 © Авторы статьи / Authors of the article

ЭКОЛОГИЯ/ECOLOGY

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.173.19 EDN: ZLBPPC

СОДЕРЖАНИЕ ФЛАВОНОИДОВ В ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНАХ ГАЗОННЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Научная статья

Половникова М.Г.[1, *], Воскресенская О.Л.[2], Воскресенский В.С.[3]
[1] ORCID : 0000-0001-6753-2050;
[1, 2, 3] Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (marinapmg19[at]mail.ru)

Предложена: 06.10.2026; Принята: 21.10.2026; Опубликована: 17.11.2026

Аннотация

В условиях городской среды в вегетативных органах газонных растений (мятлик луговой, ежа сборная, овсяница луговая) на разных этапах онтогенеза (v, g2, ss) определяли содержание суммы флавоноидов (в пересчете на рутин, % от сухого вещества) и их вариабельность (CV, %). Умеренное антропогенное воздействие (среднезагрязненный район) стимулирует накопление флавоноидов у всех исследованных видов в ходе онтогенеза, достигая максимума у ежи сборной в средневозрастном генеративном состоянии (0,349±0,009%). В загрязненном районе фиксировалось резкое снижение концентрации флавоноидов и дестабилизация признака, проявляющаяся в критическом росте коэффициента вариации (до 88,2% у ss-особей овсяницы луговой). Наибольшую биохимическую стабильность в условиях стресса продемонстрировал мятлик луговой. Динамика содержания флавоноидов в тканях газонных растений может выступать надежным индикатором экологического состояния территорий и оценки адаптационного потенциала растений.

Ключевые слова: флавоноиды, рутин, газонные растения, мятлик луговой, ежа сборная, овсяница луговая, онтогенез, городская среда, загрязнение, коэффициент вариации.

FLAVONOID CONTENT IN THE VEGETATIVE ORGANS OF LAWN PLANTS IN AN URBAN ENVIRONMENT

Research article

Polovnikova M.G.[1, *], Voskresenskaya O.L.[2], Voskresenskii V.S.[3]
[1] ORCID : 0000-0001-6753-2050;
[1, 2, 3] Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

* Corresponding author (marinapmg19[at]mail.ru)

Suggested: 06.10.2026; Accepted: 21.10.2026; Published: 17.11.2026

Abstract

In an urban environment, the total flavonoid content (expressed as rutin, % of dry weight) and its variability (CV, %) were determined in the vegetative organs of lawn plants (meadow grass, cocksfoot, English bluegrass) at different stages of ontogenesis (v, g2, ss). Moderate anthropogenic impact (a moderately polluted area) stimulates the accumulation of flavonoids in all the species studied during ontogenesis, reaching a maximum in cocksfoot at the middle-aged generative stage (0.349±0.009%). In the polluted area, a sharp decrease in flavonoid concentration and destabilisation of this trait were recorded, manifested by a critical increase in the coefficient of variation (up to 88.2% in ss-individuals of English bluegrass). Meadow grass demonstrated the greatest biochemical stability under stress conditions. Changes in flavonoid content in the tissues of turf plants can serve as a reliable indicator of the ecological condition of an area and for assessing the adaptive potential of plants.

Keywords: flavonoids, rutin, lawn plants, meadow grass, cocksfoot, English bluegrass, ontogenesis, urban environment, pollution, coefficient of variation.

Введение

В условиях увеличения антропогенного загрязнения урбанизированных экосистем особую актуальность приобретает изучение механизмов адаптации газонных растений к техногенному и рекреационному стрессу. Растительные организмы, будучи стационарными биоиндикаторами, вынуждены оперативно перестраивать свой метаболизм для минимизации негативных последствий загрязнения среды.

Для снижения избыточного накопления активных форм кислорода (АФК), возникающих при действии стресс-факторов, в клетках функционирует антиоксидантная система (АОС), включающая в себя ферментативные и неферментативные компоненты. Изучению закономерностей функционирования этой системы в условиях стресса, а также оценке вклада ее отдельных звеньев в формирование устойчивости организмов посвящены исследования R. Mittler (2002), М. Г. Половниковой (2007), М. Г. Половниковой, О. Л. Воскресенской (2008), Л. В. Назаренко (2016) [1], [2], [3], [4].

