

УДК 581.192:635.26

НЕЙТРАЛЬНЫЕ ЛИПИДЫ И ВЫСШИЕ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ В НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЯХ РОДА *ALLIUM* L. ФЛОРЫ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

© *Т.И. Шишова**, *И.В. Бешлей*, *К.Г. Уфимцев*

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ул. Коммунистическая, 28,
Сыктывкар, 167982 (Россия), e-mail: shirshova@ib.komisc.ru*

Проведено исследование содержания нейтральных липидов (НЛ) и высших жирных кислот (ВЖК) в некоторых видах рода *Allium* из флоры Республики Коми и их интродуцентах. Количество нейтральных липидов в разных частях исследуемых растений составило в среднем от 0.5 до 6.5% воздушно-сухой массы. На примере семян 11 видов лука показано, что они отличаются наибольшим накоплением НЛ (до 10–13%). В основном в состав НЛ всех видов входят молекулы жирных кислот с длиной цепи C₁₄–C₂₀ и четным числом углеродных атомов. Распределение их по частям растения имеет общие закономерности. Основной по количеству насыщенной жирной кислотой НЛ всех частей растения является пальмитиновая кислота C₁₆:0, количество которой составляет 20.8–49.1% общего содержания кислот. Из ненасыщенных кислот доминирует линолевая (C₁₈:2), содержание которой лежит в диапазоне 21.9–73.0%. Линоленовая кислота (C₁₈:3) в максимальных количествах накапливается в листьях, от 25.5 до 37.0%, тогда как в других частях ее содержание не превышает 10%. Для листьев характерно органоспецифичное соотношение линолевой и линоленовой кислот (1 : 1). В НЛ семян основной по содержанию является линолевая кислота (от 69.3 до 73.0%), а суммарное количество ненасыщенных кислот превышает 92%.

Ключевые слова: *Allium* L., *A. angulosum*, *A. schoenoprasum*, *A. strictum*, нейтральные липиды, высшие жирные кислоты, органоспецифичное соотношение.

Работа выполнена в рамках темы госзадания: «Научно-обоснованные биотехнологии для улучшения экологической обстановки и здоровья человека на Севере». Регистрационный номер в системе ЕГИСУ 1021051101411-4-1.6.23.

Введение

Липиды лекарственных растений, в том числе растений рода *Allium* L., относят к малоизученной группе биологически активных веществ (БАВ). Содержание, компонентный и жирнокислотный состав липидов луков в настоящее время отражены в значительном числе публикаций [1–5], однако их количественные характеристики в разных литературных источниках имеют довольно существенные различия. По сведениям некоторых авторов, содержание общих липидов (ОЛ) в разных видах лука составляет от 0.15 до 0.42% сырой массы. Установлено [6], что в луковичах различных видов содержится от 0.048 до 0.31% ОЛ. Согласно данным Л.А. Тухватуллиной [2], листья дикорастущего шнитт-лука в условиях культуры содержат 5.29% липидов, его разновидности *A. schoenoprasum* var. *major* – 6.79% сухой массы. Наиболее богаты липидами семена луков. Так, по

Шишова Татьяна Ивановна – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии, e-mail: shirshova@ib.komisc.ru

Бешлей Игорь Васильевич – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии, e-mail: beshley@ib.komisc.ru

Уфимцев Кирилл Геннадьевич – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии, e-mail: ufimtsev@ib.komisc.ru

данным некоторых авторов [7], содержание липидов в семенах *A. schoenoprasum* составляет 16%, в семенах различных сортов лука репчатого (*A. cepa*) – 25.3–30.2%, лука-порея (*A. porrum*) – 14.5–16.9% сухой массы.

К одному из важнейших по своим биологическим функциям классам соединений, входящим в состав НЛ, относят триацилглицерины, являющиеся источником высших жирных кислот (ВЖК)

* Автор, с которым следует вести переписку.

различного строения, в том числе и полиненасыщенных (ПНЖК), являющихся предшественниками эйкозеновых ВЖК (с 20 углеродными атомами) и образующих в организме ряд БАВ, обладающих многообразным влиянием на различные стороны метаболизма [8, 9]. Жирные кислоты, входящие в состав липидов высших растений, как правило, имеют четное число углеродных атомов, причем преобладают ВЖК с 16–20 атомами углерода в цепи [10]. Например, в масле лука репчатого были обнаружены преимущественно линолевая (С18:2) и олеиновая (С18:1) кислоты, а из насыщенных кислот большая доля приходилась на пальмитиновую кислоту (С16:0) [11]. По данным других авторов, в листьях *A. porrum* значительная часть жирных кислот представлена молекулами с длиной цепи С₂₀–С₃₂, с преобладанием кислот с четным числом атомов углерода [12].

Многолетние луки относят к пищевым растениям, богатым компонентами антиоксидантной защиты, однако из всего многообразия дикорастущих видов лишь очень немногие востребованы современной медициной. Комплексные химические исследования показали, что представители рода *Allium* L. из флоры Республики Коми, а также их интродуценты содержат многие полезные вещества, необходимые человеку микроэлементы, в том числе селен [5, 13, 14]. Экстракты *A. schoenoprasum* проявляют высокую антиоксидантную активность (АОА) благодаря наличию в них фенольных соединений, хлорофиллов, каротиноидов, витамина С [5, 15, 16]. Экспериментально доказано, что ряд БАВ, входящих в состав лука, снижает риск развития неоплазий ряда органов – толстой кишки, желудка, репродуктивных органов, может подавлять пролиферацию опухолевых клеток разного генеза [17, 18].

