

Т.В. Танашкина¹, ✉
Э.Ю. Осипенко¹,
А.С. Танашкин²,
А.А. Семенюта¹,
В.А. Лях¹

¹ Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

² Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

✉ tatiana.vl.tan@gmail.com

Поступила в редакцию:
10.06.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
30.08.2023

Tatiana V. Tanashkina¹, ✉
Elvira Yu. Osipenko¹,
Artyom S. Tanashkin²,
Anna A. Semenyuta¹,
Vladimir A. Lyakh¹

¹ Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

² Ioffe Institute, St. Petersburg, Russia

✉ tatiana.vl.tan@gmail.com

Received by the editorial office:
10.06.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
30.08.2023

Содержание полифенольных соединений в траве гречихи посевной в зависимости от агротехнических и абиотических факторов и оценка возможности ее использования в пищевых технологиях

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Гречиха является источником многих биологически активных веществ. Особенно много их в листьях и соцветиях, из которых можно получать чайные напитки специализированной и функциональной направленности. Эти части растений богаты полифенольными соединениями (ПФ), основной из которых — рутин. Содержание их в растении зависит от многих факторов.

Цель работы — установление влияния сроков посева, ультрафиолетового (УФ) излучения и температуры на накопление ПФ в гречихе.

Методы. Семена гречихи высевали четырежды в июне — июле. Для определения содержания ПФ в водно-этанольных экстрактах и водных настоях травы гречихи разных сроков посева, собранной в фазу активного цветения, использовали реактив Folin-Ciocalteu, антиоксидантной активности — DPPH-радикал.

Результаты. Сроки посева оказывают влияние на содержание ПФ. При более ранних сроках посева семян накопление ПФ в экстрактах было выше (8,42–9,33%) по сравнению с поздним (6,10%), в настоях варьировало от 2,10 до 2,83%. Имеются указания на прямую зависимость накопления ПФ в экстрактах от уровня УФ-излучения в период вегетации, требующие дальнейшей проверки. Существенного влияния температуры не выявлено. АОА всех образцов была высокой. Содержание ПФ в водных настоях позволяет рекомендовать траву гречихи в качестве сырья для получения чайных напитков.

Ключевые слова: гречиха, сроки посева, полифенольные соединения, антиоксидантная активность, ультрафиолетовое излучение

Для цитирования: Танашкина Т.В., Осипенко Э.Ю., Танашкин А.С., Семенюта А.А., Лях В.А. Содержание полифенольных соединений в траве гречихи посевной в зависимости от агротехнических и абиотических факторов и оценка возможности ее использования в пищевых технологиях. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 166–170. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-166-170>

© Танашкина Т.В., Осипенко Э.Ю., Танашкин А.С., Семенюта А.А., Лях В.А.

The content of polyphenolic compounds in buckwheat grass depending on agrotechnical and abiotic factors and the assessment of the possibility of its use in food technologies

ABSTRACT

Relevance. Buckwheat is a source of many biologically active substances. Especially there are a lot of them in leaves and inflorescences from which it is possible to get tea beverages for specialized and functional nutrition. These plant parts are rich in polyphenolic compounds (PC), the main one being rutin. Their content in the plant depends on many factors.

The aim of this study is to estimate the effect of sowing dates, ultraviolet (UV) radiation and temperature on PC accumulation in buckwheat plants.

Methods. Buckwheat seeds were sown four times in June–July. The PC content of buckwheat water-ethanol extracts and water infusions was determined by Folin-Ciocalteu, method antioxidant activity — by DPPH radical scavenging method.

Results. The sowing dates influence the PC content. At the earlier sowing dates of seeds the accumulation of PC in the extracts was higher (8.42–9.33%) in comparison with the later ones (6.10%). The PC content in the infusions varied from 2.10 to 2.83%. There are indications of a direct relationship between the accumulation of PC and the level of UV radiation during the growing season requiring further verification. A significant effect of temperature was not revealed. The AOA of all samples was high. The content of PC in aqueous infusions allows us to recommend buckwheat grass as a raw material for tea beverages.

