

Содержание биологически активных веществ в зеленой массе многолетних луков (*Allium* L.)

Т. А. Кукушкина¹, Т. И. Фомина¹✉

¹ Центральный сибирский ботанический сад, Новосибирск, Россия

✉ E-mail: fomina-ti@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – определить содержание основных групп биологически активных веществ в зеленой массе 8 видов многолетних луков (*Allium* L.) в фазе цветения. **Методы.** Исследовали свежесобранное сырье – листья и цветочные стрелки *A. altaicum* Pall., *A. flavum* L., *A. nutans* L., *A. obliquum* L., *A. ramosum* L., *A. schoenoprasum* L., *A. senescens* L. var. *glaucum* Regel и *A. strictum* Schrader. Использовали общепринятые методы фитохимического анализа. Содержание сухих веществ определяли высушиванием 1 г сырья при 100–105 °С до постоянной массы. Количество фенольных соединений, пектиновых веществ, общих сахаров и каротиноидов определяли спектрофотометрически, содержание аскорбиновой кислоты проводили титриметрическим методом. Все биохимические показатели, кроме аскорбиновой кислоты, определены на массу абсолютно сухого сырья. **Результаты.** Установлено, что в зеленой массе цветущих растений луков содержится сухих веществ – до 28,3 %, флавонолов – до 1,8 %, танинов – до 6,3 %, пектиновых веществ – до 14,7 %, общих сахаров – до 42,9 %, аскорбиновой кислоты – до 105,4 мг%, каротиноидов – до 43,8 мг%. Содержание катехинов незначительное, на уровне 0,05–0,19 %. Наиболее высоким содержанием основных групп биологически активных веществ отличаются *A. flavum* и *A. obliquum*, а сравнительно низким – *A. ramosum* и *A. senescens* var. *glaucum*. **Научная новизна.** Количественное содержание катехинов, танинов, пектиновых веществ и каротиноидов определено у исследованных видов лука впервые. Полученные данные свидетельствуют о перспективности дикорастущих луков в качестве источника различных биоактивных соединений.

Ключевые слова: *Allium*, многолетние луки, биологически активные вещества, зеленая масса, цветение.

Для цитирования: Кукушкина Т. А., Фомина Т. И. Содержание биологически активных веществ в зеленой массе многолетних луков (*Allium* L.) // Аграрный вестник Урала. 2021. № 04 (207). С. 85–92. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-85-92.

Дата поступления статьи: 19.02.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Представители рода лук (*Allium* L.) с древних времен используются во всем мире как овощи, приправы и специи, а также в качестве лечебных средств в народной и традиционной медицине. Пищевая ценность луков обусловлена высоким содержанием углеводов, азотистых веществ, витаминов, минеральных солей и микроэлементов [1], [2]. Лечебно-профилактические свойства луков связаны с присутствием во всех органах различных групп биоактивных соединений: тиосульфидов, сапонинов, полифенолов, пищевых волокон, которые оказывают на организм человека выраженное и разностороннее воздействие [3–5]. Общеизвестны антимикробные, антифунгальные, противогельминтные свойства луков, тогда как современными исследованиями доказана их роль в защите от хронических заболеваний, вызванных окислительным стрессом [6–9]. Благодаря антиоксидантному эффекту луки могут использоваться также в пищевом производстве в качестве сырья для получения добавок, которые способствуют удлинению сроков хранения жиросодержащих продуктов [10]. Многие виды лука используются как декоративные растения [11].

Особый интерес для потребления в пищу представляют многолетние, в том числе дикорастущие луки. Они зимостойки, отрастают весной вскоре после схода снега и служат источником ранней витаминной зелени. Сочетание разных видов лука, отличающихся темпами сезонного развития, обеспечивает непрерывный конвейер в весенне-раннелетний период. Кроме того, многолетние луки весьма различаются по биохимическим показателям, что позволяет сбалансировать рацион питания путем потребления растений разных видов [12].

В фитохимическом отношении большинство дикорастущих видов *Allium* до сих пор слабо изучены, литературных сведений о количественном содержании и динамике вторичных метаболитов в различных органах луков недостаточно. Притом доступные данные по количественному содержанию биоактивных веществ в этих растениях значительно расходятся, что обусловлено происхождением материала, условиями выращивания, а также методами анализа сырья. Поэтому привлечение дикорастущих луков в коллекции способствует расширению исследований с перспективами введения в культуру как пищевых и лекарственных растений, сохранению их генофонда [13], [14].

Цель настоящего исследования – определить содержание основных групп биологически активных веществ в зеленой массе 8 видов многолетних луков (*Allium* L.) в фазе цветения.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследование выполнено в коллекции декоративных видов природной флоры Центрального сибирского ботанического сада (ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск). Объектами послужили 8 видов рода *Allium*: *A. altaicum* Pall., *A. flavum* L., *A. nutans* L., *A. obliquum* L., *A. ramosum* L., *A. schoenoprasum* L., *A. senescens* L. var. *glaucum* Regel и *A. strictum* Schrader. Луки выращиваются на открытом участке с естественным увлажнением, при посадке вносятся торфо-минеральная смесь, в течение сезона проводятся регулярные прополки и рыхление почвы в междурядьях (рис. 1).

Для фитохимического анализа 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 условиях западносибирской лесостепи изученные виды длительно вегетируют, большинство зацветают во второй половине июня, *A. flavum* – в середине июля, *A. nutans* – в начале августа. В связи с одновременностью наступления фазы цветения сбор сырья проводили в несколько этапов.

