

УДК 575:574.2

АНТРОПОГЕННЫЕ ФИТОЦЕНОЗЫ В УСЛОВИЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТРЕССА

Ибрагимова Э. Э.

В настоящее время главным разрушающим фактором фитоценозов является антропогенный [1]. В результате воздействия данного фактора происходят существенные изменения в растениях. При антропогенном загрязнении биосферы нарушаются естественно сложившиеся фитоценозы, нормальные процессы органогенеза, появляются специфические тератологические изменения у растений различных систематических групп. Существенную опасность для человека и животных представляет отсутствие каких-либо визуальных признаков поражения растений при опасных содержаниях токсикантов [2].

Очень многие фитоценозы испытывают значительную антропогенную нагрузку, в основном вблизи дорог, в зоне влияния промышленных предприятий, а также вблизи населённых пунктов.

Проблема загрязнения окружающей среды различными экотоксикантами обострилась в последнее время и в Крымском регионе. Анализ динамики выбросов вредных веществ в атмосферу Крыма показывает, что с 1998 года начинается рост выбросов в атмосферу, обусловленный в основном выбросами автотранспорта, на долю которого приходится 70-80% выбросов вредных веществ в атмосферный воздух [3]. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования, направленные на изучение последствий загрязнения окружающей среды на растительную компоненту экосистем.

Установлено, что наиболее сильное влияние техногенного стресса испытывают генеративные органы растений, особенно органы мужской репродукции, что проявляется в их аномальном развитии и низком качестве формируемой ими пыльцы [4 - 6].

Целью данного исследования явилась оценка последствий аэротехногенного загрязнения окружающей среды выбросами автомобильного транспорта по их палинотоксическому влиянию на многолетние древесные растения, произрастающие вдоль автострад.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служили цветы, собранные с древесных растений, произрастающих в придорожной зоне автострады Железнодорожного вокзала г. Симферополя. Контрольным вариантом служили цветы, собранные с тех

же видов растений, произрастающих в зонах отсутствия автомобильного движения. Исследования проводились в течение 2003 - 2006 гг.

В качестве объектов исследований были использованы следующие виды многолетних древесных растений: ива плакучая, или вавилонская (*Salix babylonica*), каштан съедобный (*Castanea sativa Mill.*), клён обыкновенный, или остролистный (*Acer platanoides*), орех грецкий (*Juglans regia*). У указанных культур изучали спонтанную и индуцированную стерильность пыльцы, а также палиноморфологическое строение пыльцевых зерен.

Собранный с указанных зон репродуктивный материал (цветы многолетних древесных растений) фиксировали в уксуснокислом спирте (3:1), а затем, после промывки в 70%-ном спирте, переносили в 80%-ный этиловый спирт, где хранили до цитогенетического анализа. Фертильность пыльцевых зёрен определяли йодным методом на временных давленных препаратах [7]. Изучение морфологической структуры пыльцевых зерен проводили при помощи системы морфометрического анализа изображений, включающей микроскоп "Carl Zeiss", видеокамеру "SunKwang" и персональный компьютер. Полученные данные для сравнения приводили к интенсивным показателям [8]. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ "Microsoft Excel 2000". В качестве критерия оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У изученных растений, произрастающих как в экологически благоприятной зоне, так и вдоль автострады с интенсивным движением автотранспорта, были выявлены существенные различия показателей спонтанной и индуцированной стерильности мужского гаметофита.

В таблице 1 представлены данные стерильности пыльцевых зёрен растений, произрастающих в зоне отсутствия автомобильного движения. Выявлен довольно низкий спонтанный уровень стерильности пыльцевых зёрен, диапазон которой отмечается в пределах от 2% (*Acer platanoides*) до 18% (*Salix babylonica*).

Таблица 1.

Показатели фертильности и стерильности пыльцы изученных растений, произрастающих в экологически чистой зоне (контроль)

№	Название растения	Фертильность пыльцы			Стерильность пыльцы		
		кол-во, ед.	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	кол-во, ед.	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%
1.	Ива плакучая	6626	19,04±0,26	82,0	1456	4,18±0,15	18,0
2.	Каштан съедобный	6653	22,25±0,30	92,0	579	1,94±0,09	8,0
3.	Клён остролистный	8002	21,34±0,11	98,0	165	0,62±0,03	2,0
4.	Орех грецкий	6936	23,20±0,39	95,9	293	0,98±0,08	4,1

Однако показатели стерильности мужского гаметофита резко возрастали у изученных многолетних растений, произрастающих вдоль автострады с

интенсивным движением автотранспорта. Данные индуцированной аэротехногенным загрязнением стерильности пыльцевых зёрен изученных культур представлены в таблице 2.

