

АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНОГО ПОПУЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА НА ПРИМЕРЕ *ACER PLATANOIDES* L. (ACERACEAE)

© 2000 С.В. Федорова¹, С.И. Габдылвалиева²

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань (Россия)

² Гимназия № 12 имени Ф.Г. Аитовой, г. Казань (Россия)

Поступила 1.08.2020

Федорова С.В., Габдылвалиева С.И. Алгоритм проведения сравнительного популяционного анализа на примере *Acer platanoides* L. (Aceraceae). Основополагающий принцип проведения исследований на особо охраняемых природных территориях – невмешательство в процессы роста и развития растения. Этот же принцип был использован в процессе проведения научно-исследовательской работы в тандеме «ученый – школьница», в результате которой были разработаны: 1) алгоритм проведения сравнительного популяционного анализа древостоя в лесном типе растительности на примере *Acer platanoides* L. (Aceraceae); 2) новый способ определения площади проекции листовой пластинки, имеющей форму в ботанической терминологии «5-ти лопастная» по линейным замерам; 3) алгоритм проведения педагогической работы с особо одаренными детьми, направленный на: формирование навыков проведения сравнительного популяционного анализа на основе статистической обработки данных; получение опыта по оформлению исследовательской работы (полнообъемная до 30 страниц исследовательская работа по формату курсовой работы студента для молодежного форума, тезисы, статья); получение опыта представления результатов научно-исследовательской работы в разном формате (защита, устный доклад с презентацией, стендовый доклад) на научных мероприятиях различного уровня.

Ключевые слова: методология, формула, площадь проекции, лист, фитоиндикация, педагогика, лес, одаренные дети.

Fedorova S.V., Gabdylvalieva S.I. Algorithm for comparative population analysis using the example of *Acer platanoides* L. (Aceraceae). The fundamental principle of conducting research in specially protected natural areas is non-interference in the processes of plant growth and development. The same principle was used in the process of research work in the tandem “scientist–schoolgirl”, which resulted in the development of: 1) an algorithm for comparative population analysis of the stand in the forest type of vegetation using the example of *Acer platanoides* L. (Aceraceae); 2) a new method for determining the projection area of a leaf blade, which has a shape in botanical terminology “5-lobed” by linear measurements; 3) an algorithm for conducting pedagogical work with especially gifted children, aimed at: developing the skills of conducting a comparative population analysis based on statistical data processing; gaining experience in the design of research work (full-length, up to 30 pages, research work in the form of a student's term paper for a youth forum, abstracts, article); gaining experience in presenting the results of research work in a different format (defense, oral presentation, poster presentation) at scientific events of various levels.

Key words: methodology, formula, projection area, leaf, phytoindication, pedagogy, forest, gifted children.

ВВЕДЕНИЕ

Основополагающий принцип проведения исследований на особо охраняемых природ-

ных территориях – невмешательство в процессы роста и развития растения. Этот же принцип был использован в процессе проведения научно-исследовательской работы в тандеме «ученый – школьница», в результате которой были решены ряд задач: 1) разрабо-

Федорова Светлана Владиславовна, старший лаборант, кандидат биологических наук,
S.V.Fedorova@inbox.ru; Габдылвалиева Сабина

Ильдаровна, учащаяся 11 класса,
sabira.gabi@yandex.ru

тать алгоритм проведения сравнительного популяционного анализа древостоя в лесном типе растительности на примере *Acer platanoides* L. (Aceraceae); 2) разработать новый способ определения площади проекции листовой пластинки, имеющей форму в ботанической терминологии «5-ти лопастная» по линейным замерам; 3) разработать алгоритм проведения педагогической работы с особо одаренными детьми, направленный на: формирование навыков проведения сравнительного популяционного анализа на основе статистической обработки данных; получение опыта по оформлению исследовательской работы (полно-объемная до 30 страниц исследовательская работа по формату курсовой работы студента для молодежного форума, тезисы, статья); получение опыта представления результатов научно-исследовательской работы в разном формате (защита, устный доклад с презентацией, стендовый доклад) на научных мероприятиях различного уровня. Таким образом Вашему вниманию представляются результаты исследования проведенного одновременно с научной и педагогической целями.