Содержание основных групп биоактивных веществ определяли с помощью общепринятых методов фитохимического анализа. Количество сухих веществ определяли однократно высушиванием 1 г сырья при 100–105 °С до постоянной массы. Количество фенольных соединений, пектиновых веществ, общих сахаров определяли в этанольных экстрактах спектрофотометрически на приборах СФ-56 (Россия) и СФ Agilent 8453 (США).

Определение катехинов основано на их способности давать малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте. Плотность раствора измеряли при длине волны 504 нм; содержание катехинов в пробе определяли по калибровочной кривой, построенной по (\pm)-катехину Sigma C-1788 (США). Количество флавонолов определяли по методу, основанному на реакции комплексообразования флавонолов с хлоридом алюминия. Плотность раствора измеряли при длине волны 415 нм; концентрацию флавонолов определяли по калибровочному графику, построенному по рутину. Содержание танинов (гидролизуемых дубильных веществ) устанавливали с использованием 2-процентного водного раствора аммония молибденовокислого. Интенсивность полученной окраски измеряли при длине волны 420 нм, расчет дубильных веществ производили по ГСО танина.

Для определения количества сахаров использовали метод, основанный на восстановлении феррицианида калия редуцирующими сахарами в щелочной среде до ферроцианида. Последний в присутствии желатина образует с сернокислым железом устойчивую синюю окраску, интенсивность которой измеряли при длине волны 690 нм. Количество сахаров определяли по калибровочному графику, построенному по глюкозе. Содержание пектиновых веществ (пектинов и протопектинов) устанавливали бес-

карбазольным методом, основанным на получении специфического желто-оранжевого окрашивания уроновых кислот с тимолом в сернокислой среде. Для получения воспроизводимых результатов из сырья удаляли сахара. Плотность растворов измеряли при длине волны 480 нм; количество пектиновых веществ определяли по калибровочной кривой, построенной по галактурановой кислоте.

Суммарное содержание каротиноидов определяли в ацетоново-этанольном экстракте спектрофотометрическим методом. Оптическую плотность раствора измеряли при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения хлорофиллов *a* (662 нм) и *b* (644 нм), каротиноидов (440,5 нм). Расчет концентрации пигментов проводили по формулам: $Ca + Cb = 5,134D662 + 20,436D644$; $Скар = 4,695D440,5 - 0,268(Ca + Cb)$. Концентрацию в пробах аскорбиновой кислоты определяли титриметрическим методом с использованием реакции Тильманса.

Все биохимические показатели, кроме аскорбиновой кислоты, рассчитаны на массу абсолютно сухого сырья. По каждому показателю, кроме сухих веществ, приведено среднее значение из трех параллельных определений.

Результаты (Results)

При оценке питательной ценности луков обычно определяют содержание сухих веществ, каротина, сахаров, аскорбиновой кислоты, макро- и микроэлементов. Нами впервые у представителей *Allium* определено содержание катехинов, танинов, пектиновых веществ, каротиноидов, а также получены данные по содержанию сухих веществ, флавонолов и общих сахаров в зеленой массе цветущих растений луков.

Установлено, что количество сухих веществ варьирует в широком диапазоне значений – от 9,0 % до 28,3 % при наибольших показателях у *A. flavum* и *A. strictum* (таблица 1). Виды с крупными, сочными листьями и стрелками (*A. altaicum*, *A. nutans*) отличаются пониженным содержанием сухих веществ. Для луков приводятся значения в пределах 9–19 % сухих веществ в зеленой массе, при этом основную их часть составляют углеводы [12], [15], [16].

При изучении биологической активности луков первостепенную роль отводят фенольным соединениям. Эти вещества активно участвуют в метаболизме растений как регуляторы роста, развития и репродукции, обеспечивая адаптацию видов к условиям произрастания. На организм человека они оказывают антиоксидантное и противовоспалительное действия [5]. Показано, что содержание полифенолов и уровень антиоксидантной активности растений *Allium* сильно коррелируют [6].

Нами определено содержание катехинов, флавонолов и танинов. Выявлено незначительное содержание катехинов у луков, на уровне 0,05–0,19 %. Количество флавонолов варьирует в пределах 0,2–1,8 % с большими значениями для *A. flavum* и *A. strictum*. Сравнительно бедна флавонолами надземная часть *A. ramosum*, *A. senescens* var. *glaucum* и *A. schoenoprasum*. Зеленая масса всех исследованных видов отличается высоким содержанием танинов – до 6,3 %. Содержание фенольных соединений колеблется по годам, но разнонаправленно и в различном диапазоне варьирования (20–70 % для флавонолов, 7–73 % для танинов), отражая неодинаковую реакцию видов на комплекс внешних факторов.



a)



b)



c)



d)

Рис. 1. Виды *Allium* в коллекции Центрального сибирского ботанического сада:
 a) *A. Nutans*; b) *A. altaicum* (B); c) *A. Strictum*; d) *A. schoenoprasum*
 Fig. 1. *Allium* species in the collection of the Central Siberian Botanical Garden: a) *A. Nutans*;
 b) *A. altaicum* (B); c) *A. Strictum*; d) *A. schoenoprasum*

Большое значение для здорового питания человека имеют пектиновые вещества, присутствующие в клеточных стенках растений и относящиеся к группе пищевых волокон. Они проявляют гастропротективное и антиканцерогенное действия, снижают уровень холестерина и сахара в крови, положительно влияют на организм как пребиотики. У растений эти метаболиты выполняют роль основных структурно-функциональных компонентов, а также участвуют в формировании засухо- и холодоустойчивости. Концентрация пектиновых веществ (пектинов и протопектинов) в зеленой массе луков существенно варьирует – от 5,9 % до 14,7 %, с наибольшими значениями для *A. altaicum* и *A. flavum*. Индивидуальная изменчивость показателя, как правило, невысокая.

