

Биологически активные вещества надземной части гемиэфимероидных луков (*Allium* L.)

DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-37-43



УДК 582.573.16:581.19(571.1)

Поступление/Received: 10.02.2020

Принято/Accepted: 23.12.2020

Т. И. ФОМИНА*, Т. А. КУКУШКИНА

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
630090 Россия, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101
* [✉ fomina-ti@yandex.ru](mailto:fomina-ti@yandex.ru)

Bioactive compounds in the aboveground part of hemiephemerooid onions (*Allium* L.)

Т. И. FOMINA*, Т. А. KUKUSHKINA

Central Siberian Botanical Garden,
Siberian Branch of the RAS,
101 Zolotodolinskaya St., Novosibirsk 630090, Russia
* [✉ fomina-ti@yandex.ru](mailto:fomina-ti@yandex.ru)

Актуальность. Представители рода *Allium* L. – ценные пищевые и лекарственные растения, издавна используемые для питания и поддержания здоровья человека. Современными исследованиями доказана их высокая биологическая активность. Ранее нами изучен биохимический состав надземных органов ряда дикорастущих видов лука в фазе потребительской спелости. Показано, что содержание вторичных метаболитов выше у гемиэфимероидов *A. aflatunense* B. Fedtsch., *A. microdictyon* Prokh. и *A. rosenbachianum* Regel. Цель настоящей работы заключалась в определении содержания групп биологически активных веществ в зеленой массе гемиэфимероидных видов *Allium* в фазе цветения. **Материалы и методы.** Исследовали свежесобранное сырье – листья и цветочные стрелки. Содержание сухих веществ определяли высушиванием 1 г сырья при 100–105°C до постоянной массы. Количество фенольных соединений, пектиновых веществ, общих сахаров и каротиноидов определяли спектрофотометрически на приборах СФ-56 (Россия) и СФ Agilent 8453 (США), аскорбиновой кислоты – титриметрическим методом. За результат принимали среднее значение из трех параллельных определений по каждому показателю, рассчитанному (кроме аскорбиновой кислоты) на абсолютно сухую массу сырья. **Результаты и выводы.** Установлено, что зеленая масса исследованных видов *Allium* содержит: 8,2–16,2% сухих веществ; 4,5–12,0% фенольных соединений (катехинов, флавонолов, танинов); 6,9–32,4% общих сахаров; 9,5–12,6% пектиновых веществ (пектинов и протопектинов); 20,8–102,5 мг% каротиноидов, а также 38,0–197,7 мг% аскорбиновой кислоты (на сырую массу). Значительный диапазон варьирования количества вторичных метаболитов обусловлен видовыми особенностями и влиянием погодных условий вегетационного периода. При этом у *A. microdictyon* выше содержание сухих веществ, флавонолов и танинов, у *A. aflatunense* и *A. rosenbachianum* – аскорбиновой кислоты и сахаров. Полученные данные указывают на перспективы дикорастущих видов *Allium* как источника различных биологически активных соединений.

Ключевые слова: луки, зеленая масса, цветение, фенольные соединения, сахара, витамины, пектиновые вещества.

Background. Representatives of the genus *Allium* L. are valuable food and medicinal plants that have long been used for nutrition and human health. Modern research has proved their high biological activity. Earlier, we investigated the aboveground organs of a number of wild onion species in the consumer ripeness phase. Higher content of secondary metabolites has been observed in the hemiephemerooid species *A. aflatunense* B. Fedtsch., *A. microdictyon* Prokh., and *A. rosenbachianum* Regel. The aim of this work was to determine the content of bioactive compounds in the green biomass of *Allium* species during flowering. **Materials and methods.** We studied the freshly harvested raw materials – leaves and flower scapes. Dry matter content was measured by drying 1 g of raw material at 100–105°C to constant weight. The amounts of phenolic compounds, pectic substances, total sugars and carotenoids were assessed spectrophotometrically using the SF-56 (Russia) and SF Agilent 8453 (USA) instruments, and ascorbic acid was measured by the titrimetric method. The result was taken as an average of three measurements for each indicator calculated on absolute dry weight of raw material (except ascorbic acid). **Results and conclusions.** The green biomass of *Allium* species was found to contain 8,2–16,2% of dry matter; 4,5–12,0% of phenolics (catechins, flavonols and tannins); 6,9–32,4% of total sugars; 9,5–12,6% of pectic compounds (pectins and protopectins); 20,8–102,5 mg% of carotenoids, and 38,0–197,7 mg% of ascorbic acid (wet weight). A significant range of variation in the content of secondary metabolites was due to the species' characteristics and weather conditions of the growing season. *A. microdictyon* had a higher content of dry matter, flavonols and tannins, whereas *A. aflatunense* and *A. rosenbachianum* were rich in ascorbic acid and sugars. The findings testify to the prospects of using *Allium* spp. as a source of bioactive compounds.