Key words: buckwheat, sowing dates, polyphenolic compounds, antioxidant activity, ultraviolet radiation

For citation: Tanashkina T.V., Osipenko E.Yu., Tanashkin A.S., Semenyuta A.A., Lyakh V.A. The content of polyphenolic compounds in buckwheat grass depending on agrotechnical and abiotic factors and the assessment of the possibility of its use in food technologies. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 166–170 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-166-170>

© Tanashkina T.V., Osipenko E.Yu., Tanashkin A.S., Semenyuta A.A., Lyakh V.A.

Введение/Introduction

Питание является ключевым фактором в сохранении и поддержании здоровья человека. Нарушение питания составляет от 30 до 50% причин возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета, остеопороза, ожирения и других [1].

Один из способов решения этой проблемы состоит в расширении производства продуктов питания специализированного (ГОСТ 33999-2016¹) и функционального (ГОСТ Р 52349-2005²) назначения. Специализированные диетические продукты питания обладают профилактическим и лечебным действием для определенных категорий потребителей. Функциональные продукты питания предназначены для систематического употребления всеми слоями населения. В составе многих из них присутствуют минорные компоненты пищи, обладающие биологической активностью: витамины, фенольные соединения, изопреноиды, производные индола и многие другие. Источниками этих веществ являются растения и, соответственно, пища, приготовленная на их основе.

Особый интерес представляют фенольные соединения, которые найдены во многих растениях различных таксономических групп³. Являясь вторичными метаболитами растений, они выполняют разнообразные биологические функции: являются переносчиками электронов и протонов в метаболических реакциях, защищают от избыточного ультрафиолетового излучения, обеспечивают протекание процессов опыления, придают окраску лепесткам цветов и плодам [2].

Фенольные соединения обладают антиоксидантным действием, участвуют в регуляции защитно-адапционного потенциала организма (МР 2.3.1.0253⁴), поэтому применяются в медицине для профилактики и лечения самых разных заболеваний, поскольку проявляют множественное фармакологическое действие. Например, для рутина установлена цитопротекторная, нейропротекторная, вазопротекторная, антиканцерогенная и кардиопротекторная активность [3]. Таким образом, источниками важных для здоровья вторичных метаболитов являются не только медицинские препараты и биологически активные добавки, но и пища.

Содержание биологически активных веществ в сельскохозяйственном сырье зависит от многих факторов: биологических, агротехнических, абиотических. Регулируя их воздействие, можно влиять не только на выход урожая, но и на его химический состав. Поэтому интеграция медицинской науки с наукой и практикой аграрно-промышленного комплекса может стать важнейшим компонентом обеспечения здорового питания [1].

Гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench) — ценная крупяная культура, которая выращивается в России, Китае, на Украине, в странах Восточной Европы. Факторы, которые влияют на урожай гречихи, хорошо изучены. Так, в недавней работе L. Kolaric с соавторами исследовано влияние агротехнических факторов, таких как внесение удобрений и расстояние между рядами, а также свойств почвы и метеорологических условий (температура и осадки) на высоту растений, массу и количество семян с растения, урожайность. Показано, что все изученные факторы коррелировали с урожаем гречихи [4].

Гречиха является источником многих биологически активных веществ, основную группу которых составляют полифенольные соединения (ПФ). Особенно много их в листьях и соцветиях, которые пока не нашли применения в пищевой промышленности. Полифенольными соединениями травы гречихи являются флавоноиды рутин, кверцетин, изокверцитрин, гесперидин, изорамнетин и фенилпропаноиды, среди которых феруловая, хлорогеновая, синапиновая, пара-кумаровая кислоты [5].

Одно из перспективных направлений использования травы гречихи в пищевой промышленности — изготовление чайных напитков [6] функционального и специализированного лечебно-профилактического назначения (фиточаи). Интерес к такой продукции в первую очередь может быть связан с тем, что в гречихе отсутствует кофеин, который противопоказан при определенных заболеваниях. Следует отметить, что доля различных фиточаев на рынке по отношению к общему объему потребляемого чая пока невелика, но наблюдается устойчивый рост интереса потребителей к данному виду продукции [7].

