

утечки, а в другом такого эффекта не наблюдалось. Однако последующее добавление циперметрина, в обоих экспериментах вызывало увеличение величины входящих ионных токов. На этом основании можно предположить, что исследуемый пиретроидный инсектицид и в испытанных концентрациях вызывает рост проводимости неселективной ионной утечки.

Циперметрин является высоко липофильным соединением ( $\lg K_{ow}$  6,94) [5], что облегчает его прохождение через биологические мембраны и создает предпосылки для модификации последних. Учитывая это и принимая во внимание полученные данные, можно заключить, что циперметрин, возможно, способен индуцировать возникновение дефектов в липидном бислое, что и проявляется в наблюдаемом росте проводимости неселективной ионной утечки.

### Литература

1. Demidchik V., Davenport R.J., Tester M. Nonselective cation channels in plants // *Annu. Rev. Plant Biol.*– 2002.– V.53.– P.67–107.
2. Соколик А.И. Неселективная ионная проводимость плазмалеммы // Доклады НАН Беларуси.– 1999.– Т.43, № 1.– С.77–80.
3. Костюк П.Г. Микроэлектродная техника. – Киев: АН УССР, 1960. – 127 с.
4. Юрин В.М., Соколик А.И., Кудряшов А.П. Регуляция ионного транспорта через мембраны растительных клеток. Мн.: Наука і тэхніка. 1991. – 271с.
5. Brudenell A.J.P., Baker D.A., Grayson B.T. Phloem mobility of xenobiotics: tabular review of physicochemical properties governing the output of the Kleier model // *J. Plant Growth Regul.*– 1995.– V.16.– P.215–231.

## ВЛИЯНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ

**А.П. Яковлев, И.А. Шобанова, Л.А. Божко, Г.И. Булавко**

*Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь*  
*yakovlev@it.org.by*

Средства, используемые для зимней очистки автомобильных дорог, создают условия для бесперебойной работы транспортных средств, но в тоже время негативно влияют на природную среду (вызывают загрязнение почв, поверхностных и грунтовых вод, угнетение растительности). Техническая соль, песчано-солевые смеси, галитовые отходы, почти на 97 % состоящие из хлористого натрия, остаются основным средством борьбы с обледенением дорог в зимний период. Ежегодно на автомагистралях Беларуси для борьбы с наледями используется до 100 тыс. т противогололедных материалов (ПГМ), вследствие длительного применения которых происходит постепенное засоление почв, наблюдается резкое ухудшение состояния зеленых насаждений вдоль автотранспортных магистралей.

Научно подтверждены данные о механизме и результатах влияния хлоридов на компоненты окружающей среды: при хлоридном засолении почв в растениях происходят нарушения физиолого-биохимических процессов, морфологические изменения и дальнейшая гибель [1–3].

Увеличение содержания солей в почве сопровождается поступлением их в крону деревьев и в листья, вызывая некроз, усыхание побегов уже в начале вегетации, сокращение длительности вегетации и функционирования ассимиляционного аппарата растений. Большинство древесных пород, используемых в озеленении г. Минска, чувствительны даже к невысокому (0,4–0,5 %) засолению почв (каштан конский, липа мелколистная, береза повислая, клен остролистный и др.) [4].

По данным опробования снежного покрова установлено, что зона влияния автодорог распространяется от 30 до 130–150 м, в зависимости от ландшафтных условий. Механические барьеры (кустарник, деревья) уменьшают дальность переноса солевых аэрозолей, резко увеличивая их концентрацию в непосредственной близости от дорог. Открытые пространства, наоборот, способствуют дальнему переносу.

Поэтому основным критерием подбора и закладки пробных площадей явилось удаление древесно-кустарниковой растительности от края дорожного полотна. Образцы хвойных и лиственных деревьев и кустарников отбирали с растений удаленных на 10–25 м и 150 м от дорожной бровки. Ключевыми пунктами наблюдений явились ДЭУ-2, г. Ивацевичи (Брестская обл.); ДЭУ-4, г. Столбцы (Минская обл.) и ДЭУ-7, п. Юрцево (Витебская обл.). Определяющим моментом для закладки пунктов наблюдения послужили типы посадок (опушки лесных массивов, снегозащитные посадки ели, декоративные смешанные посадки хвойных и лиственных деревьев и кустарников).

