



УДК 59:595.768

**Е.П. Климец<sup>1</sup>, А.Н. Юхимук<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>канд. биол. наук, доц., доц. каф. зоологии и генетики  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина  
<sup>2</sup>науч. сотрудник отдела биохимии и биотехнологии растений  
лаборатории прикладной биохимии  
Центрального ботанического сада НАН Беларуси

## **ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕКОТОРЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ *AESCULUS HIPPOCASTANUM* L. В НАСАЖДЕНИЯХ ГОРОДА БРЕСТА**

*В статье представлены результаты фенотипической изменчивости *Aesculus hippocastanum* L. по морфологическим и физиологическим параметрам: форма кроны, форма, структура, число лопастей и цвет листовой пластинки, а также интенсивность цветения в насаждениях города Бреста. Фенетический анализ разновозрастных выборок показал, что фенотипы их различны. Это свидетельствует о наличии различных адаптационных стратегий на разных этапах онтогенеза каштана конского.*

### **Введение**

Древесные растения принадлежат к тем объектам, для которых необходимость фенетических исследований является одной из актуальных задач. Это связано с тем, что древесные растения относятся к видам, проведение генетических исследований у которых сопряжено со значительными трудностями [1].

Одной из главных проблем фенетики древесных растений является проблема выявления элементарных, дискретных, альтернативных вариаций признаков – фенотипов [2]. В настоящее время фенетический подход при изучении структуры и динамики популяций растений используется многими исследователями [3–5]. У полиморфных видов актуальным является учет пространственного и хронологического распределения фенотипов и фенотипов, что, возможно, позволит в дальнейшем находить маркерные фенотипы и решать производственные, природоохранные и научные задачи.

Объект наших исследований – *Aesculus hippocastanum* L. – Конский каштан обыкновенный. Дерево до 30 м высотой с массивным стволом и тяжелой, густой, широкоокруглой кроной, крупными соцветиями и декоративными плодами. Листья сложные, пальчатые, из 5–7 продолговатых, обратнойцевидных листочков длиной до 25 см. Зацветает в начале мая, и цветение продолжается 15–25 дней. Родина – горные леса Балканского полуострова [6]. В культуре с 1557 г. Издавна выращивается в Беларуси, встречается на территории всей республики. Наиболее популярен в западной части Брестской области, особенно в Каменецком и Брестском районах. В последние 20–25 лет получил распространение в Минске [7].

Конский каштан заслуженно пользуется славой одного из красивейших деревьев, декоративных в течение всего года: зимой – красивым рисунком мощных ветвей; весной – рано распускающимися, крупными, клейкими, зеленовато-розовыми почками, из которых развиваются морщинистые, сложные, длинночерешковые листья, дающие при полном развитии густую тень. Декоративны и плоды каштана – шаровидные, зеленые, с многочисленными шипами, мясистые коробочки диаметром до 6 см, растрескивающиеся тремя створками и содержащие 1–3 блестящих темно-коричневых семени. Каштан долго сохраняет декоративность. Очень красочен осенью, когда листва приоб-



ретае красивую ярко-желтую окраску. Первоклассное дерево для посадки на улицах, бульварах, в аллеях парков.

Однако в последние годы в насаждениях г. Бреста уже в середине вегетационного периода отмечаются появления коричнево-ржавых пятен на листовых пластинках, их повреждения, а также раннее пожелтение и опадание листвы. В связи с этим изучение биологии, экологии и адаптивных механизмов устойчивости к неблагоприятным условиям у каштана конского представляет определенный интерес.

### Материал и методика

Нами изучались такие морфологические и физиологические параметры каштана конского, как форма кроны, форма, структура, число лопастей и цвет листовой пластинки, а также интенсивность цветения. Исследования проводились в 4 разобщенных посадках каштана г. Бреста, расположенных на улицах Мицкевича, Гоголя, на бульваре Космонавтов и проспекте Машерова. Всего было исследовано 335 экземпляров данного вида. С каждого дерева для изучения было собрано по 100 листьев.

В ходе работы был использован фенетический подход, основанный на выделении дискретных, альтернативных элементов признаков. Фенетический анализ морфологических параметров проводили по методике, разработанной Е.П. Климец [8]. Фенетический подход был использован для описания таких признаков каштана конского, как форма кроны дерева, форма листовых лопастей, структура и цвет листа. Интенсивность цветения определялась визуально по шестибалльной системе Капера [9].