Key words: onions, green biomass, flowering, phenolics, sugars, vitamins, pectic compounds.

Введение

Представители рода *Allium* L. – Луки являются ценными ресурсными растениями, издавна используемыми для питания и поддержания здоровья человека. Пищевые достоинства луков обеспечиваются высоким содержанием аскорбиновой кислоты, каротина, сахаров, протеинов, калия (Perezhogina et al., 2005; Ludilov, Ivanova, 2009). Лечебные и профилактические свойства луков обусловлены в первую очередь присутствием во всех органах группы серосодержащих органических соединений, обладающих широким спектром биологического действия (Golubkina et al., 2010). Современными исследованиями доказано, что тиосульфиды совместно с сапонидами и фенольными веществами проявляют выраженную антимикробную, антиоксидантную, гипохолестеролиемическую и противодиабетическую активность (Lanzotti, 2005; Rose et al., 2005; Benkeblia, 2007; Moriarty et al., 2007). Выявлена способность луков к аккумуляции различных микроэлементов, прежде всего железа и селена (Golubev et al., 2003a; Shirshova et al., 2011). Поэтому виды *Allium* активно изучаются в природных популяциях и в культуре как потенциальные источники биологически активных соединений, макро- и микроэлементов (Tukhvatullina, Abramova, 2012; Ivanova et al., 2019).

Нами (Fomina, Kukushkina, 2019) исследован биохимический состав надземной части 11 дикорастущих видов лука. Установлено высокое содержание в фазе потребительской спелости сухих веществ (до 25,1%), флавонолов (до 3,4%), танинов (до 14,6%), пектиновых веществ (до 25,8%), сахаров (до 34,8%), аскорбиновой кислоты (до 222,5 мг%) и каротиноидов (до 131,9 мг%). При этом сравнительно богатыми по содержанию основных групп веществ, за исключением пектинов и протопектинов, оказались гемиземфериды *A. aflatunense* В. Fedtsch., *A. microdictyon* Prokh. и *A. rosenbachianum* Regel, а по содержанию аскорбиновой кислоты они превосходили все длительно вегетирующие виды. Литературные данные по количественному содержанию и сезонной динамике метаболитов в различных органах этих луков весьма скудны. У *A. aflatunense* (лук афлатунский) в луковичах обнаружено около 40 мг% витамина С и 20% общих сахаров (Seredin et al., 2016). В зеленой массе *A. microdictyon* (лук мелкосетчатый, черемша) максимальное количество аскорбиновой кислоты (до 185 мг%) отмечено в начале вегетации, тогда как содержание сухих веществ, сахаров и каротина выше в фазе цветения (Cheremushkina et al., 1992). Показано, что листья *A. rosenbachianum* (лук Розенбаха) содержат 4 мг% каротина и много витамина С (до 670 мг% на сухую массу) (Ishankulova, Halilova, 2017).

Цель настоящей работы – определение содержания групп биологически активных веществ в зеленой массе гемиземферидных видов *Allium* в фазе массового цветения.

Материалы и методы

Исследование выполнено в коллекции декоративных видов природной флоры Центрального сибирского ботанического сада (ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск). Объектами послужили три вида рода *Allium* L.: *A. aflatunense* В. Fedtsch., *A. microdictyon* Prokh. и *A. rosenbachianum* Regel. Среди них *A. aflatunense* и *A. rosenbachianum* – центральноазиатские горные эндемики, *A. microdicty-*

on – североазиатский бореально-монтанный вид, широко распространен на территории Сибири. По характеру сезонного развития эти луки принадлежат к гемиземферидному феноритмотипу с ранним отрастанием (третья декада апреля), поздневесенне-раннелетним цветением (с конца мая до третьей декады июня) и коротким периодом вегетации (до середины июля – августа). В условиях ботанического сада луки выращиваются на открытом участке с естественным увлажнением, при посадке вносится торфо-минеральная смесь, в течение сезона проводятся регулярные прополки и рыхление почвы в междурядьях.

Для фитохимического исследования использовали свежесобранное сырье. В фазе массового цветения срезали надземную часть 5–10 растений каждого вида, соцветия отделяли, анализу подвергали зеленую массу – листья и цветочные стрелки. В 2017 г. сбор сырья проводили 1 и 5 июня, в 2018 г. гораздо позже – 18 и 25 июня, что связано с контрастными погодными условиями этих лет в начале вегетационного периода. Май 2017 г. выдался теплым, умеренно влажным (12,6°C при среднемноголетней 10,3°C; осадки в пределах нормы – 33 мм), тогда как в 2018 г. он был холодным и сырым (среднемесячная температура 7,0°C; осадки 82 мм). Условия июня обоих лет существенно не различались, но были теплее и влажнее нормы – среднемесячная температура выше, соответственно, на 2,7 и 2,4°C (среднемноголетняя 16,7°C), осадков больше на 22% (71 мм).