Из всех органов растений листья являются самыми чувствительными как к действию атмосферных загрязнителей, так и к действию многих других факторов. Такая чувствительность объясняется тем, что большинство важных физиологических процессов осуществляется в листе, который служит как бы центром вариабельности или пластичности организма. Поэтому лист с его различными стадиями развития представляет собой исключительно хороший индикатор для оценки влияния ряда атмосферных загрязнителей [5].

Пигментный комплекс растительного организма относится к числу систем, отличающихся чувствительностью к изменяющимся условиям среды. Содержание хлорофилла определяется балансом скоростей его образования и разрушения. При воздействии на растительный организм хлорид-ионов, в том числе в составе противогололедных материалов, происходит снижение концентрации пигментов, за исключением каротина и хлорофилла *b*. В.С. Николаевский [6] установил, что чем выше процентное содержание хлорофилла *a*, и суммарное содержание всех пигментов, тем более устойчивым является растение. Отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* у растений является признаком фотохимической активности листьев, т.е. увеличение соотношения  $Xa/Xb$  является признаком высокой потенциальной интенсивности фотосинтеза. Согласно литературным источникам, снижение суммы хлорофилла *a* и *b* характерно для неустойчивых и среднеустойчивых видов. У толерантных видов выражено увеличение содержания пигментов, причем количество хлорофилла *b* может возрасти в 2–3 раза (таблица).

Пигментная система устойчивых видов деревьев и кустарников в опытном варианте показывает незначительное отклонение от контроля (до 10 %). Виды, проявляющие среднюю устойчивость к хлористому водороду, характеризуются снижением содержания хлорофилла и каротиноидов на 11–30 % по отношению к контролю. У неустойчивых растений суммарное содержание фотосинтетических пигментов в опытном варианте ниже контроля более чем на 30 %. В этой связи наименьшей устойчивостью к последствию применения ПГМ на дороге М1/Е30 характеризуются можжевельник обыкновенный, ель европейская, сосна обыкновенная. Наиболее выносливыми к солевому загрязнению относятся карагана древовидная, дуб черешчатый, боярышник кроваво-красный. Для большинства исследованных видов повышение содержания общего числа пигментов приходится на летний период вегетации, что можно объяснить окончанием формирования фотосинтетического аппарата и установлением наиболее оптимального количества пигментов для осуществления процесса фотосинтеза.

Важным показателем устойчивости растений в экстремальных условиях произрастания является содержание водорастворимых белков [2]. Существенное уменьшение содержания водорастворимых белков в ассимиляционных органах большинства опытных растений в эксперименте свидетельствует о возможном негативном влиянии ПГМ как на процессы биосинтеза белков, так и на процессы их деградации. Установлено, что в зоне техногенного за-

грязнения атмосферы происходит перестройка фракционного состава белков для обеспечения гомеостаза клеток растений, подвергающихся воздействию поллютантов [7].

Таблица

Среднее за вегетационный сезон содержание пигментов в хвое и листьях древесно-кустарниковых растений придорожных насаждений, мг/г сырого веса