Acer platanoides (Aceraceae) – древесное листопадное растение способное достигать в высоту 30 м и более. Листья расположены на побегах текущего года супротивно, они длинночерешковые с пальчато-сетчатым жилкованием. Чаще всего листовая пластинка 5-ти лопастная, реже 3-х лопастная или 7-ми лопастная, в очертании округлая или овальная. Края листовой пластинки крупно выемчато-зубчатые, причем верхушки лопастей и зубцы оттянуты в остроконечие. Растение широко распространено в Восточной и Западной Европе, Средиземноморье, на Кавказе, на Балканах, в Карпатах. Вид интродуцирован на Дальнем востоке, в Казахстане, Скандинавии. В лесной зоне Европейской России доходит на севере до Южной Карелии, а на востоке до Урала (*Acer...*, [https://www.plantarium...\[13\]](https://www.plantarium...)). Произрастает в широколиственных и смешанных лесах, как правило, в виде примеси во втором ярусе. Больше всего *A. platanoides* в дубравах и липняках, особенно занимающих лесные овраги. На отдельных участках *A. platanoides* может формировать лесные массивы. Растение предпочитает участки с плодородными суглинистыми почвами. В XXI веке ученые большое внимание уделяют вопросам экологии и фитоиндикации среды с помощью сравнительного анализа различных органов

растения. У древесных форм растений для этих целей используют листья [1, 2, 6, 8, 9, 12]

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования служили осенние листья, опавшие со взрослых деревьев, или растущие на низко расположенных ветвях молодых растений в период листопада. Такая методология сбора листьев позволяет получить для проведения сравнительного популяционного анализа случайную выборку от разных индивидов из разных частей их крон. Было 3 варианта опыта по количеству местобитаний *Acer platanoides* (рис. 1): Вариант I. Роща. Советский район г. Казань, пос. Нагорный. Сбор 8.10.2018; Вариант II. Лесной массив. Зеленодольский район Республики Татарстан, пос. Первомайский (о.п. 774 км Горьковской ж.д.). Сбор 30.09.2002. Используются гербарные образцы листьев из старой коллекции; Вариант III. Парковая зона. Вахитовский район г. Казань, ПКО им. А. М. Горького. Сбор 10.10.2018. В каждом из вариантов было использовано по 33 шт. листьев. Свежесобранные листья высушивали под прессом.



Рис. 1. Популяционная система *Acer platanoides* в различных вариантах опыта (I–III) и образцы собранных для анализа листьев

С каждой листовой пластинки была сделана бумажная копия для определения площади проекции весовым способом и/или способом

пересчета элементарных квадратов. Тогда еще не было разработанной формулы для определения площади проекции листовой пластинки по линейным замерам, но в процессе проведения данной исследовательской работы формула была разработана и представлена в ряде публикаций [3, 10, 11]: $S=0,53af(ab+ae+ad+ac)/2=0,27af(ab+ae+ad+ac)$, где « af, ab, ae, ad, ac » – отрезки соединяющие точку пересечения оснований осей симметрии каждой из 5 лопастей проекции с точками пересечения осей симметрии с контуром проекции (рис. 2). По обстоятельствам, возможно наличие только 4 составляющей из набора отрезков, например: $S=0,53af(ab+ae+ad)/1,5=0,35af(ab+ae+ad+ac)$. Данная разработка была сделана путем преобразования базовой формулы эллипса, в который вписана проекция листовой пластинки путем добавления в нее значения коэффициента коррекции формы «Coefficient Correction of Form, Ccf », равного 0,69 (в данной статье будет доказано именно это значение коэффициента коррекции формы):

$$S = \frac{\pi ab}{4}; S = Ccf \frac{\pi ab}{4}; Ccf = \frac{S}{\pi ab/4}$$

где S – фактическая площадь проекции

Для каждой листовой пластинки был составлен паспорт с набором метрических и аллометрических показателей: фактическая площадь проекции листовой пластинки; длина 5 отрезков на рис. 2; количество зубцов; отношение между длинами отрезков на рис. 2; коэффициент Ccf . Для каждого варианта опы-

