

## Экологические проблемы и природопользование

УДК 575.113:581.19:634.942

*Е.Н. Виноградова, И.И. Коршиков*

### ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ЭМИССИЯМ АВТОТРАНСПОРТА ДЕРЕВЬЕВ *ACER PLATANOIDES* L. В НАСАЖДЕНИЯХ ВДОЛЬ ГОРОДСКОЙ АВТОМАГИСТРАЛИ

Анализ генетического полиморфизма растений *Acer platanoides* L., произрастающих в аллеиной посадке вдоль городской автомагистрали и различающихся по устойчивости к эмиссиям автотранспорта, не выявил существенных различий их генетической изменчивости по 17 аллозимным локусам ( $H_E = 0,208-0,215$ ,  $H_O = 0,115-0,153$ ). Низкий уровень генетической дифференциации разных по устойчивости к выхлопным газам выборок растений ( $F_{ST} = 0,018$ ,  $D_N = 0,011$ ) свидетельствует о том, что генетическая обусловленность устойчивости *A. platanoides* определяется не только влиянием отдельных генов, но и в определенной степени зависит от их сочетания в генотипах растений. Наблюдается тенденция более высокого уровня гетерозиготности у растений, неустойчивых к воздействию эмиссий автотранспорта.

*Ключевые слова:* *Acer platanoides* L., аллеиные насаждения, эмиссии автотранспорта, устойчивость, аллозимы, гетерозиготность.

В атмосфере крупных индустриальных городов наряду с выбросами промышленных предприятий в значительных количествах присутствуют выхлопные газы автотранспорта. Так, например, в 2010 году в г. Донецке на долю промышленных предприятий приходилось 5,8 % общеобластного объема эмиссий, а на долю выхлопных газов – 26,7 % [1]. При этом в атмосферу поступает до 200 химических веществ, в основном оксид углерода, а также оксиды азота, серы, соединения тяжелых металлов и полициклические ароматические углеводороды, в первую очередь бенз(а)пирен, содержание которого в воздухе вблизи крупных автомагистралей может в 10 раз превышать ПДК [2]. Одним из основных факторов экологической стабилизации техногенных территорий являются насаждения древесных растений, в качестве природного фильтра очищающие воздух от пыли и аэрополлютантов. Деревья аллеиных посадок вдоль автомагистралей берут на себя основную часть выхлопных газов, однако их листовой аппарат при этом нередко повреждается уже в начале вегетации, что значительно снижает декоративность и фитомелиоративный потенциал придорожных насаждений. В этой связи для озеленения автомагистралей важное значение имеет подбор устойчивых видов древесных растений. В то же время растения одного вида при одинаковой стрессовой нагрузке нередко отличаются по уровню устойчивости, что связано с особенностями их генотипа [3–5]. В частности, рядом авторов выявлены определенные генетические различия по аллозимным локусам между деревьями одного вида, различающимися по устойчивости к аэротехногенному загрязнению [6–8].

Фенотипическими признаками, наиболее тесно отражающими генотипические особенности растений, являются множественные молекулярные формы ферментов. Удобным методом изучения генетической структуры как природных популяций, так и насаждений является электрофоретический анализ изоферментов [9]. Генотипические особенности древесных растений в первую очередь отражает индивидуальная изменчивость ферментов листовых зачатков их терминальных почек, поскольку изоэнзимный состав листовых зачатков в период органического покоя растений, до начала активного внутривиточного роста, стабилен и слабо зависит от воздействия внешних факторов [10–12].

Цель данной работы – установить генотипические особенности деревьев *Acer platanoides* L. в аллеиных насаждениях вдоль городской автомагистрали, различающихся по устойчивости к воздействию эмиссий автотранспорта.

#### Объекты и методы исследований

Ранее нами была выявлена значительная индивидуальная изменчивость жизненного состояния одновозрастных растений клена остролистного (*Acer platanoides* L.), произрастающих в аллеиных посадках вдоль крупных автомагистралей [13]. Последующие наблюдения на протяжении нескольких вегетационных периодов показали, что индивидуальная чувствительность изученных растений к выхлопным газам меняется незначительно.

