

КИСЛОРОДОПРОДУКТИВНОСТЬ, ФИТОНЦИДНОСТЬ И ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ ЛИСТЬЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

*Н.М.ВОРОНКОВА, Л.В.КОЗИНА, А.Н.ПРИЛУЦКИЙ,
Т.П.ОРЕХОВА, Т.И.ДМИТРИЕНКО*

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток

Глубокие и разносторонние исследования Владимира Леонтьевича Комарова являются теоретической основой для решения современных проблем охраны природы и рационального использования растительных ресурсов. К одной из таких проблем можно отнести оптимизацию окружающей среды с использованием древесных видов. Учение о виде занимает особое место в теоретическом наследии В.Л.Комарова. Он считал, что исследованиями, помогающими выявить сущность вида, являются и биохимические характеристики.

Основным свойством лесов является их способность к восстановлению состава воздушной среды в результате газообмена - поглощения углекислого газа, неспецифических для атмосферы газов и выделения кислорода. Сведений по газообмену дальневосточных древесных пород в научной литературе крайне мало (Воронкова, Васьяковская, 1988; Петухова, 1981; Чернышев, 1973). Кислородопродуктивность и фитонцидность древесных видов в Приморском крае не изучались вообще, что говорит о слабой разработке вопросов, касающихся оздоровления воздушного бассейна. Однако возрастающая загазованность, задымленность и запыленность воздуха, способствующие нарушению стабильности метаболических процессов в растениях, снижению роста и адаптационной способности, приводят к более раннему физиологическому старению древесных растений. Согласно современным представлениям (Барахтенкова, Николаевский, 1988) существенное значение в устойчивости растений к воздушным фитотоксикантам имеет фотосинтез. Исходя из этого сравнительная

повреждаемость фотосинтетического аппарата различных видов растений в определенной степени характеризует их газоустойчивость.

Фитонцидность является одним из основных критериев санитарно-гигиенической оценки лесов. Фитонциды - летучие вещества растений разнообразной химической природы, обладающие широким спектром биологической активности. Фитонциды уничтожают многие болезнетворные вирусы, микробы и бактерии, оказывают разностороннее воздействие на организм человека. Они улучшают иммунологические показатели организма, стимулируют деятельность центральной нервной системы, воздействуют на органы дыхания (Григорьева и др., 1990). Оценка фитонцидной активности древесных растений необходима прежде всего при выделении рекреационных территорий.

Для создания зеленых насаждений специального назначения, реконструкции пригородных лесов наряду с другими сведениями необходима сравнительная оценка древесных видов по полезным признакам: кислородопродуктивности, фитонцидности и устойчивости ассимиляционного аппарата к фитотоксикантам.

Объекты и методика исследований

Объектами исследований служили 60 видов древесных растений, произрастающих на полуострове Муравьев-Амурский, расположенного на юге Приморского края.

Кислородопродуктивность древесных растений характеризуется балансовым газообменом или результирующей величиной разницы между выделением кислорода в процессе фотосинтеза и его поглощением в процессе дыхания. Фотосинтез и дыхание определяли методом ассимиляционных колб по Л.А. Иванову и Н.Л. Коссович (Плешков, 1968) в факторостатных условиях на отдельных листьях или ветках. Повторность опытов трехкратная. Определение фотосинтеза и дыхания проводили со второй половины мая до конца августа. Продолжительность суточного периода фотосинтеза принимали в среднем за 12 часов. Расчет сезонной кислородопродуктивности у лиственных пород проводили за период от распускания листьев до появления осенней окраски для каждого вида в отдельности, у хвойных учитывали период активного фотосинтеза, определенный экспериментально. Фитомасса листьев одного дерева заимствована из результатов исследований А.А. Бабурина с соавторами (1982), а также из опубликованных данных сотрудников лаборатории лесоведения Биолого-почвенного института ДВО РАН.

