

УДК 582.573.81:581.134.6

DOI: 10.15372/KhUR20160508

Содержание запасных и биологически активных веществ в вегетативных органах мускари армянского (*Muscari armeniacum*)

Л. Л. СЕДЕЛЬНИКОВА, Т. А. КУКУШКИНА

Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения РАН,
Новосибирск, Россия

E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

(Поступила 01.07.15; после доработки 04.02.16)

Аннотация

Исследовано содержание запасных и биологически активных веществ в вегетативных органах *Muscari armeniacum*. Установлено наличие сахара, крахмала, сапонинов, аскорбиновой кислоты, пектинов, протопектинов и катехинов в луковичах *M. armeniacum* за период вегетации (2007, 2009–2011 гг.) в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. В листьях обнаружены флавонолы, содержание которых во все годы наблюдений составляло 1.8–2.2 %. Определено, что к предзимью количество сахара в луковичах уменьшается в 2–4 раза по сравнению с весной, а крахмала увеличивается в 1.5–2 раза. В мае содержание в надземных органах аскорбиновой кислоты выше в 5–10 раз, сахара – в 1.5 раза, а катехинов – в 2 раза по сравнению с подземными органами. Отмечено, что в луковичах содержится в 2–3 раза, а в листьях в 5–6 раз больше протопектинов по сравнению с пектинами. Содержание биологически активных и запасных веществ вегетативных органов *M. armeniacum* зависит от индивидуального и сезонного развития вида.

Ключевые слова: луковича, лист, сахара, крахмал, сапонины, аскорбиновая кислота, пектины, протопектины, катехины, флавонолы, *Muscari armeniacum*, Сибирь

ВВЕДЕНИЕ

Биохимические вещества играют большую роль в сохранении и устойчивости надземных и подземных побегов к стрессовым факторам среды. Эти соединения влияют на рост и развитие растений, осуществляют жизнеобеспечение и сохранность вегетативных органов. Адаптационные возможности растений связаны с их морфобиохимическими особенностями в новых условиях местообитания. Среди интродуцентов большим разнообразием отличаются луковичные эфемероиды, в частности, представители рода *Muscari* Mill.: мышинный гиацинт, гадючий лук, мускари – медоносные и декоративные растения [1]. Виды этого рода обитают в предгорных луговых сообществах

Турции, Средней России, на Кавказе и в Крыму [2]. Многие из них интродуцированы в ботанические сады России еще в середине XX в., хорошо адаптированы в разных природно-климатических условиях и используются в цветоводстве открытого грунта [3].

По данным [4, 5], в растениях этого рода обнаружены флавоноиды – апигенин, лютеолин, кемпферол, кверцетин. Ранее мы провели сравнительный количественный анализ запасных веществ перед зимним покоем в луковичах мышиноного гиацинта у семи видов и двух сортов [6]. В литературе сведений по динамике содержания запасных и биологически активных соединений в листьях и луковичах *Muscari armeniacum* в течение весенне-летне-осеннего периодов развития найти не

удалось, что и определило актуальность данного исследования.

Цель работы – сравнительный анализ содержания некоторых групп соединений в надземных и подземных органах *Muscari armeniacum* в условиях лесостепной зоны Западной Сибири в разные вегетационные периоды.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе использованы луковичцы и листья *Muscari armeniacum* Leichtl. ex Baker (syn. *M. colchicum* Grossh., *M. sintenisii* Freyn.) – Мускари армянского из семейства *Hyacinthaceae* Batsch (гиацинтовых). Это ранневесенний луковичный эфемероид, зимующий в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. Исследования проводили в Центральном сибирском ботаническом саду (ЦСБС) СО РАН в течение 2007 г. и 2009–2011 гг. с мая по сентябрь. Опытные растения выращивали с 1984 г. на интродукционном участке лаборатории декоративных растений, расположенном в Советском районе Новосибирска (пос. Кирово). Материал получен из отдела декоративных растений опытной станции Всероссийского института растениеводства (г. Пушкино).

