

УДК 58.084:581.84

О ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА С СЕМЕНАМИ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ НА КА "БИОН-М" № 1

© 2013 В.И. Абрашкин,¹ Е.В. Авдеева, В.А. Куркин, В.М. Рыжов,²
Ю.Н. Горелов, Л.В. Курганская,³ В.К. Ильин,⁴ Л.М. Кавеленова,⁵ С.А. Розно,
И.В. Рузаева, К.С. Рузаева⁶

Представлены предварительные результаты послеполетных лабораторных и полевых исследований семян высших растений, экспонировавшихся в течение 30-суточного полета на космическом аппарате "БИОН-М" № 1.

Ключевые слова: космический эксперимент, факторы космического полета, растения лекарственные и природной флоры, семена, плоды, полевые опыты, показатели, всхожесть, скорость прорастания.

Введение

В рамках Федеральной космической программы 19 апреля 2013 года в 14:00 мск времени со стартового комплекса площадки 31 космодрома Байконур произведен успешный пуск ракеты космического назначения "Союз-2.1а", которая вывела на орбиту научный космический аппарат (КА) "БИОН-М" № 1, созданный в ГНПРКЦ "ЦСКБ-Прогресс" [1] для проведения фундаментальных и прикладных исследований по космической биологии, физиологии и биотехнологии

¹Абрашкин Валерий Иванович (csdb@samtel.ru), ГНПРКЦ "ЦСКБ-Прогресс", 443009, Российская Федерация, г. Самара, ул. Земеца, 18.

²Авдеева Елена Владимировна (avdeeva.ev@gmail.com), Куркин Владимир Александрович (kurkinvladimir@yandex.ru), Рыжов Виталий Михайлович (lavr_rvm@mail.ru), кафедра фармакогнозии с ботаникой и основами фитотерапии Самарского государственного медицинского университета, 443079, Российская Федерация, г. Самара, ул. Гагарина, 18.

³Горелов Юрий Николаевич (yungor07@mail.ru), Курганская Любовь Викторовна (limbo83@mail.ru), Институт проблем управления сложными системами РАН, 443020, г. Самара, ул. Садовая, 61; НОЦ СамГУ "Космические системы дистанционного зондирования", 443011, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

⁴Ильин Вячеслав Константинович (piton2004@bk.ru), ГНЦ РФ – ИМБП РАН, 123007, Российская Федерация, г. Москва, Хорошевское шоссе, 76 А.

⁵Кавеленова Людмила Михайловна (biotest@samsu.ru), кафедра экологии, ботаники и охраны природы Самарского государственного университета, 443011, Российская Федерация, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

⁶Розно Светлана Алексеевна (sambg@ssu.samara.ru), Рузаева Ирина Васильевна (sambg@ssu.samara.ru), Рузаева Ксения Сергеевна (sambg@ssu.samara.ru), Ботанический сад Самарского государственного университета, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 36.

с возвращением результатов экспериментов на Землю. КА "БИОН-М" № 1 был выведен на рабочую околокруговую орбиту со средней высотой полета 575 км и наклоном 64,9°. После 30-суточного полета на 448 витке его спускаемый аппарат 19 мая 2013 в 07:12 мск времени совершил посадку в расчетном районе Оренбургской области. В программу научных экспериментов на борту КА "БИОН-М" № 1 входили исследования по следующим направлениям: биомедицина, гравитационная биология, радиационно-физические и радиобиологические исследования, экзобиология и биотехнология. В отличие от программ исследований в полетах предшествующих одиннадцати спутников "БИОН", запущенных с 1973 по 1996 гг., научная программа КА "БИОН-М" № 1 была направлена на изучение влияния на биообъекты факторов космического полета на клеточном, молекулярном и геномном уровнях, поэтому КА "БИОН-М" № 1 по спектру решаемых задач и разработанному для их решения оборудованию являлся уникальной научно-исследовательской лабораторией. В целом в программу было включено 79 научных экспериментов, в том числе космический эксперимент (КЭ) "ФИТО" (разработчик КЭ — кафедра фармакогнозии с ботаникой и основами фитотерапии Самарского государственного медицинского университета) и КЭ, проведенный с использованием научной аппаратуры (НА) "БИОКОНТ-Б", с семенами редких растений Самарской области (разработчик НА — ЦНИИМаш (г. Королев, Московская обл.), постановщик КЭ — Ботанический сад Самарского государственного университета (СамГУ); КЭ — "БИОКОНТ-Б/Ботсад").