Таблица 2.
Показатели фертильности и стерильности пыльцы многолетних растений, произрастающих в придорожной зоне автострады

№	Название растения	Фертильность пыльцы			Стерильность пыльцы		
		кол-во, ед.	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	кол-во, ед.	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%
1.	Ива плакучая	4743	14,59±0,26*	52,6	4264	13,12±0,26*	47,4
2.	Каштан съедобный	5551	17,03±0,29*	72,3	2130	6,53±0,21*	27,7
3.	Клён остролистный	5591	18,57±0,10*	79,4	1453	4,84±0,11*	20,6
4.	Орех грецкий	5180	18,57±0,44*	79,1	1370	4,91±0,23*	20,9

Примечание: отличия от контроля достоверны при * - $p \leq 0,001$

Показатели индуцированного уровня стерильности пыльцевых зёрен увеличивались у всех изученных растений в несколько раз по сравнению с контрольным вариантом. Так количество abortивных пыльцевых зёрен возрастало у ивы плакучей в 2,6 раза ($p \leq 0,001$) по сравнению с контрольным вариантом; у каштана съедобного - в 3,5 раза ($p \leq 0,001$); ореха грецкого - в 5,2 раза ($p \leq 0,001$) соответственно. У популяций клёна остролистного, произрастающих в придорожной зоне, также отмечалось резкое увеличение количества abortивной пыльцы, о чём свидетельствует превышение её уровня в 10,3 раза ($p \leq 0,001$) по сравнению с контрольной зоной.

При изучении влияния техногенного загрязнения на органы мужской репродуктивной системы растений, произрастающих в зоне интенсивного движения автотранспорта, самый высокий показатель индуцированного уровня стерильности пыльцы был выявлен у ивы плакучей, количество стерильных пыльцевых зёрен которой составило 47,4% от общего количества продуцируемой пыльцы. По показателю индуцированной стерильности мужского гаметофита изученные многолетние растения расположились в следующей последовательности: ива плакучая (*Salix babylonica*) > каштан съедобный (*Castanea sativa Mill.*) > орех грецкий (*Juglans regia*) > клён остролистный (*Acer platanoides*).

На рисунке 1 представлены микрофотографии продуктов мужской генеративной сферы популяций ивы плакучей (*Salix babylonica*), произрастающих вдоль автострады с интенсивным движением автотранспорта. Основными нарушениями при формировании мужских гамет были следующие: крупная пыльца (а), мелкая пыльца (б), узкая, продолговатая (в), стерильная без крахмала или со следами его (г).

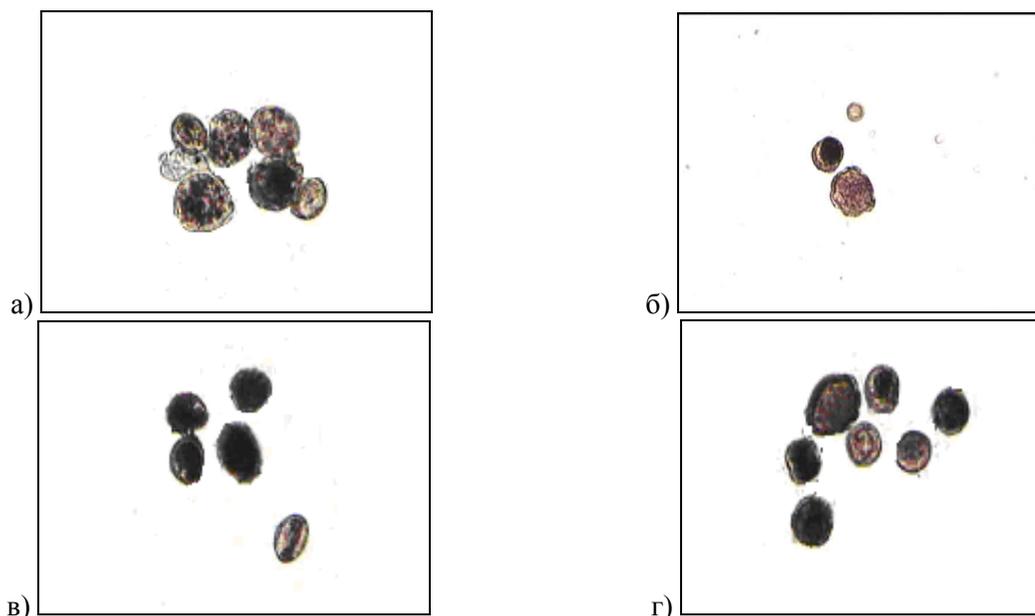


Рис. 1. Мужской гаметофит *Salix babylonica* (увел. 1.1x16), произрастающих вдоль автострады с интенсивным движением автотранспорта.