Родовой комплекс растений рода *Allium* в Республике Коми представлен тремя видами – *A. schoenoprasum* L., *A. angulosum* L. и *A. strictum* Schrad. [19, 20]. В пределах своих ареалов эти виды встречаются с неодинаковым постоянством. Коллекция Ботанического сада Института биологии Коми научного центра УрО РАН (БС) включает более 150 видов, разновидностей и сортов представителей рода *Allium* [21]. Для Республики Коми, которая отнесена к наиболее дискомфортным для проживания человека территориям, проблема обеспеченности организма человека микронутриентами является чрезвычайно актуальной. Обширность территории республики, разнообразие ее физико-географических условий позволяет ожидать большую изменчивость как в компонентном составе БАВ, так и в их содержании в дикорастущих видах лука.

Цель работы – анализ результатов многолетних исследований содержания нейтральных липидов и их жирнокислотного состава в представителях рода *Allium* из флоры Республики Коми и их интродуцентов.

Экспериментальная часть

Исследования содержания липидов и их жирнокислотного состава проводились в течение 2002–2020 г.г. Наиболее углубленным исследованиям были подвергнуты три вида – *Allium angulosum* L., *A. schoenoprasum* L., *A. strictum* Schrad., а также семена одиннадцати видов луков-интродуцентов. Растения собирали в разные фазы вегетации.

Allium angulosum L. (лук угловатый, л. ребристый, л. луговой) – редкий вид, включенный в региональную Красную книгу [20]. Во флоре республики произрастает на заливных осоковых лугах, в бассейне рек Вычегда, Ижма, в верховьях реки Мезень, средней Подчерье и Печоры [19, 21]. В коллекцию БС поступил семенами из Хорога (Таджикистан), ВИЛАРа (Москва), Падуи (Италия), прошел успешную многократную местную репродукцию (м.р.), адаптировался к новым условиям обитания [3, 21].

A. schoenoprasum L. (лук скорода, л. резанец, шнитт-лук) имеет гораздо более широкий ареал распространения, встречается на всей территории республики и заходит в Арктику до 75° с.ш. [19, 22]. Наиболее благоприятными условиями для его произрастания являются местообитания с сильным увлажнением [19, 23].

A. strictum (лук торчащий, л. прямой) также включен в региональную Красную книгу, в Республике Коми встречается очень редко, растет в труднодоступных местах и отмечен только в предгорьях и горах Урала, на обнажениях горных пород [19–21]. Нами на содержание БАВ и НЛ были исследованы четыре образца лука *A. strictum* из коллекции БС и лаборатории биохимии и биотехнологии, выращенные из семян, поступивших из ботанических садов Владивостока (2002 г.) и Барнаула (2009 г.), а также природный образец, собранный в Вуктыльском районе на скалистом берегу реки Щугор [4].

Для комплексного исследования химического состава брали не менее 30 растений каждого образца, разделяли на части (корни, луковички, покровные чешуи, листья, бутоны, соцветия), измельчали и сушили при комнатной температуре и постоянном вентилировании. Семена собирали в фазе плодоношения, сушили и измельчали.

Липидные фракции извлекали трехкратной экстракцией гексаном при комнатной температуре и постоянном перемешивании. Гексановые экстракты объединяли, фильтровали через складчатый фильтр с безводным сульфатом натрия и упаривали в вакууме при температуре не выше 40 °С до полного удаления растворителя. Определяли массу полученных маслообразных остатков гравиметрическим методом.

Тонкослойную хроматографию гексановых экстрактов (ТСХ-анализ) осуществляли на хроматографических пластинах «Sorbfil» (Россия) в системе растворителей гексан – диэтиловый эфир – ледяная уксусная кислота в объемных соотношениях 73 : 25 : 5. Высушенные на воздухе пластины обрабатывали 10%-ным раствором фосфорно-молибденовой кислоты в этаноле с последующим выдерживанием при $t=100$ °С до появления темно-синих пятен. В качестве стандарта для идентификации НЛ использовали Lipid Standard, Sigma (Швейцария), содержащий: холестерин, олеиновую кислоту (C18:1, cis-9), метиловый эфир олеиновой кислоты, триолеин, олеат холестерина.

Анализ жирнокислотного состава нейтральных липидов проводили в Центре коллективного пользования «Хроматография» Института биологии КНЦ УрО РАН методом газожидкостной хроматографии метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК), входящих в их состав. Метилирование проводили в запаянных ампулах по модифицированному методу [24], для чего 10 мг анализируемого образца выдерживали в запаянной ампуле в 5 мл 1.5%-ного метанольного раствора концентрированной серной кислоты в течение 1 ч при 105 °С. Содержимое вскрытых после охлаждения ампул выливали в пробирки с притертыми пробками, добавляли 3–6 мл дистиллированной воды и проводили трехкратную экстракцию тремя мл гексана. После расслоения смеси осторожно отбирали гексановую фракцию, сушили фильтрацией через слой безводного сульфата натрия и упаривали на роторном испарителе до полного удаления растворителя.

Количественное определение компонентов проводили на газовом хроматографе «Кристалл-5000.2» (Хроматэк, Россия) с пламенно-ионизационным детектором (Trace DSQ, Thermo) в режиме полного ионного тока (энергия электронов 70 эВ) с использованием смеси BAME Mix (Supelco, США), содержащей 26 метиловых эфиров жирных кислот. Идентификацию соединений осуществляли с помощью библиотеки масс-спектров NIST05.

