

Изменчивость морфологических признаков *Aesculus hippocastanum* L. (конского каштана обыкновенного) в зелёных насаждениях г. Саратова

Г.Н. Заигралова, к.с.-х.н., С.В. Кабанов, к.с.-х.н.,
ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ

Конский каштан обыкновенный – одна из самых востребованных древесных пород, используемых в озеленении, обладает высокими декоративными и эстетическими качествами.

Первые деревья *Aesculus hippocastanum* L. появились в монастырях Киевской Руси ориентировочно в XI столетии, очевидно, были завезены из Византии [1]. История интродукции конского каштана обыкновенного детально описана в работе М.Н. Косаева [2]. Ареал *Aesculus hippocastanum* L. впервые был обозначен в 1968 г. на основе литературных источников и учения об ареалах Т.К. Сирочинской. Она описывает культурный ареал каштана в следующих границах: северная граница проходит через Архангельск, спускаясь на северо-запад к Петрозаводску и Ленинграду; южная – через Одессу, Симферополь до Кавказского побережья Чёрного моря, затем к Ростову; западная граница охватывает всю Прибалтику, Белоруссию и Украину; восточная проходит через Саратов, поднимается по рекам Волге и Каме, пересекая её в Уфе, и идёт к Перми на Урал, отсюда спускается к Йошкар-Оле и далее продвигается на север к Архангельску [3, 4].

Первые саженцы конского каштана в г. Саратове и области появились в конце XVIII – начале XIX вв. На исторических снимках усадьбы А.П. Сапожникова (г. Вольск Саратовской обл.) чётко просматриваются деревья каштана конского, украшающие аллеи парка. В самом городе первые саженцы каштана конского, по словам жителей, появились в начале XIX века. В Саратове саженцы каштана были завезены с Украины и высажены в виде солитёров в сад «Липки» и сад «Горький». В самом центре сада «Липки» до сих пор сохранились и превосходно выглядят три дерева каштана конского обыкновенного. Биометрические показатели этих деревьев представлены в таблице 1. Деревья одноствольные, с хорошо выраженным штамбом. После отмирания первичной кроны у них сформировалась достаточно развитая, несколько несимметричная вторичная крона.

Целенаправленное разведение *Aesculus hippocastanum* L. в Саратове и области насчитывает более 50 лет. Семена, собранные с первых высаженных каштанов, использовались для выращивания посадочного материала. Информация об использовании конского каштана обыкновенного в озеленении города и населённых пунктов области стала отражаться гораздо позже в работах И.Б. Миловиной и В.А. Таренкова [5]. Адаптационные

возможности *Aesculus hippocastanum* L. в условиях г. Саратова отражены в работах Г.Н. Заиграловой и С.В. Кабанова [6, 7].

Высокая декоративность и распространённость вызывает интерес исследователей к данному виду. За последние годы опубликованы работы по изучению изменчивости морфометрических показателей вегетативных и генеративных органов каштана в различных условиях произрастания [8–11]. Однако в условиях г. Саратова такие исследования ранее не проводились.

Цель работы заключалась в изучении фенотипической изменчивости морфометрических показателей конского каштана обыкновенного в условиях городской среды. Основными задачами стали изучение эндогенной изменчивости листьев, полиморфизма соцветий, индивидуальной изменчивости плодов.

Материал и методы исследования. Сбор материала был проведён в зелёных насаждениях общего пользования, расположенных в центральной части города. Объект 1 – сквер Борцам революции 1905 г., объект 2 – уличные насаждения по ул. Рабочая, объект 3 – бульвар по ул. Рахова, объект 4 – внутриквартальные насаждения по ул. Бахметьевская, объект 5 – городской парк культуры и отдыха им. М. Горького. На всех объектах каштан конский обыкновенный представлен рядовыми посадками, кроме внутриквартальных насаждений, где он произрастает в виде солитёров. Объекты исследования отличаются по условиям произрастания. Наименее благоприятные условия для роста сложились в насаждениях, расположенных вдоль дорог с интенсивным движением автотранспорта (объекты 2 и 3). Во всех объектах, кроме объекта 5, отсутствовал полив. В городском парке им. М. Горького сложился особый гидрологический режим в связи с регулярным поливом газонов, существующей системой естественных прудов и плотной многоэтажной застройкой по всему периметру парка. Наиболее благоприятные условия для роста наблюдаются на объектах 1 и 4 (самые отдалённые от дорог с интенсивным движением автотранспорта).