На рисунке 2 изображен мужской гаметофит клена остролистного (*Acer platanoides*), серьезных аномалий в палиноморфологическом аспекте нами обнаружено не было. Основная масса abortивной пыльцы имела правильную округлую форму (а) и мелкие размеры (б), но не содержала крахмал.

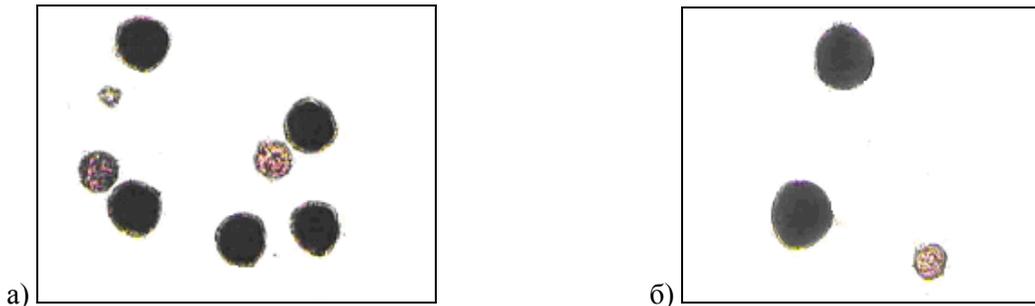


Рис. 2. Мужской гаметофит *Acer platanoides* (увел. 1.1x16), произрастающих вдоль автострад с интенсивным движением автотранспорта.

Изучение морфологии пыльцевых зерен каштана съедобного (*Castanea sativa* Mill.) показало (рис. 3), что основным нарушением при формировании мужских половых гамет генеративными органами растений, произрастающих вдоль автострады с интенсивным движением автотранспорта, являются вытянутые эллипсовидные стерильные пыльцевые зерна (а-г).

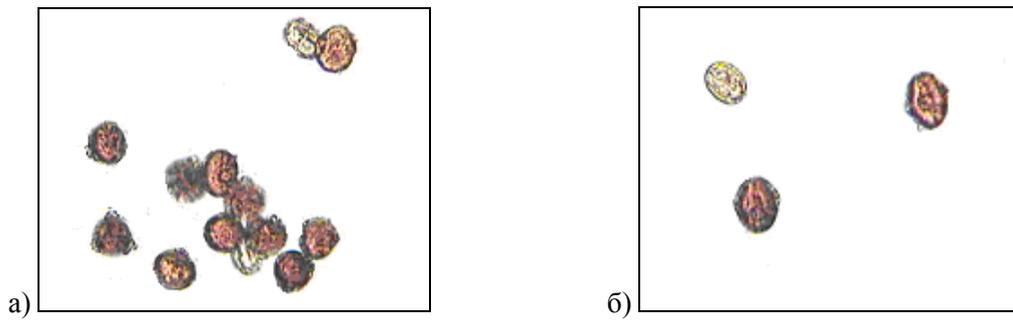


Рис. 3. Мужской гаметофит *Castanea sativa* Mill. (увел. 1.1x16), произрастающих вдоль автострад с интенсивным движением автотранспорта.

На рисунке 4 представлены продукты генеративной сферы грецкого ореха. Основными отклонениями от нормы при формировании пыльцы органами мужской репродукции деревьев *Juglans regia* придорожной зоны автострад были: слабое и неравномерное распределение крахмала, или его полное отсутствие (а, б); формирование очень крупных abortивных пыльцевых зерен (в).

