

## ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ В ЛИСТЬЯХ ЕЖЕВИКИ СИЗОЙ НА ТЕРРИТОРИИ ФОРТА № 5 (Г. КАЛИНИНГРАД)

### DYNAMICS OF THE ACCUMULATION OF ANTIOXIDANTS IN THE LEAVES OF BLACKBERRY OF THE BLACKBERRY IN FORT № 5 (KALININGRAD)

**I. Anokhina  
L. Skrypnik**

**Summary.** Medicinal plants are a valuable source of new pharmaceuticals and the basis for the development of functional products. An urgent task is the study of medicinal plants with a sufficiently rich raw material base and possessing antioxidant activity.

**Purpose.** The aim of the work was to study the dynamics of accumulation of the total amount of antioxidant compounds in the leaves of blackberry rhizome (*Rubus caesius* L.), growing on the territory of Fort No. 5 in Kaliningrad.

**Method.** Antioxidant activity was determined by the ability of plant extracts to bind to the stable radical of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). **Results.** It was found that the maximum amount of antioxidants accumulated in the leaves in the autumn period (September-October). The change in the level of antioxidant activity depended on the influence of environmental factors on plants. According to the results of the correlation analysis, it was revealed that the greatest influence was exerted by the amount of precipitation.

**Conclusion.** Given the wide distribution of *Rubus caesius* L. in the Kaliningrad region, this species can be recommended as a source of biologically active substances.

**Keywords:** blackberry gray, antioxidant, antioxidant activity, medicinal plants, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl.

**Анохина Ирина Николаевна**

Аспирант, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени И. Канта»

*Iskrypnik@kantiana.ru*

**Скряпник Любовь Николаевна**

К.б.н., доцент, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени И. Канта

*henrietta.amati@mail.ru*

**Аннотация.** Лекарственные растения являются ценным источником новых фармацевтических препаратов и основой для разработки продуктов функционального назначения. Актуальной задачей является исследование лекарственных растений с достаточно обеспеченной сырьевой базой и обладающих антиоксидантной активностью.

**Цель.** Целью работы являлось изучение динамики накопления общего количества антиоксидантных соединений в листьях ежевики сизой (*Rubus caesius* L.), произрастающих на территории Форта № 5 в Калининграде.

**Метод.** Антиоксидантную активность определяли по способности растительных экстрактов связываться со стабильным радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH). **Результаты.** Установлено, что максимальное количество антиоксидантов накапливалось в листьях в осенний период (сентябрь-октябрь). Изменение уровня антиоксидантной активности зависело от влияния на растения экологических факторов. По результатам корреляционного анализа выявлено, что наибольшее влияние оказывало количество осадков.

**Вывод.** С учетом широкого распространения *Rubus caesius* L. на территории Калининградской области данный вид можно рекомендовать в качестве источника получения биологически активных веществ.

**Ключевые слова:** ежевика сизая, антиоксидант, антиоксидантная активность, лекарственные растения, 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил.

### Введение

Лекарственные растения традиционно используются в различных травяных сборах. Роль травяного чая в профилактике и лечении заболеваний частично обусловлена антиоксидантными компонентами в его составе (флавоноиды, аскорбиновая кислота, танины, каротиноиды) [1]. Наиболее перспективными источниками антиоксидантов считаются дикорастущие растения [2]. Актуальной задачей является исследова-

ние лекарственных растений с достаточно обеспеченной сырьевой базой и обладающих антиоксидантной активностью. К таким растениям относится ежевика сизая, широко распространённая в Калининградской области [3].

### Литературный обзор

Ежевика — растение рода *Rubus* L. подрода *Eubatus* семейства розовых (*Rosaceae*). Представляет собой мно-

Таблица 1. Сезонная динамика накопления антиоксидантов в листьях ежевики сизой в 2019 г.

№	Месяцы	АОА, мг-экв. АК/г	Степень от максимума накопления АО, %
1	Апрель	21,45 ± 0,86	15,0
2	Май	37,65 ± 1,15	26,3
3	Июнь	53,46 ± 1,42	37,4
4	Июль	62,77 ± 0,61	43,9
5	Август	71,72 ± 1,85	50,2
6	Сентябрь	142,98 ± 1,30	100,0
7	Октябрь	116,18 ± 0,47	81,3
8	Ноябрь	59,88 ± 2,10	41,9

голетний полукустарник с цилиндрическими побегами, покрытыми тонкими шипами, с очередными тройчатыми, располагающимися на черешках, светло-зелёными листьями. Для ежевики характерны белые пятичленные, собранные в соцветия обоеполые цветки. Плод — сборная сложная сочная ягода — костянка с восковым налётом. Цвет созревших ягод от тёмно-фиолетового до пурпурного [4].