Результаты исследования. Исследование проводили в течение двух вегетационных периодов 2016 и 2017 гг. На каждом объекте отбирались модельные деревья. Возраст растений, используемых для наблюдений, подбирался примерно одинаковым – 45–55 лет. С каждого дерева с южной стороны, обращённой к дороге, с высоты 1,5–2,0 м от земли срывали неповреждённые, хорошо вызревшие листья, соцветия (в период цветения) и семена (в конце вегетации). Весь полученный

материал был обработан методами математической статистики. Определение таких морфометрических показателей листовой пластинки, как длина черешка, длина жилок 1-го и 2-го порядков, выполняли с помощью программы NEXTGISQGIS.

Для оценки уровня изменчивости показателей использовали эмпирическую шкалу, предложенную С.А. Мамаевым [12]. Очень низким считался уровень изменчивости при значениях коэффициента вариации менее 7%, низким – 7–12%, средним – 13–20%, высоким – 21–40%, очень высоким – более 40%.

1. Биометрические показатели деревьев конского каштана в саду «Липки»

№ п/п	Высота, м	Высота до начала живой кроны, м	Диаметр ствола на высоте 1,3 м, см	Проекция кроны, м	
				С-Ю	З-В
1	14,6	3,8	84	10,2	12,3
2	15,4	3,4	92	13,4	15,0
3	13,5	3,8	77	12,7	12,7

Лист является одним из главных органов, связанных с функционированием растений, и более подвержен к адаптации ко вполне определённым, специфическим условиям существования (Банаев, Шемберг, 2000). Неоднократно многими исследованиями отмечено закономерное уменьшение листовой пластинки, длины черешка листа и длины жилок листовой пластинки у растений, произрастающих в условиях городской среды.

Изучение изменчивости показателей листьев показало, что в течение летнего периода наблюдается значительное варьирование всех параметров листьев среди исследуемых объектов (табл. 2). Наиболее стабильным параметром является количество листочков на листовой пластинке – в каждом пункте исследования одинаков и составляет 7 шт. Уровень изменчивости этого признака очень низкий и низкий в 5-м объекте исследования. Между объектами наблюдений по этому признаку различий не установлено.

Ширина листовых пластинок на объектах отличается незначительно и варьирует от 33,4 см до

2. Биометрические показатели листьев конского каштана

№ объекта	Показатель	Лимит (мин/макс)	Среднее значение	Стандартная ошибка	Коэффициент изменчивости, %	Стандартное отклонение	Точность опыта, %
1	число листочков, шт.	6/7	6,9	0,056	3,74	0,2582	0,81
	ширина листа, см	28/45	33,35	0,856	15,60	5,203	2,57
	длина листа, см	30,7/58,7	36,9	1,320	22,38	8,259	3,57
	ширина листочков, см	2,4/12,5	7,25	0,137	31,59	2,290	1,89
	число жилок слева, шт.	124/230	152,17	3,626	17,21	26,192	2,38
	число жилок справа, шт.	112/226	151,3	3,798	18,73	28,338	2,51
	кол-во зубчиков, шт.	884/1496	1070,8	22,163	12,85	137,647	2,07
2	число листочков, шт.	6/7	6,8	0,074	5,99	0,407	1,092
	ширина листа, см	32/41,7	37,3	0,411	6,04	2,252	1,104
	длина листа, см	35/44,6	39,8	0,420	5,78	2,302	1,056
	ширина листочков, см	5/13	8,3	0,105	17,98	1,492	1,263
	число жилок слева, шт.	156/206	182,4	1,807	5,43	9,898	0,991
	число жилок справа, шт.	154/210	185,9	1,860	5,48	10,190	1,001
	кол-во зубчиков, шт.	956/1163	1032,2	9,906	5,26	54,260	0,960
3	число листочков, шт.	6/8	6,8	0,08	6,76	0,46	1,23
	ширина листа, см	24,1/46,9	36,6	1,04	15,55	5,69	2,84
	длина листа, см	25,3/47,2	38,2	0,99	14,14	5,40	2,58
	ширина листочков, см	5/13,2	8,7	0,12	19,66	1,71	1,37
	число жилок слева, шт.	134/186	167,03	2,19	7,18	11,99	1,31
	число жилок справа, шт.	133/190	168,6	2,52	8,19	13,81	1,49
	кол-во зубчиков, шт.	907/1126	1014,2	9,09	4,92	49,87	0,9
4	число листочков, шт.	6/8	6,8	0,08	6,76	0,46	1,23
	ширина листа, см	24,1/45,8	34,8	0,96	15,17	5,28	2,77
	длина листа, см	26/46,3	36,9	0,96	14,28	5,27	2,61
	ширина листочков, см	5/13,1	8,12	0,11	19,83	1,61	1,39
	число жилок слева, шт.	134/176	161,3	2,25	7,63	12,3	1,39
	число жилок справа, шт.	133/179	162,8	2,42	8,13	13,24	1,19
	кол-во зубчиков, шт.	907/1168	1038,9	12,38	6,53	67,8	2,04
5	число листочков, шт.	5/8	6,8	0,097	7,81	0,531	1,42
	ширина листа, см	31/58	37,9	0,983	14,20	5,382	2,34
	длина листа, см	23,5/45,2	42,1	0,623	8,11	3,414	1,65
	ширина листочков, см	3,2/15	8,21	0,159	28,12	2,309	1,940
	число жилок слева, шт.	136/200	168,3	2,758	8,98	15,105	1,64
	число жилок справа, шт.	125/206	169,9	2,943	9,49	16,121	1,73
	кол-во зубчиков, шт.	625/1325	982,4	25,627	14,29	140,365	2,61

