

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ БЕЛЫХ БЕРЕЗ В УСЛОВИЯХ
ВОЗДУШНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Главной причиной индивидуальной изменчивости в естественных популяциях растений является их генотипическая гетерогенность. Не последнюю роль в этой изменчивости играют и экологические факторы [8], к которым можно, очевидно, отнести и техногенные факторы, в частности, воздушные загрязнители. Популяция, находящаяся под воздействием техногенного фактора, будет тем устойчивее к нему, чем сильнее выражен в ней полиморфизм [5], то есть чем выше в ней индивидуальная изменчивость. Имеется также ряд данных о том, что устойчивость к некоторым воздушным загрязнителям может быть генетически детерминирована [2].

В данной статье мы попытались оценить индивидуальную изменчивость двух видов берез: повислой (*Betula pendula* Roht.) и пушистой (*B. pubescens* Ehrh.), смешанные популяции которых находятся в зоне действия двух источников эмиссии: основного — диоксида серы (ИЗ-1) и второстепенного — цементной пыли (ИЗ-2). На различном удалении от ИЗ были выбраны три опытных и один условно чистый (4-ый) участки берез (табл. I). В верхнем ярусе древостоя береза повислая доминирует на всех участках, но особенно на сильно загрязненных (в отношении диоксида серы) 1 и 2 участках, что согласуется с известными фактами, что березы хорошо растут даже при сильном задымлении [1].

Основным акцептором воздушных загрязнителей является лист [2], фотосинтетическая функция которого является основой нормальной жизнедеятельности растений. Очевидно, что в условиях действия техногенного фактора изменение размеров листьев будет иметь важное значение для растений. Именно поэтому в качестве признаков, по которым мы попытались оценить индивидуальную изменчивость, были выбраны размеры листа: длина и ширина. Поскольку имеются данные о том, что в кроне дерева теневые листья являются более чувствительными к воздушным загрязнителям, чем световые [4; 9], то их размеры оценивались дифференцированно. Листья собирали в июле-августе 1985 и 1986 гг. в среднем ярусе кроны. Брели по два листа каждого типа с каждой стороны света, световые листья — с наружной части кроны, а теневые — с внутренней. Основные таксационные показатели модельных деревьев пред-

Основные параметры группы особей берез

Участок	Количество особей	Расстояние от ИЭ (км)		Диаметр ствола (см)	Высота особей (м)	Открытость кроны (баллы)
		ИЭ-1	ИЭ-2			
<u>Береза повислая</u>						
I	30	1,5	5,0	$17,5 \pm 0,5$	$11,0 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,2$
2	25	2,0	4,5	$19,7 \pm 0,9$	$13,7 \pm 0,5$	$1,7 \pm 0,1$
3	50	3,0	3,0	$21,3 \pm 0,9$	$16,4 \pm 0,3$	$2,7 \pm 0,2$
3-A	12	"	"	$25,5 \pm 1,8$	$17,3 \pm 1,0$	$4,6 \pm 0,1$
4	50	11,0	17,0	$24,5 \pm 0,9$	$17,2 \pm 0,4$	$2,7 \pm 0,1$
4-A	13	"	"	$25,5 \pm 2,1$	$16,8 \pm 1,0$	$4,4 \pm 0,2$
<u>Береза пушистая</u>						
I	24	1,5	5,0	$12,2 \pm 0,5$	$10,5 \pm 0,5$	$2,3 \pm 0,3$
3	25	3,0	3,0	$15,3 \pm 0,6$	$13,0 \pm 0,4$	$1,8 \pm 0,1$
4-0	25	11,0	17,0	$26,8 \pm 1,1$	$16,5 \pm 0,4$	$3,4 \pm 0,3$
4-M	13	"	"	$11,8 \pm 0,8$	$11,1 \pm 0,8$	$1,6 \pm 0,3$

ставлены в табл. I. Открытость кроны оценивали в баллах. Один балл имеют особи, растущие в сомкнутом, плотном древостое, крона которых не притеняется соседними особями только сверху. Пять баллов получали отдельно стоящие, максимально открытые деревья. Таким образом, открытость кроны (незатененность) по её окружности на каждые 90° оценивалась в I балл. Для оценки индивидуальной изменчивости использовали однофакторный дисперсионный анализ. В качестве фактора, влияющего на размеры листьев, рассматривали различия между особями. Степень этих различий в общей дисперсии выражали в процентах. Учитывали только те значения вклада, которые были существенными по критерию Фишера до $p < 0,01 - 0,001$.