Разделение компонентов анализируемых смесей проводили на кварцевой капиллярной колонке HP-FFAP (Agilent, США) 30 м × 0.32 мм × 0.25 мкм; газ-носитель – гелий (о.с.ч.), давление 65 кПа, скорость потока через колонку – 0.6 см³/мин; программирование температуры колонки 110 °С – 5 °С/мин – 260 °С, скорость потока водорода – 20 см³/мин, скорость потока воздуха – 200 см³/мин, деление потока – 1 : 30. Температура детектора 250 °С, испарителя 280 °С.

Обсуждение результатов

Содержание НЛ и ЖК было определено в 38 образцах лука *A. angulosum*, собранного в 2007–2010 гг. в разные фазы развития в БС и местных популяциях. Содержание НЛ во всех частях растения колеблется в довольно широких пределах и зависит как от условий произрастания, так и от фазы развития растения. Доля НЛ в корнях и луковичах основной массы образцов лежит в интервале 0.4–0.8% сухого вещества. В покровных чешуях (0.7–2.65%), в листьях (0.7–1.51%), бутонах (0.8–2.64%) и соцветиях (1.1–1.64%) эти показатели выше, а наибольшие количества НЛ были обнаружены в семенах (рис. 1). Причем в природных образцах содержание НЛ меньше, чем в культивируемых. На рисунке 1 приведены усредненные данные для образцов луков, собранных в разные годы.

Для листьев и луковиц *A. angulosum* максимальное содержание НЛ приходится на фазу отрастания, в луковичах минимум обнаружен в фазе цветения, в листьях происходит уменьшение содержания НЛ от фазы отрастания к фазе плодоношения (рис. 2).

Анализ жирнокислотного состава НЛ лука *A. angulosum* показал, что основной насыщенной кислотой всех частей растения является пальмитиновая, содержание которой составляет 20.8–49.1% [3]. Из ненасыщенных кислот доминирует линолевая (21.9–69.3%), максимальное количество которой обнаружено в корнях – до 66.5%, в луковичах – до 58.9%, в бутонах и соцветиях – более 50%. Линоленовая кислота в максимальных количествах содержится в НЛ листьев (от 21 до 40%). Следует отметить, что у большинства образцов содержание линолевой и линоленовой кислот в НЛ листьев близко к соотношению 1 : 1 (27.2 : 29; 26.4 : 29.9; 32.2 : 30.9; 21.9 : 33.9; 25.5 : 29.2), а их сумма достигает 54.7–67.7%. Такое соотношение характерно только для листьев и, предположительно, может являться их органоспецифичным признаком. Подобное распределение вторичных метаболитов на основе принадлежности к тому или иному органу растения

было отмечено авторами [25] при отборе характеристик метаболитных профилей, связанных с различиями классов. Олеиновая кислота 18:1 является второй по содержанию после линоленовой в НЛ семян [3].

Нами были исследованы растения *A. schoenoprasum* из различных экотопов, собранные в 15 природных ценопопуляциях, а также растения-интродуценты из коллекции БС, выращенные из семян, полученных по дилектусу из ботанических садов других городов России и зарубежья [21]. В течение 2008–2020 годов было изучено более 60 образцов шнитт-лука из коллекций Ботанических садов Коми НЦ и Московского государственного университета (МГУ), ВНИИССОК, лаборатории биохимии и биотехнологии, а также природных образцов из разных районов Республики Коми [26]. Максимальное содержание НЛ было обнаружено в семенах (9.8%), соцветиях (5.3%) и бутонах (7.7%). Количественные показатели НЛ колеблются в довольно широких пределах и зависят от множества факторов: эколого-географических, эдафических и других условий произрастания, фазы развития [5]. Так, диапазон содержания НЛ в корнях составляет 0.2–1.9% сухой массы, при этом в большей части исследуемых образцов он лежит в интервале 0.4–0.9%. В луковичах большинства образцов содержание НЛ находится в интервале 0.5–0.9%. Относительно высокое содержание НЛ в листьях (в большинстве образцов 1.5–1.9%) связано с присутствием в них желтых и зеленых пигментов, которые частично извлекаются при экстракции неполярными растворителями. На рисунке 1 приведены усредненные данные содержания НЛ в образцах шнитт-лука, собранного в разные годы за период с 2008 по 2020 гг.

В листьях и луковичах *A. schoenoprasum* (рис. 3) максимум накопления НЛ приходится на фазу бутонизации, минимальное содержание в листьях наблюдается в фазе плодоношения, в луковичах – в фазе цветения и плодоношения.

Как в случае *A. angulosum*, в состав НЛ *A. schoenoprasum* в основном входят молекулы кислот с длиной цепи C16–C20 и четным числом углеродных атомов. Их распределение по частям растения имеет свои закономерности (рис. 4). Из насыщенных кислот преобладает пальмитиновая, наиболее высокое содержание которой характерно для луковиц, где оно достигает 40%. Насыщенные стеариновая и арахидиновая (C20:0) кислоты обнаружены в незначительных количествах. Главными по содержанию ненасыщенными кислотами во всех частях растения являются олеиновая, линолевая и линоленовая, суммарное содержание которых достигает 53–85% общего количества основных кислот, что согласуется с данными литературы для других видов лука [27]. Линоленовая кислота в максимальных количествах содержится в листьях лука (34.4%), где она конкурирует с линолевой кислотой. Сумма этих двух ненасыщенных кислот превышает 65%. В остальных частях растения количество линоленовой кислоты не превышает 10%. Для листьев *A. schoenoprasum*, как в случае *A. angulosum*, наблюдается органоспецифичное соотношение линолевой и линоленовой кислот (1 : 1). Олеиновая кислота накапливается в покровных чешуях, где ее содержание достигает 18.3%.