Для обработки полученного материала использовались соответствующие статистические методы.

Для оценки фенетического разнообразия выборок использовался показатель внутрипопуляционного разнообразия ( $\mu$ ), который вычислялся по формуле:

$$\mu = \left( \sqrt{p_1} + \sqrt{p_2} + \dots + \sqrt{p_n} \right)^2,$$

где  $p_1, p_2, p_n$  – частоты встречаемых фенотипов.

Так как показатель внутрипопуляционного разнообразия показывает только степень разнообразия выборок, нами также использовался показатель  $h$  – доля редких фенотипов в популяции, который позволяет оценить структуру этого разнообразия. Показатель  $h$  вычисляется по формуле:

$$h = 1 - \frac{\mu}{m},$$

где  $\mu$  – показатель внутрипопуляционного разнообразия,  $m$  – количество встречаемых фенотипов одного признака;

Для показателей  $\mu$  и  $h$  вычислялись ошибки по следующим формулам:

$$S_{\mu} \approx \sqrt{\frac{\mu(m - \mu)}{N}},$$

где  $\mu$  – показатель внутрипопуляционного разнообразия;  $m$  – количество морф (фенотипов) данного признака;  $N$  – объем выборки.

$$S_h \approx \sqrt{\frac{h(1 - h)}{N}},$$

где  $h$  – доля редких фенотипов;  $N$  – объем выборки [10].



### Результаты исследования

Для каштана конского как декоративного растения одним из важнейших параметров является форма кроны. Она зависит от величины угла между стволом и скелетными осями. Так как величина этого угла изменчива, то, естественно, возможно формирование разных типов крон. Проведенные нами исследования позволили выделить следующие формы крон: округлая, конусовидная, овальная, обратно-конусовидная. Отмечены и асимметричные формы, которые возникают в том случае, если длина скелетных ветвей на разных сторонах дерева различна (рисунок).



Округлая

Конусовидная



Овальная

Обратно-конусовидная

Рисунок. – Формы кроны каштана конского



Таблица 1. – Частоты встречаемости переменных параметров в выборках каштана конского г. Бреста (2009 г.), %

Выборки	Форма кроны					Форма листовой пластинки		Структура листовой пластинки		Окраска листовой пластинки		Интенсивность цветения (по системе Капера)			
	Округлая	Конусовидная	Овальная	Обратно конусовидная	Асимметричная	Лланцевидная	Обратно яйцевидная	Гладкая	Гофрированная	Темнозеленая	Светлозеленая	0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла
улица Мицкевича n = 100	6,0	7,0	14,0	15,0	58,0	31,0	69,0	89,0	11,0	91,0	9,0	37,0	38,0	15,0	10,0
бульвар Космонавтов n = 80	28,8	8,7	27,5	23,8	11,2	5,0	95,0	32,5	67,5	55,5	44,5	8,9	28,8	33,7	27,6
улица Гоголя n = 100	0,0	0,0	66,0	17,0	17,0	0,0	100,0	100,0	0,0	54,0	46,0	0,0	8,0	52,0	40,0
проспект Машерова n = 55	18,2	3,6	16,4	3,6	58,2	0,0	100,0	100,0	0,0	54,5	45,5	16,4	27,3	12,7	43,6



Немаловажную роль в формировании декоративного облика древесных растений играют форма, структура и цвет листовой пластинки. Изучение изменчивости этих параметров позволило нам выделить ряд форм.

По форме выделены обратно-конусовидные и ланцетовидные листовые пластинки, которые по структуре могут быть гладкими или гофрированными, а по цвету – темно-зелеными либо светло-зелеными.

По декоративности в период цветения каштан конский не находит себе равных среди других древесных видов, поэтому обильность цветения и его продолжительность являются важнейшими показателями декоративного растения.

По интенсивности цветения в посадках г. Бреста из шести выделенных Каппером классов нами отмечены лишь первые четыре.

Данные по частотам встречаемости выделенных изменчивых элементов каштана конского в разных выборках города Бреста представлены в таблице 1.

Анализ таблицы показал, что даже в пределах небольшого региона частоты встречаемости отдельных признаков различны.