О чувствительности фотосинтетического аппарата к газообразным фитотоксикантам судили по результатам сопоставления площади некротического повреждения ткани листа относительно площади всего листа после газации растений в камерах с сернистым газом 0,05 и 0,1% концентрации в течение 5 мин и кислотными дождями, а также в условиях хронического задымления. Поврежденность регистрировали на 20-100 листьях. Для более объективной оценки использовали также "метод экспертных оценок", описанный В.Г. Антиповым (1979), т. е. выявление коллективного доминирующего мнения различных специалистов при работе с дальневосточными видами в других регионах. В результате сопоставления субъективных данных авторов, а также собственных результатов выведена "средняя" оценка для каждого вида.

Определение фитонцидных свойств листьев древесных растений проводили по методике Б.П. Токина (1967). В качестве тест-объекта использовали спороносные бактерии рода *Bacillus*. Микробиологический поверхностный посев бактерий проводили в стерильных чашках Петри на рыбопептонном агаре. Учет и оценку состояния колоний вели на вторые и третьи сутки после воздействия фитонцидов листьев. Результаты опытов выражали в процентах по отношению к контролю. Опыты проводили в 4-6-кратной повторности во втором и третьем разведении исходной культуры бактерий.

Результаты и обсуждение

По данным наших исследований, среди древесных видов встречаются как активно фотосинтезирующие, так и обладающие замедленной ассимиляцией углекислого газа (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная видовая характеристика интенсивности фотосинтеза (мг CO₂ на 1 г сухой массы в час) и кислородопродуктивности (кг O₂, выделенного за сезон в перерасчете на абсолютно сухую массу листьев) древесных растений

Вид	Интенсивность фотосинтеза	Кислородопродуктивность
С очень высокой степенью кислородопродуктивности		
Тополь корейский	9,00	437,84
Тополь душистый	6,34	305,18
Ель аянская	2,27	336,66

Продолжение табл. 1

Вид	Интенсивность фотосинтеза	Кислородопродуктивность
Тополь серебристый	6,00	291,92
Дуб монгольский	5,20	223,29
Калопанакс семилопастный	7,70	219,20
Осина Давида	12,70	206,93
Ильм долинный	3,90	200,33

С высокой степенью кислородопродуктивности

Береза даурская	12,30	189,00
Тис остроконечный	1,90	184,27
Лиственница ср.	3,42	175,77
Ясень носолистный	4,23	170,95
Ольха японская	9,20	162,64
Липа амурская	9,30	160,65
Клен мелколистный	7,76	153,63
Пихта цельнолистная	1,65	153,50
Береза маньчжурская	10,60	151,20
Кедр корейский	1,10	138,70
Ясень маньчжурский	3,30	132,34
Клен маньчжурский	7,33	128,80
Пихта белокорая	1,54	122,67
Мелкоплодный ольхолистный	7,33	125,40
Ольха пушистая	6,30	111,26

С относительно высокой степенью кислородопродуктивности

Липа Таке	5,50	99,13
Липа маньчжурская	4,80	91,13
Бархат амурский	6,60	89,52
Береза Шмидта	5,82	87,50
Орех маньчжурский	5,10	83,30
Груша уссурийская	4,40	74,18
Сосна обыкновенная	0,69	73,92
Клен ложнозибольдов	4,20	70,60
Ель корейская	0,78	52,60

С невысокой степенью кислородопродуктивности

Клен зеленокорый	3,30	40,63
Грб сердцелистный	3,41	32,76
Клен Комарова	11,00	30,24
Береза Эрмана	4,02	30,20
Черемуха Маака	6,80	29,72

