

особей меньшей агрессивностью, как прямой, так и ритуализованной ($p < 0,05$). Стремление к контакту и избеганию уравновешены как у сеголеток, так и у перезимовавших, но так как сеголетки за время ссаживания встречаются чаще, то и значения этих показателей у них выше ($p < 0,05$). В то же время по доле драк «вничью» сеголетки и перезимовавшие особи не различаются. Перезимовавшие особи ведут себя с сеголетками практически так же, как и с особями своей возрастной группы. Уровень проявления ритуализованной агрессии не различается, но прямую агрессию перезимовавшие особи проявляют по отношению к перезимовавшим вдвое чаще, чем по отношению к сеголеткам ($p < 0,05$).

В свою очередь, сеголетки при ссаживаниях с перезимовавшими особями не проявляли большей агрессии, чем при ссаживании с особями своей возрастной группы. Зато при ссаживании сеголеток с перезимовавшими особями последние не только реже становятся инициаторами контактов ($p < 0,05$), но и реже избегают партнера ($p < 0,01$), зато чаще выигрывают в драках ($p < 0,01$).

Сравнивая эти группы в целом, можно отметить, что перезимовавшие особи менее контактны, проявляют большую агрессивность (прямую и ритуализованную). Эта агрессия не носит избирательного характера (направлена и на сеголеток, и на перезимовавших), но в случае эффективного сопротивления (встречной агрессии) со стороны зимовавших, уровень агрессии резко возрастает. Будучи вынужденными отвечать на агрессию перезимовавших сеголеток, в свою очередь, также становятся более агрессивными, чем при встречах с особями своей возрастной группы. Несмотря на активное сопротивление сеголеток, в драках доминируют перезимовавшие особи, что объясняется не только их повышенной агрессивностью, но и более крупными размерами.

Чтобы изучить поведение зверьков самого старшего возраста, в своих экспериментах мы длительное время (до 4 месяцев) содержали в неволе перезимовавших особей бурозубок и кутор, отловленных в августе. Последний зверек из этой группы умер в конце ноября, то есть позже, нежели происходит отмирание перезимовавших особей в природе. В сентябре – октябре поведение экспериментальной группы изменилось: животные стали

вялыми, перестали проявлять «рефлекс свободы». Несмотря на обильное питание, у погибших зверьков практически отсутствовали жировые запасы (что не характерно для живущих в неволе землероек); волосяной покров на хвосте и ушах отличался крайней степенью вытертости. Хотя по результатам экспериментов нельзя сделать однозначные выводы о том, вызваны ли эти изменения в поведении и последовавшая за ними гибель только естественными причинами, можно предположить, что максимальная продолжительность жизни землероек рода *Sorex* и *Neomys* не превышает 15 месяцев.

Таким образом, с возрастом поведение землероек претерпевает определенные изменения. Ювенильные зверьки отличаются сниженной и инвертированной по отношению к взрослым суточной активностью, высокой контактностью, сниженной агрессивностью и обедненным поведенческим репертуаром. По мере развития зверьков агрессивные взаимодействия в выводке нарастают, что в дальнейшем ведет к его распаду и расселению молодых зверьков. Перезимовавшие особи, в отличие от молодых зверьков, менее контактны, проявляют большую агрессивность (прямую и ритуализованную) неизбирательного характера.

Литература

1. Лучникова, Е. М. Возрастные особенности поведения обыкновенной бурозубки *Sorex (Insectivora)* / Е. М. Лучникова, Н. С. Теплова // Матлы Междунар. совещания Териологического общества. – М., 2003 – С. 203.
2. Макаров, А. М. Экологический анализ питания и территориальной организации популяций мелких насекомоядных млекопитающих тайги: автореф. дис... д-ра биол. наук. – Петрозаводск, 2003. – 47 с.
3. Ivanter, E. I. Daily activity of common shrews (*Sorex araneus* L.) / E. I. Ivanter, A. M. Makarov // International Colloquium Biology of the Soricidae. – Pennsylvania, 2002. – P. 40.
4. Tsuji, K. Comparative analyses of growth and caravaning behavior among three species of shrews (*Crocidae*) / K. Tsuji, P. Vogel // International Colloquium Biology of the Soricidae. – Pennsylvania, 2002. – P. 41.

УДК 581.5:58.02

Л. О. Петункина, Л. Н. Ковригина

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ НАСАЖДЕНИЙ

Зеленые насаждения являются неотъемлемой частью комплекса мероприятий по защите и преобразованию окружающей среды. Учитывая экологическую специфику промышленных городов и актуальность проблемы оздоровления среды обитания основной массы населения области, кафедра бота-

ники Кемеровского госуниверситета проводит комплексные исследования, направленные на разработку научных основ формирования культурных фитоценозов в городах Кузбасса.