Материалом для исследований служили листовые зачатки *A. platanoides* с 41-го дерева (40–45 лет), произрастающих в аллейной посадке вдоль крупной автомагистрали г. Донецка. Вегетативные почки для анализов собирали в феврале 2013 года, в период покоя растений. Следует отметить, что в насаждениях г. Донецка *A. platanoides* является одним из наиболее широко представленных видов [14]. Жизненное состояние растений определяли во второй половине вегетационного периода по степени повреждения листьев, достаточно информативному показателю текущего состояния деревьев [15]. Согласно шкале повреждений [16] выделены 3 группы растений: устойчивые (слабоповрежденные, периферийный хлороз не превышает 10 % поверхности листьев) – 19 деревьев, среднеустойчивые (среднеповрежденные, развитый хлороз до 40 % поверхности листьев) – 12 деревьев и неустойчивые (сильноповрежденные, хлороз и некроз более 40 % поверхности листьев) – 10 деревьев.

Гомогенизацию листовых зачатков проводили в стеклянных гомогенизаторах при температуре 4° С в 100 мкл экстрагирующего буфера (0,15 М трис-глициновый буфер (рН 8,3), содержащего поливинилпирролидон X-50 (3 %), трилон Б (0,02 %) и β-меркаптоэтанол (0,05 %)). Электрофорез проводили на приборе ЭЛФ-2 конструкции К.А. Трувеллера и Г.Н. Нефедова [17] в вертикальных пластинках 7,5 %-ного полиакриламидного геля с рН разделяющего геля 8,9 и трис-глициновым электродным буфером с рН = 8,3 [18]. Пластинки полиакриламидного геля полимеризовали по методике В.Д. Дэйвиса [19] в модификации В.И. Сафонова и М.П. Сафоновой [20]. Гистохимическое выявление зон ферментативной активности проводили по общепринятым методикам [21] для следующих девяти ферментных систем: *алкогольдегидрогеназа* (ADH, К.Ф. 1.1.1.1), *формиатдегидрогеназа* (FDH, К.Ф. 1.2.1.2), *глутаматдегидрогеназа* (GDH, К.Ф. 1.4.1.2), *глутаматоксалоацетаттрансаминаза* (GOT, К.Ф. 2.6.1.1), *диафороза* (DIA, К.Ф. 1.8.1.4), *кислая фосфатаза* (ACP, К.Ф. 3.1.3.2), *лейциламинопептидаза* (LAP, К.Ф. 3.4.11.1), *малатдегидрогеназа* (MDH, К.Ф. 1.1.1.37), *супероксиддисмутаза* (SOD, 1.15.1.1). Генотипические варианты изучаемых ферментных систем *A. platanoides* проанализированы нами ранее [22]. Аллели нумеровались арабскими цифрами, возрастающими по мере уменьшения электрофоретической подвижности их аллозимов. Параметры генетической изменчивости растений в трех исследуемых выборках оценивали по традиционным показателям: среднему числу аллелей на локус ( $A$ ), полиморфности ( $P_{99}$ ), ожидаемой ( $H_E$ ) и наблюдаемой ( $H_O$ ) гетерозиготности,  $F$ -статистикам С. Райта [9] и генетической дистанции Нея ( $D_N$ ) [23].

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью пакета компьютерных программ GenA1EX V. 6 [24] и GenRes [25].

## Результаты исследований и их обсуждение

В ходе анализа девяти ферментных систем *A. platanoides* было выявлено 39 проявляющихся на гелевых пластинах электрофоретических вариантов. Эти электрофоретические фенотипы листовых зачатков *A. platanoides* интерпретировались как аллозимные варианты, для которых были рассчитаны значения относительной электрофоретической подвижности ( $R_f$ ) (табл. 1).

Индивидуальная изменчивость компонентного состава ферментов листовых зачатков древесных растений генетически детерминирована, что дает основание интерпретировать наблюдаемые электрофоретические фенотипы в качестве генетических локусов и аллелей. Из 17 описанных локусов для ферментов листовых зачатков *A. platanoides* у 9 выявлен полиморфизм (Lap-1, Mdh-2, Got-1, Got-2, Dia-2, Acp-2, Lap-2, Mdh-3 и Gdh). Остальные 8 локусов оказались мономорфными (Sod-1, Sod-2, Sod-3, Adh, Fdh, Dia-1, Mdh-4, Acp-3).