Размеры листовой пластинки изменяются в зависимости от степени освещённости листьев [7]. Очевидно, что теневые листья освещаются более неравномерно, чем световые, поэтому индивидуальная изменчивость особей берез, оцененная по размерам теневых листьев, будет больше, чем если мы оценим её по размерам световых листьев. Как показали резуль-

таты анализа, это действительно так (рис. I и 2), то есть свет является мощным фактором, влияющим на уровень индивидуальной изменчивости, если оценивать её по размерам листьев.

На рис. I представлены данные по уровню индивидуальной изменчивости березы повислой на участках 3 и 4 в основных группах особей (II) и в дополнительных (A) в 1986 г. Подгруппы A на обоих участках имеют достоверно ($p < 0,001$) большую открытость кроны, чем основные группы особей на этих участках (табл. I). В подгруппах A на обоих участках индивидуальная изменчивость по размерам световых листьев была в два раза ниже, чем в основных группах особей, а по размерам теневых листьев она была примерно одинаковой в обеих группах. Значит, индивидуальная изменчивость березы повислой, оцениваемая по размерам световых листьев, зависит от степени открытости крон особей в исследуемой группе и не зависит от этого параметра, если её оценивать по размерам теневых листьев. Эта закономерность наблюдается и у березы пушистой, но в меньшей степени (табл. I), (рис. 3). Исходя из этого, наименьший уровень индивидуальной изменчивости у березы повислой по размерам световых листьев на участке I по сравнению с другими участками (рис. I) можно объяснить, в основном, высокой степенью открытости кроны в этой группе по сравнению с основными группами особей на других участках (табл. I). Различия между этой группой (участок I) и другими основными группами по степени открытости кроны значимы до $p < 0,001$. Если же сравнить участок I по данным 1986 г. и подгруппы A на участках 3 и 4 (все эти группы имеют близкие значения открытости кроны — табл. I), то можно видеть, что индивидуальная изменчивость березы повислой по размерам световых листьев в условиях воздушного загрязнения повышается на 4–13%. Если сравнить основные группы особей на участках 3 и 4, имеющие идентичные средние степени открытости кроны (табл. I), то можно сделать вывод (рис. I), что и в этом случае на загрязненном участке индивидуальная изменчивость березы повислой по размерам световых листьев выше, чем на условно чистом 4 участке, на 7–11%.

Обращает на себя внимание то, что в годы исследований на каждом участке индивидуальная изменчивость березы повислой по размерам световых листьев была примерно одинаковой, в то время как по размерам теневых листьев это справедливо только в отношении условно чистого 4-го участка. Если на опытных участках она была в 1985 г. ниже, чем на участке 4, на 8–19%, то в 1986 г., наоборот, больше на 2–19%.