37,9 см. Разница показателей ширины листовых пластинок между объектами 3 и 4, 1 и 2 составляет 1,8 мм. Ширина листа характеризуется средним уровнем изменчивости на всех объектах исследования, кроме 2-го, где изменчивость очень низкая. Статистически достоверные различия ширины листа установлены между объектами 1 и 2, 1 и 3, 2 и 4, 1 и 5, 4 и 5. Между остальными объектами различия по этому показателю несущественны.

Исследование показателей длины листовых пластинок показывает значительную вариацию данного признака на всех объектах. Точно так же, как и ширина листовых пластинок, минимальные размеры длины листовых пластинок наблюдались в объектах 1 и 4 (36,9 см), а максимальные – в объекте 5 (42,1 см). Уровень изменчивости данного признака колеблется от очень низкого в объекте 2 до высокого в объекте 1. Длина листовых пластинок в объекте 5 достоверно отличается от средних значений этого биометрического показателя на всех других пунктах наблюдения, достоверные различия отмечены также между объектами 1 и 2, 2 и 4.

Показатели ширины листочков на объектах исследования отличаются между собой незначительно. Значения признака колеблются от 7,25 до 8,7 мм. Уровень изменчивости высокий отмечен в объектах

1 и 5, средний – в объектах 2, 3 и 4 и высокий – в объекте 1. Ширина листочков 1-го объекта достоверно отличается от средних значений этого биометрического показателя во всех других объектах.

Число жилок справа и слева почти не отличается между объектами. Среднее количество жилок справа на всех объектах находится в пределах от 151,3 до 185,9 шт., слева – от 152,2 до 182,4 шт. Уровень изменчивости этого признака колеблется от очень низкого в объекте исследования 2 до среднего в объекте 1. По количеству жилок слева существенных различий между пунктами не наблюдается. Число жилок справа в объектах 1 и 2 достоверно отличается от средних значений этого показателя на других пунктах наблюдения.

Количество зубчиков по объектам варьирует незначительно – от 982,4 до 1070,8 шт. Уровень изменчивости очень низкий в объектах 2, 3 и 4 и средний – в объектах 1 и 5. Различия по этому показателю между объектами несущественны, только объекты 3 и 5 по количеству зубчиков достоверно отличаются от средних значений этого показателя на других объектах наблюдения.

