

Рис. 5. Упитанность самцов и самок *R. rudibunda* Pall. р. Уса и р. Свияга

Таким образом, адаптивную ценность в условиях загрязненного водотока приобретают перестройки организма, связанные с их способностью повышать уровень метаболизма в соответствии с эволюционно определенными механизмами повышения жизнеспособности, их преадаптацией к неблагоприятным условиям. Увеличение массы внутренних органов позволяет особи выдерживать напряжённый энергетический баланс. Особи, способные выдерживать дополнительные энергетические затраты на детоксикацию проникающих в организм слабых доз ядов, приобретают преимущества для выживания в условиях загрязненного водотока.

Библиографический список

1. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции / С.С. Шварц. – М.: Наука, 1980. – 277 с.
2. Шварц С.С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных / С.С. Шварц, В.С. Смирнов, Л.Н. Добринский. – Свердловск, 1968. – 387 с.

3. Ковылина Н.В. Использование озерной лягушки (*R. ridibunda* Pall.) для оперативной индикации техногенного загрязнения водотоков: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.В. Ковылина. – Волгоград: ВГПУ, 1999. – 16 с.

4. Hughes G.M. The effects of zinc on the cardiac and ventilatory rhythms of rainbow trout (*Salmo gairdneri*, Richardson) and their responses to environmental hypoxia / G.M. Hughes, R.J. Abeney // *Water Research*, 1977. – V. 11. – No 12. – P. 1069-1077.

5. Aquatic toxicology and Hazard Assessment: 10th volume. Eds. Adams W., Chapman A., Landis W. – Philadelphia, 1988. – 597 p.

6. Флеров Б.А. Эколого-физиологические аспекты токсикологии пресноводных животных / Б.А. Флеров. – Л., 1989. – 144 с.

7. Мисюра А.Н. Некоторые вопросы экотоксикологии бесхвостых амфибий и рептилий в техногенных регионах / А.Н. Мисюра // *Вопросы герпетологии*. – Киев, 1989. – С. 166-167.



УДК 581.9 (571.15)

И.А. Хрусталева,
Т.О. Стрельникова

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СОСНЯКОВ БАРНАУЛЬСКОГО ЛЕНТОЧНОГО БОРА

Ключевые слова: вид, сосудистые растения, флора, сосновые леса, экологическая структура, экологические факторы.

гическая структура, экологические факторы.

Введение

На юге Западной Сибири в условиях степной зоны сосновые леса могут расти только в специфических условиях. Они сформировались на аллювиальных песках по ложбинам древнего стока и образуют так называемые ленточные боры. Полосы сосняков шириной 4-8 км тянутся с северо-востока на юго-запад. Северная лента носит название Бурлинская, южнее расположены Кулундинская и Касмалинская. Самая южная Барнаульская лента имеет протяженность около 400 км, пересекает лесостепную и степную природные зоны [1]. Однородный лесной массив такой протяженности позволяет оценить влияние зональных особенностей на состав и экологическую структуру флоры.

Материалы и методы

Объектом исследования является ценофлора сосняков Барнаульской ленты. В соответствии с природно-климатическим зонированием территории выделено 3 участка: северный – в лесостепной зоне в окрестностях г. Барнаула; центральный – на границе степной и лесостепной зон в окрестностях с. Волчиха; южный – в степной зоне в окрестностях с. Углы.

Материалом послужили геоботанические описания, выполненные в сосновых лесах, которые согласно принятой схеме лесоустройства относятся к трем типам: сухой бор высоких всхолмлений; сухой бор пологих всхолмлений; свежий бор слабоволнистых равнин [2]. Отобраны описания, выполненные в сосняках в северной (45 описаний), центральной (50) и южной (50) частях Барнаульской ленты. На основании описаний выделена ценофлора сосняков. Анализ ее экологической структуры проведен с использованием экологических шкал растений по двум факторам – увлажнению и богатству-засоленности почв. Для выделения экологических групп использованы показатели оптимумов, рассчитанные для растений юга Сибири А.Ю. Королюком [3]. Названия гидроморф и трофоморф приняты в соответствии с классификацией В.П. Селедца [4]. Обработку полученного материала производили при помощи стандартного статистического пакета программы Microsoft Office Excel 2007 и электронной базы данных IBIS [5, 6].