Определяли содержание сахаров, крахмала, пектинов, протопектинов, катехинов, сапонинов и аскорбиновой кислоты в листьях и луковичках на протяжении вегетационного периода (май, июль, сентябрь). В надземных органах (листья) их содержание исследовали в мае в период массового цветения, далее – согласно биоритму развития растений, в летне-осенний периоды надземные органы отмирали. Пробы для анализа (навеска 5–10 г) отбирали в соответствии с фенофазами развития растений: вегетация и массовое цветение (листья, луковичцы) – II декада мая; летний и предзимний покой (луковичцы) – II декада июля и III декада сентября соответственно. Использовали свежесобранное сырье. Пектиновые вещества определяли карбазольным методом; сахара – по методу А. С. Швецова и Э. Х. Лукьяненко; катехины – спектрофотометрическим методом; крахмал – методом кислотного гидролиза; сапонины – весовым методом (сырой сапонин); аскорбиновую кислоту – титриметрическим; флавонолы – спектрофотометрическим по методу В. В. Беликова и М. С. Шрайдера [7–12]. Все биохимические показатели, за исключением аскорбиновой кислоты, рассчитаны на абсолютно сухую массу сырья.

ТАБЛИЦА 1

Содержание веществ в луковичках *Muscari armeniacum* в условиях Новосибирска за 2007, 2009–2011 гг., %

Годы	Месяцы	Сахара	Крахмал	Сапонины	Пектины	Протопектины	Аскорбиновая* кислота	Катехины*
2007	Май	5.94	41.85	11.68	–	2.64	18.14	48.1
	Июль	2.21	19.53	17.95	2.03	5.02	21.27	20.31
	Сентябрь	8.24	46.24	9.57	1.52	2.25	8.13	36.08
2009	Май	16.62	–	31.46	0.61	4.94	10.44	110.0
	Июль	3.43	22.02	28.43	1.07	2.88	17.60	30.0
	Сентябрь	7.95	24.41	–	2.65	5.21	13.37	80.0
2010	Май	9.68	37.92	24.19	2.26	5.12	13.12	110.0
	Июль	1.77	49.86	22.37	1.07	3.77	18.87	70.0
	Сентябрь	4.18	44.85	29.87	3.70	8.34	7.06	70.0
2011	Май	9.72	–	34.91	2.75	7.41	6.43	–
	Июль	1.33	30.76	24.96	1.86	3.82	6.50	30.0
	Сентябрь	1.92	20.25	12.53	1.70	3.33	5.34	–

Примечание. Прочерк – не обнаружено.

*Содержание в мг%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Подземные органы

Анализ результатов биохимического исследования луковиц *M. armeniacum* показал, что максимальное содержание сахара (9.68–16.62 %) отмечается в первой декаде мая, при массовом цветении растений. В период летнего относительного покоя (июль) содержание сахара в луковицах было минимальным – 1.33–3.43 %. К зиме (сентябрь) оно повышалось по сравнению с июлем и варьировало от 1.92 до 8.24 %. Такая закономерность наблюдалась в разные годы исследования (табл. 1).

Содержание крахмала в луковицах *M. armeniacum* изменялось в зависимости от периода вегетации и года наблюдения. Так, в мае (2009, 2011 гг.) крахмал в луковицах не обнаружен. В весенний период 2007 и 2010 гг. его содержание было значительным – 41.9 и 37.92 % соответственно. Отмечено, что в период летнего покоя растений (июль) содержание крахмала в луковицах достигало максимума, а к сентябрю уменьшалось на 5–10 %. В 2007 г. этот показатель снижался с мая по июль в 5.5 раза и повышался к предзимью. Установлено, что содержание крахмала в подземных органах в предзимье в 3–10 раз превышало содержание сахара.

Известно, что сапонины – природные органические соединения (гликозиды), широко распространенные среди растений [10]. Предварительные исследования показали, что в засушливый 2007 г. с мая по июль содержание сапонинов в луковицах постепенно повышалось (с 11.68 до 17.95 %) и снижалось к предзимью (9.57 %). В прохладный избыточно-увлажненный 2009 г. оно уменьшалось с мая, а в сентябре сапонины не обнаружены. В теплый умеренно увлажненный 2010 г. содержание сапонинов было стабильным, но к осени возросло на 5.5 %. В слабозасушливый 2011 г. содержание сапонинов в луковицах достигало максимума в весенний период (34.91 %). Существенная изменчивость содержания сапонинов в луковицах *M. armeniacum* в разные годы наблюдений связана с рядом причин, и одна из них – это метеорологические условия в период вегетации растений. По данным [13], концентрация

сапонинов в органах растений повышается в засушливых условиях. Нами установлено, что в весенне-летний период содержание сапонинов возрастало в засушливый 2007 г. и слабозасушливый 2010 г., постепенно понижалось в прохладный 2009 г., а в теплый умеренно увлажненный период вегетации 2010 г. фиксируется его относительная стабильность.