Наиболее изменчивыми оказались параметры соцветий (табл. 3). Длина соцветий конского каштана обыкновенного колеблется от 15,5 см

3. Биометрические показатели соцветий конского каштана

№ объекта	Показатель соцветий	Лимит (мин/макс)	Среднее значение	Стандартная ошибка	Коэффициент изменчивости	Стандартное отклонение	Точность опыта
1	длина, см	15,5/25	21	0,464	12,09	2,539	2,21
	ширина, см	9/16	12,1	0,316	14,31	1,732	2,61
	кол-во цветков, шт.	147/263	196,5	4,738	13,21	25,952	2,41
	кол-во боковых осей с женскими цветками, шт.	10/29	20	0,9	24,66	4,932	4,41
	кол-во женских цветков, шт.	20/99	55,7	3,911	38,46	21,423	7,02
2	длина, см	15,5/27	21,7	0,535	13,49	2,928	2,47
	ширина, см	9/14,5	11,6	0,274	12,94	1,501	2,36
	кол-во цветков, шт.	133/293	200,7	8,029	21,91	43,974	4,00
	кол-во боковых осей с женскими цветками, шт.	5/34	16	0,619	41,64	6,662	7,62
	кол-во женских цветков, шт.	5/22	12,5	0,777	27,12	3,39	6,22
3	длина, см	16,5/26	20,5	0,38	10,05	2,06	1,84
	ширина, см	10,5/16	12,6	0,28	12,17	1,534	2,22
	кол-во цветков, шт.	133/197	172,5	3,092	9,82	16,933	1,79
	кол-во боковых осей с женскими цветками, шт.	10/25	15	0,838	30,58	4,587	5,70
	кол-во женских цветков, шт.	7/24	12,5	0,698	30,57	3,821	5,58
4	длина, см	16,5/24	20,2	0,353	9,56	1,932	1,75
	ширина, см	7,5/17	11,2	0,359	17,57	1,968	3,2
	кол-во цветков, шт.	100/265	173,2	6,802	21,51	37,254	3,93
	кол-во боковых осей с женскими цветками, шт.	5/60	20	2,037	55,79	11,158	10,24
	кол-во женских цветков, шт.	6/62	29,5	2,433	45,18	13,328	8,26
5	длина, см	19/26	21,9	0,268	6,70	1,467	1,22
	ширина, см	10,5/16	13,6	0,279	11,24	1,528	2,06
	кол-во цветков, шт.	131/285	210,8	6,3	16,38	34,52	2,99
	кол-во боковых осей с женскими цветками, шт.	13/31	22	0,764	19,01	4,183	3,54
	кол-во женских цветков, шт.	15/71	44,3	2,412	29,82	13,212	5,45

до 26 см, а средние значения длины соцветий по объектам наблюдений – от 20,5 см до 21,9 см. Уровень изменчивости длины соцветий варьирует от очень низкого в объекте 5 до среднего в объекте 2. Различия средних значений длины соцветий между пунктами оказались практически несущественными. Статистически достоверных различий между объектами чаще всего не наблюдается. Только между объектами 4 и 5, 2 и 3, 2 и 4, 3 и 5 отмечены достоверные отличия.

Средняя величина ширины соцветий изменяется по объектам исследования от 11,2 см до 21,4 см, характеризуется низким в объекте 5 и средним уровнем изменчивости в остальных объектах. Значения ширины соцветий достоверно отличаются практически по всем пунктам наблюдения, кроме объектов 1 и 2, 1 и 3, 2 и 4.

Количество цветков в соцветии колеблется от 100 до 293 шт., а средних значений – от 172,5 до 210,8 шт. в соцветии. Вариация наблюдается в трёх уровнях изменчивости – низком (объект 3), среднем (объекты 1 и 5) и высоком (объекты 2 и 4). Количество цветков в соцветии статистически достоверно отличается между объектами 1 и 3, 1 и 4, 2 и 3, 2 и 4, 3 и 5, 4 и 5. Между остальными объектами существенных различий по количеству цветков в соцветии не наблюдается.

Среднее количество боковых осей с женскими цветками находится в пределах от 15 до 22 шт. Уровень изменчивости этого признака от среднего в объекте 5 до очень высокого в объектах 2 и 4. Достоверно отличаются значения этого показателя между объектами 1 и 2, 1 и 3, 2 и 4, 2 и 5, 3 и 4, 3 и 5.

Количество женских цветков в соцветии характеризуется высоким и очень высоким уровнем изменчивости. Доля женских цветков в соцветии наиболее высока в объекте 1 (28%), а наиболее низкая – в объекте 2 (6%). В сквере (объект 1) условия городской среды более благоприятны для цветения и размножения, чем в уличных насаждениях (объект 2), расположенных вдоль центральных улиц. На деревьях, расположенных вблизи оживлённых дорог, негативное влияние на репродуктивную способность каштана конского обыкновенного оказывает большое количество выбросов от автотранспорта. Количество женских цветков в соцветии достоверно отличается друг от друга практически между всеми объектами наблюдений (только между объектами 1 и 3 различия оказались несущественными).