Биохимический анализ луков показал, что их зелень богата сахарами. Исследованные виды сильно различаются по сахаристости (рис. 2). Наибольшее значение показателя (до 42,9 %) определено для *A. altaicum*. Пониженным содержанием сахаров (на уровне 6–8 %) отличаются *A. flavum* и *A. strictum*. У остальных видов их количество колеблется в пределах 12–25 %. Полученные нами значения, как правило, ниже для 2018 г., который характеризовался холодным, избыточно влажным началом сезона (среднемесячная температура мая – 7 °С, месячная сумма осадков – 82 мм при норме 10,3 °С и 36 мм). Накопление сахаров в листьях также зависит от фазы развития, снижаясь в период цветения [17].

Таблица 1
Содержание биоактивных веществ в зеленой массе видов *Allium* в фазе цветения, 2017–2018 гг.

Вид	Сухие вещества	Катехины	Флавонолы	Танины	Пектиновые вещества
<i>A. altaicum</i>	9,0 ± 0,2	98,6 ± 1,5	0,78 ± 0,02	5,5 ± 0,2	13,9 ± 0,3
	10,3 ± 0,2	83,3 ± 0,9	0,97 ± 0,02	1,8 ± 0,1	11,7 ± 0,3
<i>A. flavum</i>	28,3 ± 0,4	73,2 ± 1,1	1,80 ± 0,06	2,8 ± 0,1	9,2 ± 0,2
	27,6 ± 0,4	45,4 ± 0,4	1,20 ± 0,03	2,3 ± 0,1	14,7 ± 0,4
<i>A. nutans</i>	11,0 ± 0,2	60,0 ± 1,4	0,95 ± 0,03	3,6 ± 0,1	7,7 ± 0,1
	10,0 ± 0,2	87,1 ± 0,9	0,76 ± 0,03	6,3 ± 0,2	7,7 ± 0,2
<i>A. obliquum</i>	11,7 ± 0,3	43,4 ± 0,7	1,11 ± 0,04	5,7 ± 0,2	9,0 ± 0,1
	11,9 ± 0,2	110,8 ± 2,4	0,78 ± 0,02	3,3 ± 0,1	9,5 ± 0,2
<i>A. ramosum</i>	17,5 ± 0,3	83,6 ± 0,5	0,63 ± 0,01	3,7 ± 0,1	5,9 ± 0,1
	18,6 ± 0,4	87,1 ± 0,6	0,19 ± 0,01	2,7 ± 0,1	6,1 ± 0,1
<i>A. schoenoprasum</i>	16,0 ± 0,3	58,3 ± 1,0	0,72 ± 0,01	4,8 ± 0,1	7,0 ± 0,2
	14,5 ± 0,3	78,1 ± 0,5	0,41 ± 0,01	5,1 ± 0,2	5,9 ± 0,2
<i>A. senescens</i> var. <i>glaucum</i>	12,0 ± 0,2	92,3 ± 1,1	0,57 ± 0,01	5,1 ± 0,2	6,8 ± 0,1
	14,9 ± 0,3	194,6 ± 3,8	0,32 ± 0,01	3,0 ± 0,1	7,4 ± 0,3
<i>A. strictum</i>	25,5 ± 0,5	54,1 ± 1,5	1,33 ± 0,01	3,7 ± 0,1	6,8 ± 0,1

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

Table 1
The content of bioactive substances in the green biomass of *Allium* during the flowering phase, 2017–2018

Species	Dry matter	Catechins	Flavonols	Tannins	Pectic substances
<i>A. altaicum</i>	9.0 ± 0.2	98.6 ± 1.5	0.78 ± 0.02	5.5 ± 0.2	13.9 ± 0.3
	10.3 ± 0.2	83.3 ± 0.9	0.97 ± 0.02	1.8 ± 0.1	11.7 ± 0.3
<i>A. flavum</i>	28.3 ± 0.4	73.2 ± 1.1	1.80 ± 0.06	2.8 ± 0.1	9.2 ± 0.2
	27.6 ± 0.4	45.4 ± 0.4	1.20 ± 0.03	2.3 ± 0.1	14.7 ± 0.4
<i>A. nutans</i>	11.0 ± 0.2	60.0 ± 1.4	0.95 ± 0.03	3.6 ± 0.1	7.7 ± 0.1
	10.0 ± 0.2	87.1 ± 0.9	0.76 ± 0.03	6.3 ± 0.2	7.7 ± 0.2
<i>A. obliquum</i>	11.7 ± 0.3	43.4 ± 0.7	1.11 ± 0.04	5.7 ± 0.2	9.0 ± 0.1
	11.9 ± 0.2	110.8 ± 2.4	0.78 ± 0.02	3.3 ± 0.1	9.5 ± 0.2
<i>A. ramosum</i>	17.5 ± 0.3	83.6 ± 0.5	0.63 ± 0.01	3.7 ± 0.1	5.9 ± 0.1
	18.6 ± 0.4	87.1 ± 0.6	0.19 ± 0.01	2.7 ± 0.1	6.1 ± 0.1
<i>A. schoenoprasum</i>	16.0 ± 0.3	58.3 ± 1.0	0.72 ± 0.01	4.8 ± 0.1	7.0 ± 0.2
	14.5 ± 0.3	78.1 ± 0.5	0.41 ± 0.01	5.1 ± 0.2	5.9 ± 0.2
<i>A. senescens</i> var. <i>glaucum</i>	12.0 ± 0.2	92.3 ± 1.1	0.57 ± 0.01	5.1 ± 0.2	6.8 ± 0.1
	14.9 ± 0.3	194.6 ± 3.8	0.32 ± 0.01	3.0 ± 0.1	7.4 ± 0.3
<i>A. strictum</i>	25.5 ± 0.5	54.1 ± 1.5	1.33 ± 0.01	3.7 ± 0.1	6.8 ± 0.1