На основании анализа распространения сосудистых растений на территории Калининградской области под руководством профессора В.П. Дедкова ежевика насчитывает порядка 15 видов [3]. Наиболее широко распространёнными в области являются ежевика сизая (*Rubus caesius* L.) и ежевика неская (*Rubus nessensis* W. Hall).

Ежевика сизая распространена в европейской части России, на юге Западной Сибири и на Кавказе. Растет по поймам рек, в сырых лесах, среди кустарников, оврагах, вдоль дорог. Цветет ежевика с мая по август, а плодоносит с июля по сентябрь. В народной медицине используют, как плоды, так и листья ежевики в качестве общеукрепляющего, противовоспалительного, кровоостанавливающего, вяжущего, мочегонного и потогонного средства [4,5].

В листьях ежевики сизой содержатся различные классы соединений: полифенольные соединения, витамины, органические кислоты, дубильные вещества [6,7]. Результаты исследований содержания биологически активных компонентов в лекарственных дикорастущих растениях Калининградской области представлены во многих работах и затронули такие территории как Ботанический сад БФУ им. И. Канта, Куршская коса и природный парк «Виштынецкий» [1,8,9]. В том числе в ряде этих работ исследовалась антиоксидантная активность листьев ежевики сизой, но не была представлена динамика их накопления. При этом качественный и количественный состав растений зависит географического места произрастания.

Таким образом, целью работы являлось изучение динамики накопления общего количества антиоксидантных соединений в листьях ежевики сизой, произрастающих на территории Форта № 5 (г. Калининград).

### Объекты и методы

В качестве объекта исследования использовались зрелые зелёные листья ежевики сизой. Образцы для исследования собирали с апреля по ноябрь 2019 года в местах естественного произрастания на территории Форта № 5 в Калининграде. Сушка сырья производилась в хорошо проветриваемых помещениях без доступа прямых солнечных лучей при комнатной температуре.

Форт № 5 является памятником оборонительного зодчества, располагается на северо-западе Калининграда в 30 км от Балтийского моря. Центральное сооружение форта, окружено водным рвом шириной 20–25 метров и глубиной 3–5 метров, вокруг которого имеются зелёные насаждения.

Антиоксидантную активность (АОА) экстрактов растительных образцов определяли по способности улавливать свободные радикалы DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила) [10]. Для экстракции 0.1 г растительного материала гомогенизировали с 10 мл 98%-ного этанола и центрифугировали 15 минут при 6 тыс. об/мин.

При определении антиоксидантной активности по методу DPPH экстракты растений смешивали с 2.85 мл свежеприготовленного 0.1 мМ раствора 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила. Смесь инкубировали в темноте при комнатной температуре в течение 30 минут. Измерение оптической плотности снимали при 515 нм (спектрофотометр UV-3600, Shimadzu, Япония). Каждый образец анализировали в трёх повторностях. В качестве стандарта использовали раствор аскорбиновой кислоты известной концентрации. Статистическую обработку результатов проводили по стандартным методам, доверительный интервал вычисляли с применением коэффи-

Таблица 2. Метеорологические условия Калининграда в 2019 г.

Месяцы	Средняя дневная температура	Средняя ночная температура	Количество осадков	Усредненный показатель силы ветра м./с.	Средне-суточное количество солнечных часов
Апрель	11,5	4,7	61,1	4,3	7,0
Май	14,3	9,0	95,6	3,8	9,2
Июнь	23,0	15,7	89,9	3,7	10,7
Июль	19,8	14,0	128,1	3,9	9,1
Август	22,0	15,3	95,6	3,4	9,0
Сентябрь	16,8	11,4	129,6	4,2	6,2
Октябрь	12,7	9,0	126,0	4,9	4,5
Ноябрь	6,9	4,2	55,7	4,3	3,6