та были составлены соответствующие вариационные ряды показателей и проведена статистическая обработка данных в редакторе Microsoft Excel. Использован пакет анализа: «Описательная статистика», «F–тест для дисперсий», «Корреляция». Статистические параметры представлены в табл. 1–5. Символам в таблицах соответствуют: M – среднее арифметическое; Δ – доверительный интервал с уровнем надежности в 90 %; C_v , % – коэффициент вариации; Lim – предельные значения показателя; r – коэффициент прямолинейной корреляции; n – объем выборки; k – степень свободы; F –критерий достоверности сходства Р. Фишера.

В табл. 3 значение F –критерия превышающее критическое значение, отмечены соответствующим количеством звездочек: *, **, ***, **** на уровне достоверности 90, 95, 99 и 99,9 % соответственно. Для оценки коэффициента корреляции использована шкала КРШ-5 Е. Л. Любарского (Любарский, Полуянова, 1984). В ней баллы 1, 2, 3, 4, 5 соответствуют интервалам r : 0,0001–0,45–0,63–0,77–0,89–0,999. Соответственно ряду баллов меняется теснота корреляций: очень слабая – слабая – средняя – тесная – очень тесная. Для представления значений F и r использованы таблицы матрицы. Для оценки коэффициента вариации использована шкала Г. Н. Зайцева (1990). В ней интервалам C_v : 0,0001–4–24–44–64 соответствует условная степень варьирования: небольшая, нижняя нормальная, верхняя нормальная, значительная, большая.

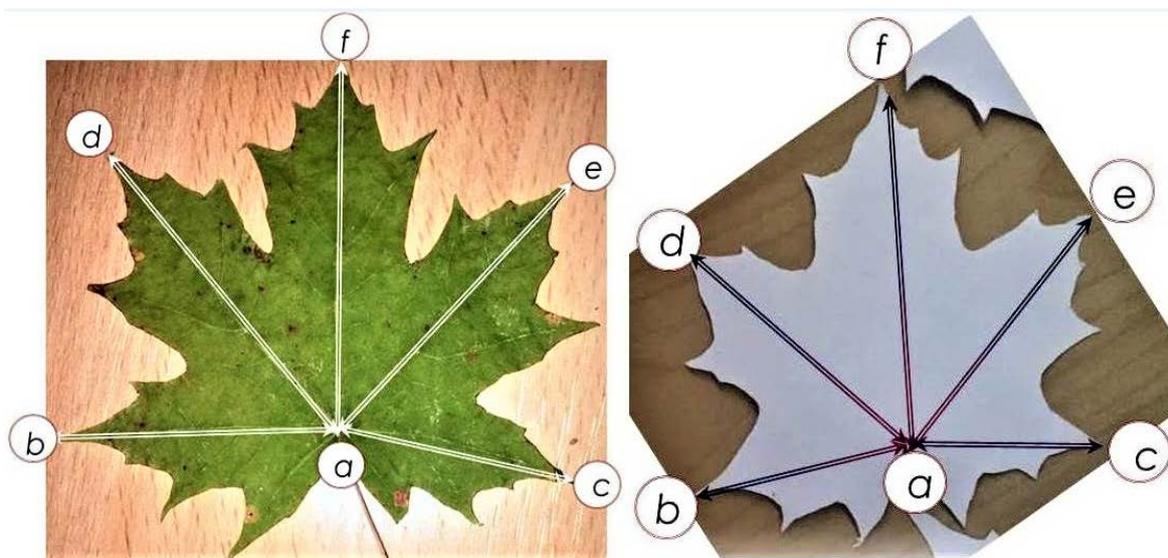


Рис. 2. Схема контрольных линейных замеров на примере листовой пластинки *Acer platanoides* и ее проекции