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, and for *A. strictum* – the data of 2017.

Луки относятся к числу ценных витаминосных растений, особенно по содержанию аскорбиновой кислоты. Считается, что антиоксидантные свойства природных фенольных соединений проявляются при взаимодействии с аскорбиновой кислотой. В то же время их присутствие способствует сохранению витамина С в продуктах питания и накоплению его в организме человека. В литературе отмечаются существенные колебания показателя в течение вегетационного периода, с максимальными значениями для молодых листьев и фазы стрелкования и их снижением до 1,5–2 раз в фазе цветения. Именующиеся сведения противоречивы. Например, в условиях Московской области, по одним данным [16], количество аскорбиновой кислоты в листьях многолетних луков весной составляло 119,4–131,8 мг% на сырую массу. Таким образом, при высоких значениях показателя его межвидовая вариабельность была низкой. Другими авторами [15] в листьях многолетних луков определено содержание витамина С на уровне 568–9980 мг% на сухую массу при огромных межвидовых различиях.

У исследованных нами луков его содержание варьирует в диапазоне 35–65 мг%, лишь у *A. strictum* существенно выше – 105,4 мг% (рис. 3). Как следует из представленных данных, уровень синтеза аскорбиновой кислоты в фазу цветения не очень высокий и различается по годам исследования, но у большинства видов незначительно.

Витаминная ценность луков также связана с присутствием в зеленой массе каротиноидов. В растениях они выступают участниками процессов фотосинтеза и фактором защиты от интенсивной инсоляции. По отношению к организму человека известно, что эта группа соединений обладает высокой антиоксидантной и антиканцерогенной активностью и при этом не вызывает гипервитаминоза. Интенсивность накопления каротиноидов весьма зависит от фазы развития растений, их локализации – наибольшая отмечена в листьях [4], а также от внешних условий, что подтверждается нашими данными (рис. 4). Максимальные значения получены для *A. flavum* (43,8 мг%) и *A. obliquum* (35,2 мг%) на фоне погодных условий 2017 г., более благоприятных для синтеза каротиноидов.

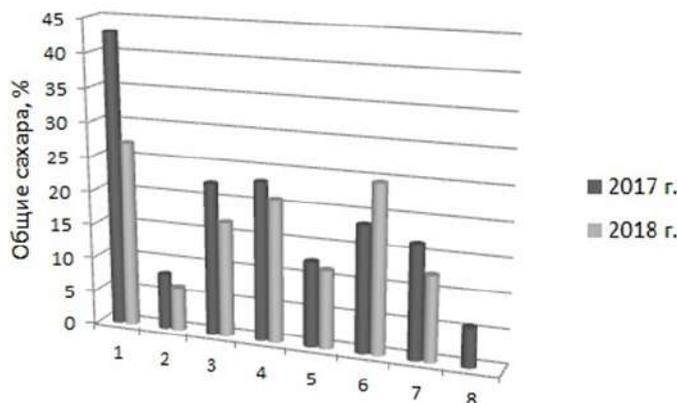


Рис. 2. Содержание общих сахаров в зеленой массе видов *Allium* в фазе цветения:

1 – *A. altaicum*, 2 – *A. flavum*, 3 – *A. nutans*, 4 – *A. obliquum*, 5 – *A. ramosum*, 6 – *A. schoenoprasum*, 7 – *A. senescens var. glaucum*, 8 – *A. strictum*

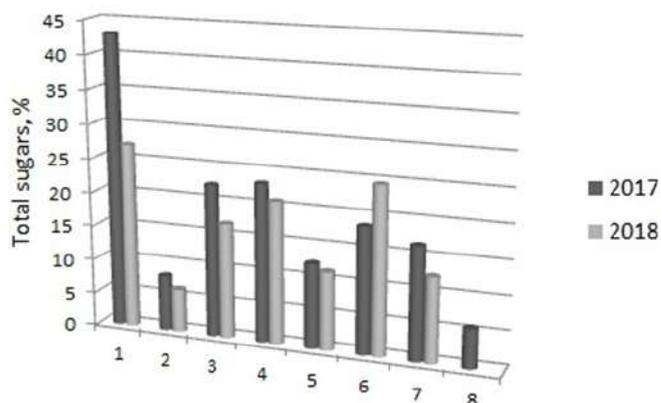


Fig. 2. The content of total sugars in the green biomass of *Allium* during the flowering phase:

1 – *A. altaicum*, 2 – *A. flavum*, 3 – *A. nutans*, 4 – *A. obliquum*, 5 – *A. ramosum*, 6 – *A. schoenoprasum*, 7 – *A. senescens var. glaucum*, 8 – *A. strictum*

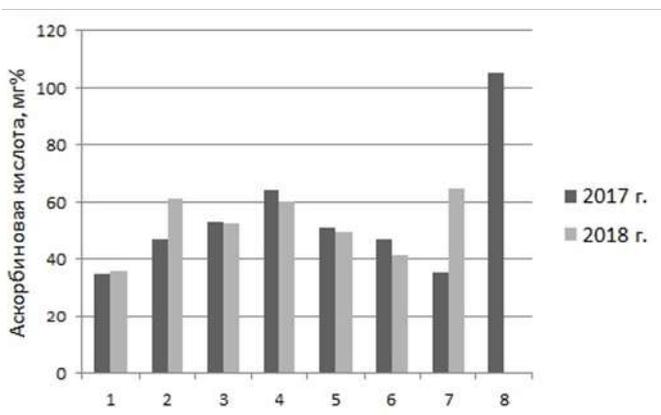


Рис. 3. Содержание аскорбиновой кислоты в листьях и стрелках видов *Allium*:

1 – *A. altaicum*, 2 – *A. flavum*, 3 – *A. nutans*, 4 – *A. obliquum*, 5 – *A. ramosum*, 6 – *A. schoenoprasum*, 7 – *A. senescens var. glaucum*, 8 – *A. strictum*

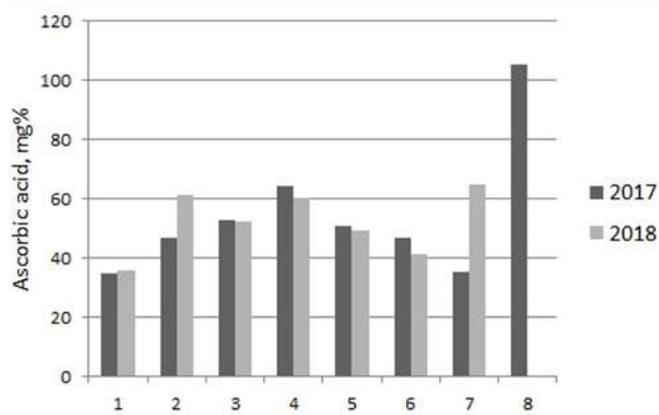


Fig. 3. Ascorbic acid content in the leaves and scapes of *Allium*:

1 – *A. altaicum*, 2 – *A. flavum*, 3 – *A. nutans*, 4 – *A. obliquum*, 5 – *A. ramosum*, 6 – *A. schoenoprasum*, 7 – *A. senescens var. glaucum*, 8 – *A. strictum*

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Фитохимическое исследование зеленой массы многолетних луков в фазе цветения показало, что эти растения сравнительно богаты биоактивными веществами. Количество фенольных соединений (катехинов, флавонолов, танинов) составляет 2,88–7,19 %. По содержанию сахаров, во многом определяющим вкусовые достоинства луков, для большинства видов установлены высокие значения, на уровне 12–25 %. Питательные свойства луков также связаны с содержанием 5,9–14,7 % пектиновых веществ. Витаминная ценность зелени луков обусловлена содержанием аскорбиновой кислоты (в основном 35–65 мг %) и каротиноидов (до 43,8 мг %). Количество сухих веществ варьирует от 9,0 % до 28,3 %.

Индивидуальная вариабельность биохимических показателей (диапазон и направленность) весьма различается, отражая видовую специфику реакции луков на комплекс внешних условий вегетационного периода. Накопление сахаров и каротиноидов, как правило, проходило более интенсивно в благоприятных условиях сезона 2017 г. Содержание сухих и пектиновых веществ отличалось меньшей индивидуальной изменчивостью.

Выявлена значительная вариабельность содержания биоактивных веществ на межвидовом уровне. Среди исследованных видов *A. flavum* отличается наибольшим содержанием в листьях и стрелках сухих веществ, флавонолов, пектиновых веществ, каротиноидов, но в них мало танинов и сахаров. Зеленая масса цветущих растений *A. strictum* богата сухими веществами и витамином С, при этом сравнительно бедна по содержанию остальных групп вторичных метаболитов. *A. altaicum* содержит много сахаров, пектиновых веществ, танинов, а по количеству сухих веществ и аскорбиновой кислоты уступает другим видам. Из исследованных луков *A. ramosum* и *A. senescens var. glaucum* аккумулируют в фазе цветения заметно меньше биоактивных веществ. *A. obliquum*, *A. nutans* и *A. schoenoprasum* характеризуются средними значениями большинства показателей, при этом *A. obliquum* выделяется устойчиво высоким содержанием каротиноидов.

