг/га. Объем ежегодной заготовки сырья – от 0,35 до 13,78 кг/га раз в 5 лет. Максимальный эксплуатационный запас и объем ежегодной заготовки характерны приспевающему сосняку мшистому *Pinetum pleuroziosum*, сформированному из культуры [14].

Анализ полученных данных (таблицы 1 и 2) показал, что невысокое влияние (η^2<30%) характерно для K_2O по отношению к урожайности и высоте побегов *V. vitis-idaea*. Умеренное влияние на дифференциацию популяций по изученным ценотическим и ресурсным параметрам (η^2 от 30 до 60%) показано для: 1) pH, P_2O_5, сквозистости и освещенности (по Г. Элленбергу), гумуса и освещённости на высоту побегов *V. vitis-idaea*, 2) содержания почвенного азота и гумуса на урожайность *V. vitis-idaea* и 3) K_2O – на проективное покрытие *V. vitis-idaea*. Достаточно сильно влияет режим освещенности, увлажнения и кислотности

почвы на ресурсно-ценотические параметры *V. vitis-idaea*. При этом линейная зависимость параметров от факторов или не выявлена, или невысокая (до r = 0,38), что свидетельствует о нелинейной связи (k > 4,0) изученных параметров *V. vitis-idaea* с абиотическими факторами окружающей среды, которая формируется в условиях межвидовой конкуренции и экологической мозаичности фитоценозов.

ТАБЛИЦА 2. Ресурсно-ценотические показатели *V. vitis-idaea*

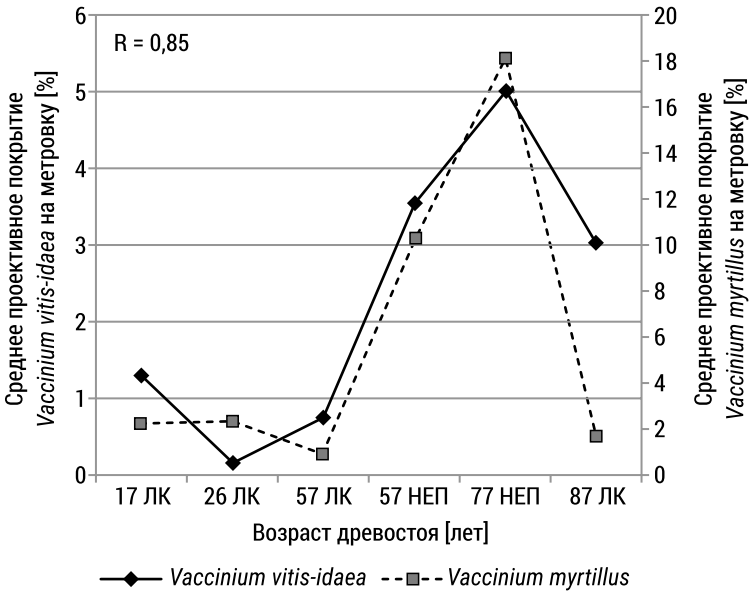
TABLE 2. Resource and coenotic indicators of *V. vitis-idaea*

Возраст древостоя, лет		**17**	**26**	**47**	**52**	**57**	**57**	**67**	**72**	**77**	**77**	**87**	**87**	**112**	**112**
Происхождение древостоя		ЛК	ЛК	ЛК	ЛК	ЛК	НЕП	НЕП	ЛК	ЛК	НЕП	ЛК	НЕП	НЕП	НЕП
№ пробной площади		2	14	5	15	9	13	4	10	11	3	7	8	1	12
Урожайность, г/м^2	M/m	3,92	1,72	5,67	6,20	1,04	5,07	2,03	10,51	**14,62**	8,46	3,04	2,54	7,55	**14,25**
		0,79	0,35	0,70	0,93	0,23	0,72	0,35	1,12	2,98	1,25	0,64	0,56	1,98	3,02
	max	13,1	7,7	12,6	14,6	3,4	11,0	5,3	21,9	42,1	20,3	11,6	10,4	31,4	56,3
	min	0,98	0,4	1,7	0,8	0,1	0,9	0,2	2,96	1,9	1,0	0,6	0,2	0,8	0,2
Проективное покрытие, %	M/m	3,20	3,75	5,45	5,45	1,70	5,40	2,75	**9,40**	6,95	5,80	3,35	3,15	5,90	**8,80**
		0,32	0,32	0,47	0,71	0,24	0,50	0,24	0,70	1,05	0,52	0,46	0,37	0,74	0,84
	max	7,0	7,0	10,0	10,0	4,0	10,0	5,0	15,0	16,0	10,0	8,0	7,0	15,0	15,0
	min	2,0	1,0	3,0	1,0	1,0	2,0	1,0	4,0	2,0	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0
Высота, см	M/m	7,65	5,78	6,95	8,75	5,78	6,97	8,18	**10,20**	7,6	8,50	7,40	6,3	**9,95**	7,68
		0,35	0,23	0,42	0,39	0,38	0,47	0,59	0,63	0,40	0,30	0,39	0,34	0,74	0,51
	max	10,0	8,0	10,5	12,0	10,5	13,0	13,0	19,0	12,0	11,0	11,0	9,5	19,0	12,0
	min	5,0	3,5	3,0	5,5	3,0	4,0	4,0	7,0	5,0	7,0	5,0	3,0	6,0	5,0