Результаты

Ценофлора сосняков Барнаульского ленточного бора насчитывает 203 вида

высших сосудистых растений, в том числе в северной части – 160, центральной – 101, южной – 118 видов. По фактору увлажнения виды ценофлоры формируют 6 гидроморф: субксерофиты (живущие в условиях сухостепного увлажнения – им соответствуют 31-39-е ступени экологической шкалы); семиксерофиты (среднестепное увлажнение – 40-46-е ступени); субмезофиты (лугово-степное и влажно-степное увлажнение – 47-52-е ступени); мезофиты (сухолуговое и свежелуговое увлажнение – 53-63-е ступени); пермезофиты (влажнолуговое увлажнение – 64-76-е ступени); семигигрофиты (сыролуговое увлажнение – 77-88-е ступени). По фактору богатства и засоленности почв выделены 3 трофоморфы: мезотрофные гликофиты (поселяющиеся на небогатых почвах, которым соответствуют 7-9-е ступени шкалы богатства-засоленности); семиэвтрофные гликофиты (довольно богатые почвы – 10-13-е ступени), эвтрофные гликофиты (богатые почвы – 14-16-е ступени).

Основа экологической структуры ценофлоры – это мезофитные семиэвтрофные гликофиты (96 видов – 47,3%). В спектре гидроморф преобладают лесные мезофиты, составляющие около половины от общего количества видов. Такая особенность спектра характерна для ценофлоры в целом и для отдельных ее частей (табл. 1). На всем протяжении ленты встречаются 34 вида из этой группы: *Solidago virgaurea*, *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *Oxytropis campanulata*, *Fragaria vesca*, *Trifolium lupinaster*, *Pulsatilla flavescens*, *Scabiosa ochroleuca*. Северная и южная части ленты расположены в разных природно-климатических зонах (лесостепной и степной) и различаются объемом экологических групп, экологический спектр центральной части носит переходный характер.

Ценофлора северной части самая богатая, комплекс мезофитных групп составляет 92%. Только здесь встречаются 44 вида мезофитов: *Chimaphila umbellata*, *Melica nutans*, *Melica nutans*, *Vicia unijuga*, *Lilium pilosiusculum*, *Polygala hybrida*, *Polygala hybrida*, *Pulmonaria dacica*; 16 пермезофитов: *Vaccinium vitis-idaea*, *Pyrola rotundifolia*, *Ribes nigrum*, *Maianthemum bifolium*, *Pteridium aquilinum*, *Cirsium heterophyllum*, *Vicia cracca*, *Padus avium*. В составе ксерофитных групп северной части ленты нет ни одного специфического вида, все они широко-

ко распространены и встречаются по повышенным сухим местам грив: *Koeleria glauca*, *Festuca polesica*, *Gypsophila paniculata*, *Scorzonera ensifolia*, *Artemisia marschalliana*.

Доля мезофитных групп в экологическом спектре последовательно снижается с севера на юг (составляя, соответственно, 92, 80, 76%), а доля ксерофитных групп возрастает в центральной части ленты до 20%, а на юге – до 24%. Специфическими для южной части ленты являются виды ксерофитных групп, предпочитающие открытые песчаные участки и наиболее сухие вершины грив: *Alyssum turkestanicum*, *Androsace maxima*, *Syrenia siliculosa*, *Cleistogenes squarrosa*, *Polygonum patulum*, *Eremogone saxatilis*, *Corispermum sibiricum*. Такой состав отражает специфику строения сосняков южной части ленты: разреженные древостои (сомкнутость крон не превышает 0,4), обширные открытые поляны, которые заселяются псаммофитными и степными (*Spiraea hypericifolia*, *Adonis villosa*, *Pulsatilla turczaninowii*) видами с прилегающих степных массивов.

Центральная часть имеет свои особенности – это наиболее широкая часть ленты с однообразным низкогривным рельефом, где формируются чистые сосняки. Для них характерны отсутствие кустарникового яруса и разреженный травянистый ярус. Ценофлора носит пограничный характер, происходит обеднение как ксерофильных, так и мезофильных элементов. В составе этой ценофлоры 52 вида, общие для всей ленты; 17 – общие для центральной и северной частей: *Dracosephalum ruyschiana*, *Antennaria dioica*, *Polygonatum odoratum*, *Serratula wolffii*, *Plantanthera bifolia*, *Pyrola chlorantha*, *Orthilia secunda*; 15 – общие для центральной и южной частей: *Jurinea cyanooides*, *Linaria*

genistifolia, *Euphorbia subcordata*, *Allium lineare*, *Chenopodium album*. Специфические виды отсутствуют.

