

ЧАСТЬ II

В. Г. Антипов

ДЕЙСТВИЕ АЭРОЗОЛЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ НА ЛИСТЬЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ БЕРЕЗ

Туман серной кислоты, или аэрозоль, является постоянным спутником сернистого ангидрида в воздухе современных индустриальных городов. Имеющиеся в угольной золе соединения ванадия и марганца с железом являются катализаторами и способствуют окислению значительной части SO_2 в аэрозоль H_2SO_4 . Например, длительность существования молекулы SO_2 в лондонском тумане равна примерно 4,5 час [5]. По исследованиям атмосферного воздуха г. Москвы, в ясную погоду в среднесуточных пробах концентрации аэрозоля серной кислоты составили около 3% концентрации сернистого газа, при переменной облачности — около 5, в пасмурную погоду — около 7 и в туманную — почти 16%. Чем продолжительней и гуще туман, тем выше концентрация аэрозоля серной кислоты по отношению к концентрации сернистого газа. Увеличение концентрации аэрозоля серной кислоты по отношению к концентрации сернистого газа отмечается также в дни с высокой влажностью и малой скоростью ветра [2].

В атмосферном воздухе г. Минска, по данным Санэпидемстанции, концентрация аэрозоля серной кислоты, например, 4 октября 1960 г. при направлении ветра со стороны ТЭЦ-3 и автозавода (ветер южного направления, скорость 4 м/сек, температура воздуха 12° С, влажность 91%) в парке им. Челюскинцев была в центре 3,8, на территории Детского сектора 5 мг/м³.

Предельно допустимая концентрация аэрозоля серной кислоты в воздухе, установленная по раздражающему действию на слизистые оболочки верхних дыхательных путей и глаз, составляет среднесуточная 0,10, разовая 0,30, для цехов 1,0 мг/м³ [2].

Сернистый ангидрид и аэрозоль серной кислоты оказывают существенное влияние на главные жизненные процессы и многие биохимические реакции в растениях. Наиболее интен-

сивному изучению подвергался сернистый ангидрид как более распространенный и токсичный. В ряде случаев они рассматриваются совместно [1].

O' Gara, Holmes и другие авторы изучали действие высоких концентраций аэрозоля серной кислоты (600 *ppm*) на травянистые растения, пшеницу, люцерну и др. [3]. Thomas и сотрудники, а также Peterson повторили эти опыты с более низкими концентрациями (от 30 до 65 *ppm*) на сахарной свекле, люцерне и других растениях. Было выяснено, что высокие концентрации аэрозоля серной кислоты без достаточного разбавления водой, обеспечивающего смачиваемость поверхности листа, не вызывали поражения. При разбавлении водой капле аэрозоля появлялся пятнистый тип поражения [4].

Мы исследовали влияние принятых в медицинской практике предельно допустимых концентраций аэрозоля серной кислоты на 16 видах рода *Betula* L., произрастающих в Центральном ботаническом саду АН БССР. Опыт закладывался дважды в течение вегетационного периода: 2 мая, когда листья находились в фазе интенсивного роста и имели размеры от 1 до 2,5 см (в зависимости от видов), и 19 июля, т. е. через 2,5 месяца, когда листья были полностью развиты.

Во время исследований преобладала солнечная погода, а при закладке опыта освещенность не опускалась ниже 50 000 люкс (S_4 по шкале Визнера). В этих условиях в растениях интенсивно проходил процесс фотосинтеза.

Листья полностью смачивались аэрозолем серной кислоты в концентрации: 0,1; 0,3; 0,5; 2 мг/м³. Обследование пораженных растений проводилось после действия аэрозоля H₂SO₄ в течение 2, 4, 6 и 8 час, а также на 2, 3, 4, 5, 12, 32-й день, т. е. всего 10 раз.