Примечание: полужирным шрифтом выделены максимальные значения урожайности, проективного покрытия, высоты, встречаемости, эксплуатационного запаса и объема ежегодной заготовки; ЛК – лесная культура, НЕП – насаждение естественного происхождения;

$$\frac{M}{m} - \frac{\text{среднее значение параметров}}{\text{ошибка среднего значения параметров}} \quad (2)$$

Анализ связи проективного покрытия черники *Vaccinium myrtillus* L. в диапазоне от 0,8 до 18% и *V. vitis-idaea* в диапазоне 0,7–5% показал синхронное положительное возрастание обилий обоих видов (адаптационное взаимодействие: благоприятствование [15], на возрастном градиенте сосняка мшистого вне зависимости от происхождения сообществ (рисунок 1).



ПРИМЕЧАНИЯ: ЛК – лесные культуры, НЕП – насаждения естественного происхождения

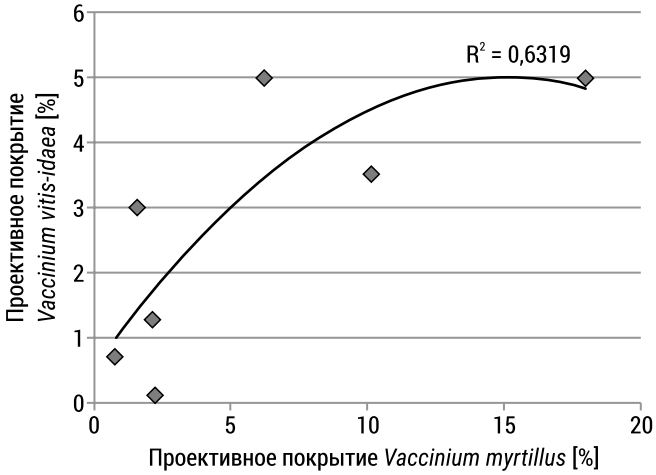
РИСУНОК 1. Связь проективного покрытия *V. myrtillus* и *V. vitis-idaea* в сосняках мшистых различного возраста и происхождения

FIGURE 1. Relationship between the projective cover of *V. myrtillus* and *V. vitis-idaea* in the pine forest with mosses of various age and origin

Исключение – культуры сосны в возрасте спелости, в которых обилие данных видов синхронно снижается, что возможно, связано с усилением конкуренции между синузиями.

Существование растительных сообществ, состоящих из определенного множества растений – представителей разных видов, свидетельствует, что растения адаптированы к произрастанию в данных условиях при помощи приспособительных (адаптационных) взаимодействий [15]. Синхронная достоверная положительная изменчивость при невысоких проективных покрытиях (r = +0,85, p = 0,032) *V. myrtilus* до 20% и *V. vitis-idaea* до 5% в изученных сообществах

(рисунок 2), что подтверждает данные полученные О.В. Созиновым относительно диапазона невысоких обилий изученных видов кустарничков [16].