В этой связи в г. Кемерово проведена оценка жизненного состояния насаждений различного типа

с указанием их жизненного потенциала, описаны разнообразные признаки повреждений посадок. Составлен систематический список 91 вида древесно-кустарниковых растений, отражающий их распространённость и газоустойчивость, разработана экологическая карта города.

Состояние древостоев оценивали визуально с помощью шкалы жизненного состояния А. В. Алексеева (1, с. 51–57). При обследовании оценивали сумму функционально-структурных изменений, выраженных в снижении густоты кроны, опадении и недоразвитии листьев, повреждении ассимиляционной поверхности листьев (объединение и скручивание насекомыми, ожоги, некрозы, хлорозы и др.), наличии мертвых и усыхающих ветвей, повреждении средней и нижней части ствола.

Затем рассчитывали индекс жизненного состояния древостоя по формуле:

$$L_n = (100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4) : N,$$

где L_n – относительное жизненное состояние древостоя, n_1 – число здоровых, n_2 – число ослабленных, n_3 – число сильно ослабленных, n_4 – число отмирающих деревьев и сухостоя на обследуемой площади, N – общее число деревьев.

Градации состояния древостоя определяли по величине показателя L_n :

100–80 % – древостой здоровый;

79–50 % – древостой ослабленный (поврежденный);

49–20 % – древостой сильно поврежденный;

19 % и ниже – древостой полностью разрушенный.

Всего было обследовано 25 тыс. деревьев основного ассортимента г. Кемерово. Анализ результатов показал, что зеленые насаждения всех районов города являются поврежденными. Жизненный потенциал древостоев снижен в различных районах города на 29,2–35,3 % (табл. 1).

Сравнение жизненного потенциала деревьев в различных типах насаждений показало, что в лучшем состоянии находятся растения на бульварах ($L_n=87\%$), в скверах ($L_n=81\%$), парках ($L_n=78\%$). Сильно повреждены аллеиные посадки вдоль автомагистралей ($L_n=62\%$). Для отдельных видов деревьев в аллеиных посадках получены данные, характеризующие их насаждения как ослабленные в различной степени. Показатели жизненного состояния составили у тополя бальзамического – 67,1 %, клена ясенелистного – 64,8 %, березы бородавчатой – 64,0 %, липы мелколистной – 61,7 %, рябины сибирской – 73,8 %, вяза перистого – 62,5 % (табл. 2).

Экологическое районирование города, проведенное на основании оценки состояния зеленых насаждений, удовлетворительно совпадает с результатами определения суммарного загрязнения. Выделение зон высокой токсичности и относительно чистых площадок позволило использовать их как опытные и контрольные при изучении влияния промышленного загрязнения на физиологические процессы и морфологические показатели растений.

Таблица 1

Жизненное состояние древесных насаждений различных районов города Кемерово

Район города	Формула насаждений	N	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	L_n	Качество древостоя
Рудничный	$T_6K_2B_1L_1$	1057	24	823	208	26	–	64,7	Поврежденный
Ленинский	$B_4L_2T_1K_1E_1$	6078	2159	2275	970	70	7	68,1	Поврежденный
Кировский	$B_4T_3K_2L_1$	2551	667	1213	651	61	–	69,8	Поврежденный
Заводский	$T_5K_2B_2E_1$	3512	1427	1161	614	80	16	70,8	Поврежденный
Центральный	$L_3B_2B_1K_1T_1E_1Я_1$	10085	3474	4947	1216	213	13	73,7	Поврежденный

Обозначения. Древесные породы: Б – береза бородавчатая, В – вяз перистый, Е – ель сибирская, К – клен ясенелистный, Л – липа сердцевидная, Т – тополь бальзамический, Я – яблоня ягодная,

N – общее число деревьев, n_1 – n_5 – число деревьев различных классов повреждения,

L_n – относительное жизненное состояние древостоя.

Таблица 2

Жизненное состояние различных древесных пород в аллеиных посадках на магистралях города Кемерово

Древесные породы	N	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	L_n	Качество древостоя
Тополь бальзамический	2779	617	1389	685	74	13	67,1	Поврежденный
Клен ясенелистный	1059	194	539	281	44	3	64,8	Поврежденный
Береза бородавчатая	2212	316	1245	582	54	15	64,0	Поврежденный
Вяз перистый	1296	219	651	331	67	4	62,5	Поврежденный
Липа сибирская	1809	114	1149	457	46	13	61,7	Поврежденный

Обозначения те же, что и в табл. 1.

Для изучения реакций растений на условия городской среды применялась также система физиолого-биохимических, фенологических, анатомо-морфологических признаков.