Степень и структура фенетического разнообразия четырех выборок каштана конского г. Бреста по всем изучаемым параметрам представлены в таблицах 2–6.

Анализ таблиц показывает, что максимальное фенетическое разнообразие и минимальная доля редких фенов по таким параметрам, как форма кроны, структура листа, форма лопасти листовой пластинки и интенсивность цветения, характерно для выборки каштанов, растущих на бульваре Космонавтов. Это деревья относительно молодого возраста (6–8 лет). Минимальное разнообразие и минимальная доля редких элементов по вышеотмеченным параметрам характерно для старовозрастных насаждений по улице Гоголя.

Максимальное фенетическое разнообразие в молодых насаждениях является свидетельством адаптивности вида к различным условиям и возможности протекания микроэволюционных процессов.

Снижение фенетического разнообразия в старовозрастных выборках является подтверждением того, что данные насаждения являются относительно адаптивными, так как уже прошел процесс отбора.

Таблица 2. – Фенотипическое разнообразие в исследуемых выборках по признаку «форма кроны»

Выборка	Частоты фенов					Численность, N	Среднее число фенов в выборке, $\mu$	Доля редких фенотипов, h
	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	p <sub>4</sub>	p <sub>5</sub>			
ул. Мицкевича	0,06	0,07	0,14	0,15	0,58	100	4,08 ± 0,19	0,18 ± 0,04
бульвар Космонавтов	0,29	0,09	0,28	0,24	0,11	80	4,8 ± 0,11	0,04 ± 0,02
ул. Гоголя	0,00	0,00	0,66	0,17	0,17	100	2,67 ± 0,24	0,46 ± 0,049
проспект Машерова	0,18	0,04	0,16	0,04	0,58	55	3,92 ± 0,28	0,22 ± 0,06

p<sub>1</sub> – округлая, p<sub>2</sub> – яйцевидная, p<sub>3</sub> – овальная, p<sub>4</sub> – обратноконусовидная (пирамидальная), p<sub>5</sub> – асимметричная (неправильная)



Таблица 3. – Фенотипическое разнообразие в исследуемых выборках по признаку «структура листа»

Выборка	Частоты фенотипов		Численность, N	Среднее число фенотипов в выборке, $\mu$	Доля редких фенотипов, h
	$p_1$	$p_2$			
ул. Мицкевича	0,10	0,90	100	$1,61 \pm 0,08$	$0,200 \pm 0,02$
бульвар Космонавтов	0,68	0,32	80	$1,93 \pm 0,04$	$0,035 \pm 0,02$
ул. Гоголя	0,00	1,00	100	$1,00 \pm 0,10$	$0,500 \pm 0,05$
проспект Машерова	0,00	1,00	55	$1,00 \pm 0,13$	$0,500 \pm 0,12$

$p_1$  – гофрированная,  $p_2$  – гладкая.

Таблица 4. – Фенотипическое разнообразие в исследуемых выборках по признаку «цвет листа»

Выборка	Частоты фенотипов		Численность, N	Среднее число фенотипов в выборке, $\mu$	Доля редких фенотипов, h
	$p_1$	$p_2$			
ул. Мицкевича	0,08	0,92	100	$1,54 \pm 0,080$	$0,23 \pm 0,040$
бульвар Космонавтов	0,55	0,45	80	$1,41 \pm 0,100$	$0,30 \pm 0,050$
ул. Гоголя	0,54	0,46	100	$1,98 \pm 0,019$	$0,01 \pm 0,009$
проспект Машерова	0,55	0,45	55	$1,99 \pm 0,020$	$0,005 \pm 0,01$

$p_1$  – темно-зеленый,  $p_2$  – светло-зеленый.

Таблица 5. – Фенотипическое разнообразие в исследуемых выборках по признаку «форма лопасти листовой пластинки»

Выборка	Частоты фенотипов		Численность, N	Среднее число фенотипов в выборке, $\mu$	Доля редких фенотипов, h
	$p_1$	$p_2$			
ул. Мицкевича	0,69	0,31	99	$1,17 \pm 0,10$	$0,42 \pm 0,05$
бульвар Космонавтов	0,95	0,05	80	$1,42 \pm 0,10$	$0,29 \pm 0,05$
ул. Гоголя	1,00	0,00	100	$1,00 \pm 0,10$	$0,50 \pm 0,05$
проспект Машерова	1,00	0,00	55	$1,00 \pm 0,13$	$0,50 \pm 0,12$

$p_1$  – обратнойцевидная,  $p_2$  – ланцетовидная.