ПФ растений и влиянию на процессы их образования различных факторов посвящены многие исследования. Для гречихи установлено, что максимальное содержание ПФ регистрируется в листьях и соцветиях [6, 8] и зависит от фазы развития растения [9], генотипа [5] и местности произрастания [10]. Также сообщалось, что даты и схема посева семян, уровень внесения азота, погода, условия, которые создаются при гидроронном способе выращивания, влияют не только на урожайность гречихи, содержание белка и крахмала, но и на накопление рутина в стеблях, листьях, цветах и зерне [11–13].

Цель работы — установление влияния сроков посева и некоторых факторов среды (УФ-излучение и температура) на накопление суммы ПФ в растении гречихи для определения оптимальных условий, способствующих их максимальному образованию, что позволило бы получать сырье с высокой биологической активностью.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Объектами исследования являлись: трава гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench) сорта Изумруд, урожая 2021 г., выращенная в Надеждинском районе Приморского края; водно-спиртовые экстракты и настои, приготовленные из травы гречихи.

Семена гречихи высевали четырежды в течение вегетационного периода с интервалом 13–14 дней (табл. 1).

Надземную массу гречихи собирали в фазу массового цветения, выделяли верхнюю часть растения (соцветия, листья, стебель), нарезали ее и сушили при температуре 60 °С до влажности 6,5–7,0%.

Таблица 1. Сроки посева семян гречихи посевной в течение вегетационного периода

Table 1. Sowing dates of buckwheat seeds during the growing season

Посев	Сроки посева	
	месяц	декада
Ранний	июнь	II
Средний		III
Стандартный	июль	I
Поздний		III

¹ ГОСТ 33999-2016 Продукция пищевая специализированная. Продукция пищевая диетического лечебного и диетического профилактического питания. Термины и определения. М.: Стандартинформ. 2018; 17.

² ГОСТ Р 52349-2005 Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения (с изм. № 1). М.: Стандартинформ. 2005; 17.

³ Database on Polyphenol Content in Food. Available from: <http://phenol-explorer.eu/> (accessed: 1st June 2023).

⁴ МР 2.3.1.0253-21 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2021; 72.

Биометрическая характеристика образцов включала определение надземной массы и высоты растений в момент уборки.

Водно-спиртовые экстракты травы гречихи готовили согласно ГОСТ Р ИСО 14502-1-2010⁵ с нашими модификациями: вместо спирта метилового использовали этиловый. Для получения водных настоев навеску травы гречихи массой 1 г заливали 100 мл кипяченной воды температурой 85–90 °С, настаивали в течение 5 мин., затем фильтровали через бумажный фильтр.

Общее содержание полифенолов в экстрактах и настоях устанавливали с использованием реактива Folin-Ciocalteu согласно ГОСТ Р ИСО 14502-1-2010⁵. Антиоксидантную активность (АОА) экстрактов и настоев определяли с помощью DPPH-радикала [6].

Характеристикой влияния УФ-излучения на образцы являлась величина дневной дозы УФ, определяемая как интеграл по всему световому дню от эффективной облученности земной поверхности в отсутствие облачности. Для оценки величин дневной дозы УФ использовалась база данных TEMIS Королевского метеорологического института Нидерландов⁶.

Для характеристики влияния температуры использовались данные о среднесуточных температурах в районе посевов⁷.

Анализ каждого образца осуществляли в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Microsoft Excel 2019 (США).

Результаты и обсуждения / Results and discussion

В данной работе проанализировали накопление ПФ в верхушечной части растения (соцветия, листья, стебли) в зависимости от даты посева семян и попытались установить причины выявленных различий. Использование именно верхушечной части в качестве объекта исследования было обусловлено данными о перспективности ее применения для изготовления чайных напитков [6]. Так как большинство ПФ хорошо растворяются в спирте, определяли их содержание в водно-этанольных экстрактах и по результатам анализа судили об общем количестве этих веществ в гречишном сырье, а поскольку часть из них — водорастворимые соединения, то также анализировали водные настои, которые в виде чайных напитков являются готовым продуктом и, соответственно, источником этих биологически активных веществ для потребителей.

Результаты показали, что содержание ПФ в верхушечной части растений гречихи было высоким. В зависимости от даты посева оно варьировало от 6,10 до 9,33% в пересчете на сухое вещество (СВ). Наибольший уровень накопления ПФ соединений был выявлен в экстрактах более ранних сроков посева, минимальный — в более позднем (по сравнению со стандартным) (табл. 2).