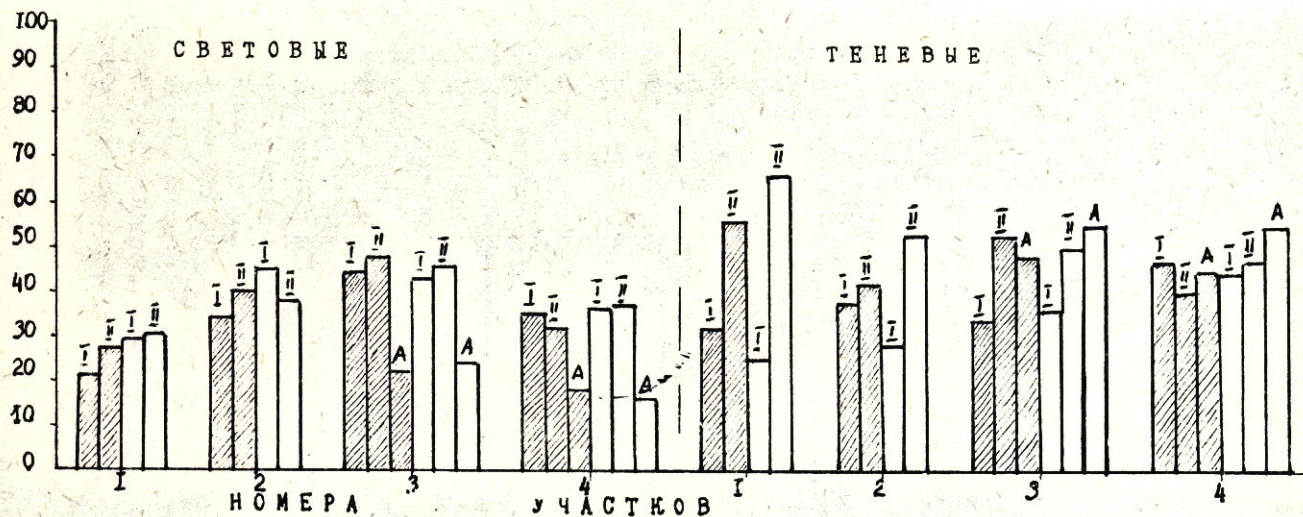


Рис.1. Индивидуальная изменчивость березы повислой по размерам листьев в условиях воздушного загрязнения: - длина листа; - ширина листа; I - 1985 г; II - 1986 г; A - группа особей с высокой степенью открытости кроны (1986)

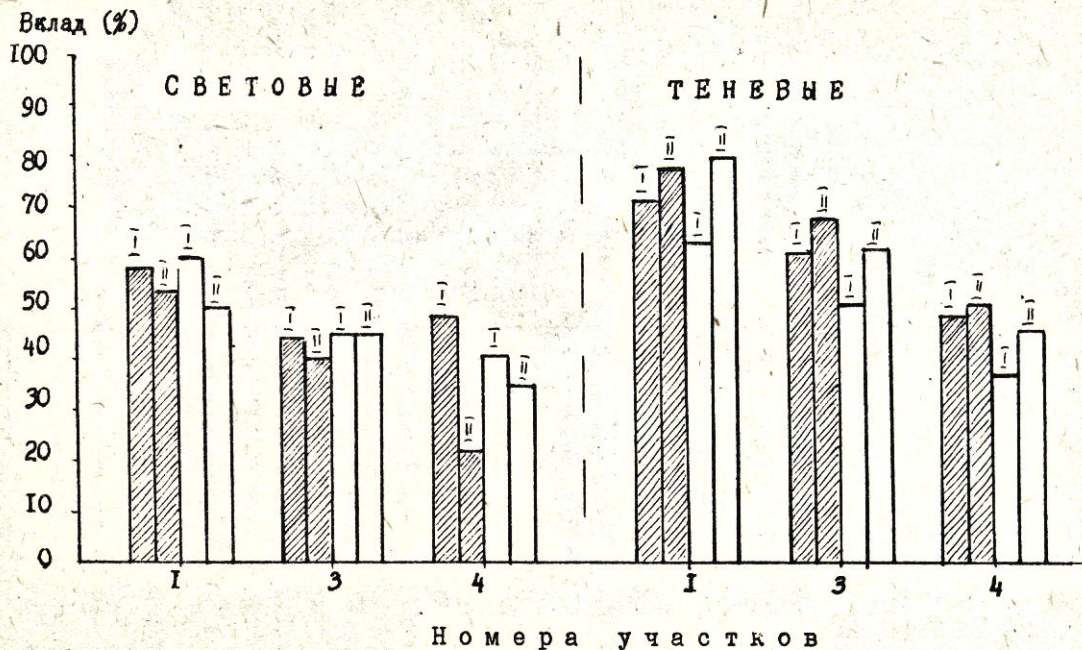


Рис.2. Индивидуальная изменчивость березы пушистой по размерам листьев в условиях воздушного загрязнения: - длина листа; - ширина листа; I - 1985 г.; II - 1986 г.