Количество аллельных вариантов девяти полиморфных локусов в совокупной выборке *A. platanoides* составляет 28 (табл. 2). Для локусов Lap-1 и Mdh-2 выявлено максимальное количество аллелей – по 4. У шести локусов (Got-1, Got-2, Dia-2, Acp-3, Lap-2 и Mdh-3) полиморфизм образуют 3 аллеля и у одного (Gdh) – 2. Количество аллелей полиморфных локусов в выборках деревьев *A. platanoides* с разным уровнем устойчивости практически одинаково – по 24 у устойчивых и неустойчивых деревьев и 23 – у среднеустойчивых. Количество генотипов в совокупной выборке растений составляет 39, максимально они выявлены в выборке устойчивых растений – 34, у среднеустойчивых – 28, у неустойчивых – 29. Возможно, различия в количестве генотипических вариантов в определенной степени связаны с разными размерами выборок.

Уровень изменчивости всех выявленных полиморфных локусов *A. platanoides* оказался достаточно высоким, поскольку их средняя ожидаемая гетерозиготность превышала 30 %, за исключением локуса Lap-2, значение ожидаемой гетерозиготности которого менее 18 % (табл. 2). Наиболее полиморфными оказались локусы Got-1, Got-2 и Lap-1, ожидаемая гетерозиготность которых превышала 50 %.

Таблица 1

**Электрофоретические варианты ферментных систем листовых зачатков *Acer platanoides* аллейных насаждений г. Донецка**

Ферментная система	Изоферменты	Количество аллозимных вариантов	<i>R<sub>f</sub></i> (относительная электрофоретическая подвижность)
Алкогольдегидрогеназа	ADH	1	0,26
Формиатдегидрогеназа	FDH	1	0,40
Глутаматдегидрогеназа	GDH	2	0,13; 0,16
Глутаматоксалоацетат-трансаминаза	GOT-1	3	0,34; 0,37; 0,42
	GOT-2	3	0,29; 0,32; 0,45
Диафораза	DIA-1	1	0,55
	DIA-2	3	0,17; 0,23; 0,28
Супероксиддисмутаза	SOD-1	1	0,29
	SOD-2	1	0,52
	SOD-3	1	0,96
Кислая фосфатаза	ACP-2	1	0,50
	ACP-3	3	0,32; 0,35; 0,40
Лейцинаминопептидаза	LAP-1	4	0; 0,60; 0,64; 0,66
	LAP-2	3	0; 0,40; 0,44
Малатдегидрогеназа	MDH-2	4	0; 0,40; 0,43; 0,46
	MDH-3	3	0; 0,29; 0,34
	MDH-4	1	0,22

Таблица 2

**Количество аллелей, генотипов и гетерозиготность полиморфных локусов листовых зачатков *Acer platanoides* аллейных насаждений г. Донецка**

Локусы	Количество		Гетерозиготность	
	аллелей	генотипов	наблюдаемая, <i>H<sub>O</sub></i>	ожидаемая, <i>H<sub>E</sub></i>
Gdh	2	3	0,122	0,318
Got-1	3	5	0,342	0,654
Got-2	3	5	0,390	0,512
Dia-2	3	4	0,220	0,306
Acp-2	3	3	0,122	0,384
Lap-1	4	7	0,366	0,528
Lap-2	3	3	0,098	0,176
Mdh-2	4	5	0,293	0,327
Mdh-3	3	4	0,268	0,334

На основании имеющихся аллельных частот были рассчитаны основные значения параметров генетического полиморфизма для трех исследуемых выборок *A. platanoides* (табл. 3). Доля полиморфных локусов одинакова у всех трех выборок и составляет 0,529, что очень близко к значению данного показателя для 22 выборок *A. platanoides* на Южном Урале ( $P = 0,52$ ) [26]. Уровень полиморфизма *A. platanoides*, как и других видов рода *Acer* L., в частности, *A. saccharum* Marsh. и *A. negundo* L., несколько ниже по сравнению с другими покрытосеменными растениями [11; 27; 28].

Наличие полиморфных локусов в определенной степени связано со способностью вида адаптироваться к изменениям ресурсных факторов окружающей среды [11]. Следует отметить, что *A. platanoides* чаще всего рассматривается как вид, неустойчивый в условиях техногенного загрязнения атмосферы [13; 14; 29; 30], который лишь в определенных условиях может проявлять достаточно высокую устойчивость [31; 32].