ПРИМЕЧАНИЕ: линия апроксимации 2 степени

РИСУНОК 2. Взаимоотношения *V. myrtillus* и *V. vitis-idaea* на градиенте их обилий (до 5% *V. vitis-idaea* и до 20% *V. myrtillus*)

FIGURE 2. The relationship of *V. myrtillus* and *V. vitis-idaea* on the gradient of their projective cover (up to 5% *V. vitis-idaea* and up to 20% *V. myrtillus*)

4. Выводы

Таким образом, в сосняках мшистых заказника «Гродненская Пуща» (Беларусь), которые сформированы на умеренно влажных, кислых, небогатых по трофности слабоподзолистых песчаных почвах при умеренном световом режиме, популяции *V. vitis-idaea* с высокими значениями проективного покрытия, высоты и урожайности побегов характерны приспевающим, спелым и перестойным насаждениям. Выявлена связь обилия и урожайности *Cormi Vitis idaeae* (воздушно-сухое сырье): урожайность (г/м^2) = –3,03253 + 1,79386 · проективное покрытие (%), которая характеризуется достаточно высоким качеством модели (r^2 = 0,73). На ресурсно-ценотические характеристики *V. vitis-idaea* значительно влияет (η^2 > 70%, $p < 0,05$) режим освещённости, увлажнения и кислотности почвы, при этом отмечена нелинейная зависимость (k = 4,2 – 4,5) изменчивости между параметрами и факторами среды (эдафические, увлажнение и освещённость). Установлено, что положительные биотические взаимоотношения (благоприятствование) (r = +0,85, p = 0,032) при невысоких проективных покрытиях характерны между популяциями *V. myrtilus* (до 20%) и *V. vitis-idaea* (до 5%).

Библиография

1. FAO. *Global Forest Resources Assessment 2020: Main report.* Rome, https://doi.org/10.4060/ca9825en [access: 21.03.2021].
2. Старицын В.В., Беляев В.В., *О современном состоянии ресурсов брусники (Vaccinium vitis-idaea L.) и черники (Vaccinium myrtillus L.) в лесах Архангельской области* / Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки 2014, 2(71).
3. Чиркова Н.Ю., Егошина Т.Л., *Демографические характеристики ценопопуляций Vaccinium vitis-idaea L. в условиях южнотаежных лесов Кировской области*, Вестник ОУГ 2007, 12(96).
4. Alam Z., Roncal J., Peña-Castillo L., *Genetic variation associated with healthy traits and environmental conditions in Vaccinium vitis-idaea*, Alam et al. BMC Genomics 2018, 19, 4(2).
5. Морозов О.В., *Брусника обыкновенная (Vaccinium vitis-idaea L.) в сосновых лесах Беларуси*, Право и экономика, Минск 2006.
6. Курилович Т.В., *Брусника: культивирование как альтернатива заготовкам сырья в естественных местообитаниях,* Лекарственное растениеводство: от опыта прошлого к современным технологиям 2015, 118.
7. Государственная фармакопея Республики Беларусь. Общие и частные фармакопейные статьи Разработана на основе Европейской Фармакопеи, Том II, Минск 2007.
8. Ипатов В.С., *Методы описания фитоценоза*, Санкт-Петербург 2000.
9. Буданцев А.Л., *Ресурсоведение лекарственных растений: Метод. пособие к произв. практике для студентов фармацевт. факульт.*, М-во здравоохранения Рос. Федерации, С.-Петерб. гос. хим.-фармацевт. акад., Санкт-Петербург 1999.
10. Егоров А.А., *Ботаническое ресурсоведение: методические указания для студентов направления подготовки 35.03.01 «Лесное дело»*, СПбГЛТУ, Санкт-Петербург 2015.
11. Ellenberg H., *Zeigerwerte der Geffasspflanzen Mitteleuropas Gottingen*, 1991.
12. Минеева В.Г., *Практикум по агрохимии,* Изд-во МГУ, Москва 2001.
13. Плохинский Н.А., *Биометрия*, Издательство Московского университета, Москва 1970.
14. Садковская А.И., Созинов О.В., *Ресурсно-ценотическая характеристика Vaccinium vitis-idea разновозрастных сосняков мшистых*, Часть 4, Первый шаг в науку – 2018: сборник материалов Международного форума студенческой и учащейся молодежи в рамках Международного научно-практического форума «INMAX'18» (Минск, 4–5 декабря 2018 г.), В 4 ч., Лаборатория интеллекта, Минск 2018.
15. Ипатов В.С., Кирикова Л.А., *Фитоценология*, Изд-во СПбГУ, Санкт-Петербург 1998.
16. Созинов О.В., *Фитоиндикация в ботаническом ресурсоведении: качественные и количественные характеристики лекарственных растений на эколого-ценотических градиентах:* автореф. дис. докт. биол. наук: 03.02.08; 03.02.01, Рос. акад. наук, Санкт-Петербург 2018.