Надо отметить, что на видовом уровне содержание нейтральных липидов достаточно постоянно. При изучении содержания НЛ в листьях шести образцов шнитт-лука разных сортов, любезно предоставленных нам ВНИИССОК в 2020 году, содержание НЛ лежит в интервале 0.9–2.0% сухой массы: Антик – 1.58, Тридеш + Бис 65 – 1.54, Акварин – 1.86, Гумат – 1.97, Медонос – 0.92.

Содержание НЛ у *A. strictum* определяли в образцах из коллекции БС и лаборатории биохимии и биотехнологии, а также в ограниченном числе природных образцов из-за их труднодоступности. Максимальное содержание НЛ в луке, выращенном в БС из семян, полученных из Владивостока, было найдено в фазе отрастания в луковичах (1.83%) и листьях (1.53%), в бутонах (4.33%), в соцветиях (8.6% сухого вещества). В природном образце *A. strictum*, собранном в 2009 г. в фазе цветения на скалистом берегу реки Щугор, обнаружено самое низкое содержание НЛ: в листьях – 0.66 ± 0.03 , в луковичах – 0.50 ± 0.02 , в соцветиях – 1.05 ± 0.05 % сухого вещества.

На рисунке 5 приведены усредненные значения содержания НЛ в листьях и луковичах *A. strictum*, выращенного в БС из семян, полученных из Барнаула. В листьях максимальное содержание НЛ обнаружено в фазе отрастания, в луковичах – в фазе бутонизации. В фазе цветения и луковичах, и листьях содержали минимальное количество НЛ.

В НЛ всех частей *A. strictum*, кроме соцветий, доминирующей является линолевая кислота, максимальное содержание которой обнаружено в корнях и луковичах – 49.8 и 51.7% (бутонизация), 56.7 и 63.3% (цветение) соответственно. Следует отметить, что для листьев лука торчащего, как в случае л. угловатого и шнитт-лука, наблюдается органоспецифичное соотношение линолевой и линоленовой кислот: 34.9 : 31.4 (Владивосток); 32.4 : 37.3 (Барнаул). Олеиновая кислота накапливается в покровных чешуях, где ее содержание достигает 16%. Содержание пальмитиновой кислоты максимально в соцветиях – до 47%.

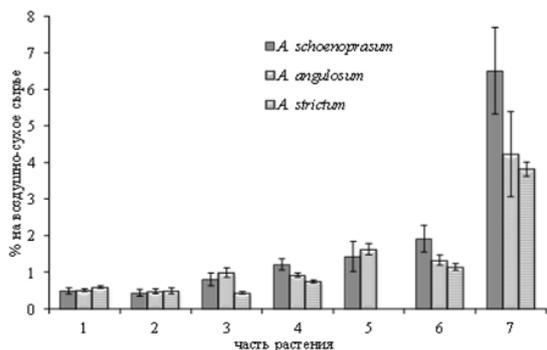


Рис. 1. Содержание нейтральных липидов в различных частях растений *A. schoenoprasum*, *A. angulosum*, *A. strictum*: 1 – корни; 2 – луковицы; 3 – покровные чешуи; 4 – листья; 5 – бутоны; 6 – соцветия; 7 – семена

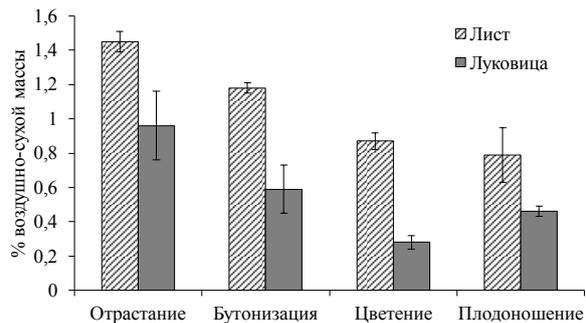


Рис. 2. Содержание нейтральных липидов в листьях и луковицах *A. angulosum* в разные фазы развития

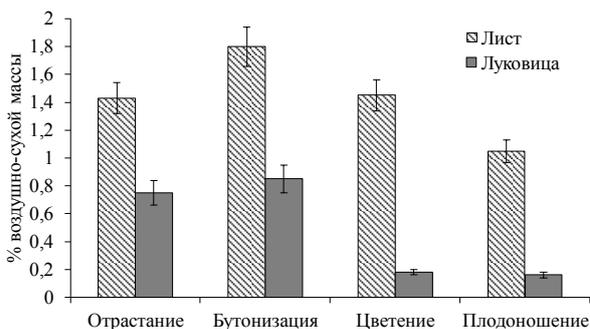


Рис. 3. Содержание нейтральных липидов в листьях и луковицах *A. schoenoprasum* в разные фазы фенологии