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Варьирование всех учтенных метрических показателей, характеризующих каждую из 3-х

вариантов популяционной системы *A. platanoides* происходит в диапазоне шкалы Г.Н. Зайцева на двух уровнях «верхняя нормальная – значительная» (табл. 1). Варьирование всех учтенных аллометрических показателей, характеризующих каждую из 3-х вариантов популяционной системы *A. platanoides* держится в диапазоне шкалы Г.Н. Зайцева на уровне «нижняя нормальная» (табл. 2). Популяционная система *A. platanoides* по 3-м вариантам опыта не имеет достоверного сходства по набору метрических и некоторых компонентов из набора аллометрических показателей листовой пластинки. Однако, по величине *Scf*, достоверность сходства подтверждена (табл. 3).

Популяционная система *A. platanoides* в каждом из 3-х вариантов опыта имеет в диапазоне шкалы Е.Л. Любарского «тесные и/или очень тесные» корреляции между метрическими показателями, характеризующими длину осей симметрии каждой из 5-ти лопастей

листовой пластинки и фактической площадью проекции листовой пластинки. Однако, один из показателей, характерный для формы края проекции листовой пластинки, количество зубцов имеет за одним исключением «слабые и/или очень слабые» корреляции с площадью проекции листовой пластинки и с длиной каждой из осей симметрии 5-ти лопастей (табл. 4).

Популяционная система *A. platanoides* в каждом из 3-х вариантов опыта имеет в диапазоне шкалы Е.Л. Любарского: 1) «тесные и очень тесные» корреляции между аллометрическими показателями отношение суммарной длины осей симметрии нижней пары лопастей к таковой верхней пары лопастей и отношение первого к длине оси центральной лопасти; 2) «значительные и тесные» корреляции между аллометрическими показателями отношение суммарной длины осей симметрии нижней (но не верхней) пары лопастей к длине оси центральной лопасти (табл. 5).

Таблица 1

Метрические показатели листовой пластинки *Acer platanoides* в различных вариантах опыта

Показатель	Вариант	Параметр (n=33)		
		M±Δ	CV, %	Lim
Фактическая площадь проекции листовой пластинки, кв. см	I	49,4±6,01	41	24–132
	II	52,6±6,9	44	16–127,5
	III	80,1±11	47	25–171
Количество зубцов, шт.	I	20,42±0,9	15	13–28
	II	20,45±1,2	20	14–31
	III	24,70±1,7	24	15–40
Длина отрезка, см: <i>af</i>	I	7,99±0,4	18	5,3–13
	II	7,53±0,5	23	5,1–12,7
	III	9,41±0,6	22	5,4–13,2
<i>ab</i>	I	4,63±0,3	25	3,2–8,4
	II	4,99±0,4	30	2,7–9,1
	III	6,44±0,5	28	3,2–10,5
<i>ac</i>	I	4,58±0,3	25	3,2–8,7
	II	4,94±0,4	25	2,8–8,7
	III	6,26±0,5	28	3,3–10
<i>ad</i>	I	6,88±0,4	20	4,6–11,7
	II	6,84±0,5	25	3,9–11,3
	III	8,71±0,6	24	5–13
<i>ae</i>	I	6,84±0,4	20	5,1–12
	II	6,83±0,5	25	3,9–11,3
	III	8,72±0,6	24	5–12,8

Метрические показатели количество зубцов по краю проекции листовой пластинки и площадь проекции листовой пластинки целесообразно рекомендовать для использования в качестве основных фитоиндикаторов с целью подтверждения достоверности сходства между различными вариантами для использования в качестве дополнительных популяционной системы *A. platanoides*. Ряд метрических