Содержание сухих веществ определяли высушиванием 1 г сырья при 100–105°C до постоянной массы. Количество фенольных соединений, пектиновых веществ, общих сахаров и каротиноидов определяли спектрофотометрически на приборах СФ-56 (Россия) и СФ Agilent 8453 (США). Метод определения катехинов основан на их способности давать малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте ($\lambda = 502$ нм). Концентрацию катехинов в пробе находили, используя пересчетный коэффициент по (\pm)-катехину Sigma (Kukushkina et al., 2003). Количество флавонолов определяли по методу (Belikov, Shrayber, 1970), основанному на реакции комплексообразования с хлоридом алюминия ($\lambda = 415$ нм). Концентрацию флавонолов находили по графику, построенному по рутину. Содержание танинов (гидролизуемых дубильных веществ) определяли методом, основанным на образовании окрашенного комплекса их с 2-процентным водным раствором аммония молибденовокислого ($\lambda = 420$ нм). Расчет дубильных веществ производили по ГСО танина (Fedoseeva, 2005).

Пектиновые вещества определяли бескарбазольным методом, основанным на получении специфического желто-оранжевого окрашивания уроновых кислот с тимолом в сернокислой среде ($\lambda = 480$ нм). Для получения воспроизводимых результатов из сырья удаляли сахара. Количество пектинов и протопектинов находили по калибровочной кривой, построенной по галактуроновой кислоте (Kriventsov, 1989). Количество сахаров определяли методом, основанным на восстановлении феррицианида калия редуцирующими сахарами в щелочной среде до ферроцианида, который в присутствии желатина образует с сернокислым железом устойчивую синюю окраску ($\lambda = 690$ нм). Концентрацию сахаров находили по калибровочному графику, построенному по глюкозе. Определение аскорбиновой кислоты проводили титриметрическим методом, используя реакцию Тильманса. Суммарное количество

каротиноидов вычисляли с учетом плотности ацетоно-во-этанольной вытяжки при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения хлорофиллов *a* (662 нм) и *b* (644 нм), каротиноидов (440,5 нм) (Ermakov, 1987). За результат принимали среднее значение из трех параллельных определений по каждому показателю. Все биохимические показатели, кроме аскорбиновой кислоты, рассчитаны на абсолютно сухую массу сырья.

Результаты и обсуждение

Биохимический состав зеленой массы луков представлен широким спектром вторичных метаболитов. Содержание катехинов, танинов, пектиновых веществ, каротиноидов определено у исследованных видов впервые, у центральноазиатских видов – также содержание общих сахаров. Установлено, что количество сухих веществ варьирует от 8,2% до 16,2% при более высоких значениях у *A. microdictyon*, различаясь на межвидовом уровне в 1,3–2,0 раза (таблица). Пониженная оводненность тканей (83,8–91,8%) служит одним из механизмов адаптации растений к контрастным условиям обитания (Cheremushkina et al, 1992). Известно, что основная доля сухих веществ луков приходится на углеводы (Perezhogina et al., 2005).

свойствами (Minaeva, 1978). Содержание катехинов у луков незначительное, но сравнительно выше у *A. rosenbachianum*. В то же время он уступает по количеству флавонолов. Их содержание у изученных луков составляет 0,58–2,22% с большими значениями для *A. microdictyon*. Зеленая масса этого вида также богата дубильными веществами – до 9,63%, что превышает их содержание у других луков в 2–3 раза.

Пектиновые вещества входят в состав клеточных стенок, в растущих органах представлены главным образом протопектинами (нерастворимая форма). Они относятся к группе пищевых волокон, оказывающих пребиотический эффект, и необходимы для здорового питания человека (Ovodov, 2009; Golubkina et al., 2010). Содержание пектиновых веществ в зеленой массе цветущих растений гемиэфмероидных луков значительное – от 9,53% до 12,56%.

Биохимический анализ луков показал, что их зелень богата сахарами, причем стрелки в период бутонизации и цветения содержат больше сахаров, чем листья (Golubev et al., 2003b). На долю общих сахаров приходится до 4% сухих веществ (Cheremushkina et al., 1992). Исследованные виды сильно различаются по сахаристости (рис. 1): высокая (22,91–32,44%) отмечена у *A. aflatunense*, пониженная – у *A. microdictyon* (6,85–

Таблица. Содержание биологически активных веществ в зеленой массе видов *Allium L.* в фазе цветения (Новосибирск, 2017, 2018 г.)