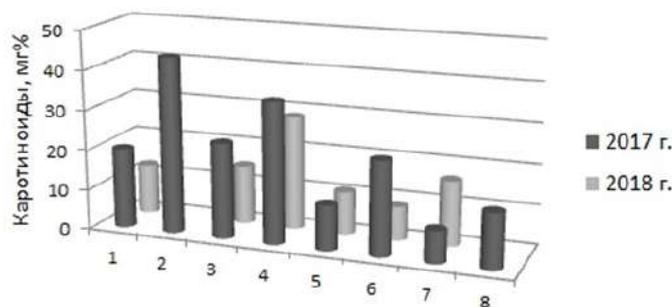


Рис. 4. Суммарное содержание каротиноидов в зеленой массе видов *Allium* в фазе цветения:

1 – *A. altaicum*, 2 – *A. flavum*, 3 – *A. nutans*, 4 – *A. obliquum*, 5 – *A. ramosum*, 6 – *A. schoenoprasum*, 7 – *A. senescens var. glaucum*, 8 – *A. strictum*

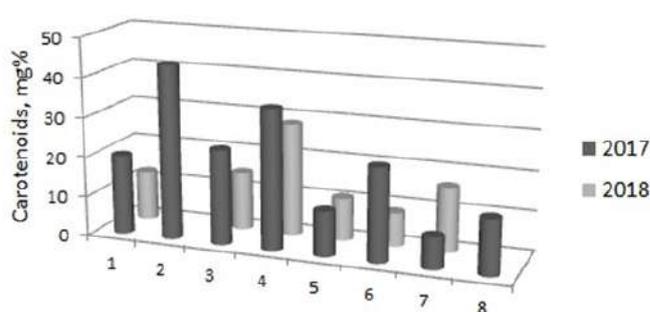


Fig. 4. Total carotenoids content in the green biomass of *Allium* during the flowering phase:

1 – *A. altaicum*, 2 – *A. flavum*, 3 – *A. nutans*, 4 – *A. obliquum*, 5 – *A. ramosum*, 6 – *A. schoenoprasum*, 7 – *A. senescens var. glaucum*, 8 – *A. strictum*

Таким образом, дикорастущие виды луков перспективны для культивирования с целью сохранения биоразнообразия, потребления для здорового питания, а также как источник различных биологически активных веществ. Формирование в условиях интродукции родового комплекса *Allium* позволяет комплексно подходить к исследованию полезных свойств многолетних луков и их рациональному использованию в качестве ценных ресурсных растений.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследование выполнено в рамках государственного задания по проекту АААА-А21-121011290025-2 «Оценка морфогенетического потенциала популяций растений Северной Азии экспериментальными методами». При подготовке статьи использовались материалы Биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН, УНУ «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте», USU 440534.

Библиографический список

1. Тухватуллина Л. А., Абрамова Л. М. Биология и биохимия некоторых луков в башкирском Предуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (59). С. 185–188.
2. Голубев Ф. В., Голубкина Н. А. Дифференциация растений рода *Allium* L. по отношению к микроэлементам // Биогеохимия – научная основа устойчивого развития и сохранения здоровья человека: труды XI Международной биогеохимической школы. Тула, 2019. С. 28–32.
3. Upadhyay R. K. Nutritional and therapeutic potential of *Allium* vegetables // Journal of Nutritional Therapeutics. 2017. Vol. 6. No. 1. Pp. 18–37.
4. Lachowicz S., Oszmiański J., Wiśniewski R. Determination of triterpenoids, carotenoids, chlorophylls, and antioxidant capacity in *Allium ursinum* L. at different times of harvesting and anatomical parts [Электронный ресурс] // European Food Research and Technology. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-018-3042-3> (дата обращения: 22.01.2021). DOI: 10.1007/s00217-018-3042-3.
5. Kothari D., Lee W. D., Kim S. K. *Allium* flavonols: health benefits, molecular targets, and bioavailability // Antioxidants (Basel). 2020. Vol. 9 (9). P. 888. DOI: 10.3390/antiox9090888.
6. Lenková M., Bystrická J., Tóth T., Hrstková M. Evaluation and comparison of the content of total polyphenols and antioxidant activity of selected species of the genus *Allium* // Journal of Central European Agriculture. 2016. Vol. 17. No. 4. Pp. 1119–1133. DOI: 10.5513/JCEA01/17.4.1820.
7. Sobolewska D., Michalska K., Podolak I., Grabowska K. Steroidal saponins from the genus *Allium* // Phytochemistry Reviews. 2016. Vol. 15. Pp. 1–35. DOI: 10.1007/s11101-014-9381-1.
8. Beretta H. V., Bannoud F., Insani M., Berli F., Hirschegger P., Galmarini C. R., Cavagnaro P. F. Relationships between bioactive compound content and the antiplatelet and antioxidant activities of six *Allium* vegetable species // Food Technology and Biotechnology. 2017. Vol. 55. No. 2. Pp. 266–275. DOI: 10.17113/ftb.55.02.17.4722.
9. Asemani Y., Zamani N., Bayat M., Amirghofran Z. *Allium* vegetables for possible future of cancer treatment // Phytotherapy Research. 2019. Vol. 33. No. 8. Pp. 1–21. DOI: 10.1002/ptr.6490.
10. Баженова Б. А., Егорова Р. А., Забалуева Ю. Ю., Бурханова А. Г. Состав и антиоксидантная активность лука угловатого (*Allium angulosum* L.), произрастающего в Прибайкальском регионе // Химия растительного сырья. 2020. № 3. С. 81–89. DOI: 10.14258/jcrpm.2020036549.
11. Середин Т. М., Иванова М. И., Шумилина В. В., Ушакова И. Т., Марчева М. М. Многолетние луки, используемые в пищевых, декоративных и лекарственных целях // Современное садоводство. 2020. № 1. С. 40–48.
12. Сачивко Т. В., Босак В. Н. Оценка хозяйственно полезных признаков многолетних луков // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов. Гродно, 2016. С. 152–158.
13. Штайнерт Т. В., Алилуев А. В., Авдеенко Л. М., Гринберг Е. Г. Создание и использование генофонда луковых растений в Сибири // Овощи России. 2018. № 3. С. 16–21. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-3-16-21.