В настоящей статье приведены предварительные результаты лабораторных и полевых опытов с семенами высших растений, которые были экспонированы на борту КА "БИОН-М" № 1 при проведении КЭ "ФИТО" и "БИОКОНТ-Б/Ботсад".

1. Космический эксперимент "ФИТО"

В научной аппаратуре "ФИТО" размещались растительные биообъекты — плоды и семена высших лекарственных растений — с целью последующего изучения влияния факторов космического полета на их химический состав, физиологическое состояние, параметры всхожести и на дальнейшее развитие от стадии плодов и семян. Объекты исследования — воздушно-сухое лекарственное растительное сырье, а именно: плоды расторопши пятнистой (*Silybum marianum* (L.) Gaertn) — 100 см³, 69±5 г; семена мелиссы лекарственной (*Melissa officinalis* L.) — 100 см³, 56±5 г; плоды лимонника китайского (*Schyzandra sinensis* Baill.) — 50 см³, 36 ± 3 г. Ботаническое описание, фармакологическое действие и другие сведения об указанных объектах исследования приведены в [2, с. 323–330, 710–719]. Основные задачи исследования, на решение которых было направлено проведение КЭ "ФИТО", состоят в выявлении различий для сырьевых органов растений семян, экспонировавшихся на борту КА "БИОН-М" № 1 (далее — экспонированные образцы), и для контрольных образцов тех же семян при проведении лабораторных и полевых опытов, а именно, во-первых, в компонентном составе (по основным классам и группам биологически активных соединений и доминирующим индивидуальным веществам); во-вторых, в динамике развития от плодов и семян через стадию взрослого растения до плодов и семян, а также в проведении анатомических и гистологических исследований по выявлению возможных морфологических изменений в последующих поколениях растительных объектов.

В настоящее время проведена только необходимая часть планировавшихся исследований, связанная с изучением влияния факторов космического полета на начальных стадиях онтогенеза: от прорастания экспонированных на КА "БИОН-М" № 1 семян и плодов до стадии вегетации. Изложение предварительных результатов этих исследований — цель настоящей статьи.

Травянистые растения (мелисса лекарственная и расторопша пятнистая, экспонированные и контрольные образцы) высаживались через стадию рассады на экспериментальном участке Ботанического сада СамГУ. В настоящее время (здесь и далее — по состоянию на 26 сентября 2013 г.) они достигли стадии полного развития вегетативных органов. Прогноз развития мелиссы лекарственной на текущий год: в связи с погодными условиями и поздней посадкой в грунт (посадка рассады осуществлена с опозданием от рекомендованных сроков на 3 недели в связи с графиком полета КА) исследуемые образцы в этом году не разовьются до стадии бутонизации и, соответственно, цветения и плодоношения. Расторопша пятнистая была посажена в грунт на 2 недели позже рекомендуемых для этого вида сроков, поэтому имеет место опоздание в развитии, но на текущий момент достигает стадии цветения и, возможно, что в этом году с отдельных экземпляров удастся собрать плоды. На том же участке были заложены плантации по выращиванию лимонника китайского, для которого получение рассады в наших климатических условиях агротехника не предусматривает. Для его семян характерно длительное состояние покоя в естественных условиях. Полный цикл онтогенеза травянистых растений на достаточном для получения достоверных данных числе образцов будет изучаться также и в следующем году, а для лимонника китайского по мере прорастания семян. К настоящему времени уже получены некоторые предварительные результаты исследования от стадии прорастания семян и плодов до вегетативных побегов для мелиссы лекарственной и расторопши пятнистой, а именно в параллельных экспериментах с экспонированными и контрольными образцами семян для них оценивались показатели всхожести и скорости прорастания семян (в лабораторных условиях), величина надземной фитомассы развившихся побегов (в лабораторных условиях для мелиссы лекарственной и в полевых условиях для расторопши пятнистой).