показателей целесообразно рекомендовать фитоиндикаторов с целью подтверждения достоверности сходства между различными вариантами популяционной системы *A. platanoides*: длина осей симметрии боковых лопастей листовой пластинки. Метрический показатель длина оси симметрии центральной лопасти как наименее чувствительный целесообразно рекомендовать в качестве фитоин-

дикатора только как дополнительный компонент к набору перечисленных фитоиндикаторов с целью подтверждения достоверности сходства между различными вариантами популяционной системы *A. platanoides*. Аллометрические показатели (отношение суммарной длины осей симметрии нижней пары лопастей к таковой верхней пары лопастей и отношение суммарной длины осей нижней пары лопастей к длине оси симметрии центральной лопасти) целесообразно рекомендовать для использования в качестве дополнительных фитоиндикаторов с целью подтвер-

ждения достоверности сходства между различными вариантами популяционной системы *A. platanoides*. Эта целесообразность обусловлена сочетанием низкого уровня варьирования данного показателя (ниже 10%) со способностью подтвердить достоверность сходства между различными вариантами популяционной системы растения. Аллометрический показатель (отношение суммарной длины осей верхней пары лопастей к длине оси симметрии центральной лопасти) не целесообразно использовать в качестве фитоиндикатора.

Таблица 2

Аллометрические показатели листовой пластинки *Acer platanoides* в различных вариантах опыта

Показатель	Вариант	Параметр (n=33)		
		$M \pm \Delta$	$C_v, \%$	Lim
$(ab+ac)/(ad+ae)$	I	0,67±0,01	7	0,59–0,80
	II	0,72±0,01	6	0,65–0,81
	III	0,72±0,02	8	0,60–0,82
$(ab+ac)/af$	I	1,14±0,04	10	1–1,45
	II	1,31±0,04	10	1,05–1,64
	III	1,34±0,04	10	1–1,63
$(ad+ae)/af$	I	1,71±0,03	6	1,55–1,96
	II	1,81±0,03	6	1,50–2,01
	III	1,84±0,03	6	1,63–2,00
Коэффициент C_{cf} : $\frac{s}{0,78af \left\{ \frac{ab+ac+ad+ae}{2} \right\}}$	I	0,67±0,02	8	0,58–0,81
	II	0,72±0,02	9	0,60–0,83
	III	0,67±0,02	8	0,58–0,81
	I+II+III	0,69±0,01	9	0,58–0,83

Таблица 3

Значение F -критерия для выявления достоверности сходства между вариантами опыта по метрическим и аллометрическим показателям листовой пластинки *Acer platanoides* ($k=64$)

Показатель	Сравниваемые варианты		
	I и II	I и III	II и III
Количество зубцов	1,8**	3,71****	2,06***
Фактическая площадь проекции листовой пластинки	1,3	3,45****	2,62***
Длина отрезка:	af	1,52	2,04**
	ab	1,71*	2,42***
	ad	1,63*	2,38***
	ac	1,24	2,23**
	ae	1,5	2,41***
Отношение:	$(ab+ac)/(ad+ae)$	1,21	1,62*
	$(ab+ac)/af$	1,16	1,78*
	$(ad+ae)/af$	1,06	1,14
Коэффициент C_{cf}	1,43	1,01	1,44

Величина C_{cf} имеет основания для при- суждения ей статуса коэффициента, поскольку: 1) ее значения в вариационных рядах из популяционной системы *A. platanoides* с доказанными различиями по вариантам опыта имеют достоверное сходство; 2) ее значения варьируют на уровне ниже 10%; 3) она имеет исключительно слабые корреляции с каждым из компонентов из набора метрических и ал-

лометрических показателей. Это обуславливает то, что среднему арифметическому значению «0,69» (табл. 2) можно присвоить статус Коэффициента коррекции формы листовой пластинки для геометрической формы 5-ти лопастная на примере *A. platanoides*. Введение значения 0,69 в качестве коэффициента коррекции формы в формулу для расчета площади проекции листовой пластинки по