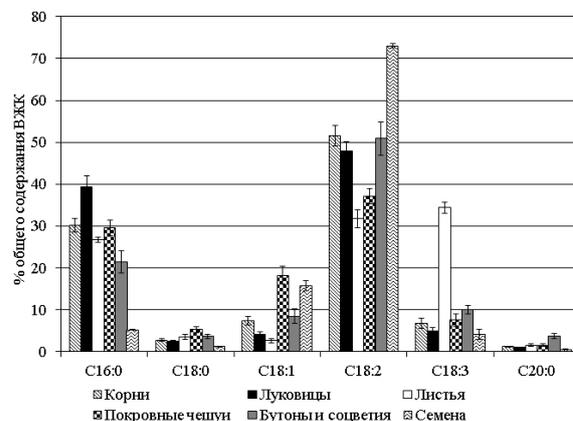
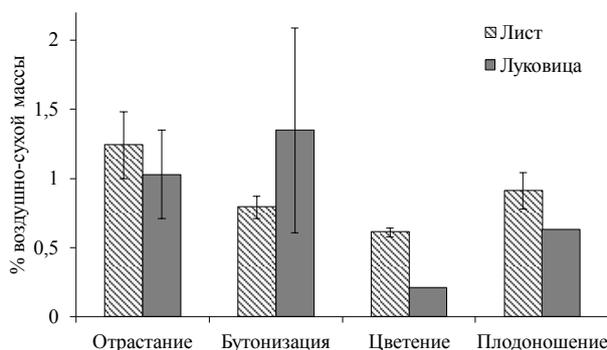


Рис. 4. Содержание высших жирных кислот в разных частях шнитт-лука ($p < 0.05$)

Рис. 5. Содержание нейтральных липидов в листьях и луковицах *A. strictum* в разные фазы фенологии



Химический состав семян зависит от условий созревания, от вида и сорта растения. На примере 11 видов лука нами было показано, что содержание НЛ в семенах лежит в интервале 4.9–13.1% сухого вещества (табл.). У *A. angulosum* минимальное содержание НЛ (4.9%) было в семенах урожая 2007 года, максимальное – в 2008 и 2010 годах (9.1%). В семенах большинства образцов шнитт-лука содержание НЛ лежит в интервале 8.2–9.8%. Самое высокое количество НЛ было получено из семян *A. ascalonicum* (10.6%) и *A. fistulosum* L. cv. Апрельский (13.1%).

Содержание нейтральных липидов в семенах некоторых видов лука из коллекции Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН

Вид	Происхождение образца	Дата сбора	Массовая доля НЛ, %
<i>A. angulosum</i> L.	М.р., Москва, ВИЛАР, 1994	08.08.2007	4.9±0.15
	То же	28.08.2007	6.8±0.20
	То же	31.07.2008	8.9±0.3
	То же	22.08.2008	8.3±0.27
	То же	16.09.2009	8.0±0.24
	То же	26.07.2010	6.6±0.17
	То же	02.08.2010	8.3±0.27
	Москва, ВИЛАР, 1996	02.08.2010	9.1±0.3
	Падуя, Италия, 1994	08.08.2007	4.9±0.15
	Хорог, Таджикистан, 1983	28.08.2007	6.8±0.20
	То же	31.07.2008	8.9±0.3
То же	22.08.2008	8.3±0.27	
<i>A. schoenoprasum</i> L.	м.р., 1993	2002	9.8±0.32
	То же	16.08.2006	8.2±0.24
	То же	2018	9.1±0.31
	То же	2019	9.1±0.31
<i>A. schoenoprasum</i> var <i>major</i>	СПб. (БИН), 1998	2006	6.6±0.17
	То же	04.08.2014	8.1±0.23
	То же	2019	8.2±0.24
<i>A. schoenoprasum</i> cv. Prazska Krajova	Барнаул, БС АГУ, 1994	2006	4.9±0.15
	То же	18.07.11	8.9±0.3
	То же	2019	8.9±0.3
<i>A. schoenoprasum</i> f. <i>Roseum</i>	Кишинев, 1987	2006	4.9±0.15
<i>A. strictum</i>	Барнаул, 2009	02.08.2010	8.7±0.25
<i>A. aflatunense</i> B.Fedtsch	Москва, 1982	2018	5.4±0.19
<i>A. altaicum</i> Pall.	Лейпциг, 1994	18.07.2011	7.7±0.22
<i>A. ascalonicum</i> L.	Кишинев, 1985	30.07.2013	10.6±0.4
<i>A. giganteum</i> Regel.	Каунас, 1996	2018	4.9±0.15
<i>A. fistulosum</i> L.	Хорог, Таджикистан, 1996	02.08.2010	8.9±0.31
<i>A. fistulosum</i> L. cv. Апрельский	–	2018	13.1±0.5
<i>A. nutans</i> L.	Киев, 1996	2017	7.8±0.22
<i>A. odorum</i> (<i>ramosum</i>)	Лейпциг, 1996	18.08.2010	9.5±0.32

Выделенные из семян НЛ имеют консистенцию и цвет растительного масла (соломенно-желтый) и совпадают по показателю преломления с оливковым маслом ($n_D^{20} = 1.474$).

Семена луков накапливают наибольшее суммарное количество ненасыщенных высших жирных кислот. Согласно литературным данным, семена лука репчатого, шнитт-лука, лука-батунa содержат 88–90, 88 и 93% суммы ненасыщенных жирных кислот соответственно [7]. В семенах исследованных нами луков их содержание достигало 93%. Доминирующей является линолевая кислота, содержание которой в семенах шнитт-лука составляло 73% (рис. 2).

