

УДК 547(470.57)

## Оценка стабильности развития клена ясенелистного в разных условиях произрастания

### Evaluation of the stability of *Acer negundo* development under different growth conditions

Соколова Г. Г.

Sokolova G. G.

*Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия. E-mail: sokolova-gg@mail.ru*

*Altai State University, Barnaul, Russia*

**Реферат.** Рассматривается стабильность развития клена ясенелистного (*Acer negundo*) в разных условиях произрастания в Целинном районе Алтайского края. Выявлены изменения параметрических и непараметрических признаков, степень флуктуирующей асимметрии. Проведен биохимический анализ листьев клена, выявлены закономерности уменьшения содержания хлорофилла и увеличение содержания фенольных соединений в листьях клена, растущего в условиях повышенного загрязнения воздуха.

**Summary.** The stability of *Acer negundo* development under different growth conditions in the Tselinny District of the Altai Territory is considered. Changes in parametric and nonparametric characteristics, the degree of fluctuating asymmetry, are revealed. Biochemical analysis of *Acer negundo* leaves has been carried out, regularities of decreasing chlorophyll content and an increase in the content of phenolic compounds in *Acer negundo* leaves growing under conditions of increased air pollution have been revealed.

*Acer negundo* L. (клен ясенелистный) – листопадное дерево родом из Северной Америки, интродуцированное в Европу в XVII веке и попавшее в Россию в 1796 г. В настоящее время в России клен ясенелистный является опасным инвазионным видом, который широко распространился, вышел из парков и активно внедряется в естественный растительный покров. Присутствие этого клена ведет к существенному изменению лесных экосистем, снижению их хозяйственной ценности, вытеснению аборигенных видов, ухудшению кормовой базы крупных копытных животных (Губанов, 2003; Костина и др., 2013).

Клен ясенелистный неприхотлив к почвенным условиям, но лучше растет на хорошо освещенных местах, зимостоек, обладает высокой скоростью роста и устойчив к загрязнению воздуха (Костина и др., 2013). Опыляется ветром, распространяется пневой порослью и семенами, причем процесс расселения идет очень быстро (Виноградова, 2006; Виноградова и др., 2009). В стадию плодоношения он вступает в возрасте 6–7 лет, средняя продолжительность жизни – 60–80 лет, в городских экосистемах – около 30 лет.

В пойменных лесах может полностью останавливать возобновление тополей и ив. Обладает сильными аллелопатическими свойствами, ингибируя прорастание семян других растений (Еременко, 2012). Имеются сведения (Силаева, 2013) о том, что *Acer negundo*, произрастающий в городах и у дорог, окисляет вещества, содержащиеся в выхлопах автомобилей, до более ядовитых.

Целью наших исследований была оценка стабильности развития клена ясенелистного в условиях повышенного загрязнения воздуха. Исследования проведены в Целинном районе Алтайского края, где внедрение вида в природные экосистемы происходит достаточно быстро. Для проведения исследований были заложены 5 пробных площадей в районе расположения котельных, у автодороги и в парке. В качестве контроля взят участок произрастания клена на опушке леса.

Сбор листовых органов клена проводился после завершения интенсивного роста листьев в июле–августе. Растения выбирали с четко выраженными видовыми признаками, растущие на откры-

тых участках, во избежание стрессового влияния условий затенения. Листья собирали с одновозрастных особей, достигших генеративного состояния, из нижней части кроны, на уровне поднятой руки, с максимального количества доступных веток, направленных условно на север, запад, восток и юг. На каждой площадке отбирали листья с 3–5 деревьев. Каждая выборка включала в себя минимум от 100 до 200 средних по размеру неповрежденных листьев.

Исследования листьев древесных растений по морфологическим и биохимическим параметрам проводились стационарно в лаборатории кафедры экологии, биохимии и биотехнологии Алтайского государственного университета. Содержание хлорофилла определялось спектрофотометрическим методом, содержание фенолов – титрованием.

Результаты исследования морфологических признаков листьев клена ясенелистного в разных условиях произрастания выявили следующие изменения листовых органов. Длина листовой пластинки на контрольном участке составила в среднем 10 см, ширина – 6,7 см, площадь листа – 58 см<sup>2</sup>. Достоверное увеличение длины, ширины и площади листа клена отмечено при произрастании его в районе котельных, около автодороги и в парке. Наибольшее увеличение по сравнению с контролем всех морфологических параметров характерно для кленов, произрастающих в районах котельных и автодороги, наименьшее – в парке (табл. 1).