Самые крупные размеры соцветий отмечены в объекте 5 (21,9 см), а самые маленькие – в объектах 3 и 4 (20,2 и 20,5 см).

Изменчивость семян на всех объектах исследования незначительна (табл. 4). Длина семян варьирует от 2,7 см до 4,3 см. Уровень изменчивости длины семян очень низкий и низкий. Различия по этому биометрическому признаку между объектами исследования несущественны, но между объектами 3 и 4, 1 и 5 достоверны. Ширина семян варьирует от 2,3 до 3,9 см, но различия средних показателей между объектами незначительные и статистически недостоверные (за исключением различий между объектами 3 и 4, 3 и 5). Уровень изменчивости этого показателя низкий.

Толщина семян на объектах исследования варьирует от 0,6 до 3,4 см. Однако средние значения

4. Биометрические показатели семян конского каштана

№ объекта	Показатель семян	Лимит (мин/макс)	Среднее значение	Стандартная ошибка	Коэффициент изменчивости	Стандартное отклонение	Точность опыта
1	длина, см	3,4/4,2	3,7	0,043	6,32	0,234	1,16
	ширина, см	2,6/3,7	3,2	0,492	8,44	0,27	1,54
	толщина, см	1,8/3,4	2,5	0,054	11,72	0,293	2,15
	вс, г			517,8			
2	длина, см	3/4,1	3,6	0,057	8,64	0,311	1,56
	ширина, см	2,5/3,8	3,2	0,05	8,59	0,275	1,55
	толщина, см	0,6/3	2,2	0,084	20,82	0,458	3,76
	вс, г			479,8			
3	длина, см	2,7/4,1	3,7	0,064	9,49	0,351	1,9
	ширина, см	2,5/3,5	3,0	0,06	10,97	0,329	2,03
	толщина, см	1/3	2,3	0,084	20,00	0,46	3,70
	вс, г			361,9			
4	длина, см	2,8/4,1	3,6	0,051	7,72	0,278	1,39
	ширина, см	2,4/3,9	3,2	0,054	9,16	0,293	1,66
	толщина, см	1,7/2,8	2,4	0,412	9,42	0,226	1,72
	вс, г			401,2			
5	длина, см	2,9/4,3	3,5	0,038	5,91	0,207	1,92
	ширина, см	2,3/3,8	3,0	0,057	10,47	0,314	1,08
	толщина, см	1,6/2,8	2,4	0,039	8,96	0,215	1,65
	вс, г			442,6			

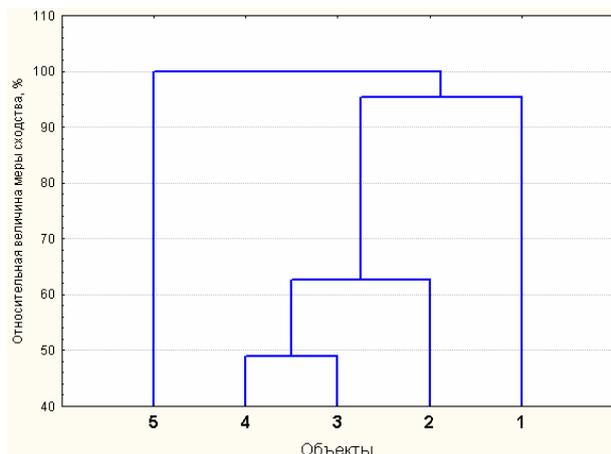


Рис. – Дендрограмма сходства объектов зелёных насаждений г. Саратова по биометрическим показателям листьев, соцветий, плодов конского каштана

данного показателя, как и длины и ширины семян, по объектам исследования изменяются незначительно – от 2,2 до 2,5 см. Достоверные различия толщины отмечены между объектами 1 и 3, а также у объекта 2, на остальных пунктах различия были незначительны. Уровень изменчивости толщины семян колеблется от низкого в объектах 1, 4 и 5 до высокого в объектах 1 и 4. Наиболее тяжёлые семена формируются на объекте 1 (517,8 г).