Table. The content of bioactive compounds in the green biomass of *Allium L.* in the flowering phase (Novosibirsk, 2017, 2018)

Показатель	<i>A. aflatunense</i> F. Fedtsch.	<i>A. microdictyon</i> Prokh.	<i>A. rosenbachianum</i> Regel
Сухие вещества	$\frac{10,5}{10,4}$	$\frac{13,9}{16,2}$	$\frac{11,5}{8,2}$
Катехины	$\frac{77,7 \pm 1,1}{73,1 \pm 1,5}$	$\frac{76,7 \pm 1,8}{101,2 \pm 2,8}$	$\frac{150,6 \pm 2,8}{770,0 \pm 4,1}$
Флавонолы	$\frac{1,53 \pm 0,06}{1,34 \pm 0,05}$	$\frac{1,88 \pm 0,07}{2,22 \pm 0,07}$	$\frac{1,31 \pm 0,03}{0,58 \pm 0,02}$
Танины	$\frac{4,10 \pm 0,12}{3,07 \pm 0,12}$	$\frac{6,42 \pm 0,22}{9,63 \pm 0,31}$	$\frac{4,01 \pm 0,17}{4,87 \pm 0,17}$
Пектины	$\frac{1,65 \pm 0,07}{2,32 \pm 0,08}$	$\frac{2,41 \pm 0,11}{2,41 \pm 0,09}$	$\frac{3,81 \pm 0,09}{3,51 \pm 0,11}$
Протопектины	$\frac{7,88 \pm 0,21}{8,30 \pm 0,21}$	$\frac{8,15 \pm 0,23}{9,08 \pm 0,38}$	$\frac{8,75 \pm 0,33}{6,84 \pm 0,18}$

Примечание. Значения даны в %, катехинов – в мг% на абсолютно сухую массу: над чертой – 2017 г., под чертой – 2018 г.

Note. The values are given in %, and catechins in mg%, absolute dry weight: above the line are the data of 2017, below the line those of 2018

Фенольный комплекс *Allium* включает катехины, флавонолы, танины. Фенольные соединения активно участвуют в метаболизме растений, обеспечивая устойчивость к экзогенным факторам, а их положительное воздействие на организм человека обусловлено антиоксидантными и противовоспалительными

свойствами (8,80%), тогда как значения для *A. rosenbachianum* находятся на среднем уровне (18,03–18,73%).

Луки принадлежат к числу ценных витаминных растений, особенно по содержанию аскорбиновой кислоты и каротина. Среднее содержание витамина С в их листьях, по литературным данным, составля-

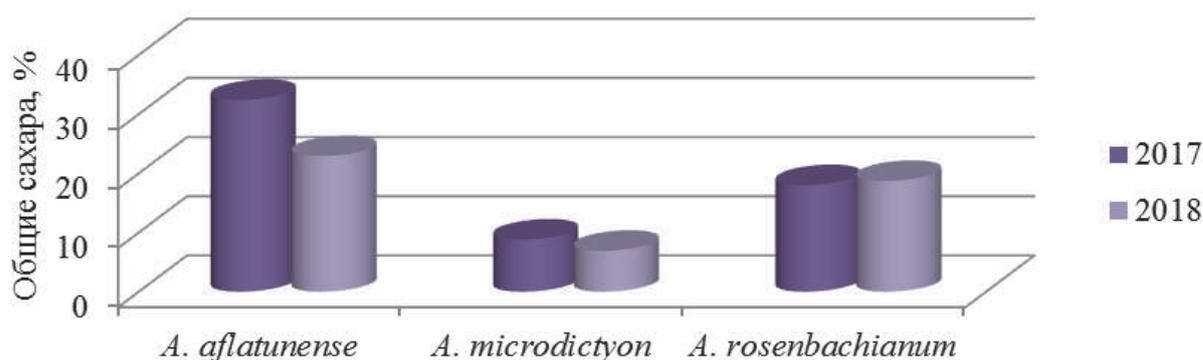


Рис. 1. Содержание общих сахаров в зеленой массе видов *Allium L.* в фазе цветения, % на абсолютно сухую массу (Новосибирск, 2017, 2018 г.)

Fig. 1. The content of total sugars in the green biomass of *Allium L.* in the flowering phase, % calculated on absolute dry weight (Novosibirsk, 2017, 2018)

ет 25–90 мг% (Kazakova, 1978). Исследованные виды значительно различаются по его накоплению в зеленой массе (рис. 2). Наименьшие значения принадлежат *A. microdictyon* (38,0–78,9%), а наибольшие – *A. rosenbachianum* (123,9–197,7%). У *A. aflatunense* количество витамина С варьирует в диапазоне 112,7–134,4 мг%. Высокая индивидуальная изменчивость показателя отражает существенную зависимость синтеза аскорбиновой кислоты от внешних условий.

вив для *A. rosenbachianum* 63% и для *A. microdictyon* – 48% к показателям 2017 г.