В ходе исследований было обнаружено, что по характеру ответной реакции, проявляющейся в изменении физиолого-биохимических процессов, можно судить о газоустойчивости растений (2, 29 с.). В качестве диагностических признаков устойчивости растений при невидимых повреждениях в определенном интервале концентраций могут быть использо-

ваны следующие физиологические показатели: интенсивность фотосинтеза, активность пероксидазы и полифенолоксидазы, вымываемость электролитов из цитоплазмы, отношений: хлорофилл «а»/ хлорофилл «б» и связанная/ свободная вода.

Для устойчивых видов характерны пониженные значения показателей интенсивности физиологических процессов и слабая их изменчивость под влиянием газообразных загрязнителей атмосферы (табл. 3).

Таблица 3

Физиологические критерии оценки газоустойчивости растений

Газоустойчивость	Вариант	Активность пероксидазы		Вымываемость электролитов		Интенсивность фотосинтеза	
		Ед. акт.	О/К	%	О/К	мг CO ₂ , час ⁻¹ г ⁻¹	О/К
Высокая	К	0,77±0,3	1,49	17,7±0,56	1,08	8,5±0,24	1,08
	О	1,15±0,25		18,8±0,59		7,9±0,13	
Средняя	К	2,23±0,05	2,87	12,9±1,44	4,40	10,8±1,15	2,20
	О	6,41±0,80		56,4±4,27		4,9±0,97	
Низкая	К	0,43±0,05	4,12	8,5±0,91	6,80	12,5±0,28	3,38
	О	1,77±0,23		57,5±2,73			

Обозначения. К – контроль, О – опыт.

Разная норма реакции отличающихся по устойчивости видов позволяет использовать физиологические реакции для оценки степени загрязнения атмосферного воздуха и его токсичности для растений, что важно при решении проблем мониторинга.

Выявлен целый ряд нарушений в сезонных ритмах развития древесных растений. На площадках с повышенным уровнем загрязнения у всех видов отмечено сокращение общей продолжительности периода вегетации, связанное с более поздним началом и ранним окончанием.

Весенние фенофазы (набухание почек, развертывание и рост листьев, рост побегов) начинаются позже (на 3–7 дней), а осенние (расцветивание листьев и листопад) начинаются и заканчиваются раньше (на 5–10 дней). На процессы цветения, формирования и созревания плодов содержание токсикантов в атмосфере существенного влияния не оказывало.

Особенности среды промышленного города сказываются в основном на продолжительности активной жизнедеятельности листьев, у которых позже начинаются развертывание и рост листовых пластинок, а осеннее расцветивание и листопад – раньше, чем в относительно чистой зоне.

У шести видов: рябины сибирской, липы сердцевидной, березы бородавчатой, березы пушистой, тополя бальзамического и клена ясенелистного – исследовали строение и формирование верхушечных вегетативных почек в различных районах города.

Оказалось, что повышенный фон промышленного загрязнения оказывает на процессы внутрипочечного развития влияние, подобное резким колебаниям погодных условий. У всех видов отме-

чено сокращение периода формирования почек и уменьшение размеров листовых зачатков в районах высокой токсичности.

Изменение первого показателя происходит из-за более позднего (на 1–2 недели) начала дифференциации почек, в то время как окончательная емкость почки в различных газодинамических зонах определяется в одни и те же сроки.

У четырех видов: клена ясенелистного, тополя бальзамического, рябины сибирской, липы сердцевидной – емкость почки не зависит от уровня загрязнения, так как у них сокращается пластохрон, и процессы внутрипочечного развития протекают интенсивнее.

Для двух видов: березы бородавчатой и березы пушистой – характерно сохранение продолжительности пластохрона, поэтому в почках растений, подвергающихся более интенсивному антропогенному воздействию, закладывается меньше листовых зачатков, но при этом увеличивается число почечных чешуй (4, с. 107–113).

Структурные реакции на условия городской среды изучались у липы сердцевидной, клена ясенелистного, тополя бальзамического, березы бородавчатой и различных сортов смородины черной (5, с. 60).

Растения, произрастающие в разных газодинамических зонах, сравнивались по 62 показателям, характеризующим строение листовой пластинки, черешка и междоузлия модельных метамеров годичного побега.

Как правило, побеги растений, произрастающих в условиях высокого фона загрязнения, короче на 7,2–40,0 % за счет уменьшения длины междоузлий.

Максимальная чувствительность характерна для пластинки листа, а минимальная - для междоузлия. У всех видов отмечено уменьшение площади листовой пластинки (на 18–30,0 %). Толщина листа у клена ясенелистного, тополя бальзамического, березы бородавчатой и березы пушистой увеличивается, а у липы сибирской, наоборот, уменьшается. Коэффициент палисадности у всех видов возрастает, а доля межклетников в мезофилле снижается (табл. 4).