Таблица 6. – Фенотипическое разнообразие в исследуемых выборках по признаку «интенсивность цветения»

Выборка	Частоты фенотипов				Численность, N	Среднее число фенотипов в выборке, $\mu$	Доля редких фенотипов, h
	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$			
ул. Мицкевича	0,37	0,38	0,15	0,10	100	$3,72 \pm 0,102$	$0,07 \pm 0,026$
бульвар Космонавтов	0,09	0,29	0,34	0,29	80	$3,84 \pm 0,078$	$0,04 \pm 0,019$
ул. Гоголя	0,00	0,08	0,52	0,40	100	$2,68 \pm 0,188$	$0,33 \pm 0,047$
проспект Машерова	0,16	0,27	0,13	0,44	55	$3,78 \pm 0,092$	$0,06 \pm 0,023$

$p_1$  – 0 баллов,  $p_2$  – 1 балл,  $p_3$  – 2 балла,  $p_4$  – 3 балла



### Заклучение

Проведенные фенетические исследования позволили выделить у каштана конского в насаждениях г. Бреста 15 дискретных, альтернативных вариаций признаков (фенов), характеризующих декоративные свойства изучаемого вида. Фенетический анализ выборок показал, что фенофонды изучаемых выборок различаются как по составу фенов, так и по их частотам. Это свидетельствует о наличии различных адаптационных стратегий на разных этапах онтогенеза каштана конского, а следовательно, о возможности использовать фенетический подход при оценке его декоративных свойств.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимофеев-Ресовский, Н. В. Очерк учения о популяции / Н. В. Тимофеев-Ресовский, А. В. Яблоков, Н. В. Глотов. – М. : Наука, 1973. – 278 с.
2. Петров, С. А. Возможности выделения элементарных вариаций в количественных признаках древесных растений / С. А. Петров // Фенетика популяций. – М., 1982. – С. 154–161.
3. Мамаев, С. А. Изучение популяционной структуры древесных растений с помощью метода морфофизиологических маркеров / С. А. Мамаев, А. К. Махнеев // Фенетика популяций. – М., 1982. – С. 140–150.
4. Магомедмирзаев, М. М. О проблемах морфологического измерения и счета с позиций фенетики растений / М. М. Магомедмирзаев // Общая биология. – 1976. – Т. 37, № 3. – С. 331–343.
5. Егоров, М. Н. Изучение фенофондов и фенотипической структуры природных и искусственных насаждений древесных растений как назревшая проблема в лесном хозяйстве страны / М. Н. Егоров // Фенетика популяций : материалы III Всесоюз. совещания, Саратов, 7–8 февр. 1985 г. – М., – 1985. – С. 64–65.
6. Богданов, П. Л. Дендрология / П. Л. Богданов – М. : Лесная промышленность, 1974. – 240 с.
7. Федорук, А. Т. Опыт интродукции древесных лиственных растений в Белоруссии / А. Т. Федорук. – Минск : Университетское, 1985. – 160 с.
8. Климец, Е. П. Дискретные вариации рисунка на дорсальной стороне тела колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata*) / Е. П. Климец // Популяционная фенетика. – М., 1997. – С. 45–58.
9. Юркевич, И. Д. Фенологические исследования древесных и травянистых растений : метод. пособие / И. Д. Юркевич, Д. С. Голод, Э. П. Ярошевич. – Минск : Наука и техника, 1980. – 88 с.
10. Животовский, Л. А. Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам / Л. А. Животовский // Фенетика популяций. – М., 1982. – С. 38–44.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 07.09.2016

### ***Klimez H.P., Yuhimuk A.N. Variability of Some Morphological and Physiological Characteristics *Aesculus Hippocastanum* L. Stands in the City of Brest***

*The article presents the results of the phenotypic variability of *Aesculus hippocastanum* L. on morphological and physiological parameters: the shape of the crown, the shape, the structure, the number of blades and the color of the leaf blade, and the intensity of flowering in plantations of Brest. Phenetic analysis of samples of different ages showed that the phene pool are different. This indicates the presence of a variety of adaptation strategies at different stages of ontogeny chestnut.*