Луки весьма богаты каротиноидами. Эти соединения участвуют в процессах фотосинтеза, обладают мощной антиоксидантной активностью, защищая растения от интенсивного света, а организм человека – от синглетного кислорода, не вызывая при этом гипervитаминоз. Состав каротиноидов у растений видоспецифичен; кроме того, уровень их аккумуляции весь-

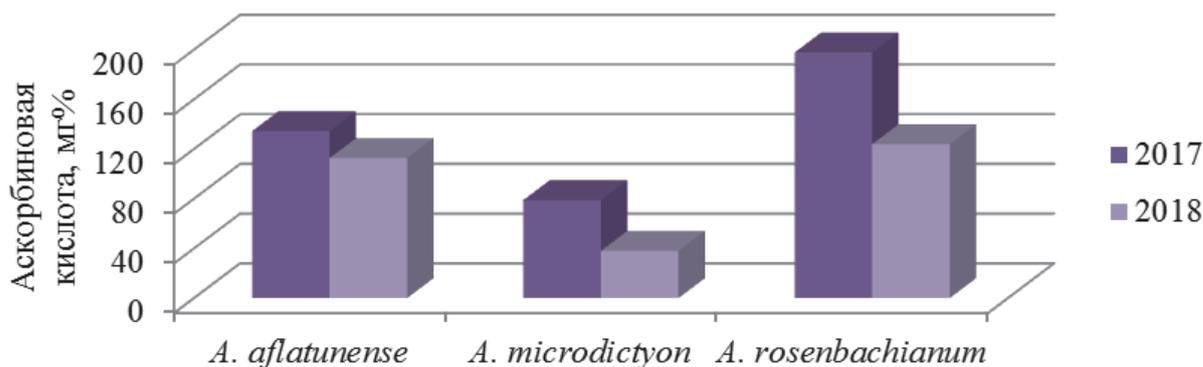


Рис. 2. Содержание аскорбиновой кислоты в листьях и стрелках видов *Allium L.*, мг% на сырую массу (Новосибирск, 2017, 2018 г.)

Fig. 2. Ascorbic acid content in leaves and scapes of *Allium L.*, mg% calculated on wet weight (Novosibirsk, 2017, 2018)

В литературе имеются указания (Cheremushkina et al., 1992), что в дождливые годы накопление сахаров и витамина С в луках снижается. Действительно, на фоне избыточного увлажнения в 2018 г. его количество у всех видов существенно снизилось, тогда как количество сахаров – лишь у двух видов, а у *A. rosenbachianum* изменилось незначительно. Полученные данные демонстрируют видовую специфику динамики вторичных метаболитов. У *A. aflatunense* контрастные погодные условия в большей степени отразились на содержании сахаров (в 2018 г. меньше на 29%, витамина С – на 16%). Напротив, у других луков весьма значительно колебалось содержание аскорбиновой кислоты, состав-

ма зависит от экзогенных факторов (Golubkina et al., 2010). По нашим данным, суммарное содержание каротиноидов у исследованных луков сильно варьирует на индивидуальном уровне (рис. 3). Очевидно, что погодные условия мая 2017 г. благоприятствовали синтезу этих веществ, в то время как недостаток тепла и пересушивание в начале сезона 2018 г. оказали негативный эффект. В итоге содержание каротиноидов снизилось в 2–5 раз.

Данные по содержанию биологически активных веществ у видов *Allium* в фазе цветения сравнили с показателями, полученными для фазы потребительской спелости (Fomina, Kukushkina, 2019). Выявлено, что