В группу неферментативных компонентов АОС входят фенольные соединения, в частности, флавоноиды, которые эффективно инактивируют АФК, хелатируют ионы тяжелых металлов и стабилизируют клеточные мембраны в условиях окислительного стресса. Накопление этих соединений в тканях растений жестко детерминировано как эндогенными факторами (генетическими особенностями вида и этапом онтогенеза), так и экзогенными факторами

 © Авторы статьи / Authors of the article

(степенью и характером загрязнения среды) [5], [6], [7]. Изучение биохимического отклика газонных растений на антропогенную нагрузку позволяет не только оценить экологическое состояние исследуемых территорий, но и раскрыть фундаментальные закономерности пластичности и стабильности вторичного метаболизма растений на разных этапах их жизненного цикла.

Поэтому целью данной работы являлась оценка особенности накопления и стабильности пула суммы флавоноидов в тканях газонных растений в зависимости от их онтогенетического состояния и уровня загрязнения среды.

Методы и принципы исследования

Объектом исследования послужили газонные растения трех видов семейства *Poaceae*: мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.).

В онтогенезе этих растений выделяют четыре периода и десять возрастных состояний: латентный (семена), прегенеративный (проростки, ювенильные, имматурные, виргинильные растения), генеративный (молодые, средневозрастные, старые генеративные растения) и постгенеративный (субсенильные, сенильные растения) [8]. В ходе работы были изучены растения трех возрастных состояний: виргинильные (v), средневозрастные генеративные (g_2) и субсенильные (ss). Онтогенетические состояния растений устанавливали на основе признаков-маркеров: форма и размер листовой пластинки, ветвление побеговой и корневой систем [8].

Исследования проводились на территории города Йошкар-Олы Республики Марий Эл. Для анализа были взяты пробы в условно чистой (ООПТ «Сосновая роща»), среднезагрязненной (МАУК «Центральный парк культуры и отдыха») и загрязненной (АО «Завод Искож») зонах. Градация районов по степени загрязненности основывалась на данных химического анализа атмосферного воздуха и почвы, проведенного нами на базе филиала Центра лабораторного анализа и технических измерений по Республике Марий Эл, а также были использованы данные Государственных докладов о состоянии окружающей природной среды Республики Марий Эл.

В каждом районе исследования закладывали по десять площадок размером 1 м^2, на которых, впоследствии, отбирали по 5–10 растений трех онтогенетических состояний для дальнейших лабораторных исследований.

Для проведения биохимических анализов отбирали надземную фитомассу (листья и генеративные побеги). Растительные образцы высушивали до воздушно-сухого состояния в тени, а затем до абсолютно сухого вещества в сушильном шкафу при температуре 60 °С и измельчали до порошкообразного состояния.

Количественное определение суммы флавоноидов в пересчете на рутин проводили спектрофотометрическим методом, основанным на реакции комплексообразования флавоноидов с хлоридом алюминия ($AlCl_3$) в кислой среде.

Навеску измельченного сырья массой 1 г экстрагировали 70%-ым этиловым спиртом на кипящей водяной бане с обратным холодильником в течение 45 минут. Полученный раствор охлаждали и фильтровали в мерную колбу. К определенному объему очищенного экстракта добавляли 2%-ый спиртовой раствор хлорида алюминия и 5%-ый раствор уксусной кислоты для стабилизации образующегося комплекса. Смесь выдерживали в течение 40 минут при комнатной температуре для полного развития устойчивой интенсивной окраски.