Окончание табл. 1

Вид	Интенсивность фотосинтеза	Кислородопродуктивность
Робиния ложноакация	9,75	26,84
Вишня Максимовича	11,00	25,82
Вишня сахалинская	8,80	22,82
Клен желтый	2,40	20,56
Сирень амурская	5,50	13,56
Боярышник даурский	9,07	11,58
Боярышник Максимовича	6,75	11,52
Черемуха азиатская	2,60	11,09
Клен приречный	3,80	10,94
Слива уссурийская	9,70	7,42
Рябина амурская	8,20	6,60
Ива козья	8,20	6,55
Ива Сюева	7,33	5,89
Крушина даурская	6,40	5,19
Ильм крупноплодный	2,07	4,95
Абрикос маньчжурский	3,09	4,84
Яблоня маньчжурская	5,02	4,11
Маакция амурская	5,80	3,88
Ильм низкий	3,50	2,82
Аралия высокая	6,00	2,63
Ива Шверина	2,75	2,18

Все виды хвойных имеют низкую интенсивность фотосинтеза. Лиственные соответственно обладают лучшей ассимиляцией, однако и среди них есть интенсивно и слабо фотосинтезирующие виды. К интенсивно фотосинтезирующим можно отнести березы маньчжурскую и даурскую, клен Комарова, вишню Максимовича, осину Давида. К слабо фотосинтезирующим - абрикос маньчжурский, иву Шверина, ильмы, клены зеленокорый, приречный и желтый, черемуху азиатскую и др.

Кислородопродуктивность исследуемых дальневосточных древесных растений весьма различна и варьирует в пределах 2,18 - 437,84 кг кислорода за сезон в расчете на одно дерево. В зависимости от морфоструктуры кроны имеются варианты, когда вид с низкой интенсивностью фотосинтеза продуцирует больше кислорода, чем вид с более высокой интенсивностью. Это прежде всего относится к хвойным растениям. Их высокая кислородопродуктивность обуслов-

лена длительным фотосинтетическим периодом и большой массой хвои.

Изменение экологического равновесия в природе за счет газообразных фитотоксикантов оказывает значительное воздействие на кислородопродуктивность растений в результате повреждения ассимиляционного аппарата. Одной из первых морфологических реакций на постоянное или разовое воздействие фитотоксикантов является нарушение строения и последующее разрушение клеточных органелл, и прежде всего хлоропластов, вслед за которыми появляется некроз ткани. Используя комплексную оценку состояния листьев, мы разделили все обследованные виды растений на 5 групп:

1 - виды с очень низкой степенью повреждаемости листьев (робиния ложноакация, абрикос маньчжурский, ивы Сюзева и Шверина, аралия высокая).

2 - виды с низкой степенью повреждаемости листьев (тополя душистый и корейский, клены зеленокорый и маньчжурский, боярышник даурский, калопанакс семилопастный, ива козья, ильм низкий, крушина даурская, бархат амурский, яблоня маньчжурская).

3 - виды с относительно низкой степенью повреждаемости листьев (вишни Максимовича и сахалинская, слива уссурийская, орех маньчжурский, рябина амурская, тис остроконечный, лиственница, маакия амурская, ильм долинный, береза даурская, клены мелколистный, приречный и желтый, боярышник Максимовича),

4 - виды со средней степенью повреждаемости листьев (сирень амурская, липы маньчжурская и Таке, мелкоплодный ольхолистный, сосны обыкновенная и густоцветковая, клены ложнозибольдов, Комарова и бородатый, черемухи азиатская и Маака, ольха японская, ильм крупноплодный, березы маньчжурская и Шмидта, осина Давида, пихта цельнолистная),

5 - виды с высокой степенью повреждаемости листьев (ольха пушистая, береза Эрмана, граб сердцелистный, ясень маньчжурский и носолистный, липа амурская, пихта белокорая, кедр корейский, ели аянская и корейская).