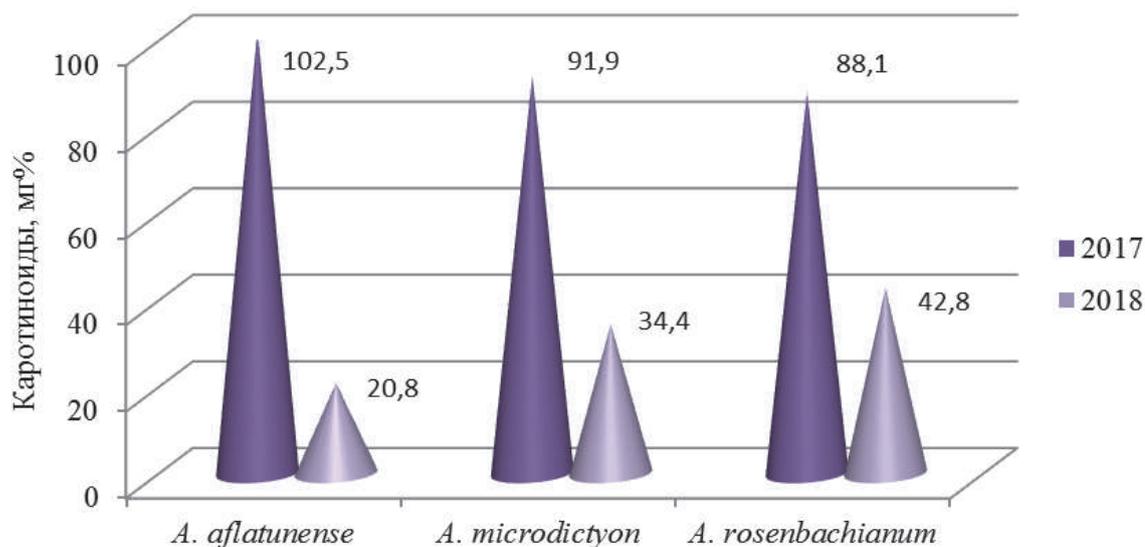


Рис. 3. Суммарное содержание каротиноидов в зеленой массе видов *Allium L.* в фазе цветения, мг% на абсолютно сухую массу (Новосибирск, 2017, 2018 г.)

Fig. 3. The total content of carotenoids in the green biomass of *Allium L.* in the flowering phase, mg% calculated on absolute dry weight (Novosibirsk, 2017, 2018)

количество сухих веществ у луков зависит главным образом от видовых особенностей. Концентрация флавонолов в период цветения снижается у центральноазиатских видов на 32–62%, танинов – на 43–69%. Для *A. microdictyon* эти значения невелики – 12% и 14% соответственно, что может рассматриваться в пользу более сбалансированного метаболизма у местного вида лука. Содержание пектиновых веществ и катехинов в зеленой массе цветущих растений возрастает. Синтез аскорбиновой кислоты, напротив, у всех видов снижается в широком диапазоне значений, но наибольшие отмечены у *A. microdictyon*. Накопление каротиноидов в благоприятных условиях 2017 г. происходило более интенсивно и не зависело от фазы развития луков, тогда как в 2018 г. оно снизилось в период цветения вдвое.

Заключение

Зеленая масса гемиземероидных луков в фазе цветения богата фенольными соединениями, общими сахарами, пектиновыми веществами, витаминами. Содержание и диапазон изменчивости накопления вторичных метаболитов обусловлены видовой спецификой, а также влиянием погодных условий вегетационного периода, особенно для аскорбиновой кислоты и каротиноидов. Среди исследованных луков местный вид *A. microdictyon* отличается более высоким содержанием сухих веществ, флавонолов и танинов, но в нем меньше аскорбиновой кислоты и сахаров. У центральноазиатских видов *A. aflatumense* и *A. rosenbachianum*, напротив, этих метаболитов накапливается больше, а последний вид сравнительно богаче катехинами. Полученные данные свидетельствуют о перспективах культивирования и дальнейшего изучения дикорастущих видов *Allium* как источника различных биоактивных соединений.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0312-2016-0003 по проекту «Выявление путей адаптации растений к контрастным условиям обитания на популяционном и организменном уровнях». При подготовке статьи использовались материалы Биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН, УНУ «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте», USU 440534.

The work was implemented within the framework of State Task No. 0312-2016-0003 under the Project "Identifying ways of plant adaptation to contrasting habitat conditions at the population and organism levels". In preparing the article, the materials of the Bioresource Scientific Collection of the Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, USU "Collections of Live Plants in Open and Protected Ground", USU 440534, were used.

References/Литература

- Belikov V.V., Shrayber M.S. Methods of analysis of flavonoid compounds (Metody analiza flavonoidnykh soedineniy). *Pharmacy*. 1970;(1):66-72. [in Russian] (Беликов В.В., Шрайбер М.С. Методы анализа флавоноидных соединений. *Фармация*. 1970;(1):66-72).
- Benkeblia N. Phenolic compounds of *Allium* species. *Bioscience*. 2007;1(3):135-140.
- Cheremushkina V.A., Dneprovsky Yu.M., Grankina V.P., Sudobina V.P. Rhizome onions of North Asia: Biology, ecology, introduction (Kornevishchnye luki Severnoy Azii: Biologiya, ekologiya, introduktsiya). Novosibirsk: Nauka; 1992. [in Russian] (Черемушкина В.А., Днепровский Ю.М., Гранкина В.П., Судобина В.П. Корневищные луки Северной Азии: Биология, экология, интродукция. Новосибирск: Наука; 1992).