Таблица 2. Содержание полифенольных соединений в экстрактах и настоях травы гречихи разных сроков посева
Table 2. The content of polyphenolic compounds in extracts and infusions of buckwheat grass of different sowing dates

Посев	Содержание ПФ, % СВ	
	экстракты	настои
Ранний	8,98 ± 0,45	2,83 ± 0,15
Средний	9,33 ± 0,24	2,10 ± 0,04
Стандартный	8,42 ± 0,28	2,32 ± 0,07
Поздний	6,10 ± 0,26*	2,31 ± 0,14

* $p \leq 0,05$.

⁵ ГОСТ Р ИСО 14502-1-2010 Чай. Метод определения общего содержания полифенолов (переизд.). М.: Стандартинформ. 2019; 16.

⁶ Tropospheric Emission Monitoring Internet Service (TEMIS) hosted by The Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI/ESA). Available from: <https://www.temis.nl> (accessed: 5th June 2023).

⁷ Weather Underground Internet Service. Available from: <https://www.wunderground.com> (accessed: 5th June 2023).

Для установления причин этих различий анализировали суммы и средние значения дневных доз УФ и температур для каждого периода выращивания гречихи в зависимости от даты посева (табл. 3). Поскольку первые дни после посева зерно находится под слоем почвы и не подвергается воздействию УФ-лучей, для анализа использовали два типа значений: первый — для всего периода выращивания (начиная с посева), второй — начиная с появления настоящих листьев.

Анализ данных (табл. 2, 3) позволил предположить, что увеличение средней дневной дозы УФ ведет к увеличению содержания ПФ в экстрактах. Коэффициент корреляции между этими двумя величинами равен 0,988 от появления настоящих листьев до уборки и 0,940 для всего периода вегетации. Для суммы дневных доз УФ и содержания ПФ подобная зависимость не прослеживалась.

Необходимо отметить: во-первых, объем данных, рассматриваемых в работе, получен по результатам одного сельскохозяйственного года и позволяет сделать только предварительные выводы, в то же время приведенный анализ указывает возможный путь дальнейших исследований влияния УФ излучения на содержание ПФ; во-вторых, в анализе не учитывались погодные условия ввиду отсутствия необходимых для этого данных. В то же время величины дневных доз УФ, рассчитанные для нескольких локаций со схожим климатом и имеющимися данными о погодных условиях, оказались весьма чувствительны к относительной площади облачного покрова, а также к его поглощательным и рассеивательным свойствам: при сильной плотной облачности реальная дневная доза УФ может более чем в 2 раза уступать величине, полученной без учета погодных факторов. Однако следует заметить, что лето 2021 года в целом характеризовалось аномально ясной погодой. Это позволяет предположить, что влияние облачного покрова на средние значения суточных доз УФ в данном конкретном случае было невелико.

Для оценки влияния фактора температуры на содержание ПФ учитывали суммарную и среднюю среднесуточные температуры за определенный (для каждого образца) период вегетации. Явной зависимости между ними не прослеживалось. Значения коэффициентов корреляции были невысокими: 0,581 — между ПФ и средней температурой, 0,790 — между ПФ и суммой

Таблица 3. Суммы и средние значения дневных доз УФ и среднесуточных температур в период вегетации гречихи разных сроков посева
Table 3. Sums and means of UV daily doses and average daily temperatures during the growing season of buckwheat at different sowing dates

Посев	Фаза развития растения, (З, Л)*	Сумма дневных доз УФ, кДж/м ²	Средняя дневная доза УФ, кДж/м ²	Сумма температур, С	Средняя температура, С
Ранний	З	181,6	4,91	770,3	20,3
	Л	137,7	5,08	605,9	21,6
Средний	З	174,9	5,14	809,7	23,1
	Л	118,6	5,39	582,1	25,3
Стандартный	З	171	5,04	843,8	24,1
	Л	109,2	4,96	552,6	24,0
Поздний	З	161,3	4,48	852,1	23,0
	Л	104,8	4,19	561,2	21,6