линейным замерам способствовало разработ- ки нового способа для определения площади проекции геометрической фигуры по ботани-

ческой терминологии 5-ти лопастная [3, 10, 11]

Таблица 4

Значения коэффициента прямолинейной корреляции (r) для пар метрических показателей, характеризующих размеры листовой пластинки *Acer platanoides* в различных вариантах опыта

Показатель (n=66)	1 – фактическая площадь проекции листовой пластинки; 2–6 – длина отрезка: 2 – af; 3 – ab; 4 – ad; 5 – ac; 6 – ae; 7 – количество зубцов; 8 – Ccf							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Вариант I								
1		5	5	5	5	5	1	2
2	0,94		5	5	5	5	1	1
3	0,94	0,89		5	5	5	1	2
4	0,94	0,92	0,96		5	5	2	1
5	0,94	0,90	0,94	0,91		5	2	3
6	0,97	0,95	0,92	0,95	0,95		2	1
7	0,42	0,32	0,50	0,45	0,54	0,44		2
8	0,45	0,38	0,62	0,40	0,65	0,41	0,55	
Вариант II								
1		5	5	5	5	5	2	1
2	0,97		5	5	5	5	2	1
3	0,97	0,94		5	5	5	2	2
4	0,98	0,96	0,97		4	5	2	1
5	0,91	0,89	0,89	0,87		5	3	2
6	0,94	0,94	0,91	0,90	0,95		2	1
7	0,58	0,57	0,60	0,57	0,67	0,60		1
8	0,40	0,29	0,50	0,36	0,59	0,36	0,44	
Вариант III								
1		5	5	5	5	5	2	1
2	0,95		4	5	4	5	2	1
3	0,90	0,87		5	5	5	2	2
4	0,95	0,96	0,94		5	5	2	1
5	0,93	0,89	0,90	0,90		5	2	2
6	0,96	0,97	0,90	0,96	0,95		2	1
7	0,54	0,47	0,46	0,50	0,61	0,57		1
8	0,32	0,18	0,55	0,27	0,52	0,28	0,27	

Таблица 5

Значения коэффициента прямолинейной корреляции (r) для пар аллометрических показателей, характеризующих размеры листовой пластинки *Acer platanoides* в различных вариантах опыта

Показатель (n=66)	1	2	3	4
Вариант I				
$1 - (ab+ac) / (ad+ae)$		4	1	1
$2 - (ab+ac) / af$	0,79		3	1
$3 - (ad+ae) / af$	0,16	0,74		1
$4 - Ccf$	-0,20	0,09	0,36	
Вариант II				
1		4	1	1
2	0,84		4	1
3	0,39	0,84		1
4	0,01	0,22	0,37	
Вариант III				
1		5	2	1
2	0,91		4	1
3	0,50	0,81		1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процесс проведения исследования в соответствии с предложенным алгоритмом целесообразно привлекать школьника, который имеет базовые знания в области геометрии и информатики. Участие школьника в исследовательском процессе позволит ему расширить кругозор и внести вклад в развитие науки. Одна из тандема «ученый – школьница» (на момент проведения исследования учащаяся 10 класса Гимназии № 12 с углубленным изучением татарского языка в г. Казань, а ныне выпускница) за 5 месяцев интересного занятия смогла получить бесценный опыт. А вторая из тандема «ученый – школьница» смогла разработать эффективный алгоритм проведения педагогической работы с особо одаренными детьми, направленный на: формирование навыков проведения сравнительного популяционного анализа на основе статистической обработки данных.