Измерение оптической плотности опытных растворов проводили на стационарном спектрофотометре при длине волны 410 нм (максимум поглощения комплексного соединения флавоноидов с $AlCl_3$ в пересчете на рутин) в кюветах с толщиной оптического слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения (контроль) использовали экстракт растения без добавления хлорида алюминия. Расчет содержания суммы флавоноидов в процентах в пересчете на рутин и абсолютно сухое вещество (X) осуществляли по формуле:

$$X = \frac{D \cdot V_1 \cdot V_3 \cdot 100 \cdot 100}{E^{1\%}_{1\ \text{cm}} \cdot m \cdot V_2 \cdot (100 - W)}$$

где D — оптическая плотность испытуемого раствора;

$E^{1\%}_{1см}$ — удельный показатель поглощения комплексного соединения рутина с хлоридом алюминия (248);

m — масса навески сырья, г;

V_1 — объем первого разведения (мерная колба для экстракта 100 мл);

V_2 — объем экстракта, взятый для разведения (2 мл);

V_3 — объем второго разведения (мерная колба для цветной реакции 25 мл);

W — потеря в массе при высушивании сырья (влажность), % [9].

Все аналитические определения выполняли в 5-кратной повторности (n = 5).

Статистическую обработку проводили с использованием методов вариационной статистики. Для каждой группы рассчитывали среднее арифметическое значение (M) и стандартное отклонение (SD).

Оценку стабильности биохимического признака внутри ценопопуляций проводили по значению коэффициента вариации (CV %), интерпретируемому по классификации С. А. Мамаева: низкий уровень изменчивости (< 10%), средний (10–20%), высокий (21–50%) и очень высокий (> 50%) [10].

Достоверность различий оценивали с помощью параметрического t-критерия Стьюдента для независимых выборок при числе степеней свободы df = 8. Различия признавались статистически значимыми при уровне доверительной вероятности $p < 0,05$. Расчеты выполняли в пакете прикладных программ Excel.

Результаты и Обсуждение

Изучение флавоноидов как важнейших компонентов антиоксидантной системы растений позволяет оценить степень их адаптационной пластичности в условиях изменяющегося антропогенного стресса. В ходе работы было исследовано содержание суммы флавоноидов в пересчете на рутин (% от сухого вещества) у трех видов газонных растений из семейства Poaceae (*Dactylis glomerata* L., *Poa pratensis* L., *Festuca pratensis* Huds.) в зависимости от их онтогенетического состояния и экологических условий произрастания.

 © Авторы статьи / Authors of the article

Результаты экспериментальных исследований, а также рассчитанные для них коэффициенты вариации (CV %), отражающие стабильность биохимического признака, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Содержание суммы флавоноидов в пересчете на рутин и коэффициенты вариации газонных растений в условиях городской среды

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.173.19.1

Возрастное состояние	Параметр	Условно чистый район	Среднезагрязненный район	Загрязненный район
Ежа сборная				
v	% от сухого вещества	0,159±0,016	0,196±0,009	0,111±0,053
	CV %	10,1	4,6	47,7
g2	% от сухого вещества	0,162±0,037	0,349±0,009	0,128±0,028
	CV %	22,8	2,6	21,9
ss	% от сухого вещества	0,153±0,015	0,179±0,010	0,102±0,058
	CV %	9,8	5,6	56,9
Мятлик луговой				
v	% от сухого вещества	0,162±0,011	0,238±0,020	0,153±0,014
	CV %	6,8	8,4	9,2
g2	% от сухого вещества	0,179±0,012	0,264±0,017	0,175±0,037
	CV %	6,7	6,4	21,1
ss	% от сухого вещества	0,162±0,011	0,196±0,016	0,128±0,023
	CV %	6,8	8,2	18,0
Овсяница луговая				
v	% от сухого вещества	0,102±0,014	0,179±0,014	0,068±0,042
	CV %	13,7	7,8	61,8
g2	% от сухого вещества	0,111±0,020	0,196±0,021	0,077±0,052
	CV %	18,0	10,7	67,5
ss	% от сухого вещества	0,077±0,022	0,170±0,010	0,051±0,045
	CV %	28,6	5,9	88,2

Примечание: данные представлены в виде среднего арифметического и его стандартного отклонения (M±SD)

Для статистической верификации обнаруженных различий и исключения фактора случайности выборки был проведен расчет парного критерия Стьюдента (t) для независимых совокупностей при объеме повторности в каждой точке n = 5 (таблица 2).