Таблица 1

Изменение морфологических параметров листьев клена в разных условиях произрастания

Точки отбора проб	Морфологические параметры листьев клена ясенелистного		
	длина листа, мм	ширина листа, мм	площадь листа, мм <sup>2</sup>
Контроль	100,0 ± 0,1	67,4 ± 0,2	5796,4 ± 3,0
Парк	108,0 ± 1,1*	68,3 ± 0,2*	6510,8 ± 1,9*
Автодорога	110,0 ± 1,1*	70,0 ± 0,1*	6527,4 ± 1,8*
Котельная 1	111,0 ± 0,5*	69,6 ± 0,1*	6644,0 ± 1,6*
Котельная 2	115,0 ± 0,5*	70,1 ± 0,3*	6675,7 ± 2,6*

Примечание: \* различие с контрольным значением достоверно, при  $p < 0,05$ .

Оценка параметрических признаков листьев клена, произрастающего в районе котельных и около автодороги, показала, что достоверное увеличение (по сравнению с контролем) как справа, так и слева, таких морфологических показателей, как угол между главной и второй от основания жилкой второго порядка, расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка, длина второй от основания жилки второго порядка и ширина листа справа и слева. У кленов, растущих в парке, достоверно увеличиваются, как слева, так и справа, длина второй от основания жилки второго порядка и угол между главной и второй от основания жилкой второго порядка (табл. 2).

Таблица 2

Изменение морфологических параметров жилок листьев клена в разных условиях произрастания

Морфологические параметры листьев клена ясенелистного		Точки отбора проб				
		контроль	парк	автодорога	котельная 1	котельная 2
Угол между жилками, гр.	справа	37,1 ± 0,1	38,6 ± 0,2*	39,8 ± 0,1*	51,2 ± 1,3*	56,8 ± 1,4*
	слева	36,6 ± 0,2	39,3 ± 0,3*	40,1 ± 0,2*	53,4 ± 0,9*	55,9 ± 0,7*
Расстояние между концами жилок, мм	справа	16,7 ± 0,1	16,7 ± 0,1	17,5 ± 0,1*	18,5 ± 0,1*	17,5 ± 0,1*
	слева	16,7 ± 0,2	19,1 ± 0,1*	18,3 ± 0,1*	19,5 ± 0,1*	19,3 ± 0,1*
Расстояние между основаниями жилок, мм	справа	7,5 ± 0,1	7,6 ± 0,2	7,8 ± 0,2	7,7 ± 0,1	8,0 ± 0,3
	слева	6,3 ± 0,2	6,5 ± 0,1	6,3 ± 0,1	7,6 ± 0,1*	6,9 ± 0,1*
Длина второй от основания жилки, мм	справа	41,2 ± 0,4	43,5 ± 0,1*	44,3 ± 0,2*	46,4 ± 0,2*	51,4 ± 0,5*
	слева	41,6 ± 0,1	44,2 ± 0,4*	45,1 ± 0,4*	46,3 ± 0,5*	56,3 ± 0,2*
Ширина листа, мм	справа	33,8 ± 0,1	33,8 ± 0,2	34,6 ± 0,2*	34,9 ± 0,1*	35,0 ± 0,3*
	слева	33,6 ± 0,2	33,7 ± 0,1	34,4 ± 0,1*	34,7 ± 0,2*	35,1 ± 0,3*

Примечание: \* различие с контрольным значением достоверно, при  $p < 0,05$ .

Величина флуктуирующей асимметрии листьев клена ясенелистного составила от 0,040 до 0,045 (табл. 3), что соответствует разной степени развития. На контроле развитие листьев клена соответствует норме, около автодороги и в парке отмечено слабое угнетение, а в районе котельных – среднее угнетение развития листьев (табл. 3).

Таблица 3

Оценка стабильности развития клена в разных условиях произрастания

Точки отбора проб	Величина флуктуирующей асимметрии	Баллы	Оценка стабильности развития
Контроль	0,040 ± 0,01	I	нормальное развитие
Парк	0,042 ± 0,03	II	слабое отклонение от нормы
Автодорога	0,043 ± 0,03	II	слабое отклонение от нормы
Котельная 1	0,042 ± 0,02	II	слабое отклонение от нормы
Котельная 2	0,045 ± 0,06	III	среднее отклонение от нормы

Содержание хлорофилла в листьях клена ясенелистного на контроле составило в среднем 0,29 мг/г. По сравнению с контролем во всех точках произрастания клена отмечается достоверное снижение содержания хлорофилла в листьях, причем наиболее значительное уменьшение (более, чем в 2 раза) отмечено в листьях кленов, растущих в районе котельных (табл. 4).