СВЕТОВЫЕ

ТЕНЕВЫЕ

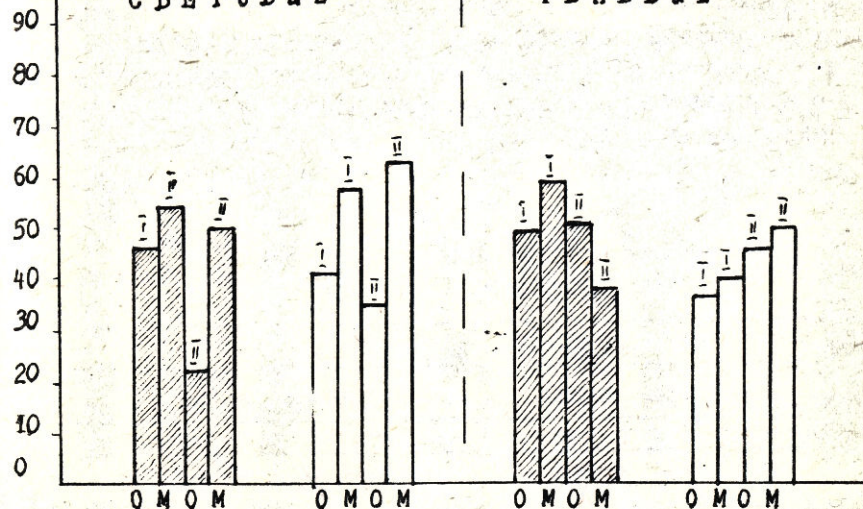


Рис.3. Индивидуальная изменчивость березы пушистой по размерам листьев на условно чистом 4-ом участке: ▨ - длина листа; □ - ширина листа; I - 1985 г.; II - 1986 г.; О - группа основная; М - группа молодых особей

На каждом из 3-х опытных участков индивидуальная изменчивость по размерам теневых листьев в 1986 г. была выше, чем в 1985 г. (см. рис. I). Не исключено, что это связано с различиями в количестве и качестве загрязнителей в оба года исследования. Так, в 1986 г. на ИЭ-2 до начала вегетации были поставлены фильтры, что резко снизило выброс цементной пыли в атмосферу. Это, безусловно, способствовало улучшению экологической обстановки на опытных участках берез. Однако в том же 1986 г. ветер, несущий загрязнители от ИЭ-1 на опытные участки I-3, дул 330 часов за вегетацию, тогда как в 1985 г. - только 150 часов. Это обстоятельство усложняется ещё тем, что под влиянием диоксида серы размеры почек у березы могут уменьшаться [5], а это значит, что на размеры листьев влияет и степень загрязненности участков в прошлый вегетационный период. Поэтому достаточно определенно можно сказать только то, что различия индивидуальной изменчивости в 1985 - 1986 гг. на опытных участках связаны с варьированием уровня загрязненности в различные годы.

Рассмотренные результаты дисперсионного анализа, по которым оценивалась индивидуальная изменчивость березы повислой по размерам листьев, в общем, согласуются с данными по индивидуальной изменчивости, если её оценивать по коэффициенту вариации (табл.2). Однако этот показатель отражает её, на наш взгляд, менее точно. Это связано с тем, что в условиях загрязнения среды листья чаще всего бывают значительно меньше, чем на чистых участках.

Таблица 2

Варьирование размеров листьев у берез в
условиях воздушного загрязнения

Участок	Коэффициент вариации (%)							
	световые листья				теневые листья			
	длина		ширина		длина		ширина	
	1985	1986	1985	1986	1985	1986	1985	1986
<u>Береза повислая</u>								
I	10	13	11	14	10	14	10	15
2	9	13	10	13	8	12	9	11
3	12	15	11	14	8	12	8	10
3-A	-	9	-	10	-	11	-	9
4	10	11	10	11	9	8	9	9
4-A	-	7	-	6	-	9	-	10
<u>Береза пушистая</u>								
I	16	16	16	15	15	19	15	18
3	11	12	11	12	11	12	11	12
4-0	11	8	10	9	9	9	9	9
4-M	14	13	14	17	11	7	10	10