*З — для периода начиная от посева семян, Л — для периода начиная с появления 1–2 настоящих листьев;

*З — for the period starting from the sowing of grains, Л — for the period starting from the appearance of 1–2 true leaves

Таблица 4. Биометрическая характеристика растений гречихи разных сроков посева
Table 4. Biometric characteristics of buckwheat plants of different sowing dates

Показатель	Посев			
	ранний	средний	стандартный	поздний
Масса растений, г/м ²	1477 ± 29	2245 ± 21*	2050 ± 17	2424 ± 35*
Масса 100 растений, г	806 ± 11	1105,0 ± 7	1122,0 ± 10	1261 ± 16*
Масса верхушечной части 100 растений, г	258 ± 12	244 ± 8	348 ± 17	369 ± 160*
Высота растений, см	73 ± 1,2	88,5 ± 0,8	93,1 ± 2,0	108,8 ± 0,9*

Среднее значение для 100 растений
* $p < 0,05$.

температур для периода, начинающегося со стадии появления настоящих листьев. Еще более низкие значения были характерны для полного периода вегетации, при этом зависимость была обратной.

Содержание ПФ в водных настоях было существенно ниже, чем в водно-этанольных экстрактах, и для разных образцов варьировало от 23 до 38% от их уровня в экстрактах. Причем при максимальном значении ПФ в экстрактах, характерном для образцов гречихи среднего срока посева, их содержание в настоях этого же образца было минимальным.

Анализ биометрических характеристик показал (табл. 4), что наиболее развиты были растения позднего срока посева, их высота и выход биомассы были максимальными. Самые низкие значения были характерны для растений раннего посева.

Поскольку ПФ обладают выраженной АОА, установили значение этого показателя для экстрактов и настоев (табл. 5). Все исследованные образцы обладали высокой АОА. Для экстрактов она составляла в среднем 84%, для настоев — 73%.

Полученные результаты свидетельствуют о высоком накоплении ПФ в верхушечной части растений гречихи. Результаты других авторов показали, что содержание этих соединений может отличаться в несколько раз в зависимости от сорта растений и условий выращивания [5, 10, 14]. Установлено, что синтез вторичных метаболитов и его регуляция чувствительны к стрессовым факторам среды [15]. Кроме того, на значение этого показателя могут влиять методы экстракции и количественного определения ПФ [16].

Таблица 5. Антиоксидантная активность экстрактов и настоев травы гречихи разных сроков посева
Table 5. Antioxidant activity of extracts and infusions of buckwheat grass of different sowing dates

Посев	АОА, %		АОА в пересчете на Trolox, ммоль*
	экстракты	настои	
Ранний	83,55 ± 0,07	75,72 ± 0,09	0,87
Средний	84,45 ± 0,14	70,72 ± 0,42	0,87
Стандартный	84,49 ± 0,05	71,33 ± 1,18	0,87
Поздний	82,55 ± 0,14	73,82 ± 0,28	0,87

* Значения даны для настоев.

* Values given for infusions.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тутельян В.А. Здоровое питание для общественного здоровья. *Общественное здоровье*. 2021; 1(1): 56–64. <https://doi.org/10.21045/2782-1676-2021-1-1-56-64>

Как известно, УФ-В-излучение активирует в растении синтез соединений, ответственных за его поглощение, являясь важным фактором индукции вторичных метаболитов. В большинстве случаев воздействие УФ-излучения на биосинтез вторичных метаболитов положительное, однако высокие дозы УФ-В- и УФ-С-излучения отрицательно влияют на рост, развитие, фотосинтез и другие важные процессы в растении [17]. Установлено, что индукция биосинтеза фенолов является основным фактором в системе удаления активных форм кислорода, которые образуются при воздействии высоких доз УФ-излучения [18]. Было показано, что общее содержание фенолов увеличивалось при воздействии света и снижались при исключении УФ-излучения [19]. Об этом же свидетельствуют результаты нашей предыдущей работы, в которой исследовались образцы гречихи сорта Изумруд урожая 2017 года, посеянной в стандартный для Приморского края срок (в I декаде июля) [6].