Заключение

Проведено исследование содержания нейтральных липидов и высших жирных кислот у некоторых представителей рода *Allium* из флоры Республики Коми и их интродуцентов. Количество нейтральных липидов в разных частях растений *A. angulosum*, *A. schoenoprasum* и *A. strictum* составило в среднем от 0.5 до 6.5% воздушно-сухой массы. Показано, что в состав НЛ изучаемых видов входят в основном молекулы жирных кислот с длиной цепи C₁₆–C₂₀ и четным числом углеродных атомов. Распределение их по частям растения имеет общие закономерности. Основной по количеству насыщенной жирной кислоты НЛ всех частей растения является пальмитиновая кислота, количество которой составляет 20.8–49.1% общего содержания кислот. Из ненасыщенных кислот доминирует линолевая, содержание которой лежит в диапазоне 21.9–73.0%. Линоленовая кислота в максимальных количествах накапливается в листьях, от 25.5 до 37.0%, тогда как в других частях ее содержание не превышает 10%. Для листьев характерно органоспецифичное распределение линолевой и линоленовой кислот, соотношение которых близко к 1 : 1. Наибольшим накоплением НЛ отличаются семена. На примере изучения семян 11 видов лука показано, что их количество лежит в основном в пределах от 6.8 до 13.1% сухой массы. В НЛ семян основной по содержанию является линолевая кислота (от 69.3 до 73.0%), а суммарное количество ненасыщенных кислот превышает 92%. Изучение се-

зонной динамики показало, что содержание НЛ в листьях и луковичах *A. angulosum* и *A. strictum* максимально в фазе отрастания и минимально в фазе цветения. У *A. schoenoprasum* наибольшее количество НЛ было обнаружено в фазе бутонизации, в фазе плодоношения оно опускалось до минимальных значений.

Список литературы

1. Дейнеко Г.И. Липиды, жирные кислоты и углеводы видов *Allium* L. // Растительные ресурсы. 1985. Т. 21, вып. 2. С. 221–229.
2. Тухватуллина Л.А. Изучение хозяйственно ценных качеств дикорастущих луков в условиях культуры // Вестник ОГУ. 2010. №6. С. 160–162.
3. Ширшова Т.И., Волкова Г.А., Матистов Н.В., Канев В.А. Жирнокислотный состав нейтральных липидов в *Allium angulosum* // Растительные ресурсы. 2010. Т. 46, вып. 3. С. 68–73.
4. Ширшова Т.И., Волкова Г.А., Матистов Н.В. Липиды и высшие жирные кислоты в луке *Allium strictum* Schrad. (Alliaceae) // Растительные ресурсы. 2010. Т. 46, вып. 2. С. 105–109.
5. Бешлей И.В., Ширшова Т.И., Володин В.В. Биологически активные вещества и микронутриенты в луке *A. schoenoprasum* L. на европейском северо-востоке России. Сыктывкар, 2020. 135 с. DOI: 10.31140/book-2020-02.
6. Pobožny K., Tetenyi P., Hethelyi I., Kocsar L., Mann V. Biologically active substances: investigations into the prostaglandin content of *Allium* species. I. // Herba Hung. 1979. Vol. 18. N2. Pp. 71–81.
7. Kowalski R., Rodkiewicz T. Fatty acids in oil from *Allium* vegetable seeds // Chemistry of Natural Compounds. 2009. Vol. 45. N3. Pp. 409–410. DOI: 10.1007/s10600-009-9331-0.
8. Kamanna V.S., Chandrasekhara N. Fatty acid composition of garlic (*Allium sativum* Linnaeus) lipids // J. Amer. Oil Chem. Soc. 1980. Vol. 57. N6. Pp. 175–176. DOI: 10.1007/BF02883781.
9. Stoianova B., Tsutsuiova A.M. On the composition of higher fatty acid in the scales and the interior of *Allium sativum* L. bulbs // Dokl. Bolg. Akad. Nauk. 1974. Vol. 27. N4. Pp. 503–506.
10. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия. М., 1987. 815 с.
11. Grieco W., Piepoli G. Etude la dosage des oils de le oignon // Riv. Ital. sostanze grasse. 1964. Vol. 41. N6. Pp. 283–287.
12. Cassange C., Cezard J. Mise en evidence de hydrocarbures et de acides gras a tres long chaine dans les chloroplasts de *Allium porrum* // Acad. Sci. D. 1972. Vol. 275. N18. Pp. 2077–2080.
13. Левачев М.М. Жиры, полиненасыщенные жирные кислоты, фосфолипиды: биологическая роль, применение в профилактической и клинической медицине // Ведение в частную микронутриентологию. Новосибирск, 1999. С. 264–284.
14. Ширшова Т.И., Бешлей И.В., Матистов Н.В., Голубкина Н.А. Содержание селена в культурных и дикорастущих луках из флоры Республики Коми // Растительные ресурсы. 2011. Т. 47, вып. 1. С. 112–118.
15. Štajner D., Čanadanović-Brunet J., Pavlović A. *Allium schoenoprasum* L., as a natural antioxidant // Phytother. res. 2004. Vol. 18. N7. Pp. 522–524. DOI: 10.1002/ptr.1472.
16. Štajner D., Popović B.M., Čalić-Dragosavac D., Malenčić Đ., Zdravković-Korać S. Comparative study on *Allium schoenoprasum* L. cultivated plant and *Allium schoenoprasum* tissue culture organs antioxidant status // Phytother. res. 2011. Vol. 25. N11. Pp. 1618–1622. DOI: 10.1002/ptr.3394.
17. Шабров А.В., Дадали, В.А., Макаров В.Г. Биохимические основы действия микрокомпонентов пищи. М., 2003. 184 с.
18. Viry E., Anwar A., Kirsch G., Jacob C., Diederich M., Bagrel D. Antiproliferative effect of natural tetrasulfides in human breast cancer cells is mediated through the inhibition of the cell division cycle 25 phosphatases // Int. J. Oncol. 2011. Vol. 38. N4. Pp. 1103–1111. DOI: 10.3892/ijo.2011.913.
19. Флора северо-востока европейской части СССР. В 4 томах. Л., 1976. Т. 2. 316 с.
20. Красная книга Республики Коми. Сыктывкар, 2019. 768 с.
21. Волкова Г.А. Биоморфологические особенности видов рода *Allium* L. при интродукции на европейский Северо-Восток. Сыктывкар, 2007. 200 с.
22. Ширшова Т.И., Волкова Г.А. Содержание стероидных гликозидов и нейтральных липидов у некоторых видов рода *Allium* (Alliaceae) // Растительные ресурсы. 2006. Т. 42, вып. 3. С. 59–66.
23. Черемушкина В.А. Биология луков Евразии. Новосибирск, 2004. 280 с.
24. А.с. № 542932 (СССР). Способ приготовления проб липидов / К.М. Синяк, И.И. Даниленко, З.П. Васюренко и др. – 15.01.77.
25. Котлова Е.Р., Пузанский Р.К., Данчул Т.Ю., Шагова Л.И., Паутова И.А., Шаварда А.Л. *Agastache mexicana* (Lamiaceae) как модель для изучения вторичного метаболизма растений методами метаболомики // Растительные ресурсы. 2016. Т. 52. №4. С. 591–609.
26. Ширшова Т.И., Бешлей И.В., Голубкина Н.А., Голубев Ф.В., Ключков Е.В., Черемушкина В.А. Эссенциальные микронутриенты – компоненты антиоксидантной защиты в некоторых видах рода *Allium* // Овощи России. 2019. №1 (45). С. 68–79. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-1-68-79.
27. Tsiaganis M.C., Laskari K., Melissari E. Fatty acid composition of *Allium* species lipids // J. Food Compos. Analysis. 2006. Vol. 19. N6–7. Pp. 620–627. DOI: 10.1016/j.jfca.2005.06.003.