Пектиновые вещества содержатся в растениях в форме водорастворимого пектина, кальциевых и магниевых солей пектиновой кислоты и протопектина, нерастворимого в воде. Анализ полученных данных показал, что содержание пектинов в луковицах варьирует по годам. К предзимью оно снижается в 1.5 раза (2007, 2011 гг.), в 2009 г. повышается в 4 раза, в 2010 г. – в 1.5 раза. Содержание протопектинов в 2–3 раза выше по сравнению с пектинами в течение всех изученных вегетационных периодов.

Установлено, что содержание аскорбиновой кислоты в луковицах *M. armeniacum* максимально (17.6–21.3 мг%) в период летнего покоя и минимально (5.3–13.4 мг%) перед зимним покоем. При этом самые высокие показания отмечаются в июле засушливого 2007 г. (21.27 %), а в июле слабозасушливого 2011 г. они в 3.5 раза меньше.

Самая восстановленная группа флавоноидов, обладающая широким спектром биологического действия, – катехины. Во все годы исследования их максимальное содержание отмечается для перезимовавших луковиц в мае – от 48.1 до 110 мг%. К осени содержание катехинов в 1.5 раза меньше по сравнению с весенним периодом (см. табл. 1).

Наземные органы

Содержание в листьях *M. armeniacum* флавонолов – биологически активных веществ, влияющих на адаптивную реакцию растений, – во все годы исследований составило 1.8–2.2 %. Это свидетельствует о хорошей устойчивости данного вида к климатическим и экологическим факторам среды. Содержание протопектинов незначительно варьировало (от 6.0 до 8.0 %) и в 5–6 раз превышало содержание пектинов в листьях во все годы наблюдений. По содержанию пектинов наблюдали

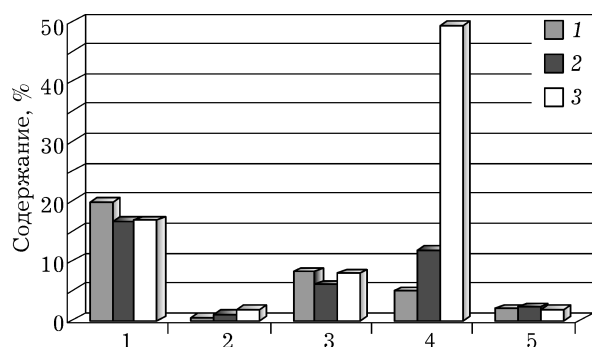


Рис. 1. Содержание сахара (1), пектинов (2), протопектинов (3), сапонинов (4), флавонолов (5) в надземных органах *Muscari armeniacum* в различные годы изучения: 1 – 2009, 2 – 2010, 3 – 2011.

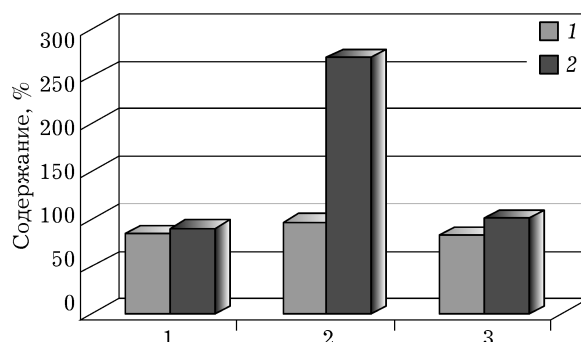


Рис. 2. Содержание аскорбиновой кислоты (1) и катехинов (2) в надземных органах *Muscari armeniacum* в вегетационный период (май) различных годов наблюдений: 1 – 2009, 2 – 2010, 3 – 2011.

изменчивость по годам. Так, в 2011 г. их содержание было в 2 раза больше по сравнению с 2010 г. и в 4 раза больше, чем в 2009 г. Установлена значительная изменчивость содержания сапонинов (4.95–49.18 %) в листьях *M. armeniacum* в разные годы исследования. Минимальное содержание сапонинов (4.95 %) наблюдалось в прохладный умеренно увлажненный 2009 г. В теплом умеренно увлажненном 2010 г. содержание сапонинов в листьях больше в 2.3 раза минимального, а в слабозасушливый 2011 г. – в 9 раз по сравнению с 2009 г. (рис. 1). Содержание аскорбиновой кислоты в 2009 и 2011 гг. составляло 83.7 и 82.5 мг% соответственно, а в 2010 г. оно достигало 97.2 мг%. Содержание катехинов в листьях в 2009 и 2011 гг. составляло 90–100 мг%, а в более теплый и увлажненный период вегетации 2010 г. этот показатель был вдвое больше (рис. 2).