Таблица 2 - Результаты оценки достоверности различий по t-критерию Стьюдента

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.173.19.2

Возрастное состояние	Параметр	Среднезагрязненный район и загрязненный район	Среднезагрязненный район и условно чистый район	Условно чистый район и загрязненный район
Ежа сборная				

 © Авторы статьи / Authors of the article

Возрастное состояние	Параметр	Среднезагрязненный район и загрязненный район	Среднезагрязненный район и условно чистый район	Условно чистый район и загрязненный район
v	t	3,54	4,51	1,94
	p	0,0076*	0,0019*	0,0883
g2	t	16,80	10,98	1,64
	p	<0,0001*	< 0,0001*	0,1396
ss	t	2,93	3,22	1,90
	p	0,0189*	0,0122*	0,0943
Мятлик луговой				
v	t	7,79	7,45	1,13
	p	0,0001*	0,0001*	0,2913
g2	t	4,89	9,13	0,23
	p	0,0012*	< 0,0001*	0,8238
ss	t	5,43	3,92	2,98
	p	0,0006*	0,0044*	0,0176*
Овсяница луговая				
v	t	5,61	8,70	1,16
	p	0,0005*	< 0,0001*	0,2793
g2	t	4,74	6,55	1,36
	p	0,0015*	0,0002*	0,2113
ss	t	5,77	8,61	1,16
	p	0,0004*	< 0,0001*	0,2793

*Примечание: * – различия статистически значимы (p < 0,05); n=5, df=8*

В ходе сравнительного анализа изученных территорий была установлена общая закономерность: максимальный пул флавоноидов формируется у газонных растений, произрастающих в границах МАУК «Центральный парк культуры и отдыха». Данная тенденция носит генерализованный характер и прослеживается у всех трех исследованных видов.

При этом наибольшим показателем характеризовались средневозрастные генеративные особи ежи сборной, у которых концентрация флавоноидов достигла экстремума для всей выборки — 0,349 % от сухого вещества (табл. 1). Статистический анализ подтвердил высокую степень достоверности отличий парковых ценопопуляций как от условно чистой, так и от загрязненной зоны ($p < 0,01$ во всех парах сравнения) (табл. 2).

Подобный физиологический отклик укладывается в концепцию гормезиса – стимуляции защитных систем организма под воздействием умеренных, некритических стресс-факторов. Данный тезис находит прямое подтверждение в работе R. Mittler (2002), где горметический ответ описывается через призму активации антиоксидантных систем при окислительном стрессе, а также в исследованиях Н. Ю. Грибовой (2008), доказавшей способность фенольных соединений выступать ключевыми медиаторами такой адаптивной защиты [1], [11].

В условиях среднезагрязненной зоны (загазованность автотранспортом, рекреационное уплотнение почв) в клетках растений проявляется контролируемый окислительный стресс, который индуцирует экспрессию генов ферментов фенилпропаноидного пути. Проявление такого отклика подтверждается минимальными значениями коэффициентов вариации в МАУК «Центральный парк культуры и отдыха» (CV = 2,6–10,7%, уровень изменчивости по С. А. Мамаеву — низкий), что свидетельствует о высоком гомеостазе и синхронной адаптации всей популяции (табл. 1).

У исследованных газонных растений, произрастающих в лесопарке «Сосновая роща», наблюдалось стабильное фоновое содержание флавоноидов.

Сравнительная характеристика показателей содержания низкомолекулярных антиоксидантов в изученных видах в лесопарковой и промышленной зонах обнаруживает заметные различия по средним значениям. Например, у виргинильных особей овсяницы луговой 0,102% и 0,068% от сухого вещества соответственно (табл. 1). Однако применение t-критерия Стьюдента показало, что в ряде случаев из-за высокого разброса данных эти различия не достигают критического уровня значимости ($p > 0,05$) (табл. 2).

Причиной такой ситуации является выраженная дестабилизация изучаемого признака в промышленном районе. У газонных растений, произрастающих на территории АО «Завод Искож», зафиксирован рост величины стандартного отклонения и коэффициентов вариации. Для всех исследуемых онтогенетических состояний овсяницы луговой значения CV оказались весьма высокими по сравнению с другими видами (61,8–88,2%) (табл. 1).