Содержание ПФ в верхушечной части травы гречихи составляло 5,45% СВ, что ниже на 35% по сравнению с аналогичными результатами 2021 года (8,42% СВ). При этом средняя дневная доза УФ в 2017 году составила 4,7 кДж/м², что меньше, чем показатель за тот же период 2021-го (4,96 кДж/м²). Кроме того, период вегетации в 2021 году в целом характеризовался аномально ясной погодой, что также могло способствовать более активному синтезу ПФ.

Выявленное в результате эксперимента существенно более низкое содержание ПФ в водных настоях травы гречихи хорошо согласуется с ранее полученными данными [5, 6]. Причиной этого может являться сложный компонентный состав ПФ, поскольку индивидуальные соединения обладают разной растворимостью в спиртовых и водных растворах. Отсутствие прямой зависимости между содержанием ПФ в экстрактах и настоях для образцов разных сроков посева, возможно, связано с изменением спектрального состава УФ-излучения. Процессы синтеза спирто- и водорастворимых ПФ могут быть в различной степени чувствительны к разным энергиям УФ-спектра. Тем не менее уровень содержания ПФ в водных настоях позволяет заключить, что чайные напитки, изготовленные из верхушечной части растений травы гречихи, собранной в фазу активного цветения, можно отнести к функциональным продуктам питания.

Выводы/Conclusions

Сроки посева оказывают влияние на накопление ПФ в траве гречихи. Наиболее высокий уровень ПФ в экстрактах отмечен для раннего и среднего сроков посева этой культуры в Приморском крае. Имеются указания на прямую зависимость содержания ПФ в экстрактах от средней дневной дозы УФ-излучения. Воздействие температуры на изменение содержания ПФ не выявлено. Высокая АОА и достаточный уровень ПФ в водных настоях травы гречихи дают основание рекомендовать ее в качестве сырья для чайных напитков функционального, а также (ввиду отсутствия в ней кофеина) специализированного назначения.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

1. Tutelyan V.A. Healthy food for public health. *Public health*. 2021; 1(1): 56–64 (In Russian). <https://doi.org/10.21045/2782-1676-2021-1-1-56-64>