14. Фомина Т. И. Перспективные пищевые и декоративные дикорастущие виды *Allium* L. в коллекции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН [Электронный ресурс] // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2020. № 1 (33). С. 48–55. URL: http://vestospu.ru/eng_vers/archive/2020/articles/5_1_2020ang.html (дата обращения: 22.01.2021). DOI: 10.32516/2303-9922.2020.33.5.

15. Голубкина Н. А., Середин Т. М., Молчанова А. В., Кошелева О. В. Сравнительная оценка показателей антиоксидантной активности некоторых видов многолетних луков // Овощи России. 2018. № 5. С. 73–76. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-5-73-76.

16. Иванова М. И., Бухаров А. Ф., Балеев Д. Н., Бухарова А. Р., Кашлева А. И., Середин Т. М., Разин О. А. Биохимический состав листьев видов *Allium* L. в условиях Московской области // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 5. С. 47–50. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10511.

17. Ширшова Т. И., Бешлей И. В., Голубкина Н. А., Голубев Ф. В., Ключиков Е. В., Черемушкина В. А. Эссенциальные микронутриенты – компоненты антиоксидантной защиты в некоторых видах рода *Allium* // Овощи России. 2019. № 1. С. 68–79. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-1-68-79.

Информация об авторах:

Татьяна Абдулхаиловна Кукушкина¹, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-7235-9667, AuthorID 97898; +7 (383) 339-98-16

Татьяна Ивановна Фомина¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-4724-2480, AuthorID 164898; +7 (383) 339-97-96, fomina-ti@yandex.ru

¹Центральный сибирский ботанический сад, Новосибирск, Россия

The content of biologically active substances in the green biomass of perennial onions (*Allium* L.)

T. A. Kukushkina¹, T. I. Fomina¹✉

¹Central Siberian Botanical Garden, Novosibirsk, Russia

✉E-mail: fomina-ti@yandex.ru

Abstract. The aim of the study was to determine the content of the main groups of biologically active substances in the green mass of 8 species of perennial onions (*Allium* L.) during flowering. **Methods.** The freshly collected raw materials – leaves and flower scapes in *A. altaicum* Pall., *A. flavum* L., *A. nutans* L., *A. obliquum* L., *A. ramosum* L., *A. schoenoprasum* L., *A. senescens* L. var. *glaucum* Regel and *A. strictum* Schrader were analyzed. We used the generally accepted methods of phytochemical analysis. The dry matter content was determined by drying 1 g of raw materials at 100–105 °C to constant weight. The amount of phenolic compounds, pectin substances, total sugars, and carotenoids was determined spectrophotometrically. The amount of ascorbic acid was determined by the titrimetric method. All biochemical indicators, except for ascorbic acid, were calculated on the absolutely dry weight. **Results.** It has been established that the green mass of onions during flowering phase contains: dry matter – up to 28.3 %, flavonols – up to 1.8 %, tannins – up to 6.3 %, pectin substances – up to 14.7 %, total sugars – up to 42.9 %, ascorbic acid – up to 105.4 mg %, and carotenoids – up to 43.8 mg %. The content of catechins is 0.05–0.19 %. *A. flavum* and *A. obliquum* have the highest contents of main groups of biologically active substances, and the relatively low indicators are in *A. ramosum* and *A. senescens* var. *glaucum*. **Scientific novelty.** The quantitative content of catechins, tannins, pectin substances and carotenoids was studied in the onion species for the first time. The findings testify to the prospects of perennial onions as a source of various bioactive compounds.

Keywords: *Allium*, perennial onions, biologically active substances, green biomass, flowering.

For citation: Kukushkina T. A., Fomina T. I. Soderzhanie biologicheskii aktivnykh veshchestv v zelenoy masse mnogoletnikh lukov (*Allium* L.) [The content of biologically active substances in the green biomass of perennial onions (*Allium* L.)] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 04 (207). Pp. 85–92. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-85-92. (In Russian.)

Paper submitted: 19.02.2021.

References

1. Tukhvatullina L. A., Abramova L. M. Biologiya i biokhimiya nekotorykh lukov v bashkirskom Predural'ye [Biology and biochemistry of some onion varieties in Bashkir Cis-Urals] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. No. 3 (59). Pp. 185–188. (In Russian.)
2. Golubev F. V., Golubkina N. A. Differentsiatsiya rasteniy roda *Allium* L. po otnosheniyu k mikroelementam [Differentiation of plants of genus *Allium* L. in relation to trace elements] // Biogeokhimiya – nauchnaya osnova ustoychivogo razvitiya i sokhraneniya zdorov'ya cheloveka: trudy XI Mezhdunarodnoy biogeokhimitskoy shkoly. Tula, 2019. Pp. 28–32. (In Russian.)