Постепенно двигаясь к решению поставленной задачи, школьница: 1) приобретала навыки сбора материала для анализа; 2) училась характеризовать местообитание растения; 3) училась добывать информацию из литературных источников, доступных в сети Internet о биологических особенностях и экологии растения; 4) осваивала разнообразные методы статистического и математического анализа; 5) увлекалась процессом и стремилась к совершению маленького, но важного открытия в научном познании мира; 6) готовилась стать членом научного сообщества, работая над оформлением исследовательской работы для молодежного научного форума; 7) получала приглашение от организаторов научных мероприятий различного уровня представить результаты исследования в виде презентаций и постеров (IV Всероссийская (с международным участием) научная конференция учащихся имени Н.И. Лобачевского, 8–11 классы, 29 марта – 1 апреля 2019 г. в Казани; Международный Симпозиум «Экология и эволюция» и Конференция молодых ученых «Экология: факты, гипотезы, модели, посвященные» 100-летию академика С.С. Шварца в Екатеринбурге, 1–5 апреля 2019 г.); 8) получила опыт представления этих результатов в научном сообществе, диплом 2-й степени, сертификаты участника; 9)

получила возможность опубликовать результаты исследования в научных изданиях (Габдылвалиева, 2019; Габдылвалиева, Федорова, 2019).

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в соответствии с Государственной программой РФ «Повышение конкурентоспособности Казанского федерального университета».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Андреева М.В.** Оценка состояния окружающей среды в насаждениях в зонах промышленных выбросов с помощью растений-индикаторов: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. СПб., 2007. 18 с.
2. **Васильева К.А.** Эколого-биологические особенности клена остролистного (*Acer platanoides* L.) в условиях техногенного загрязнения: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2011. 22 с.
3. **Габдылвалиева С.** (науч. рук. Федорова С.В.). Метрические и аллометрические показатели листовой пластинки *Acer platanoides* L. (Aceraceae) // Тезисы докладов IV Всерос. (с междунар. участием) науч. конф. учащихся им. Н.И. Лобачевского. 8–11 классы. 29 марта – 1 апреля 2019 г. Казань / Под ред. Муравьевой Д.Р. Казань, 2019. С. 53-54. URL: <https://admissions.kpfu.ru/lob-konf> (дата обращения: 12.09.2019)
4. **Габдылвалиева С.И., Федорова С.В.** *Acer platanoides* L. (Aceraceae): разработка формулы для расчета площади проекции листовой пластинки // Экология: факты, гипотезы, модели. Материалы конф. молодых ученых, 1–5 апреля 2019 г. / ИЭРиЖ УрО РАН. Екатеринбург: Реэкшен, 2019. С. 23-25.
5. **Зайцев Г.Н.** Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1990. 296 с.
6. **Карасева Т.А.** Анализ адаптивности видов рода *Acer* L. в южных районах Западной Сибири: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2005. 16 с.
7. **Любарский Е.Л., Полуянова В.И.** Структура ценопопуляций вегетативно-подвижных растений. Казань: КГУ, 1984. 140 с.
8. **Савинцева Л.С.** Экологический анализ адаптивных механизмов растений в урбанизированной среде: Автореф. дис...канд. биол. наук. Петрозаводск, 2015. 23 с.
9. **Садыхов Х.Х.** Популяционная структура клена остролистного (*Acer platanoides* L.) на Южном Урале: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2000. 21 с.
10. **Федорова С.В.** Методологические подходы к исследованию элементов фитоценоза // Флора и растительность в меняющемся мире: проблемы изучения, сохранения и рационального использования. Материалы Международной научной конференции (Минск–Домжерицы, 24–27

сентября 2019 г.). Минск: Колорград, 2019. С. 163-169.

11. **Федорова С.В.** Несколько формул для определения площади проекции листовой пластинки растения // X Международная конференция по экологической морфологии растений, посвященная памяти И.Г. и Т.И. Серебряковых (Москва, 27–30 ноября 2019 г.): материалы. М.: МПГУ, 2019. Т. 3. С. 125-130

12. **Хикматуллина Г.Р.** Сравнительный анализ морфологических параметров листьев древесных растений в условиях урбанизированной среды: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2013. 24 с.

13. *Acer platanoides* L. // Плонтариум. URL: [http:// www.plantarium.ru/page/view/item/221.html](http://www.plantarium.ru/page/view/item/221.html)