резь бородавчатой и березы пушистой увеличивается, а у липы сибирской, наоборот, уменьшается. Коэффициент палисадности у всех видов возрастает, а доля межклетников в мезофилле снижается (табл. 4).

Таблица 4

Изменение анатомического строения побега в зоне с высокой степенью загазованности (относительно контроля) на примере двух видов древесных растений

Признак	Липа сердцевидная	Клен ясенелистный
Толщина листовой пластинки	0,88	1,08
Коэффициент палисадности, %	1,02	1,03
Число клеток нижней эпидермы на 1 мм ²	1,07	1,2
Число устьиц на 1 мм ²	0,78	1,00
Диаметр черешка, мм	0,78	1,2
Толщина коры в черешке, мкм	1,1	1,2
Толщина перидермы в междоузлии, мкм	1,1	-
Площадь флоэмы в междоузлии, мкм ²	1,2	1,2

Под влиянием загрязнения среды обитания уменьшаются размеры клеток нижней эпидермы (на 9,0–13,7 %), у всех видов, кроме клена ясенелистного, снижается (на 2,4–44,0 %) число устьиц на 1 мм², а устьичный индекс увеличивается (на 25,0–58,8 %).

В качестве общей закономерности следует отметить возрастание ксероморфности пластинки листа, что, очевидно, можно связать с изменением баланса между процессами деления и растяжения клеток в процессе формирования эпидермы и мезофилла листа. Виды, характеризующиеся повышенной плотностью мезофилла, более устойчивы к поллютантам.

Диаметр черешка на промплощадках уменьшается (на 21,6 %) у липы сердцевидной или остается неизменным (остальные виды). В черешке под влиянием токсикантов увеличивается радиус, число слоев, площадь и доля первичной коры, в которой возрастает доля колленхимы.

В междоузлии наблюдается увеличение доли флоэмы в центральном цилиндре, радиуса перидермы и первичной коры. У тополя бальзамического и липы сердцевидной отмечено также уменьшение площади и относительного объема сердцевинки.

Изменения, наблюдаемые в черешке и междоузлии, свидетельствуют о нарушении баланса между процессами деления и растяжения клеток и деятельности первичных и вторичных меристем.

На ранних фазах формирования почек возобновления, развития анатомических структур годичного побега различия между растениями, произрастающими в различных условиях, выражены сильнее и проявляются по большему числу признаков, по мере формирования структур они нивелируются (3, с. 286). Обнаруженные изменения в строении частей метамера имеют в основном неспецифический характер.

Таким образом, под влиянием комплекса промышленных выбросов у древесных растений изменяются содержание пигментов, интенсивность фотосинтеза, активность ферментов, оводненность

листа, сокращается период вегетации, наблюдается раннее старение листа, уменьшается годичный прирост, изменяется строение структурных частей побега листа, что выражается в снижении жизненного потенциала растений и их насаждений.

Древесные растения с ксероморфными признаками характеризуются повышенной устойчивостью к условиям городских экосистем.

Материалы были депонированы во ВИНТИ в 2004 г.

Литература

1. Алексеев, В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В. А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51–57.
2. Ким, Л. О. Физиологическая оценка газоустойчивости растений в условиях промышленного региона на примере Кузбасса: автореф. дис... канд. биол. наук. – Казань, 1981. – 29 с.
3. Ковригина, Л. Н. Особенности развития и строения побегов древесных растений в условиях городской среды // Тез. докл. II Международной конф. по анатомии и морфологии растений. – СПб, 2002. – С. 286.
4. Ковригина, Л. Н. Механизмы адаптации онтогенеза древесных растений к действию неблагоприятных климатических и антропогенных факторов Кемеровской области / Л. Н. Ковригина, Н. Г. Боровко, Е. К. Рожнова // Вестн. Кемеровск. ун-та. – 2003. – Вып. 2(14). – С. 107–113.
5. Ковригина, Л. Н. Влияние условий химического промышленного комплекса на развитие и строение годичных побегов древесных растений / Л. Н. Ковригина, Л. О. Петункина, Е. В. Перфильева, И. В. Волкова // Тез. II Всесоюз. совещ. «Современные проблемы анатомии растений». – Владивосток, 1990. – С. 60.
6. Комплексная оценка состояния городских насаждений / Л. О. Петункина, Л. Н. Ковригина. – Кемеровск. гос. ун-т. – 2004. – 11 с. Деп. в ВИНТИ 29.04.2004, № 743 в 2004.