2. Verma N., Shukla S. Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 2015; 2(4): 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.09.002>
3. Ganeshpurkar A., Saluji A.K. The Pharmacological Potential of Rutin. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 2017; 25(2): 149–164. <https://doi.org/10.1016/j.sjps.2016.04.025>
4. Kolarić L. *et al.* Buckwheat Yield Traits Response as Influenced by Row Spacing, Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Management. *Agronomy*. 2021; 11(12): 2371. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122371>
5. Dziadek K. *et al.* Identification of polyphenolic compounds and determination of antioxidant activity in extracts and infusions of buckwheat leaves. *European Food Research and Technology*. 2018; 244(2): 333–343. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2959-2>
6. Танашкина Т.В., Пьянкова А.Ф., Семенюта А.А., Кантемиров А.В., Приходько Ю.В. Гречишные травяные чайные напитки: сырье, способы получения и оценка биологической активности. *Техника и технология пищевых производств*. 2021; 51(3): 564–573. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-564-573>
7. Клинецвич В.Н., Бушкевич Н.В., Флюрик Е.А. Фиточай: состав, свойства, производство (обзор). *Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология*. 2021; (1): 5–23. <https://elibrary.ru/gmvtde>
8. Клыкков А.Г., Моисеенко Л.М., Горовой П.Г. Биологические ресурсы видов рода гречиха (*Fagopyrum* Mill.) на российском Дальнем Востоке. Владивосток: *Дальнаука*. 2018; 302. ISBN 978-5-8044-1669-1
9. Zielińska D., Turemko M., Kwiatkowski J., Zieliński H. Evaluation of Flavonoid Contents and Antioxidant Capacity of the Aerial Parts of Common and Tartary Buckwheat Plants. *Molecules*. 2012; 17(8): 9668–9682. <https://doi.org/10.3390/molecules17089668>
10. Dražić S. *et al.* Effect of environment of the rutin content in leaves of *Fagopyrum esculentum* Moench. *Plant, Soil and Environment*. 2016; 62(6): 261–265. <https://doi.org/10.17221/233/2016-PSE>
11. Sobhani M.R., Rahmikhdoev G., Majidian D.M., Majidian M. Influence of different sowing date and planting pattern and N rate on buckwheat yield and its quality. *Australian Journal of Crop Science*. 2014; 8(10): 1402–1414.
12. Podolska G. The Effect of Habitat Conditions and Agrotechnical Factors on the Nutritional Value of Buckwheat. Zhou M., Kreft I., Woo S.-H., Chrungoo N., Wieslander G. eds. *Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat*. Academic Press. 2016; 283–297. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803692-1.00022-5>
13. Kawatra N., Jha G., Dubey A. Study of the phytochemical profile of hydroponically cultivated buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) at different phenological stages. *Biochemical Systematics and Ecology*. 2023; 107: 104612. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2023.104612>
14. Bystrická J. *et al.* Bioactive compounds in different plant parts of various buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) cultivars. *Cereal Research Communications*. 2011; 39(3): 436–444. <https://doi.org/10.1556/CRC.39.2011.3.13>
15. Borges C.V., Minatel I.O., Gomez-Gomez H.A., Lima G.P.P. Medicinal Plants: Influence of Environmental Factors on the Content of Secondary Metabolites. Ghorbanpour M., Varma A. eds. *Medicinal Plants and Environmental Challenges*. Cham: Springer. 2017; 259–277. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68717-9_15
16. Kreft S., Štrukelj B., Gabersčik A., Kreft I. Rutin in buckwheat herbs grown at different UV-B radiation levels: comparison of two UV spectrophotometric and an HPLC method. *Journal of Experimental Botany*. 2002; 53(375): 1801–1804. <https://doi.org/10.1093/jxb/erf032>
17. Li Y., Kong D., Fu Y., Sussman M.R., Wu H. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2020; 148: 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.006>
18. Katerova Z., Todorova D., Sergiev I. Plant Secondary Metabolites and Some Plant Growth Regulators Elicited by UV Irradiation, Light and (or) Shade. Ghorbanpour M., Varma A. eds. *Medicinal Plants and Environmental Challenges*. Cham: Springer. 2017; 97–121. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68717-9_6
19. Ferreira M.I. *et al.* Exclusion of solar UV radiation increases the yield of curcuminoid in *Curcuma longa* L. *Industrial Crops and Products*. 2016; 89: 188–194. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.009>
2. Verma N., Shukla S. Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 2015; 2(4): 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.09.002>
3. Ganeshpurkar A., Saluji A.K. The Pharmacological Potential of Rutin. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 2017; 25(2): 149–164. <https://doi.org/10.1016/j.sjps.2016.04.025>
4. Kolarić L. *et al.* Buckwheat Yield Traits Response as Influenced by Row Spacing, Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Management. *Agronomy*. 2021; 11(12): 2371. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122371>
5. Dziadek K. *et al.* Identification of polyphenolic compounds and determination of antioxidant activity in extracts and infusions of buckwheat leaves. *European Food Research and Technology*. 2018; 244(2): 333–343. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2959-2>
6. Tanashkina T.V., Piankova A.F., Semenyuta A.A., Kantemirov A.V., Prikhodko Yu.V. Buckwheat Grass Tea Beverages: Row Materials, Production Methods, and Biological Activity. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021; 51(3): 564–573 (In Russian). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-564-573>
7. Kiintsevich V.N., Bushkevich N.V., Flyurik E.A. Phytotea: composition, properties, production (review). *Proceedings of BSTU. Series 2: Chemical engineering, biotechnology, geoecology*. 2021; (1): 5–23 (In Russian). <https://elibrary.ru/gmvtde>
8. Klykov A.G., Moiseenko L.M., Gorovoy P.G. Biological resources of species of the genus *Fagopyrum* Mill. (buckwheat) in the Russian Far East. Vladivostok: *Dal'nauka*. 2018; 302 (In Russian). ISBN 978-5-8044-1669-1
9. Zielińska D., Turemko M., Kwiatkowski J., Zieliński H. Evaluation of Flavonoid Contents and Antioxidant Capacity of the Aerial Parts of Common and Tartary Buckwheat Plants. *Molecules*. 2012; 17(8): 9668–9682. <https://doi.org/10.3390/molecules17089668>
10. Dražić S. *et al.* Effect of environment of the rutin content in leaves of *Fagopyrum esculentum* Moench. *Plant, Soil and Environment*. 2016; 62(6): 261–265. <https://doi.org/10.17221/233/2016-PSE>
11. Sobhani M.R., Rahmikhdoev G., Majidian D.M., Majidian M. Influence of different sowing date and planting pattern and N rate on buckwheat yield and its quality. *Australian Journal of Crop Science*. 2014; 8(10): 1402–1414.
12. Podolska G. The Effect of Habitat Conditions and Agrotechnical Factors on the Nutritional Value of Buckwheat. Zhou M., Kreft I., Woo S.-H., Chrungoo N., Wieslander G. eds. *Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat*. Academic Press. 2016; 283–297. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803692-1.00022-5>
13. Kawatra N., Jha G., Dubey A. Study of the phytochemical profile of hydroponically cultivated buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) at different phenological stages. *Biochemical Systematics and Ecology*. 2023; 107: 104612. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2023.104612>
14. Bystrická J. *et al.* Bioactive compounds in different plant parts of various buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) cultivars. *Cereal Research Communications*. 2011; 39(3): 436–444. <https://doi.org/10.1556/CRC.39.2011.3.13>
15. Borges C.V., Minatel I.O., Gomez-Gomez H.A., Lima G.P.P. Medicinal Plants: Influence of Environmental Factors on the Content of Secondary Metabolites. Ghorbanpour M., Varma A. eds. *Medicinal Plants and Environmental Challenges*. Cham: Springer. 2017; 259–277. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68717-9_15
16. Kreft S., Štrukelj B., Gabersčik A., Kreft I. Rutin in buckwheat herbs grown at different UV-B radiation levels: comparison of two UV spectrophotometric and an HPLC method. *Journal of Experimental Botany*. 2002; 53(375): 1801–1804. <https://doi.org/10.1093/jxb/erf032>
17. Li Yu., Kong D., Fu Yu., Sussman M.R., Wu H. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2020; 148: 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.006>
18. Katerova Z., Todorova D., Sergiev I. Plant Secondary Metabolites and Some Plant Growth Regulators Elicited by UV Irradiation, Light and (or) Shade. Ghorbanpour M., Varma A. eds. *Medicinal Plants and Environmental Challenges*. Cham: Springer. 2017; 97–121. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68717-9_6
19. Ferreira M.I. *et al.* Exclusion of solar UV radiation increases the yield of curcuminoid in *Curcuma longa* L. *Industrial Crops and Products*. 2016; 89: 188–194. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.009>