Внешние признаки поражения листьев растений разбиты нами на 9 баллов, по которым проводился учет поражаемости листового аппарата: 0 — поражения нет; 1 — легкое покраснение вершины и зубчиков; 2 — побурение вершины и зубчиков и слегка по краю, незначительная потеря тургора; 3 — четко выраженное побурение и распространение его по жилкам; 4 — начало дифференциации на бурые и зеленые пятна с преобладанием зеленых, падение тургора; 5 — преобладают бурожелтые пятна, зеленые больше у основания, потеря тургора; 6 — полное побурение, следы зелени отдельными местами, потеря тургора; 7 — полное побурение, потеря тургора, с листа течет вода; 8 — полное побурение листа, появление черных или темно-зеленых пятен, лист сильно сморщен; 9 — полное отмирание ткани.

Интересно, что при полном побурении листа и потере тургора (поражение 7 баллов) с листа течет вода, т. е. наблюдается «плач листа». По-видимому, в этот момент клетки уже уби-

ты и не поглощают воду, которая поступает из корневой системы. Также нарушена система регуляции поступления и использования воды.

Предельно допустимые концентрации аэрозоля серной кислоты ($0,1—0,3 \text{ мг/м}^3$) при разовом нанесении их на листья в весенний период у ряда видов (*Betula japonica* Sieb., *B. manshurica* Nakai, *B. neopalascana* Sarg.) совершенно не вызывали поражения, у других — лишь легкое покраснение вершины листа и зубчиков (1 балл) (*B. lutea* Michx. f., *B. occidentalis* Hook.). Наиболее сильные поражения при обратимых реакциях наблюдались на 2-й день после закладки опыта. Например, у *B. dalecarlica* L. f. и *B. verrucosa* Ehrh. поражение достигло 3 баллов (четко выраженное побурение листа и распространение его по жилкам). На 12-й день после заложения опыта у 11 пород полностью исчезли признаки поражения. Интересно, что, хотя *B. verrucosa* была наиболее сильно поражена предельно допустимыми концентрациями, она на 12-й день после закладки опыта уже не имела поражений, что указывает на ее высокую восстановительную способность.

У берез, подвергнутых воздействию аэрозоля серной кислоты в летний период (19 июля), обратимые реакции имелись лишь у *B. coerulea* Blanch, *B. japonica*, *B. lutea* и *B. papyrifera* Marsh. и наблюдались лишь при концентрации $0,5 \text{ мг/м}^3$.

Необратимые реакции, приводящие к летальному состоянию, вызванные весной концентрацией аэрозоля преимущественно от $0,5 \text{ мг/м}^3$ и более, а летом от 1 мг/м^3 и более, усиливаются прямо пропорционально концентрации серной кислоты и времени, прошедшему после начала нанесения аэрозоля.

Если весной концентрация аэрозоля $0,5 \text{ мг/м}^3$ в ряде случаев приводила к летальному исходу (*B. dahurica* Pall, *B. ermani* Cham., *B. lutea*, *B. occidentalis*, *B. oycoviensis* Besser., *B. papyrifera*, *B. verrucosa* и др.), то эта же концентрация летом лишь у *B. dalecarlica*, *B. delavayi* Franch., *B. ermani*, *B. papyrifera* и *B. pubescens* Ehrh. вызвала незначительные поражения.

У всех 16 видов берез весной наблюдался плавный характер кривой нарастания поражения и резкий подъем аналогичной кривой летом. Концентрация аэрозоля 2 мг/м^3 весной вызвала гибель молодых побегов у всех видов, а 1 мг/м^3 — у большинства, в летний период ни в одном случае не наблюдалось гибели побегов, что связано с ранним их созреванием.

Ясное представление о различной поражаемости исследуемых представителей рода *Betula* L. в весенний и летний периоды дает табл. 1.

На рис. представлено нарастание суммарного поражения исследуемых представителей рода *Betula* L. Показатели поражаемости в летний период — плавная кривая в сторону увеличения степени поражения. Весной на 4 и 5-й день после по-

Таблица 1

Суммарная поражаемость исследуемых видов берез (в баллах)

Концентрация аэрозоля, мг/м ³	Средняя поражаемость		Примечания
	весной	летом	
0,1	0,35	0	весной наличие обратимых реакций
0,3	0,68	0	весной наличие обратимых реакций
0,5	3,55	0,27	весной гибель побегов
1,0	6,8	5,1	весной гибель побегов
2,0	8,0	6,9	весной гибель побегов