Значения среднего числа аллелей на локус в исследуемых выборках близки (1,82–1,94). Подобные значения данного показателя выявлены при популяционно-генетических исследованиях *A. platanoides* в Финляндии ( $A = 1,9$ ) [11]. Частота преобладающего аллеля составляет более 50 % для всех исследуемых локусов, за исключением Got-1.

Таблица 3

**Значения основных показателей генетического полиморфизма в выборках деревьев *Acer platanoides* L., различающихся по уровню устойчивости к эмиссиям автотранспорта**

Выборка растений по устойчивости к эмиссиям автотранспорта	Доля полиморфных локусов, ( $P_{99}$ )	Среднее число аллелей на локус, $A$	Средняя гетерозиготность		Индекс фиксации Райта, $F$	Коэффициент инбридинга, $F_{IS}$
			ожидаемая, $H_E$	наблюдаемая, $H_O$		
Устойчивые	0,529	1,882	0,208±0,019	0,115±0,016	0,448	0,252
Среднеустойчивые	0,529	1,824	0,202±0,023	0,137±0,021	0,322	0,143
Неустойчивые	0,529	1,941	0,215±0,027	0,153±0,025	0,288	0,126
Совокупная выборка	0,529	2,118	0,214±0,013	0,131±0,012	0,388	0,189

Также достаточно близкими у исследуемых выборок были значения ожидаемой гетерозиготности ( $H_E$  изменяется в пределах 0,202–0,215). Наблюдаемая ( $H_O$ ) гетерозиготность варьирует в более широких пределах – от 0,115 до 0,153. Несмотря на то, что достоверных различий между изучаемыми выборками растений *A. platanoides* по показателям фактической гетерозиготности выявлено не было, наблюдается определенная тенденция: минимальный уровень данного показателя характерен для выборки устойчивых к эмиссиям автотранспорта деревьев, максимальный – для наиболее неустойчивых. Также ранее нами установлено, что у неустойчивых к выхлопным газам растений *A. platanoides* компонентный состав пероксидазы более представительен, чем у устойчивых [10]. В литературе есть информация о преимуществе более гетерозиготных особей при адаптации в условиях стресса [28]. Однако в исследованиях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), популяции которой подвержены воздействию эмиссий крупного химического комбината, наиболее устойчивой оказалась группа деревьев с наименьшим уровнем гетерозиготности [7]. По мнению Ю.П. Алтухова [9], наиболее устойчивы в популяциях к абиотическим факторам среды индивиды, имеющие оптимальный уровень гетерозиготности. Вероятно, неустойчивость к стрессовым условиям среды более гетерозиготных особей связана с наличием в их генотипах определенного количества сублетальных генов, снижающих их адаптивный потенциал и отсутствующих у устойчивых растений.

Согласно значениям индекса фиксации Райта во всех исследуемых вариантах выявлен существенный недостаток гетерозигот, максимальный для выборки устойчивых растений (45 %), минимальный – для неустойчивых (29 %) (см. табл. 3). Коэффициент инбридинга также показывает, что изучаемым растениям *A. platanoides* свойственен недостаток гетерозигот ( $F_{IS} = 0,189$ ). Выявлена низкая степень дифференциации исследуемых выборок, поскольку на долю межвыборочной составляющей приходится менее 2 % генетической изменчивости ( $F_{ST} = 0,018$ ). Наибольший вклад в это разнообразие (более 4 %) вносят локусы Lah-1, Mdh-2 и Asp-3. Коэффициент генетической дистанции Нея между выборками *A. platanoides*, различающимися по устойчивости к эмиссиям автотранспорта, составил 0,011, что также свидетельствует о слабом уровне их генетической дифференциации. Это может быть связано с однородностью исходного посадочного материала, полученного из питомника.