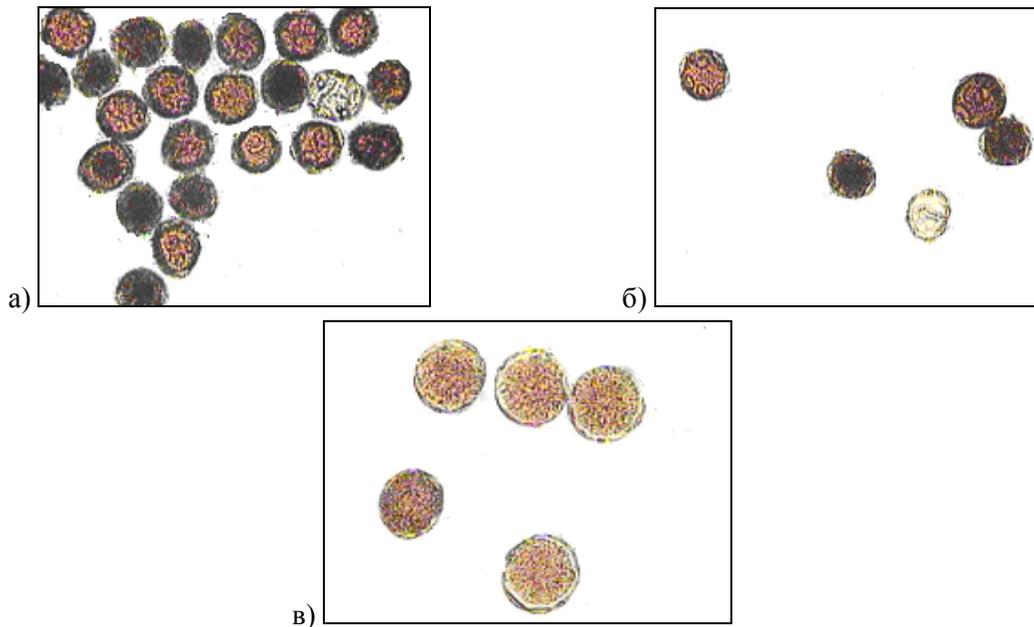


Рис. 4. Мужской гаметофит *Juglans regia* (увел. 1.1x16), произрастающих вдоль автострад с интенсивным движением автотранспорта.

Данное явление, по-видимому, связано с генотоксическим действием экотоксикантов на мужскую генеративную сферу и протекающие в ней процессы микроспорогенеза. Все физиологические процессы в организме сопряжены и

генетически детерминированы. Последствием нарушения генотипа является фенотипическое проявление в виде недоразвитой пыльцы с различными отклонениями от нормы. Таким образом, по степени поврежденности пыльцевых зерен, формируемых органами репродукции растительных организмов, находящихся в условиях техногенного стресса, можно прийти к заключению о мутагенном действии антропогенных факторов окружающей среды на мужскую генеративную систему и процесс формирования гамет.

Отношение фертильных пыльцевых зёрен к стерильным (Ф/С), характеризующее чувствительность репродуктивных органов растений к техногенному загрязнению окружающей среды, дало следующие результаты (рис. 5).

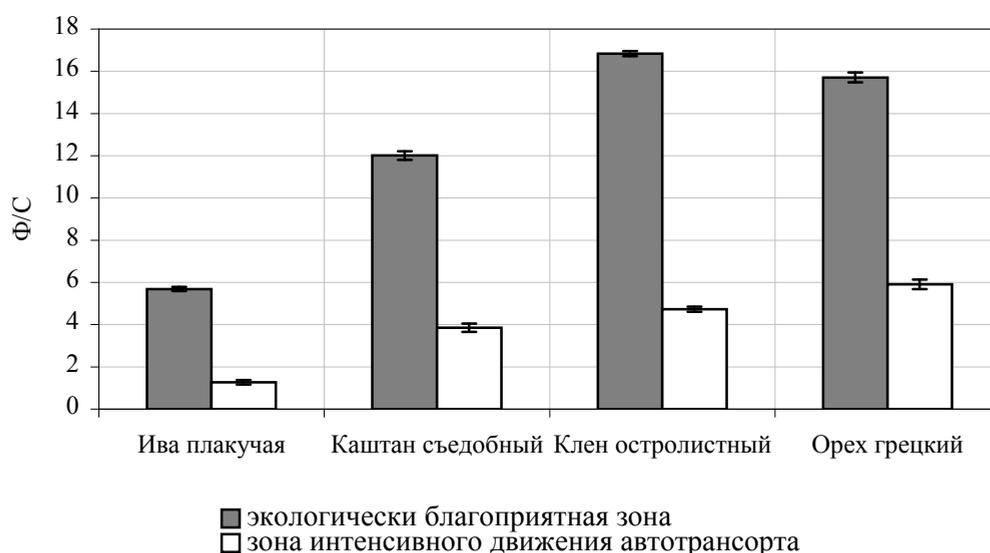


Рис. 5. Сравнительные показатели коэффициента чувствительности (Ф/С) репродуктивных органов многолетних растений, произрастающих вдоль автострад и в экологически благоприятной зоне.