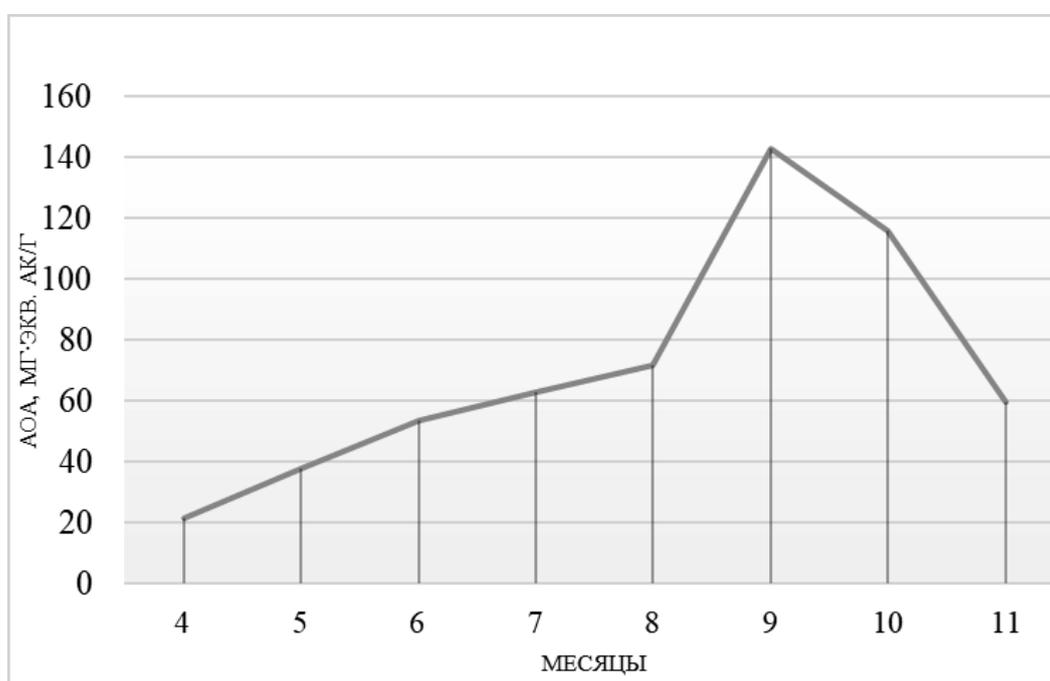


Рис. 1. Динамика накопления антиоксидантов в листьях ежевики сизой по месяцам.

циента Стьюдента. Корреляционный анализ проводился с помощью критерия Пирсона. Данные по антиоксидантной активности растительных экстрактов выражали в мг эквивалента аскорбиновой кислоты (АК) на грамм сухой массы (мг-экв. АК/г).

### Обсуждение результатов

В ходе работы исследовалась динамика накопления антиоксидантов (АО) в листьях ежевики сизой. Результаты анализа представлены в таблице 1. Как видно из представленных данных, максимальное содержание антиоксидантов наблюдалось в сентябре и составило  $142,98 \pm 1,30$  мг-экв. АК/г, а минимальное в апреле  $21,45 \pm 0,86$  мг-экв. АК/г.

Характер динамики антиоксидантных компонентов в листьях ежевики сизой и их количественное изменение в изученный период указывает на то, что эти соединения принимают активное участие в обменных процессах растительной клетки. Умеренное накопление антиоксидантных компонентов в листьях ежевики сизой в вегетационный период с мая по август свидетельствует о том, что растение затрагивает энергию на формирование цветков и плодов. На графике отчетливо прослеживается динамика накопления антиоксидантов в листьях ежевики сизой по месяцам (рисунок 1).

Было зафиксировано два резких перепада по уровню антиоксидантов с августа по сентябрь, где значения увеличились вдвое по сравнению с предыдущим меся-

Таблица 3. Коэффициенты корреляции Пирсона между содержанием антиоксидантной активностью экстрактов растений и различными экологическими показателями

Показатель	Средняя дневная температура	Средняя ночная температура	Количество осадков	Усредненный показатель силы ветра м./с.	Средне-суточное количество солнечных часов
АОА	0,01	0,23	0,71	0,38	-0,40

цем ( $71,72 \pm 1,85$  мг-экв. АК/г до  $142,98 \pm 1,30$  мг-экв. АК/г), и с октября по ноябрь — количество антиоксидантов сократилось в два раза ( $116,18 \pm 0,47$  мг-экв. АК/г до  $59,88 \pm 2,10$  мг-экв. АК/г). С мая по август наблюдался умеренный рост антиоксидантной активности без резких колебаний.

Уровень антиоксидантов во многом зависит от экологических условий произрастания растений. Значительное влияние на накопление биологически активных соединений в растениях оказывает температура, сила ветра, количество осадков и свет. В таблице 2 представлены данные по этим показателям за 2019 год на основе данных сайта «Погода 360» [11].

Чтобы выяснить зависимость от экологических факторов, был проведён корреляционный анализ данных, представленный в таблице 3.