В практике необходимо учитывать ряд аспектов, влияющих на устойчивость отдельных видов. Так, например, растения с клейкими и сахаристыми выделениями (клёны, тополя, берёзы) снижают устойчивость в результате более сильного пылевого загрязнения листьев. С возрастом увеличивается дымоустойчивость у разных видов берёз с появлением воскового налета на листьях. Растения некоторых видов легче переносят высокую разовую концентрацию газообразных загрязнителей, чем низкую, но длительную, как, напри-

мер, ель аянская. У других видов (берёзы, ясень, лиственница) отмечается обратная реакция. Растения разных видов тополей устойчивы к разнообразным видам фитотоксикантов, но страдают от загрязнения их листьев пылью. Виды с гладкой поверхностью листьев, такие как дуб монгольский, клен мелколистный и зеленокорый, более устойчивы к кислотным дождям, чем к газообразным фитотоксикантам, а виды с опушенной поверхностью листьев, такие как боярышник Максимовича и ольха пушистая, сильнее повреждаются кислотными осадками.

Для сравнительной характеристики фитонцидности у разных видов проводили одновременную оценку активности летучих фитонцидов в листьях всех исследуемых видов в период активной вегетации. Полученные результаты позволили условно разделить древесные виды на 3 группы (табл. 2).

Таблица 2

Фитонцидная активность листьев древесных растений (число погибших колоний бактерий рода *Bacillus*, в % к контролю)

Вид растений	Фитонцидная активность
С сильной фитонцидной активностью	
Ель аянская	100
Ель корейская	100
Кедр корейский	100
Пихта цельнолистная	100
Лиственница sp.	100
Абрикос маньчжурский	100
Клен ложнозибольдов	100
Маакия амурская	100
Рябина амурская	100
Черемуха азиатская	100
Черемуха Маака	100
Яблоня маньчжурская	100
Груша уссурийская	100
Граб сердцелистный	98
Ильм долинный	95
Орех маньчжурский	94
Ясень носолистный	88
Сосна обыкновенная	85
Ива Шверина	85
Тополь корейский	80

Вид растений	Фитонцидная активность
Со средней фитонцидной активностью	
Клен зеленокорый	79
Ильм лопастный	79
Крушина уссурийская	79
Робиния ложноакация	79
Липа амурская	76
Береза маньчжурская	76
Мелкоплодник ольхолистный	70
Клен маньчжурский	70
Бархат амурский	68
Береза даурская	66
Клен приречный	66
Липа маньчжурская	64
Калопанакс семиллопастный	64
Ясень маньчжурский	59
Дуб монгольский	58
Береза желтая	53
Со слабой фитонцидной активностью	
Осина Давида	50
Ива козья	28
Ольха пушистая	0
Клен мелколистный	0

Установлено, что практически все исследуемые виды обладают той или иной степенью фитонцидной активности. Наиболее активной выделительной функцией обладают хвойные (ель аянская, кедр корейский, пихта цельнолистная). Бактерицидные свойства хвойных известны широко и исследованы для других регионов (Пряжников, 1967; Стародубова, 1990; Токин, 1951).

В результате изучения большого числа видов древесных растений в разных регионах установлено, что выделение летучих веществ растениями тесно связано с их жизнедеятельностью и развитием и носит выраженный сезонный характер. В разные периоды вегетации древесные растения выделяют неодинаковое количество летучих бактерицидных веществ (Делова, 1967). Степень фитонцидности хвои и ее сезонные изменения у кедра, сосны и пихты зависят от возраста хвои. Наиболее высокими фитонцидными свойствами

отличается хвоя второго года. Зимой у всех хвойных наблюдается уменьшение фитонцидных свойств. В январе у сосны и кедра фитонцидность практически не отмечалась. Увеличение фитонцидности наблюдается с первых чисел апреля.