Уменьшение содержания хлорофилла сопровождается увеличением площади листьев клена, что в условиях повышенного загрязнения воздуха объясняется механизмами физиологической устойчивости и адаптации к загрязнению (Косулина, 1993; Романова, 2005; Соколова, 2008; Павлова, 2010).

Оценка накопления фенольных соединений в листьях клена ясенелистного показала четкую тенденцию увеличения его содержания по сравнению с контролем в 2–3 раза при произрастании в районе котельных. На территории парка и около автодороги содержание фенолов в листьях клена достоверно выше по сравнению с контролем на 15–30 % (табл. 4).

Таблица 4

Изменение содержания хлорофилла и фенольных соединений в листьях клена в разных условиях произрастания

Точки отбора проб	Содержание хлорофилла, мг/г	Содержание фенолов, мг/г
Контроль	0,29 ± 0,02	3,32 ± 0,03
Парк	0,19 ± 0,40*	3,78 ± 0,30*
Автодорога	0,20 ± 0,50*	4,57 ± 0,20*
Котельная 1	0,13 ± 0,55*	8,82 ± 0,70*
Котельная 2	0,13 ± 0,56*	9,07 ± 0,50*

Примечание: \* различие с контрольным значением достоверно, при  $p < 0,05$

Таким образом, длина, ширина и площадь листьев клена ясенелистного достоверно увеличивается при повышении уровня загрязнения атмосферного воздуха, а ширина листьев исследуемых растений достоверно не изменяется. Также достоверно увеличивается степень флуктуирующей асимметрии листьев клена, произрастающих в районе котельных и автодороги. В условиях повышенного загрязнения в листьях клена достоверно снижается по сравнению с контролем содержание хлорофилла и увеличивается содержание фенолов. Листья клена ясенелистного, произрастающего в условиях повышенного загрязнения атмосферного воздуха, характеризуются средней и слабой степенью отклонения от стабильного развития.

ЛИТЕРАТУРА

- Виноградова Ю. К.** Формирование вторичного ареала и изменчивость инвазионных популяций клена ясенелистного (*Acer negundo* L.) // Бюл. Гл. ботан. сада, 2006. – Вып. 190. – С. 25–47.
- Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В.** Черная книга флоры Средней России. – М.: ГЕОС, 2009. – 496 с.

**Губанов А. И.** *Acer negundo* L. (*Negundo aceroides* Moench) – клен ясенелистный или американский. – М.: КМК, 2003. – 539 с.

**Еременко Ю. А.** Аллелопатические свойства адвентивных видов древесно-кустарниковых растений // Промышленная ботаника, 2012. – Вып. 12. – С. 188–193.

**Ефимова И. В., Антонова И. С.** Развитие однолетних проростков *Acer negundo* L. в разных климатических и экологических условиях // Вестник СПбГУ. Сер. 3: Биология, 2012. – Вып. 3. – С. 31–37.

**Костина М. В., Минькова Н. О., Ясинская О. И.** О биологии клена ясенелистного в зеленых насаждениях Москвы // Российский журнал биологических инвазий, 2013. – № 4. – С. 32–43.

**Косулина Л. Г.** Физиология устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1993. – 240 с.

**Павлова Л. М.** Состояние фотосинтетических пигментов в вегетативных органах древесных растений в городской среде // Экологическая экспертиза: оценка и прогноз, 2010. – № 2. – С. 98–103.

**Романова А. К.** Физиолого-биохимические признаки и молекулярные механизмы адаптации растений к повышенной концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере // Физиология растений, 2005. – Т. 52. – №1. – С. 123–132.

**Силаева Т. Б.** О Красной книге и других «цветных» (или «разноцветных») книгах // Russian scientific world, 2013. – №1 (1). – С. 101–107.

**Соколова Г. Г.** Биоиндикация загрязнения воздуха // Известия Алтайского гос. ун-та, 2008. – №8. – С. 19–21.