У популяции ивы плакучей, произрастающей в придорожной зоне автострады, данное отношение уменьшалось в 4,1 раза ($p \leq 0,001$) по сравнению с контрольным вариантом. Аналогичная картина наблюдалась и для популяций каштана съедобного - в 4,4 раза ($p \leq 0,001$), ореха грецкого - в 6,2 раза ($p \leq 0,001$) и клена остролистного - в 12,8 раза ($p \leq 0,001$) по сравнению с контролем.

Полученные данные свидетельствуют о высокой чувствительности генеративной сферы *Acer platanoides* к техногенной нагрузке.

Таким образом, репродуктивная система изученных растений реагировала на аэротехногенное загрязнение путём увеличения количества abortивной пыльцы.

Самой толерантной к аэротехногенному загрязнению в нашем опыте оказалась генеративная сфера ивы плакучей, или вавилонской (*Salix babylonica*). Полученные

данные подтверждают сведения, имеющиеся в литературе об устойчивости ивы к техногенному загрязнению [10]. В частности, установлено, что деревья видов рода *Salix* проявляют толерантность к токсическому действию тяжелых металлов [2]. Таким образом, *Salix babylonica* можно использовать в качестве зеленых насаждений вдоль автострад, как устойчивую к техногенному загрязнению культуру.

Пыльцу клена обыкновенного, или остролистного (*Acer platanoides*) рекомендуется использовать в экологическом мониторинге в качестве индикаторной тест-системы, обладающей высокой чувствительностью к действию различных аэрополлютантов.

ВЫВОДЫ

1. Результаты проведенного исследования свидетельствуют, что в зонах интенсивного движения автотранспорта отмечается повышенный уровень продукции стерильной пыльцы репродуктивными органами *Salix babylonica*, *Castanea sativa* Mill., *Acer platanoides*, *Juglans regia*.

2. Самой толерантной к техногенному стрессу является *Salix babylonica*, в силу чего ее рекомендуется использовать в антропогенных фитоценозах.

3. Наиболее чувствительной к аэротехногенному загрязнению является мужская репродуктивная система *Acer platanoides* пыльца которого может быть использована при экологическом мониторинге в качестве индикатора к палинотоксическому действию различных экотоксикантов.

Список литературы

1. Tekle K., Backeus I., Skoglund J., Woldu Z. Vegetation on hill slopes in southern Wello, Ethiopia: Degradation and regeneration // Nord. J. Bot. - 1997. - V. 17. - № 5. - С. 483-493.
2. Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Садовникова Л.К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. - М.: Высш. шк. - 1998. - 287 с.
3. Шибанов С.Э. Основные экологические проблемы Крыма // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні наукові дослідження - 2006". Екологія. - Т. 18.- Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006. - С. 24-26.
4. Третьякова И. Н. Репродуктивные процессы у пихты сибирской (*Abies Sibirica* Ledeb) в нарушенных лесных экосистемах гор Южной Сибири // Успехи совр. биол. - 1997. - Т. 117. - Вып. 4. - С. 480-495.
5. Ибрагимова Э.Э. Влияние аэротехногенного загрязнения среды на репродуктивные органы плодовых растений // Ученые записки Таврического Национального Университета им. В.И. Вернадского. - 2006. - Т. 19 (58), № 1. - С. 43-49.
6. Ибрагимова Э.Э. Индикация загрязнения среды автотранспортными выбросами по их гаметоцидному действию на растения // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні наукові дослідження - 2006". Екологія.- Т. 18. - Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006. - С. 45-48.
7. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. - М.: Колос 1980. - 304 с.
8. Мерков А. М., Поляков Л. Е. Санитарная статистика. - М: Медицина, 1974 - 384 с.
9. Плохинский Н. А. Биометрия. - Изд-во Московского ун-та, 1970. - 367 с.
10. Landberg T., Greger M. Cadmium tolerance in *Salix*: Abstr. - 9th Congr. Fed. Eur. Soc. Plant Physiol., Brno, 3-8 July, 1994 // Biol. Plant. - 1994. - V. 36, Suppl. - С. 280.

Поступила в редакцию 01.10.2006 г.