Поступила в редакцию 22 ноября 2021 г.

После переработки 15 апреля 2022 г.

Принята к публикации 8 мая 2022 г.

Для цитирования: Ширшова Т.И., Бешлей И.В., Уфимцев К.Г. Нейтральные липиды и высшие жирные кислоты в некоторых представителях рода *Allium* L. флоры Республики Коми // Химия растительного сырья. 2022. №3. С. 219–227. DOI: 10.14258/jcrfm.20220310599.

*Shirshova T.I.**, *Beshley I.V.*, *Ufimtsev K.G.* NEUTRAL LIPIDS AND HIGHER FATTY ACIDS IN REPRESENTATIVES OF THE GENUS *ALLIUM* L. OF THE KOMI REPUBLIC FLORA

Institute of Biology, Komi Science Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Kommunisticheskaya, 28, Syktyvkar, 167982 (Russia), e-mail: shirshova@ib.komisc.ru

The study of the content of neutral lipids (NL) and higher fatty acids (HFA) in three species of the genus *Allium* from the flora of the Komi Republic: *A. angulosum*, *A. schoenoprasum* and *A. strictum* is carried out. The amount of neutral lipids in different parts of the studied plants averaged from 0.5 to 6.5% of the air-dry mass. Seeds of all kinds were distinguished by the greatest accumulation of NL (up to 10–13%). It is shown that the composition of the NL of the studied species consists mainly of fatty acid molecules with a chain length of C14 – C20 and an even number of carbon atoms. Their distribution by parts of the plant has common patterns for all three species. The main amount of saturated fatty acid in all parts of the plant is palmitic acid C16:0, the amount of which is 20.8–49.1% of the total acid content. Of unsaturated acids, linoleic acid (C18:2) dominates, the content of which lies in the range of 21.9–73.0%. Linolenic acid (C18:3) it accumulates in maximum amounts in the leaves, from 25.5 to 37.0%, while in other parts its content does not exceed 10%. The leaves are characterized by an organ-specific distribution of linoleic and linolenic acids, the quantitative ratio of which is close to 1 : 1. Linoleic acid is the main content in seed oil (from 69.3 to 73.0%), and the total amount of unsaturated acids exceeds 92%. The study of seasonal dynamics showed that the content of NL in the leaves and bulbs of *A. angulosum* and *A. strictum* is maximal in the regrowth phase and minimal in the flowering phase. In luke *A. schoenoprasum* the largest amount of NL was found in the budding phase, in the fruiting phase it dropped to the minimum values.

Keywords: *Allium* L., *A. angulosum*, *A. schoenoprasum*, *A. strictum*, neutral lipids, higher fatty acids, organ-specific distribution.