Вид	Содержание пигментов					
	<i>Xл a</i>	<i>Xл b</i>	$\Sigma Xл a+b$	<i>Car</i>	<i>Xл a/ Xл b</i>	$\Sigma Xл a+ b/ Car$
<i>Picea abies</i> L.	<u>0,49±0,03*</u>	<u>0,22±0,01</u>	<u>0,71±0,02</u>	<u>0,63±0,05</u>	<u>2,3</u>	<u>2,1</u>
	0,33±0,04	0,25±0,03	0,58±0,07	0,66±0,05	1,3	0,9
<i>Picea pungens</i>	<u>0,53±0,02</u>	<u>0,16±0,01</u>	<u>0,69±0,07</u>	<u>0,74±0,04</u>	<u>3,3</u>	<u>0,9</u>
	0,66±0,04	0,33±0,4	0,99±0,08	0,85±0,06	2,0	1,2
<i>Pinus sylvestris</i> L.	<u>1,35±0,03</u>	<u>0,47±0,04</u>	<u>1,83±0,03</u>	<u>0,72±0,01</u>	<u>2,9</u>	<u>2,5</u>
	1,09±0,05	0,44±0,07	1,53±0,07	0,88±0,06	2,5	1,7
<i>Juniperus communis</i> L.	<u>0,59±0,07</u>	<u>0,24±0,03</u>	<u>0,83±0,09</u>	<u>0,81±0,06</u>	<u>2,5</u>	<u>1,0</u>
	0,34±0,04	0,25±0,01	0,59±0,06	0,90±0,07	1,4	0,7
<i>Betula pendula</i>	<u>2,64±0,41</u>	<u>0,91±0,04</u>	<u>3,55±0,45</u>	<u>1,36±0,18</u>	<u>2,9</u>	<u>2,6</u>
	2,28±0,25	1,03±0,10	3,31±0,29	1,74±0,11	2,2	1,9
<i>Crataegus sanguinea</i>	<u>0,84±0,10</u>	<u>0,97±0,05</u>	<u>1,81±0,08</u>	<u>0,91±0,07</u>	<u>0,9</u>	<u>2,0</u>
	1,01±0,08	1,69±0,10	2,70±0,25	1,15±0,05	0,7	2,3
<i>Quercus robur</i>	<u>1,77±0,19</u>	<u>1,44±0,05</u>	<u>3,21±0,24</u>	<u>1,56±0,09</u>	<u>1,2</u>	<u>2,1</u>
	1,93±0,14	1,56±0,10	3,49±0,15	1,75±0,07	1,2	1,9
<i>Caragana arborescens</i>	<u>2,34±0,19</u>	<u>0,67±0,05</u>	<u>3,00±0,28</u>	<u>0,85±0,08</u>	<u>3,5</u>	<u>3,5</u>
	2,50±0,22	1,18±0,07	3,68±0,40	0,98±0,04	2,1	3,7
<i>Tilia cordata</i>	<u>0,98±0,23</u>	<u>0,28±0,06</u>	<u>1,28±0,29</u>	<u>1,34±0,19</u>	<u>3,5</u>	<u>1,0</u>
	0,67±0,09	0,32±0,02	0,99±0,07	1,44±0,09	2,1	0,7

\*Над чертой – растения, удаленные от края дорожного полотна на расстоянии 150 м; под чертой – растения, удаленные от края дорожного полотна на расстоянии 10–25 м

При действии остаточных количеств ПГМ происходит усиление распада белков, что объясняется изменением проницаемости биомембран, в частности тонопласта, при этом цитозольные белки становятся более доступными для вакуолярных ферментов. Для синтеза белков создается пул аминокислот, являющийся более пригодным для метаболизма в условиях техногенного воздействия, что играет существенную роль в адаптации растений к экстремальным условиям среды.

### Литература

1. Генкель П.А. Основные пути изучения солеустойчивости растений // Сельскохозяйственная биология.– 1970.– Т. V, № 2.– С. 292–301.
2. Гончарик М.Н. Физиологическое влияние ионов хлора на растения. Минск: Наука и техника, 1968. – 249 с.
3. Строгонов Б.П. Физиологические основы солеустойчивости растений (при разнокачественном засолении почв). – М., 1962. – 366 с.
4. Сидорович Е.А., Арабей Н.М., Кирковский К.К. и др. Аккумуляция ионов хлора почвами и ассимиляционными органами деревьев в городских насаждениях Минска // Проблемы озеленения городов: альманах. Вып. 10.– М., 2004.– С. 203–207.
5. Биоиндикация загрязнителей наземных экосистем: Пер. с нем. / Под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
6. Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений.– Новосибирск: Наука, 1979. – 280 с.
7. Сергейчик С.А. Устойчивость древесных растений в техногенной среде.– Мн.: Навука і тэхніка, 1994.– 279 с.