Как следует из представленных в таблице данных, между количеством выпавших осадков и антиоксидантной активностью выявлено наличие корреляции высокой степени — коэффициент корреляции  $r$  составил 0,71. Между показателем силы ветра и суммарным содержанием антиоксидантов корреляционная зависимость была умеренной ( $r = 0,38$ ), а между количеством солнечного света и антиоксидантной активностью наблюдалась обратная зависимость умеренной силы ( $r = -0,40$ ). При этом между показателями среднесуточной температуры и содержанием антиоксидантов корреляционной зави-

симости не обнаружено ( $r = 0,01$ ), а между показателями средне ночной температуры и антиоксидантной активностью выявлена слабая взаимосвязь ( $r = 0,23$ ).

Таким образом, особое влияние на результаты антиоксидантной активности оказали осадки и ветер. Причём сила ветра на территории исследования была несколько выше, несмотря на представленные метеорологические данные, это связано с близостью моря, что в свою очередь тоже оказало некоторое влияние на результаты.

## ВЫВОДЫ

В данной работе была исследована динамика накопления антиоксидантов в листьях ежевики сизой (*Rubus caesius* L.). Установлено, что максимальное количество антиоксидантов накапливалось в листьях в осенний период (сентябрь-октябрь).

Изменение уровня антиоксидантов зависело от влияния на растения экологических факторов. По результатам корреляционного анализа выявлено, что наибольшее влияние оказывало количество осадков ( $r = 0,71$ )

С учетом широкого распространения на территории Калининградской области растений ежевики сизой их можно рекомендовать в качестве источника получения биологически активных веществ и как сырьё при производстве функциональных продуктов питания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лекарственные растения природного парка «Виштынецкий» (Калининградская область) как ценный источник биологически активных веществ фенольной природы / Л. Н. Скрыпник [и др.] // Успехи современного естествознания. — 2019. — № 1. — С. 51–56.
2. Wijesekera R. O. B. The medicinal plant industry. N.Y.: Routledge, 2017. 280 p.
3. Конспект сосудистых растений Калининградской области: Справочное пособие / Под ред. В. П. Дедкова. — Калининград: Калининградский государственный университет, 1999. — 107 с.
4. Сафронова И. В. Содержание и фармакологические свойства биологически активных компонентов ежевики / И. В. Сафронова, И. А. Гольдина, К. В. Гайдунь, В. А. Козлов // Инновации и продовольственная безопасность. — 2017. — № 4(18). — С. 96–106.
5. Antimicrobial activity against *Helicobacter pylori* strains and antioxidant properties of blackberry leaves (*Rubus ulmifolius*) and isolated compounds / S. Martini, C. D'Addario, A. Colacevich [et al.] // Int. J. Antimicrob. Agents. — 2009. — Vol. 34, N1. — P. 50–59.
6. Вдовенко-Мартынова Н. Н., Степанюк С. Н. Фитохимическое исследование листьев ежевики сизой *Rubus caesius* L. // Вестник Пермской государственной фармацевтической академии. — 2010. — № 7. — С. 37–40.
7. Chemical Constituents and Biological Activities of Plants from the Genus *Rubus* / J. Li, L. F. Du, He Y. [et al.] // Chem. Biodivers. — 2015. — Vol. 12, N12. — P. 1809–47.

8. Чупахина Г. Н. Оценка антиоксидантного статуса растений различных экологических групп Куршской косы / Г. Н. Чупахина, П. В. Масленников, Л. Н. Скрыпник, Е. М. Фролов // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. — 2010. — № 7. — С. 77–83.
9. Maslennikov P.V., Chupakhina G. N., Skrypnik L. N. The content of phenolic compounds in medicinal plants of a botanical garden (Kaliningrad oblast). *Biology Bulletin*. 2012. Vol. 41. № 2. P. 133–138.
10. Tonutare T. Possibilities to Affect Antioxidant Properties of Strawberries and Some Methodical Aspects in Their Determination: Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the field of agriculture / Tonu Tonutare. — Tartu. Estonian university of life sciences, 2015. — 150 p.
11. Погода 360 [Электронный ресурс] URL <http://russia.pogoda360.ru/> (дата обращения: 05.03.2020).

© Анохина Ирина Николаевна ( [Iskrypnik@kantiana.ru](mailto:Iskrypnik@kantiana.ru) ), Скрыпник Любовь Николаевна ( [henrietta.amati@mail.ru](mailto:henrietta.amati@mail.ru) ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Балтийский федеральный университет им. И. Канта