### Заключение

Таким образом, выборки растений *A. platanoides*, различающиеся по устойчивости к эмиссиям автотранспорта, характеризуются низким уровнем генетической дифференциации. По всей видимости, генетическая обусловленность устойчивости *A. platanoides* к выхлопным газам определяется влиянием не только отдельных генов, но и, в определенной степени, зависит от их сочетания в генотипах растений. Наблюдаемая тенденция более высокого уровня гетерозиготности у неустойчивых растений, вероятно, связана с наличием в их генотипах определенного количества гетерозиготных сублетальных генов, снижающих их адаптивный потенциал и отсутствующих у растений, устойчивых к эмиссиям автотранспорта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чайка Л.В., Николаенко А.С. Аналіз впливу автотранспорту на стан атмосферного повітря міста Донецька // Екологія промислового регіону: Об'єднання заради життя: збірка доповідей національного екологічного форуму. Донецьк, 2012. С. 58-59.
2. Бухарина И.Л., Поварнищина Т.М., Ведерников К.Е. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде. Ижевск: ФГОУ ВПО «Ижевская ГСХА», 2007. 216 с.
3. Теребова Е.Н., Галибина Н.А., Сазонова Т.А. Индивидуальная изменчивость метаболических показателей ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной в условиях промышленного загрязнения // Лесоведение. 2003. № 1. С. 73-78.
4. Konnert M., Ruetz W., Fromm M Genetic variation in *Acer pseudoplatanus* L. inheritance of isozyme variants // Forest Genetics. 2001. Vol. 8, No. 1. P. 25-37.
5. Black-Samuelsson S., Eriksson G. Effects of nitrogen stress on adaptive genetic variation in *Acer platanoides* L. and *Betula pendula* Roth. // Forest Genetics. 2002. Vol. 9, No. 1. P. 71-86.
6. Scholz F., Venne H. Untersuchung von Genotypumvelt Interaktion mit Fichtenkionen auf unterschiedlichen Standorten Sowil unter Begasung // GKSS. 1988. N 55. S. 371-382.
7. Korshikov I.I., Velikoridko T.I., Butylskaya L.A. Genetic structure and variation in *Pinus sylvestris* L. populations degrading due to pollution-induced injury // Silvae Genet. 2002. Vol. 51, N 2-3. P. 45-49.
8. Бахтиярова Р.М., Янбаев Ю.А. Генетическая изменчивость сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях промышленного загрязнения на Южном Урале. Сравнительное изучение групп деревьев различных категорий жизненного состояния // Генетика. 1996. Т. 32, № 8. С. 1135-1141.
9. Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях. 3-е изд. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. 431 с.
10. Коршиков И.И., Котов В.С., Михеенко И. П. и др. Взаимодействие растений с техногенно загрязненной средой. Киев: Наукова думка, 1995. 190 с.
11. Rusanen M., Vakkari P., Blom A. Evaluation of the Finnish gene-conservation strategy for Norway maple (*Acer platanoides* L.) in the light of allozyme variation // Forest Genetics. 2000. Vol. 7, N 3. P. 155-165.
12. Rusanen M., Vakkari P., Blom A. Genetic structure of *Acer platanoides* and *Betula pendula* in northern Europe // Can. J. For. Res. 2003. Vol. 33. P. 1110-1115.
13. Коршиков И.И., Виноградова Е.Н. Изменение физиолого-биохимических показателей листьев различающихся по устойчивости к выхлопным газам деревьев *Acer platanoides* L. и *Acer pseudoplatanus* L. в насаждениях вдоль автомагистрали // Промышленная ботаника. 2005. Вып. 5. С. 75-84.
14. Поляков А.К. Интродукция древесных растений в условиях техногенной среды. Донецк: Ноулидж (Донецк. отд.), 2009. 268 с.
15. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51-57.
16. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974. 124 с.
17. Трувеллер К.А., Нефедов Г.Н. Многоцелевой прибор для вертикального электрофореза в параллельных пластинках ПААГ // Биол. науки. 1974. № 9. С. 137-140.
18. Маурер Г. Диск – электрофорез / пер. с нем. М.А. Смирновой-Новиковой. М.: Мир, 1971. 247 с.
19. Davis B.J. Disk electrophoresis. II. Methods and application to human serum proteins // Ann. N. Y. Acad. Sci. 1964. Vol. 121. P. 404-427.
20. Сафонов В.И., Сафонова М.П. Исследование белков и ферментов растений методом электрофореза в ПААГ. Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1977. С. 113-136.
21. Корочкин Л.И., Серов О.Л., Пудовкин А.И. и др. Генетика изоферментов М.: Наука, 1977. 275 с.
22. Виноградова Е.Н., Калафат Л.А., Виноградова Н.А. Аллозимный полиморфизм насаждений *Acer platanoides* L. г. Донецка // Промышленная ботаника. 2014. Вып. 14. С. 151-159.
23. Nei M. Genetic distance between populations // Amer. Naturalist. 1972. Vol. 106. P. 283-292.
24. Peakall R., Smouse P.E. GenAlex 6: Genetic Analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research // Molecular Ecology Notes. 2006. Vol. 6. P. 288-295.
25. Демкович А.Е. Программа «GenRes» для анализа данных популяционно-генетических исследований хвойных // Промышленная ботаника. 2007. Вып. 7. С. 33-36.
26. Садыков Х.Х. Популяционная структура клена остролистного (*Acer platanoides* L.) на Южном Урале: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2000. 21 с.
27. Hamrick J.L., Godt M.J.W., Sherman-Broules S.L. Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species // New For. 1992. Vol. 6. P. 95-124.
28. Янбаев Ю.А., Садыков Х.Х., Ганиев Р.М., Габитова Д.М. Генетическое разнообразие популяций лесных древесных растений. Клен остролистный: генетические аспекты сохранения биологического разнообразия. Уфа: БГУ, 2000. С. 33-48.
29. Гнатів П.С. Функціональна адаптація деревних рослин до умов урбанізованого середовища на заході України: автореф. дис. ... докт. біол. наук. Чернівці, 2006. 38 с.