 © Авторы статьи / Authors of the article

Согласно шкале изменчивости С. А. Мамаева [10], варьирование биологического признака выше 50% указывает на дестабилизацию адаптационных систем регуляции. Техногенные стресс-факторы (выбросы промышленных предприятий, выхлопные газы автомобилей, тяжелые металлы и т.д.) приводят к разрушению четких границ модификационной изменчивости. При этом у значительной части особей в ценопопуляции происходит выраженное угнетение вторичного метаболизма, что негативно сказывается на синтезе флавоноидов. Так, наименьшие результаты были характерны для субсенильных растений овсяницы луговой (0,051% от сухого вещества) (табл. 1). В то же время отдельные, вероятно видоспецифически обособленные экземпляры еще способны удерживать антиоксидантный статус в таких условиях. В результате происходит падение средних значений по выборке, сопровождающееся резким ростом дисперсии, что затрудняет строгое математическое доказательство различий с контролем по средним величинам.

Статистические достоверные различия при прямом сравнении средних значений особей, произрастающих в условно чистой и промышленной зонах, были зафиксированы для мятлика лугового в ss-состоянии ($t = 2,98$; $p = 0,0176$) (табл. 2). Подобная динамика указывает на высокую степень уязвимости биохимического статуса популяции на заключительной стадии онтогенеза.

Независимо от степени антропогенного загрязнения окружающей среды, для всех исследованных видов газонных растений сохраняется классическая куполообразная онтогенетическая кривая распределения флавоноидов: рост содержания фенольных соединений от виргинильных особей с максимумом в средневозрастном генеративном состоянии и дальнейшим падением у субсенильных особей (табл. 1).

Для активно вегетирующих виргинильных растений характерен невысокий базовый уровень флавоноидов. По-видимому, это связано с тем, что ключевые ресурсы растительного организма перераспределяются на рост вегетативной биомассы и поддержание первичного метаболизма.

В фазу цветения и пика репродуктивной активности у g2-особей изученных видов во всех исследуемых районах фиксировалось максимальное содержание флавоноидов. Это обусловлено тем, что активация метаболизма в данный период направлена на защиту генеративных органов и генетического материала от фотоокисления и внешних патогенов. Межвидовой анализ показал, что наиболее стабильно высокий уровень содержания низкомолекулярных антиоксидантов в условиях техногенного стресса сохранился у мятлика лугового (0,175% от сухого вещества) (табл. 1), что может быть связано с его видоспецифическими метаболическими особенностями.

В период старения растительного организма происходит закономерное снижение содержания суммы флавоноидов. Это может быть обусловлено общей деградацией ферментативных систем, падением интенсивности фотосинтеза и угнетением вторичного метаболизма под действием токсикантов. В этот период онтогенеза экологический стресс оказывает наиболее разрушительное воздействие на метаболизм. Так, например, у субсенильных особей овсяницы луговой в промышленной зоне зафиксирован максимальный коэффициент вариации признака ($CV = 88,2\%$) (табл. 1).

Заключение

На основе анализа представленных данных можно сформулировать следующие выводы:

1. Для всех исследованных видов газонных растений (ежа сборная, мятлик луговой, овсяница луговая) на всех этапах онтогенеза (v, g2, ss) наблюдалась общая закономерность: содержание флавоноидов достоверно возрастало в условиях среднезагрязненного района по сравнению с условно чистым. Это указывает на компенсаторную реакцию растений и стимуляцию метаболических процессов (эффект гормезиса) в ответ на умеренный антропогенный стресс.

2. По мере усиления загрязнения окружающей среды наблюдался выраженный тренд к снижению средней концентрации флавоноидов у всех изученных видов по сравнению с условно чистым районом. Наиболее выраженное падение показателей в загрязненной зоне отмечено у овсяницы луговой. Специфика отклика биосистем в промышленной зоне заключалась в дестабилизации признака, из-за чего строгая статистическая достоверность падения средних величин ($p < 0,05$) регистрировалась локально (у мятлика лугового в ss-состоянии).