Отмечены 15 видов в северной и южной частях ленты, которые не встречаются в составе сосновых лесов центральной части: *Elisanthe viscosa*, *Psammophiliella muralis*, *Medicago falcate*, *Centaurea scabiosa*, *Elytrigia repens*. Это растения, обитающие по опушкам, полянам, проникающие под полог сосняков по дорогам и тропам.

Ядро ценофлоры (виды, встречающиеся в сосновых лесах на всем протяжении ленты) составляют 64 вида (31,5% от общего состава). Спектры гидроморф и трофоморф этого комплекса видов соответствуют спектрам центральной части ленты. Лицо растительного покрова Барнаульской ленты вместе с *Pinus sylvestris* определяют *Betula pendula*, *Solidago virgaurea*, *Equisetum hyemale*, *Fragaria vesca*, *Oxytropis campanulata*, *Rosa majalis*, *Caragana arborescens*, *Silene nutans*, *Trifolium lupinaster*, *Gypsophila altissima*, *Pulsatilla flavescens*, *Calamagrostis epigeios*, *Hieracium filifolium*, *Kitagavia baicalensis*, *Koeleria glauca*, *Carex supina*, *Dianthus versicolor*, *Artemisia marschalliana*, *Festuca polesica*, *Scorzonera ensifolia*.

Спектр трофоморф не отличается разнообразием, основу составляют виды, предпочитающие довольно богатые почвы (табл. 2). В ценофлоре северной части несколько возрастает доля мезотрофных гликофитов за счет лесных видов: *Sorbus sibirica*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Pyrola rotundifolia*, *Carex ericetorum*, *Chimaphila umbellata*. В южной части увеличивается доля евтрофных гликофитов за счет степных видов.

Таблица 1

Спектр гидроморф сосновых лесов Барнаульской ленты

Гидроморфы	Южная часть		Центральная часть		Северная часть		Ценофлора в целом	
	кол-во видов	%	кол-во видов	%	кол-во видов	%	кол-во видов	%
Субксерофиты	6	5	2	2	2	1	6	3
Семиксерофиты	22	19	18	18	12	7	26	13
Субмезофиты	32	27	21	21	20	13	36	18
Мезофиты	50	42	50	49	99	62	108	53
Пермезофиты	7	6	9	9	26	16	26	12
Семигигрофиты	1	1	1	1	1	1	1	1
Всего	118	100	101	100	160	100	203	100

Таблица 2

Спектр трофоморф сосновых лесов Барнаульской ленты

Трофоморфы	Южная часть		Центральная часть		Северная часть		Ценофлора в целом	
	кол-во видов	%	кол-во видов	%	кол-во видов	%	кол-во видов	%
Мезотрофные гликофиты	2	2	2	2	7	4	7	3
Семиевтрофные гликофиты	88	74	85	84	137	86	164	81
Евтрофные гликофиты	28	24	14	14	16	10	32	16
Всего	118	100	101	100	160	100	203	100

Обсуждение

Вышеприведенные данные свидетельствуют о сложной экологической структуре ценофлоры и разнородности ее частей, что вполне закономерно, учитывая значительную протяженность этого лесного массива с северо-востока на юго-запад. Для того чтобы выяснить достоверность отличий экологических спектров выделенных частей ценофлоры сосняков мы использовали метод доверительных интервалов. При достоверном отличии статусов (положения ценофлоры на осях экологических факторов) двух выборок доверительные интервалы их средних не должны пересекаться. Средние показатели для факторов увлажнения и богатства-засоленности ценофлоры и ее отдельных частей представлены в таблице 3.

Высокие значения среднего квадратического отклонения (СКО) по фактору увлажнения свидетельствуют о присутствии во флоре видов с различающимися требованиями к оптимуму увлажнения. По фактору богатства-засоленности почв вариабельность незначительна (СКО 1,2-1,5). На всем протяжении ленты представлены дерново-подзолистые почвы, имеющие легкий механический состав,

содержание гумуса в этих почвах низкое и не превышает 3%.

Ординация северной, центральной и южной частей ценофлоры сосняков Барнаульской ленты на осях экологических факторов отражена на рисунке.