3. Upadhyay R. K. Nutritional and therapeutic potential of *Allium* vegetables // Journal of Nutritional Therapeutics. 2017. Vol. 6. No. 1. Pp. 18–37.
4. Lachowicz S., Oszmiański J., Wiśniewski R. Determination of triterpenoids, carotenoids, chlorophylls, and antioxidant capacity in *Allium ursinum* L. at different times of harvesting and anatomical parts [e-resource] // European Food Research and Technology. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-018-3042-3> (date of reference: 22.01.2021). DOI: 10.1007/s00217-018-3042-3.
5. Kothari D., Lee W. D., Kim S. K. *Allium* flavonols: health benefits, molecular targets, and bioavailability // Antioxidants (Basel). 2020. Vol. 9 (9). P. 888. DOI: 10.3390/antiox9090888.
6. Lenková M., Bystrická J., Tóth T., Hrstková M. Evaluation and comparison of the content of total polyphenols and antioxidant activity of selected species of the genus *Allium* // Journal of Central European Agriculture. 2016. Vol. 17. No. 4. Pp. 1119–1133. DOI: 10.5513/JCEA01/17.4.1820.
7. Sobolewska D., Michalska K., Podolak I., Grabowska K. Steroidal saponins from the genus *Allium* // Phytochemistry Reviews. 2016. Vol. 15. Pp. 1–35. DOI: 10.1007/s11101-014-9381-1.
8. Beretta H. V., Bannoud F., Insani M., Berli F., Hirschegger P., Galmarini C. R., Cavagnaro P. F. Relationships between bioactive compound content and the antiplatelet and antioxidant activities of six *Allium* vegetable species // Food Technology and Biotechnology. 2017. Vol. 55. No. 2. Pp. 266–275. DOI: 10.17113/ftb.55.02.17.4722.
9. Asemanni Y., Zamani N., Bayat M., Amirghofran Z. *Allium* vegetables for possible future of cancer treatment // Phytotherapy Research. 2019. Vol. 33. No. 8. Pp. 1–21. DOI: 10.1002/ptr.6490.
10. Bazhenova B. A., Egorova R. A., Zabalueva Yu. Yu., Burkhanova A. G. Sostav i antioksidantnaya aktivnost' luka uglovatogo (*Allium angulosum* L.), proizrastayushchego v Pribaykal'skom regione [Composition and antioxidant activity of onion angular (*Allium angulosum* L.), growing in the Baikal region] // Chemistry of plant raw material. 2020. No. 3. Pp. 81–89. DOI: 10.14258/jcprm.2020036549. (In Russian.)
11. Seredin T. M., Ivanova M. I., Shumilina V. V., Ushakova I. T., Marcheva M. M. Mnogoletniye luki, ispol'zuyemye v pishchevykh, dekorativnykh i lekarstvennykh tselyakh [Perennial onions for food, decorative and medicinal purposes] // Contemporary horticulture. 2020. No. 1. Pp. 40–48. (In Russian.)
12. Sachivko T. V., Bosak V. N. Otsenka khozyaystvenno poleznykh priznakov mnogoletnikh lukov [Evaluation of economically valuable species of perennial onions] // Sel'skoe khozyaystvo – problemy i perspektivy: sbornik nauchnykh trudov. Grodno, 2016. Pp. 152–158. (In Russian.)
13. Shtaynert T. V., Aliluev A. V., Avdeenko L. M., Grinberg E. G. Sozdanie i ispol'zovanie genofonda lukovykh rasteniy v Sibiri [Creation and use of the gene pool of onion plants in Siberia] // Vegetable crops of Russia. 2018. No. 3. Pp. 16–21. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-3-16-21. (In Russian.)
14. Perspektivnye pishchevye i dekorativnye dikorastushchie vidy *Allium* L. v kollektzii Tsentral'nogo sibirskogo botanicheskogo sada SO RAN [Promising food and decorative wild species of *Allium* L. in the collection of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS] [e-resource] // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2020. No. 1 (33). Pp. 48–55. URL: http://vestospu.ru/eng_vers/archive/2020/articles/5_1_2020ang.html (date of reference: 22.01.2021). DOI: 10.32516/2303-9922.2020.33.5. (In Russian.)
15. Golubkina N. A., Seredin T. M., Molchanova A. V., Kosheleva O. V. Sravnitel'naya otsenka pokazateley antioksidantnoy aktivnosti nekotorykh vidov mnogoletnikh lukov [Comparative evaluation of antioxidant activity in several perennial onion] // Vegetable crops of Russia. 2018. No. 5. Pp. 73–76. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-5-73-76. (In Russian.)
16. Ivanova M. I., Bukharov A. F., Baleev D. N., Bukharova A. R., Kashleva A. I., Seredin T. M., Razin O. A. Biokhimicheskiy sostav list'yev vidov *Allium* L. v usloviyakh Moskovskoy oblasti [The biochemical composition of *Allium* L. leaves under the environmental conditions of the Moscow region] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2019. Vol. 33. No. 5. Pp. 47–50. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10511. (In Russian.)
17. Shirshova T. I., Beshley I. V., Golubkina N. A., Golubev F. V., Klyuykov E. V., Cheremushkina V. A. Essentsial'nyye mikronutriyenty – komponenty antioksidantnoy zashchity v nekotorykh vidakh roda *Allium* [Essential micronutrients – components of antioxidant protection in some species *Allium*] // Vegetable crops of Russia. 2019. No. 1. Pp. 68–79. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-1-68-79. (In Russian.)

Authors' information:

Tatyana A. Kukushkina¹, senior researcher, ORCID 0000-0002-7235-9667, AuthorID 97898; +7 (383) 339-98-16

Tatyana I. Fomina¹, candidate of biological sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-4724-2480, AuthorID 164898; +7 (383) 339-97-96, fomina-ti@yandex.ru

¹ Central Siberian Botanical Garden, Novosibirsk, Russia