Таблица 2

Сравнительная шкала поражаемости

Весенний период		Летний период	
средний балл поражения	наименование видов	средний балл поражения	наименование видов
2,74	<i>Betula manchurica</i>	2,46	<i>Betula oycoviensis</i>
3,54	<i>B. japonica</i>	2,46	<i>B. pubescens</i>
3,68	<i>B. neoalascana</i>	2,48	<i>B. dahurica</i>
3,82	<i>B. coerulea</i>	2,48	<i>B. manchurica</i>
3,82	<i>B. lutea</i>	2,48	<i>B. verrucosa</i>
3,82	<i>B. papyrifera</i>	2,52	<i>B. lenta</i>
3,84	<i>B. ermani</i>	3,52	<i>B. lutea</i>
3,86	<i>B. pubescens</i>	2,54	<i>B. delavaji</i>
3,88	<i>B. dalecarlica</i>	2,56	<i>B. ermani</i>
3,9	<i>B. occidentalis</i>	2,56	<i>B. occidentalis</i>
3,92	<i>B. ulmifolia</i> S. etz.	2,58	<i>B. neoalascana</i>
4,02	<i>B. delavaja</i>	2,58	<i>B. japonica</i>
4,07	<i>B. oucoviensis</i>	2,6	<i>B. ulmifolia</i>
4,26	<i>B. verrucosa</i>	2,64	<i>B. papyrifera</i>
4,28	<i>B. dahurica</i>	2,7	<i>B. coerulea</i>
4,48	<i>B. lenta</i> L.	2,94	<i>B. dalecarlica</i>

ражения кривая показывает спад, вызванный обратимыми реакциями при действии малых (предельно допустимых) концентраций аэрозоля серной кислоты.

На основании проведенных исследований составлена сравнительная шкала (табл. 2) поражаемости 16 видов берез в весенний и летний периоды.

Из табл. 2 также видно значительное увеличение среднего балла поражения в весенний период воздействия аэрозоля серной кислоты.

Весной они варьируют в пределах от 2,74 (*B. manchurica*) до 4,48 балла (*B. lenta*), разница средней поражаемости различных видов берез составила 1,74 балла, тогда как летом по-

казатели варьируют от 2,46 (*B. oycoviensis*) до 2,94 балла (*B. dalecarlica*) — разница составила всего 0,48 балла.

Проведенные исследования позволяют сделать выводы, что действие аэрозоля серной кислоты на представителей рода *Betula* вызывает как обратимые, так и необратимые реакции. Обратимые реакции, когда действие аэрозоля на растения ска-



Динамика поражения берез в весенний (1) и летний (2) периоды

зывается лишь некоторое время при малых поражениях. В весенний период одни и те же концентрации аэрозоля серной кислоты вызывают более сильное поражение, чем летом. Однако при весеннем поражении наблюдается большее количество обратимых реакций, тогда как при летнем они почти отсутствуют. Предельно допустимые концентрации аэрозоля серной кислоты в атмосферном воздухе, предложенные Комиссией по предельно допустимым концентрациям при Главной государственной санитарной инспекции СССР, являются допустимыми для древесных пород, так как в весенний период вызывают обратимые реакции, а летом не вызывают поражения растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красинский Н. П. Озеленение промплощадок дымоустойчивым ассортиментом. М., 1937.
2. Рязанов В. А. Новые данные по экспериментальному обоснованию предельно допустимых концентраций атмосферных загрязнений. Предельно допустимые концентрации атмосферных загрязнений, вып. III. Медгиз, 1957.
3. Holmes J. A., Franklin E. C. and Gould R. A. Report of the Selby Smelter Commission. U. S. Bur. of Mines Bull. 98, 1915.
4. Thomas M. D., Hendrieks R. H. and Hill G. R. Some Impurities in the Air and their Effects on Plants. Air Pollution. Proceedings of the United States Technical Conference on Air Pollution. New York, 1952.
5. Thomas M. D. New understandings from current atmospheric pollution research. Amer. j. publ. health. 49, (12), 1959.
6. Wiesner J. Der Lichtgenuss der Pflanzen. Leipzig, 1907.

Секция интродукции и зеленого строительства при Центральном ботаническом саде АН БССР