Из запасных веществ в листьях обнаружены сахара (16.54–19.80 %): их содержание в надземных органах во все годы наблюдений было стабильным, лишь немного (на 3.3 %) возросло в мае 2009 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Виды рода *Muscari* – многолетние луковичные поликарпики с эфемероидным типом развития, одна из биологических особенностей которых состоит в том, что их луковицы ежегодно нарастают и вступают в летний относительный покой, а к осени – в зимний. Однако именно в летне-осенний период у

взрослых особей этого вида происходит интенсивное внутривушечное развитие и дифференциация генеративных органов. Цветок и его части полностью сформированы и находятся в зачаточном состоянии побега луковицы, т. е. перед ее уходом в зимний относительный покой. Согласно методике [14], это состояние соответствует VII–VIII этапам органогенеза [3]. Таким образом, луковица, имея запасные вещества в виде сахаров и крахмала, способна к перезимовке, сохранению, воспроизводству и росту вегетативных и генеративных органов в зимний период. К предзимью содержание сахара в луковицах уменьшается в 2–4 раза по сравнению с весной, а содержание крахмала возрастает в 1.5–2 раза. Однако в теплый умеренно увлажненный период вегетации 2010 г. содержание сахара в надземных органах больше по сравнению с прохладным избыточно увлажненным 2009 г. Высокое содержание крахмала в предзимье свидетельствует о морозостойкости луковиц и возможности их перезимовки в открытом грунте в суровых условиях Сибири.

Биологически активные вещества (аскорбиновая кислота, катехины, пектины, протопектины), влияющие на адаптивную реакцию растений *M. armeniacum* в условиях интродукции, обеспечивают устойчивый фенотип с широкой нормой реакции на неблагоприятные и крайне экстремальные весенне-зимние условия лесостепной зоны Западной Сибири. По этой причине их накопление в листьях и луковицах носит неоднозначный характер. Так, в слабозасушливый период 2011 г. содержа-

ние пектинов в листьях выше по сравнению с увлажненным периодом 2009–2010 гг. Напротив, в подземных органах содержание пектинов в луковицах растет в засушливый (2007 г.) и слабозасушливый (2011 г.) вегетационные периоды по сравнению с увлажненным (2010–2011 гг.). Изменчивость количественного содержания сапонинов как индикатора невосприимчивости к грибковым заболеваниям наблюдалась как в подземных, так и в надземных органах, что свидетельствует об устойчивости данного вида к микрофлоре в период всего сезонного цикла развития. Варьирование некоторых биохимических показателей связано с гидро- и теплообеспеченностью вегетационных периодов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Атлас лекарственных растений СССР. М.: Медгиз, 1962. 702 с.
- 2 Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья, 1995. 990 с.
- 3 Седельникова Л. Л., Биоморфология геофитов в Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 2002. 307 с.
- 4 Skrzypczakowa L. Flawonoidy w rodzinie *Liliaceae* // Dissert. Phrm.pharmac. 1967. Vol. XIX, No. 5. P. 545.
- 5 Клышев Л. К., Бандюкова В. А., Алюкина Л. С. Флавоноиды растений. Алма-Ата: Наука, 1978. 220 с.
- 6 Седельникова Л. Л., Кукушкина Т. А. // Раст. Ресурсы. 2009. Вып. 2. С. 77–82.
- 7 Государственная фармакопея. М., 1968. 816 с.
- 8 Методы биохимического исследования растений / Под ред. А. Ермакова. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
- 9 Бородова В., Горенков Э., Ключева О., Малофеева Л., Мегердичев Е. Методические указания по химико-технологическому сортоиспытанию овощных, плодовых и ягодных культур для консервной промышленности. М.: Россельхозакадемия, 1993. С. 64–65.
- 10 Киселева А., Волхонская Т., Киселев В., Биологически активные вещества лекарственных растений Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1991. 63 с.
- 11 Кукушкина Т., Зыков А., Обухова Л. // Матер. VII Междунар. съезда ФИТОФАРМ. СПб.: Адаптоген, 2003. С. 64–69.
- 12 Беликов В. В., Шрайдер М. С. // Фармация. 1970. № 1. С. 66–72.
- 13 Анисимов М. М., Чирва В. Я. // Усп. совр. биологии. 1980. Т. 90, Вып. 3(6). С. 351–364.
- 14 Куперман Ф. М. Морфофизиология растений. М.: Высш. шк., 1977. 288 с.