3. Коэффициент вариации (CV, %) выступает в роли чуткого индикатора экологического стресса при анализе биохимических параметров. В условно чистом и среднезагрязненном районах изменчивость признака в основном находилась в пределах нормы ($CV < 25\%$), что говорит о стабильности гомеостаза развития. Однако в загрязненной зоне коэффициент вариации резко возрастает, достигая максимальных значений у овсяницы луговой (61,8–88,2% в состоянии v, g2, ss) и ежи сборной (56,9% в состоянии ss). Это свидетельствует о том, что сильная антропогенная нагрузка приводит к декомпенсации регуляторных систем и повышению фенотипической вариабельности данного признака**.**

4. Во всех исследуемых районах для всех изученных видов газонных растений сохранялась куполообразная онтогенетическая кривая распределения флавоноидов: рост содержания фенольных соединений от виргинильных особей с максимумом в средневозрастном генеративном состоянии и дальнейшим падением у субсенильных особей. Это подтверждает сохранение общих онтогенетических закономерностей метаболизма независимо от уровня антропогенной нагрузки.

Таким образом, динамика содержания и уровень изменчивости флавоноидов в тканях исследованных газонных растений могут выступать надежным биохимическим индикатором экологического состояния территорий, отражая как адаптационную мобилизацию защитных систем (в среднезагрязненном районе), так и глубокую дестабилизацию метаболизма (в загрязненном районе).

 © Авторы статьи / Authors of the article

Финансирование

Выявление флористических данных и разработка перечня компенсационных мероприятий по объекту «Магистральный нефтепровод Альметьевск-Куйбышев, d=1020 мм, участок 26,6-58,5 км. Замена участка на 46,1-48 км, Ду 1000, РРНУ. Реконструкция».

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

Collection of floristic data and development of a list of compensatory measures for the project "Almetyevsk–Kuybyshev Trunk Oil Pipeline (d=1020 mm, km 26.6–58.5): Replacement of the section at km 46.1–48 (DN 1000, RRNU) – Reconstruction".

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Mitteler R. Oxidative Stress, Antioxidants, and Stress Tolerance / R. Mitteler // Trends in Plant Science. — 2002. — № 7 (9). — P. 405–415.

2. Половникова М.Г. Эколого-физиологические особенности газонных растений на разных этапах онтогенеза в условиях городской среды dis.. ...Candidate of Biological Sciences: 03.00.16 : защищена 2007-11-13 : утв. 2008-02-01 / М.Г. Половникова. — Нижний Новгород: 2007. — 176 с.

3. Половникова М.Г. Изменение активности компонентов системы антиоксидантной защиты и полифенолоксидазы у газонных растений на разных этапах онтогенеза в условиях городской среды / М.Г. Половникова, О.Л. Воскресенская // Физиология растений. — 2008. — № 5. — С. 777–785.

4. Назаренко Л.В. Активные формы кислорода и антиоксидантная система растений / Л.В. Назаренко, Н.В. Загоскина // Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки. — 2016. — № 2 (22). — С. 9–23.

5. Георгиевский В.П. Биологически активные вещества лекарственных растений / В.П. Георгиевский, Н.Ф. Комиссаренко, С.Е. Дмитрук. — Новосибирск: Наука, 1990. — 332 с.

6. Назаренко Л.В. Биофлавоноиды высших растений / Л.В. Назаренко, Н.В. Загоскина // Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки. — 2023. — № 4 (52). — С. 22–37.

7. Полякова Л.В. Изменчивость фенольных соединений у некоторых травянистых и древесных растений от межпопуляционного до внутривидового уровня / Л.В. Полякова // Химия растительного сырья. — 2000. — № 1. — С. 121–129.

8. Жукова Л.А. Популяционная жизнь луговых растений / Л.А. Жукова. — Йошкар-Ола: Ланар, 1995. — 224 с.

9. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. Т. IV. — Введ. 2018-12-01. — Москва: ФЭМБ, 2018. — 1876 С. — URL: http://femb.ru. (дата обращения: 01.06.26).

10. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале) / С.А. Мамаев. — Москва: Наука, 1972. — 284 с.