У березы пушистой (рис.2) наблюдается четкое увеличение индивидуальной изменчивости по размерам теневых листьев с увеличением степени загрязненности воздуха диоксидом серы. По сравнению с условно чистым 4 участком индивидуальная изменчивость на участках I и 3 увеличивается на 12-34 %. У этого вида березы, в отличие от березы

повислой, в оба года исследований на опытных участках индивидуальная изменчивость по размерам теневых листьев была больше, чем на условно чистом 4 участке. Для березы пушистой, как и для повислой, было характерно повышение индивидуальной изменчивости в 1986 г. по сравнению с 1985 г. Создается впечатление (табл. I, рис. 2), что с повышением таксационных показателей индивидуальная изменчивость по размерам теневых листьев уменьшается. Однако данные, представленные на рис. 3, противоречат этому утверждению. Действительно, несмотря на то, что средние таксационные показатели для группы молодых особей (4-М) в 1,5-2,0 раза меньше, чем для основной группы (4-0), индивидуальная изменчивость по размерам теневых листьев в группе 4-М превышает изменчивость в группе 4-0 в среднем только на 4 %. Таким образом, можно утверждать, что повышение индивидуальной изменчивости по размерам теневых листьев у березы пушистой по мере приближения участков берез к ИЗ-I связано с повышением степени загрязненности воздуха. В общих чертах это характерно и для индивидуальной изменчивости по размерам световых листьев у этого вида березы (рис. 2).

Увеличение индивидуальной изменчивости по размерам листьев у березы пушистой по мере повышения степени загрязненности воздуха выбросами ИЗ-I довольно хорошо просматривается и при оценке этой изменчивости по коэффициенту вариации (табл. 2).

Большая амплитуда индивидуальной изменчивости березы пушистой в условиях воздушных загрязнений промышленного происхождения в сравнении с березой повислой определенно указывает на её меньшую устойчивость. Это согласуется с данными Ю.З. Кулагина [3; 5; 6] о различной устойчивости этих видов берез к воздушным загрязнителям.

Итак, проведенное исследование показывает, что в условиях воздушного загрязнения индивидуальная изменчивость по размерам листьев увеличивается у обоих видов. У березы пушистой она увеличивается в большей степени, чем у повислой, что очевидно, связано с меньшей устойчивостью к загрязнителям березы пушистой. Увеличение индивидуальной изменчивости по размерам листьев связано, на наш взгляд, с двумя причинами: 1) влиянием воздушных загрязнителей на размеры листа; 2) неравномерностью распределения загрязнителей как в конкретном древостое, так и в различные вегетационные периоды. Большая изменчивость теневых листьев по сравнению со световыми определяется, возможно, более ксероморфным строением световых листьев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антипов В.Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам. Минск: Наука и техника, 1979. 216 с.
2. Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. М.: Мир, 1979. 200 с.
3. Кулагин Ю.З. Экология березы бородавчатой и березы пушистой в связи с особенностями их водного режима // Экология и физиология древесных растений на Урале. Тр. Ин-та биологии УФАН СССР. Вып.35. Свердловск. 1963. С. 7-45.
4. Кулагин Ю.З. Дымоустойчивость древесных растений как экологическая проблема // Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале. Вып.5. Свердловск: 1966. С. 25-27.
5. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974. 125 с.
6. Кулагин Ю.З. Эколого-лесоводственные особенности березы повислой и березы пушистой на промышленных отвалах // Лесоведение. 1965. № 4. С. 60-61.
7. Любищенко В.Н., Форш Т.Б. К вопросу о физиологической характеристике световых и теневых листьев // Любищенко В.Н. Избранные труды. Т.1. Киев: АН УССР. 1963. С. 194-202.
8. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука. 1973. 284 с.
9. Тарабрин В.П. Водный режим и устойчивость древесных растений к промышленным загрязнениям. Газоустойчивость растений. Новосибирск: Наука. 1980. С. 8-29.