- Ermakov A.I. (ed.). Methods of biochemical research on plants (Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy). Leningrad: Agropromizdat; 1987. [in Russian] (Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. Ленинград: Агропромиздат; 1987).
- Fedoseeva L.M. An assay of tannic substances in underground and aboveground vegetative organs of leather bergenia (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitch) native of Altai (Izucheniye dubilnykh veshchestv podzemnykh i nadzemnykh vegetativnykh organov badana tolstolistogo (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitch), proizrastayushchego na Altaye). *Chemistry of Plant Raw Materials*. 2005;(2):45-50. [in Russian] (Федосеева Л.М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitch.), произрастающего на Алтае. *Химия растительного сырья*. 2005;(2):45-50).
- Fomina T.I., Kukushkina T.A. Content of biologically active substances in the aboveground part of some onion species (*Allium* L.). *Chemistry of Plant Raw Materials*. 2019;(3):177-184. [in Russian] (Фомина Т.И., Кукушкина Т.А. Содержание биологически активных веществ в надземной части некоторых видов лука (*Allium* L.). *Химия растительного сырья*. 2019;(3):177-184). DOI: 10.14258/jcprm.2019034842
- Golubev F.V., Golubkina N.A., Gorbunov Yu.N. Mineral composition of wild onions and their nutritional value. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2003a;39(5):532-535. DOI: 10.1023/A:1025465106772
- Golubev F.V., Gorbunov Yu.N., Safronova L.M. Dynamics of sugar accumulation in some species of the genus *Allium* within the area of Moscow Province (Dinamika nakopleniya sakharov u nekotorykh vidov roda *Allium* v Podmoskovye). *Bulletin Main Botanical Garden*. 2003b;(185):184-188. [in Russian] (Голубев Ф.В., Горбунов Ю.Н., Сафронова Л.М. Динамика накопления сахаров у некоторых видов рода *Allium* в Подмосковье. *Бюллетень Главного ботанического сада*. 2003b;(185):184-188).
- Golubkina N.A., Sirota S.M., Pivovarov V.F., Yashin A. Ya., Yashin Ya.I. Bioactive compounds in vegetables (Biologicheski aktivnye soyedineniya ovoshchey). Moscow: VNISSOK; 2010. [in Russian] (Голубкина Н.А., Сирота С.М., Пивоваров В.Ф., Яшин А.Я., Яшин Я.И. Биологически активные соединения овощей. Москва: ВНИИССОК; 2010).
- Ishankulova B.A., Halilova Sh.N. Significance of the *Allium rosenbachianum* (Siyohalaf) and the *Allium giant* [*giganteum*¹] Regel (Mokhdil) in improving population health. *Avicenna Bulletin*. 2017;19(1):109-112. [in Russian] (Ишанкулова Б.А., Халилова Ш.Н. Значение лука Розенбаха (сиехалаф) и лука гигантского Регеля (мохдил) в укреплении здоровья населения. *Вестник Авиценны*. 2017;19(1):109-112). DOI: 10.25005/2074-0581-2017-19-1-109-112
- Ivanova M.I., Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R., Kashleva A.I., Seredin T.M. et al. The biochemical composition of *Allium* L. leaves under the environmental conditions of the Moscow region. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2019;33(5):47-50. [in Russian] (Иванова М.И., Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р., Кашлева А.И., Середин Т.М. и др. Биохимический состав листьев видов *Allium* L. в условиях Московской области. *Достижения науки и техники АПК*. 2019;33(5):47-50). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10511
- Kazakova A.A. *Allium*. In: P.M. Zhukovsky, O.N. Korovina (eds). *Flora of cultivated plants. Vol. 10*. Leningrad; 1978. [in Russian] (Казакова А.А. Лук. В кн.: *Культурная флора СССР. Т. 1* / под ред. П.М. Жуковского, О.Н. Коровиной. Ленинград; 1978).
- Kriventsov V.I. Noncarbazole method of quantitative spectrophotometric determination of pectic substances (Beskarbazolny metod kolichestvennogo spektrofotometricheskogo opredeleniya pektinovykh veshchestv). *Bulletin of the State Nikita Botanical Gardens*. 1989;(109):128-137. [in Russian] (Кривенцов В.И. Бескарбазольный метод количественного спектрофотометрического определения пектиновых веществ. *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 1989;(109):128-137).
- Kukushkina T.A., Zykov A.A., Obukhova L.A. Lady's mantle (*Alchemilla vulgaris* L.) as a source of the medicinal preparations. In: V.G. Makarov (ed.). *Actual problems of creation of new medicinal preparations of natural origin. Proceedings of the 7th International Congress Phytopharm-2003; July 3-5, 2003, St. Petersburg*. St. Petersburg: Phytopharm; 2003. p.64-69. [in Russian] (Кукушкина Т.А., Зыков А.А., Обухова Л.А. Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.) как источник лекарственных средств: Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения. В кн.: *Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения. Материалы VII Международного съезда Фитофарм-2003, Санкт-Петербург, 03-05 июля 2003 г.* / под ред. В.Г. Макарова. Санкт-Петербург: Фитофарм; 2003. С.64-69).
- Lanzotti V. Bioactive saponins from *Allium* and *Aster* plants. *Phytochemistry Reviews*. 2005;4(2):95-110. DOI: 10.1007/s11101-005-1254-1
- Ludilov V.A., Ivanova M.I. Rare and underutilized vegetable crops (biology, cultivation, seed production): production and practice oriented publication (Redkiye i malorasprostrannyye ovoshchnye kultury (biologiya, vyrashchivaniye, semenovodstvo): proizvodstvenno-prakticheskoye izdaniye). Moscow: Rosinformagrotekh; 2009. [in Russian] (Лудиллов В.А., Иванова М.И. Редкие и малораспространенные овощные культуры (биология, выращивание, семеноводство): производственно-практическое издание. Москва: Росинформагротех; 2009).
- Minaeva V.G. Flavonoids in plant ontogenesis and their practical use (Flavonoidy v ontogeneze rasteniy i ikh prakticheskoye ispolzovaniye). Novosibirsk: Nauka; 1978. [in Russian] (Минаева В.Г. Флавоноиды в онтогенезе растений и их практическое использование. Новосибирск: Наука; 1978).
- Moriarty R.M., Naithani R., Surve B. Organosulfur compounds in cancer chemoprevention. *Mini-Reviews in Medical Chemistry*. 2007;7(8):827-838. DOI: 10.2174/138955707781387939
- Ovodov Yu.S. Current views on pectin substances. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*. 2009;35(3):293-310. [in Russian] (Оводов Ю.С. Современные представления о пектиновых веществах. *Биоорганическая химия*. 2009;35(3):293-310). DOI: 10.1134/S1068162009030017
- Perezhogina V.V., Krivchenko V.I., Solovyeva A.E., Shumilina V.V., Pogromsky Yu.V. Studying and keeping alive