ОБ АВТОРАХ

Татьяна Владимировна Танашкина¹, кандидат биологических наук
tatiana.vl.tan@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8993-8067>

Эльвира Юрьевна Осипенко¹, студент
elvira_osipenko2002@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-0555-8092>

Артём Сергеевич Танашкин², инженер-исследователь
artyom.tanashkin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3340-0938>

Анна Андреевна Семенюта¹, кандидат технических наук
nyrochka_1988@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9503-3566>

Владимир Алексеевич Лях¹, кандидат технических наук
lyah.va@dvvf.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6999-2210>

¹ Дальневосточный федеральный университет, пос. Аякс, 10, о. Русский, Владивосток, 690922, Россия

² Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Политехническая ул., 26, Санкт-Петербург, 194021, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Tatiana Vladimirovna Tanashkina¹, Candidate of Biological Sciences
tatiana.vl.tan@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8993-8067>

Elvira Yurievna Osipenko¹, Student
elvira_osipenko2002@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-0555-8092>

Artyom Sergeevich Tanashkin², Research Engineer
artyom.tanashkin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3340-0938>

Anna Andreevna Semenyuta¹, Candidate of Technical Sciences
nyrochka_1988@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9503-3566>

Vladimir Alekseevich Lyakh¹, Candidate of Technical Sciences
lyah.va@dvvf.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6999-2210>

¹ Far Eastern Federal University, 10 Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok, 690922, Russia

² A.F. Ioffe Institute of the Russian Academy of Sciences, 26 Polytehnicheskaya Str., St. Petersburg, 194021, Russia