References

1. Deyneko G.I. *Rastitel'nyye resursy*, 1985, vol. 21, no. 2, pp. 221–229. (in Russ.).
2. Tukhvatullina L.A. *Vestnik OGU*, 2010, no. 6, pp. 160–162. (in Russ.).
3. Shirshova T.I., Volkova G.A., Matistov N.V., Kanev V.A. *Rastitel'nyye resursy*, 2010, vol. 46, no. 3, pp. 68–73. (in Russ.).
4. Shirshova T.I., Volkova G.A., Matistov N.V. *Rastitel'nyye resursy*. 2010, vol. 46, no. 2, pp. 105–109. (in Russ.).
5. Beshley I.V., Shirshova T.I., Volodin V.V. *Biologicheski aktivnyye veshchestva i mikronutriyenty v luke A. schoenoprasum L. na yevropeyskom severo-vostoke Rossii*. [Biologically active substances and micronutrients in the onion *A. schoenoprasum* L. in the European North-East of Russia]. Syktyvkar, 2020, 135 p. DOI: 10.31140/book-2020-02. (in Russ.).
6. Pobožny K., Tetenyi P., Hethelyi I., Kocsar L., Mann V. *Herba Hung.*, 1979, vol. 18, no. 2, pp. 71–81.
7. Kowalski R., Rodkiewicz T. *Chemistry of Natural Compounds*, 2009, vol. 45, no. 3, pp. 409–410. DOI: 10.1007/s10600-009-9331-0.
8. Kamanna V.S., Chandrasekhara N. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 1980, vol. 57, no. 6, pp. 175–176. DOI: 10.1007/BF02883781.
9. Stoianova B., Tsutsuiova A.M. *Dokl. Bolg. Akad. Nauk*, 1974, vol. 27, no. 4, pp. 503–506.
10. Ovchinnikov Yu.A. *Bioorganicheskaya khimiya*. [Bioorganic chemistry]. Moscow, 1987, 815 p. (in Russ.).
11. Grieco W., Piepoli G. *Riv. Ital. sostanze grasse*, 1964, vol. 41, no. 6, pp. 283–287.
12. Cassange C., Cezard J. *Acad. Sci. D*, 1972, vol. 275, no. 18, pp. 2077–2080.
13. Levachev M.M. *Vedeniye v chastnyu mikronutriyentologiyu*. [Introduction to private micronutrientology]. Novosibirsk, 1999, pp. 264–284. (in Russ.).
14. Shirshova T.I., Beshley I.V., Matistov N.V., Golubkina N.A. *Rastitel'nyye resursy*, 2011, vol. 47, no. 1, pp. 112–118. (in Russ.).
15. Štajner D., Čanadanović-Brunet J., Pavlović A. *Phytother. res.*, 2004, vol. 18, no. 7, pp. 522–524. DOI: 10.1002/ptr.1472.
16. Štajner D., Popović B.M., Čalić-Dragosavac D., Malenčić Đ., Zdravković-Korać S. *Phytother. res.*, 2011, vol. 25, no. 11, pp. 1618–1622. DOI: 10.1002/ptr.3394.
17. Shabrov A.V., Dadali V.A., Makarov V.G. *Biokhimičeskiye osnovy deystviya mikrokomponentov pishchi*. [Biochemical basis of action of food microcomponents]. Moscow, 2003, 184 p. (in Russ.).
18. Viry E., Anwar A., Kirsch G., Jacob C., Diederich M., Bagrel D. *Int. J. Oncol.*, 2011, vol. 38, no. 4, pp. 1103–1111. DOI: 10.3892/ijo.2011.913.
19. *Flora severo-vostoka yevropeyskoy chasti SSSR. V 4-kh tomakh*. [Flora of the north-east of the European part of the USSR. In 4 volumes]. Leningrad, 1976, vol. 2, 316 p. (in Russ.).
20. *Krasnaya kniga Respubliki Komi*. [Red Book of the Komi Republic]. Syktyvkar, 2019, 768 p. (in Russ.).
21. Volkova G.A. *Biomorfologičeskiye osobennosti vidov roda Allium L. pri introduksii na yevropeyskiy Severo-Vostok*. [Biomorphological features of species of the genus *Allium* L. during introduction to the European North-East]. Syktyvkar, 2007, 200 p. (in Russ.).
22. Shirshova T.I., Volkova G.A. *Rastitel'nyye resursy*, 2006, vol. 42, no. 3, pp. 59–66. (in Russ.).
23. Cheremushkina V.A. *Biologiya lukov Yevrazii*. [Biology of Eurasian onions]. Novosibirsk, 2004, 280 p. (in Russ.).
24. Patent 542932 (USSR). 15.01.77. (in Russ.).

* Corresponding author.

25. Kotlova Ye.R., Puzanskiy R.K., Danchul T.Yu., Shagova L.I., Pautova I.A., Shavarda A.L. *Rastitel'nyye resursy*, 2016, vol. 52, no. 4, pp. 591–609. (in Russ.).
26. Shirshova T.I., Beshley I.V., Golubkina N.A., Golubev F.V., Klyuykov Ye.V., Cheremushkina V.A. *Ovoshchi Rossii*, 2019, no. 1 (45), pp. 68–79. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-1-68-79. (in Russ.).
27. Tsiaganis M.C., Laskari K., Melissari E. *J. Food Compos. Analysis*, 2006, vol. 19, no. 6–7, pp. 620–627. DOI: 10.1016/j.jfca.2005.06.003.

Received November 22, 2021

Revised April 15, 2022

Accepted May 8, 2022

For citing: Shirshova T.I., Beshley I.V., Ufimtsev K.G. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2022, no. 3, pp. 219–227. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20220310599.