30. Шобанова И.А. Буферная способность и рН клеток ассимиляционного аппарата как показатель состояния городских зеленых насаждений // Теоретические и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и народного хозяйства: материалы Междунар. науч. конф., посв. 75-летию со дня образования ЦБС НАН Беларуси. Минск: Эдит ВВ, 2007. С. 169-171.
31. Василюк О.М., Кулік А.Ф. Вплив антропогенних чинників на накопичення важких металів у листках рослин в штучних насадженнях промислових підприємств // Відновлення порушених природних екосистем: матеріали Третьої міжнар. наук. конф. Донецьк, 2008. С. 105-107.
32. Ловінська В.М., Зайцева І.А. Зміни показників прооксидантно-оксидантної системи насіння кленів під впливом техногенно забрудненого середовища // Восстановление нарушенных природных экосистем: материалы IV Междунар. науч. конф. Донецьк, 2011. С. 211-212.

Поступила в редакцию 20.01.15

*E.N. Vinogradova, I.I. Korshikov*

**GENOTYPIC FEATURES OF TREES *ACER PLATANOIDES* L. VARYING IN RESISTANCE TO TRANSPORT EMISSIONS IN WAYSIDE PLANTS ALONG CITY ROADS**

Analysis of genetic polymorphism of *Acer platanoides* L., growing along city highways and varying in resistance to transport emissions, did not reveal significant differences in their genetic variation at 17 allozyme loci ( $H_E = 0,208-0,215$ ,  $H_O = 0,115-0,153$ ). Low level of genetic differentiation of plant samples different by tolerance to exhaust gases ( $F_{ST} = 0,018$ ,  $D_N = 0,011$ ) implies that genetic conditioning of resistance of *A. platanoides* is determined not only by influence of individual genes but also, to a certain extent, by a combination of genes in plant genotypes. There is a tendency to a higher level of heterozygosity in plants sensitive to transport emission impact.

*Keywords:* *Acer platanoides* L., wayside trees, transport emissions, resistance, allozyme, heterozygosity.

Виноградова Елена Николаевна,  
кандидат биологических наук, научный сотрудник  
Коршиков Иван Иванович,  
доктор биологических наук, профессор, зав. отделом

Донецкий ботанический сад НАН Украины  
38059, Украина, г. Донецк, пр. Ильича, 110  
E-mail: dbsgenetics@gmail.com

Vinogradova E.N.,  
Candidate of Biology, Reseacher  
Korshikov I.I.,  
Doctor of Biology, Professor, Head of the Department

Donetsk Botanical Garden of the NAS of Ukraine  
110 Illicha Ave., Donetsk 83059, Ukraine  
E-mail: dbsgenetics@gmail.com