11. Грибова Н.Ю. Антиоксидантная активность фенольных фракций экстрактов лекарственных растений / Н.Ю. Грибова // Вестник Донецкого университета. Серия А. Естественные науки. — 2008. — № 1. — С. 137–140.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Mitteler R. Oxidative Stress, Antioxidants, and Stress Tolerance / R. Mitteler // Trends in Plant Science. — 2002. — № 7 (9). — P. 405–415.

2. Polovnikova M.G. E'kologo-fiziologicheskie osobennosti gazonny'x rastenij na razny'x e'tapax ontogeneza v usloviyax gorodskoj sredy' [Ecological and physiological characteristics of lawn plants at different stages of ontogenesis in an urban environment] dis.....of PhD in : 03.00.16 : defense of the thesis 2007-11-13 : approved 2008-02-01 / М.Г. Половникова. — Nizhnij Novgorod: 2007. — 176 p. [in Russian]

3. Polovnikova M.G. Izmenenie aktivnosti komponentov sistemy' antioksidantnoj zashhity' i polifenoloksidazy' u gazonny'x rastenij na razny'x e'tapax ontogeneza v usloviyax gorodskoj sredy' [Changes in the activity of antioxidant defense components and polyphenol oxidase in lawn plants at different stages of ontogenesis in an urban environment] / M.G. Polovnikova, O.L. Voskresenskaya // Plant physiology. — 2008. — № 5. — P. 777–785. [in Russian]

4. Nazarenko L.V. Aktivny'e formy' kisloroda i antioksidantnaya sistema rastenij [Reactive oxygen species and antioxidant system of plants] / L.V. Nazarenko, N.V. Zagoskina // Bulletin of Moscow City University. Series: Natural Sciences. — 2016. — № 2 (22). — P. 9–23. [in Russian]

5. Georgievskij V.P. Biologicheski aktivny'e veshhestva lekarstvenny'x rastenij [Biologically active substances of medicinal plants] / V.P. Georgievskij, N.F. Komissarenko, S.E. Dmitruk. — Novosibirsk: Nauka, 1990. — 332 p. [in Russian]

6. Nazarenko L.V. Bioflavonoidy' vy'sshix rastenij [Bioflavonoids of higher plants] / L.V. Nazarenko, N.V. Zagoskina // Bulletin of Moscow City University. Series: Natural Sciences. — 2023. — № 4 (52). — P. 22–37. [in Russian]

7. Polyakova L.V. Izmenchivost' fenol'ny'x soedinenij u nekotory'x travyanisty'x i drevesny'x rastenij ot mezhpopulyacionnogo do vnutrividovogo urovnya [Variability of phenolic compounds in some herbaceous and woody plants from interpopulation to intraspecific level] / L.V. Polyakova // Chemistry of Plant Raw Materials. — 2000. — № 1. — P. 121–129. [in Russian]

 © Авторы статьи / Authors of the article

8. Zhukova L.A. Populyacionnaya zhizn' lugovy'x rastenij [Population life of meadow plants] / L.A. Zhukova. — Joshkar-Ola: Lanar, 1995. — 224 p. [in Russian]

9. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii. XIV izdanie. T. IV [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. 14th Edition. Vol. IV]. — Introduced 2018-12-01. — Moscow: FE'MB, 2018. — 1876 P. — URL: http://femb.ru. (accessed: 01.06.26). [in Russian]

10. Mamaev S.A. Formy' vnutrividovoj izmenchivosti drevesny'x rastenij (na primere semejstva Pinaceae na Urale) [Forms of intraspecific variability of woody plants (on the example of the Pinaceae family in the Urals)] / S.A. Mamaev. — Moscow: Nauka, 1972. — 284 p. [in Russian]

11. Gribova N.Yu. Antioksidantnaya aktivnost' fenol'ny'x frakcij e'kstraktov lekarstvenny'x rastenij [Antioxidant activity of phenolic fractions of medicinal plant extracts] / N.Yu. Gribova // Bulletin of Donetsk University. Series A. Natural Sciences. — 2008. — № 1. — P. 137–140. [in Russian]