Размещение доверительных интервалов свидетельствует о том, что изученная ценофлора экологически неоднородна. Положение на градиенте ее отдельных частей отражает зональные особенности. Северная часть ленты расположена в лесостепной зоне, в составе ее флоры много специфических (характерных только для нее) видов мезофитных групп; присутствие борových видов с минимальными требованиями к богатству почв определяет ее положение на градиенте богатства-засоленности. Южная часть, находящаяся в степной зоне, в составе флоры также содержит специфические виды, однако уже ксерофитных групп. Сдвиг по градиенту в сторону более богатых почв отражает присутствие в составе флоры степных видов. Центральная часть ленты расположена на границе степной и лесостепной областей. По своей экологической структуре она близка к южной.

Таблица 3

Экологические статусы ценофлоры сосновых лесов Барнаульской ленты

Экологический фактор	Среднее значение	СКО	Выборка	Доверительный интервал
Увлажнение, южная часть	52,5	8,2	118	52,5±1,5
Богатство-засоленность, южная часть	12,9	1,3	118	12,9±0,2
Увлажнение, центральная часть	54,4	7,8	101	54,4±1,5
Богатство-засоленность, центральная часть	12,5	1,2	101	12,5±0,2
Увлажнение, северная часть	57,5	7,3	160	57,5±1,1
Богатство-засоленность, северная часть	12,1	1,4	160	12,1±0,2
Увлажнение ценофлора, в целом	55,4	8,2	203	55,4±1,1
Богатство-засоленность ценофлора, в целом	12,4	1,5	203	12,4±0,2

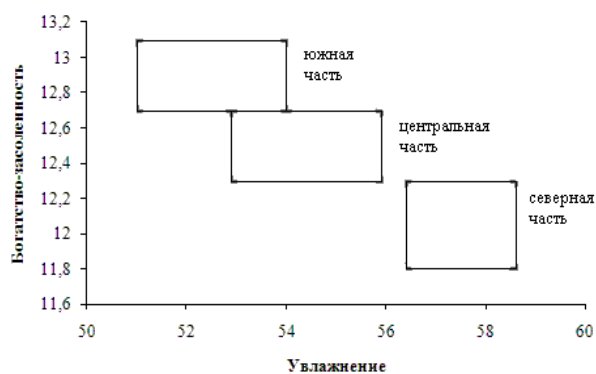


Рис. Ординация составных частей ценофлоры Барнаульского ленточного бора по факторам увлажнения и богатства-засоленности почв (прямоугольниками показаны доверительные интервалы для среднего 95%-ного уровня значимости)

Заключение

Экологическая структура ценофлоры сосняков Барнаульской ленты неоднородна по составу гидроморф, выражающих отношение видов к фактору увлажнения и довольно однообразна по составу трофоморф, отражающих распределение видов на градиенте богатства-засоленности почв.

Влияние зональных природно-климатических особенностей на состав и экологическую структуру ценофлоры сосновых лесов Барнаульской ленты выражается в наличии специфических видов для ее северной и южной частей и отсутствии таковых в центральной.

Специфику северной части определяют преобладание мезофитных гидроморф и наличие трофоморфы евтрофных гликофитов. Южная часть отличается присутствием субксерофитов и семиксерофитов в составе гидроморф и мезотрофных гликофитов в составе трофоморф.

Библиографический список

1. Алтайский край. Атлас. – М.: Барнаул: ГУГК, 1978. – Т. 1. – 222 с.
2. Парамонов Е.Г. Лесное хозяйство Алтая / Е.Г. Парамонов, И.Д. Менжулин, Я.Н. Ишутин. – Барнаул: ГИПП «Алтай», 1997. – С. 99-111.
3. Королюк А.Ю. Экологические оптимумы растений юга Сибири / А.Ю. Королюк // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. – Барнаул; Кемерово, 2006. – С. 3-28.
4. Селедец В.П. Метод экологических шкал в ботанических исследованиях на Дальнем Востоке России / В.П. Селедец. – Владивосток: Изд-во ДВГАЭУ, 2000. – 248 с.
5. Зверев А.А. Компьютерные информационные системы во флористических исследованиях / А.А. Зверев // Состояние и перспективы развития гербариев Сибири: тез. докл. – Томск, 1997. – С. 23-25.
6. Зверев А.А. Современное состояние развития информационной ботанической системы IBIS / А.А. Зверев // Чтения памяти Ю.А. Львова: матер. II межрегион. эколог. конф. – Томск, 1998. – С. 44-45.