Высокой фитонцидностью обладают розоцветные (черемухи азиатская и Маака, яблоня маньчжурская, груша уссурийская, абрикос маньчжурский, рябина амурская). Аналогичные результаты получены и другими авторами (Стародубова, 1990). Отмечено, что высокая фитонцидность розоцветных сохраняется на протяжении всего периода вегетации. Исследуя фитонцидность лесов горного Алтая, А.Н.Пряжников (1967) относит березы к средней группе. Согласно нашим данным, дальневосточные виды берез также обладают средней фитонцидностью. Бактерицидные свойства кленов разнообразны. Клен ложнозибольдов относится к группе с сильной фитонцидной активностью, клен маньчжурский - со средней, а клен мелколистный - к группе со слабой фитонцидной активностью. Согласно данным (Делова, 1967) фитонцидная активность кленов весьма неустойчива и наблюдается в течение короткого времени - с конца июня до начала августа. По активности летучих фитонцидов наиболее высокими показателями отличались клены зеленокорый, псенелистный и татарский, наименьшей - клен остролистный. Остальные же изученные автором виды (клены гиннала, маньчжурский, полевой, бородачатый, ложнозибольдов) характеризовались средней фитонцидностью. Из семи обследованных видов тополей высокой фитонцидной активностью отличались три вида тополя - берлинский, канадский и китайский.

Леса различных типов представляют интерес для людей в качестве лечебно-оздоровительного фактора, так как выделяемые растениями летучие фитонциды являются одним из важнейших физиологически активных компонентов. В состав летучих фитонцидов входят вещества различных классов химических соединений - углеводы, терпены, спирты, альдегиды, кетоны, органические и минеральные кислоты и др. Различия в характере воздействия на человека атмосферы, создаваемой растениями, обуславливаются этим разнообразием химических веществ в выделениях растений, основная часть которых по количественному составу и соотношению отдельных компонентов строго индивидуальна и специфична для каждого вида растений.

Представленные сравнительные показатели кислородопродуктивности, фитонцидности и повреждаемости ассимиляционного аппарата фитотоксикантами 60 видов древесных растений, произра-

стающих на юге Приморского края, могут быть использованы при реконструкции пригородных лесов, озеленении городов, создании рекреационных территорий и санитарно-защитных зон промышленных предприятий, а также при экспертных оценках лесных насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

- Антипов В.Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам. Минск:Наука и техника, 1979. 216 с.
- Бабурин А.А., Петропавловский Б.С., Суханов В.В. Предварительные таблицы фитомассы древесных пород Дальнего Востока: Препр. Владивосток:ТИГ, 1982. 44 с.
- Барахтенюва Л.А., Николаевский В.С. Влияние сернистого газа на фотосинтез растений. Новосибирск: Наука, 1988. 86 с.
- Воронкова Н.М., Васьяковская Н.Г. Дыхание листьев древесных растений юга Приморского края // Ботан. журн. 1988. Т.73, № 7. С. 1011-1016.
- Григорьева С.О., Зотикова Р.Г., Варенцова Е.Ю., Фомина Г.П. Лес и отдых // Современное состояние и перспективы рекреационного лесопользования. Л., 1990. С. 104-108.
- Делова Г.В. Фитонцидные свойства некоторых древесных и кустарниковых пород // Фитонциды, их биологическая роль и значение для медицины и народного хозяйства. Киев, 1967. С.115-119.
- Петухова И.П. Эколого-физиологические основы интродукции древесных растений. М.: Наука, 1981. 124 с.
- Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1968. 182 с.
- Пряжников А.Н. Сезонные изменения фитонцидности у древесно-кустарниковых растений кедровников Прителецкого района горного Алтая // Фитонциды, их биологическая роль и значение для медицины и народного хозяйства. Киев, 1967. С.54-56.
- Стародубова В.А. Объем фитонцидных выделений в рекреационных лесах горного Крыма // Современное состояние и перспективы рекреационного лесопользования. Л., 1990. С.78-79.
- Токин Б.П. Губители микробов - фитонциды. М., 1951. 128 с.
- Токин Б.П. Целебные яды растений. Л.: Наука, 1967. 287 с.
- Чернышев В.Д. Фотосинтез и дыхание подроста в широколиственно-хвойных лесах южного Приморья // Физиология и экология древесных пород Приморья. Владивосток, 1973. С.7-22.