1 Правильный видовой эпитет приведен редакцией журнала

- the world collection of onions and garlic: guidelines (Izucheniye i podderzhaniye v zhivom vide mirovoy kollektzii luka i chesnoka: metodicheskiye ukazaniya). St. Petersburg: VIR; 2005. [in Russian] (Пережогина В.В., Кривченко В.И., Соловьева А.Е., Шумилина В.В., Погромский Ю.В. Изучение и поддержание в живом виде мировой коллекции лука и чеснока: методические указания. Санкт-Петербург: ВИР; 2005).
- Rose P., Whiteman M., Moore P.K., Zhu Y.Z. Bioactive S-alk(en)yl cysteine sulfoxide metabolites in the genus *Allium*: the chemistry of potential therapeutic agents. *Natural Product Reports*. 2005;22(3):351-368. DOI: 10.1039/b417639c
- Seredin T.M., Agafonov A.F., Gerasimova L.I. Biodiversity of onion crops: Aflatuskiy onion (*Allium aflatunense* B. Fedtsch.), composition of elements. *Vegetable Crops of Russia*. 2016;(2):72-73. [in Russian] (Середин Т.М., Агафонов А.Ф., Герасимова Л.И. Биоразнообразие луковых культур: лук афлатунский (*Allium aflatunense* B. Fedtsch.), элементный состав. *Овощи России*. 2016;(2):72-73). DOI: 10.18619/2072-9146-2016-2-72-73
- Shirshova T.I., Beshley I.V., Matistov N.V. Representatives of *Allium* genus as a perspective source of biologically active substances and micronutrients. *Vestnik Instituta biologii Komi NC UrO RAN = Bulletin of the Biology Institute of the Komi Scientific Center, Ural Branch of the RAS*. 2011;10-11:15-21. [in Russian] (Ширшова Т.И., Бешлей И.В., Матистов Н.В. Представители рода *Allium* как перспективный источник биологически активных веществ и микронутриентов. *Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН*. 2011;10-11:15-21).
- Tukhvatullina L.A., Abramova L.M. Leaves biochemical composition in wild species of onion in Republic of Bashkortostan. *Agricultural Biology*. 2012;(3):109-113. [in Russian] (Тухватуллина Л.А., Абрамова Л.М. Биохимический состав листьев у дикорастущих видов лука в Республике Башкортостан. *Сельскохозяйственная биология*. 2012;(3):109-113). DOI: 10.15389/agrobiology.2012.3.109rus

Прозрачность финансовой деятельности / The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The authors declare the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования / How to cite this article

Фомина Т.И., Кукушкина Т.А. Биологически активные вещества надземной части гемизфемероидных луков (*Allium* L.). Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020;181(4):37-43. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-37-43

Fomina T.I., Kukushkina T.A. Bioactive compounds in the above-ground part of hemizyphemeroid onions (*Allium* L.). Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2020;181(4):37-43. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-37-43

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы / The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация / Additional information

Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-37-43>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Авторы одобрили рукопись / The authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует / No conflict of interest

ORCID

Fomina T.I. <https://orcid.org/0000-0003-4724-2480>

Kukushkina T.A. <https://orcid.org/0000-0002-7235-9667>