Таким образом, в зелёных насаждениях отмечается более сильное варьирование (от среднего до очень высокого уровня) морфометрических показателей генеративных органов каштана, особенно таких, как количество цветков в соцветии, количество боковых осей с женскими цветками и количество женских цветков.

Собранные данные были обработаны с использованием кластерного анализа с целью объединения пяти объектов зелёных насаждений г. Саратова в однородные группы. Кластерный анализ проводился методом k-средних (k-meansclustering). В качестве меры сходства использовалось евклидово расстояние. По методу k-средних объект относится к тому классу, расстояние до центра которого минимально [12]. По средним значениям морфометрических показателей вегетативных органов, соцветий и плодов каштана выделяется три кластера (рис.). Отдельные кластеры образуют объект 1 (сквер Борцам революции 1905 г.) и объект 5 (городской парк культуры и отдыха им. М. Горького). Остальные объекты (уличные насаждения по ул. Рабочей, бульвар по ул. Рахова, внутриквартальные насаждения по ул. Бахметьевской) очень схожи по комплексу указанных признаков и формируют один кластер.

Выводы. В городских условиях варьирование признаков листовой пластинки *Aesculus hippocastanum* L. незначительное, что обусловлено адаптацией данного вида к экологическим условиям произрастания.

Особенности экологических условий произрастания *Aesculus hippocastanum* L. в объектах озеленения приводят к значительным отличиям в количестве боковых осей в соцветии с женскими цветками и количестве женских цветков в соцветии.

Варьирование биометрических параметров семян *Aesculus hippocastanum* L. указывает на определённое генетическое разнообразие особей на объектах озеленения г. Саратова, что даёт возможность вести отбор растений для получения в последующем адаптированного к экологическим условиям города посадочного материала.

Литература

1. Банаев Е.В., Шемберг М.А. Ольха в Сибири и на Дальнем Востоке России (изменчивость, таксономия, гибридизация). Новосибирск: Наука, 2000. 99 с.
2. Косаев М.Н. Интродукция конского каштана обыкновенного // Известия академии наук Казахской ССР. 1973. № 5. С. 15–19.
3. Сироцинская Т.К. Морфологическая изменчивость конского каштана // Лесоводство и агролесомелиорация. 1968. Вып. 15. С. 143–146.
4. Сунгурова Т.Н. Мониторинг насаждений *Aesculus hippocastanum* L. на территории г. Челябинска и его окрестностей // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2009. № 12. С. 337–343.
5. Миловидова И.Б., Таренков В.А. Деревья и кустарники зелёных насаждений г. Саратова. Материалы по флоре и растительности Юго-Востока. Саратов: Изд-во СГУ, 1968. С. 17–29.
6. Заигралова Г.Н. Влияние атмосферного загрязнения г. Саратова на содержание хлорофилла в листьях *Aesculus hippocastanum* L. // Лесное хозяйство Поволжья: матер. Всерос. науч.-практич. конф. Саратов: Научная книга, 2007. С. 38–40.
7. Заигралова Г.Н., Кабанов С.В. Влияние атмосферного загрязнения на биометрические показатели листовой пластинки *Aesculus Hippocastanum* L. // Эколого-технологические аспекты лесного хозяйства в степи и лесостепи: матер. I Междунар. науч.-практич. конф. / под. ред. А.В. Голубева; ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ. Саратов, 2007. С. 11–15.
8. Габеев В.Н., Калагова А.С. Изменчивость семян каштана конского обыкновенного в зелёных насаждениях Владикавказе // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2011. № XIV. С. 18–21.
9. Кузнецова Т.М., Захаринко Г.С., Захаринко А.Н. Морфологические особенности соцветий каштана конского обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) в культуре на Южном берегу Крыма // Бюллетень государственного Никитского ботанического сада. 2008. № 96. С. 44–47.
10. Фазилова Н.Ф. Изменчивость каштана конского обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) в Узбекистане (на примере г. Ташкент): автореф. дис. ... к.с.-х.наук. Воронеж. 2013.
11. Хоменок М.А. Изменчивость конского каштана обыкновенного (*Aesculus Hippocastanum* L.) как основа отбора декоративных форм в городских условиях Брянской области: автореф. ... к.с.-х.наук. Брянск. гос. инженер.-технолог. академия. Брянск, 2013.
12. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 416 с.