Оценка показателя всхожести семян (плодов) определялась их способностью давать нормальные проростки при определенных условиях проращивания, число которых выражалось в процентах от общего числа семян, взятых для анализа. Для экспонированных и контрольных образцов семян мелиссы лекарственной и плодов расторопши пятнистой всхожесть определялась в лабораторных условиях. Анализируемые пробы по 100 семян и плодов были взяты без выбора из средней пробы экспонированных и контрольных образцов. Они укладывались на сырую марлю в чашки Петри или фарфоровые чашки, закрывались крышками и оставались в лабораторных условиях при температуре 20–25°C. В течение 10 дней ежедневно фиксировалось число проросших семян (плодов) и определялся процент проростков от общей выборки как показатель всхожести исследованных семян (плодов). Установлена сопоставимая всхожесть для экспонированных и контрольных образцов как семян мелиссы лекарственной, так и плодов расторопши пятнистой, которая составила, соответственно, 95 и 90 %. Однако сроки появления проростков для экспонированных образцов и в последующем сроки формирования первого истинного листа были достоверно сокращены по сравнению с контрольными образцами обоих видов растений, а именно: для семян мелиссы лекарственной прорастание корешков экспонированных образцов составило 5–6 дней, а для кон-

трольных образцов — 8–9 дней; для плодов расторопши пятнистой, соответственно, 9–10 дней и 14–15 дней. Сроки формирования первого листа для обоих видов растений экспонированных образцов были ускоренными в среднем на 10–15 %, что иллюстрируется данными табл. 1–2 (см. цветные вклейки).

Скорость прорастания семян и плодов определяется дружностью их прорастания за срок, установленный для каждой культуры. Она определяется показателем, который равен проценту семян или плодов, проросших (давших корешки, равные половине длины семени/плода, и ростки) в сроки, установленные опытным проращиванием. Значение этого показателя определялось числом проростков для каждого из изучаемых видов растений на двух пробах по 100 семян каждая в виде "среднего срока прорастания одного семени (плода)" — T_g , равного условному числу дней, необходимых для прорастания отдельного семени/плода. Таким образом, вычисление T_g проводилось по формуле

$$T_g = \frac{1}{n_0} \sum_i n_i \times m_i,$$

где n_0 — общее число проросших семян, n_i — день эксперимента, а m_i — число проросших семян на соответствующий день эксперимента.

Установлено, что более высокая скорость прорастания и для экспонированных, и для контрольных образцов наблюдалась для семян Melissa лекарственной по сравнению с плодами расторопши пятнистой, что также характеризовалась большей одновременностью появления и дружностью развития всходов. По показателю T_g были получены результаты, приведенные в табл. 3. В связи с полученными данными можно сделать следующее предварительное заключение: факторы космического полета оказывают заметное влияние на скорость прорастания семян и плодов, на сроки их прорастания и на первые стадии вегетации изучаемых растений (уровень этого влияния можно оценить в 10–15 % для расторопши пятнистой и в 15–20 % — для Melissa лекарственной). При этом общая всхожесть изучаемых растений практически не меняется.

Таблица 3

Скорости прорастания семян и плодов

Вид растения	Показатель T_g , дни	
	Экспонированные образцы	Контрольные образцы
Мелисса лекарственная	4,2	5,3
Расторопша пятнистая	8,5	9,8

Морфологическое изучение. По общепринятым в ботанике и фармакогнозии методикам в проведенных экспериментах были выявлены некоторые морфометрические изменения для экспонированных образцов обоих изучаемых видов (см. иллюстрации в табл. 1–2). Для Melissa лекарственной обнаружен интересный факт: все изучаемые экспонированные образцы семян на стадии раннего (в рассадке) и полного вегетационного развития (в грунте) показали мелколиственность (при сохранении пропорций и других внешних признаков), которую можно оценить как уменьшение размеров листовой пластинки в 2 раза по сравнению с контрольными экземплярами растений. Различался и характер роста в грунте. Контрольные экземпляры давали довольно длинные боковые побеги (растение "расползается"), а экспонированные экземпляры разрастались компактно, сохраняя вид "куста". Соответственно, экспонированные образцы расторопши пят-

нистой характеризовались крайне неравномерным развитием (в грунте): единичные растения среднего размера и обычных пропорций (аналогичных контрольным образцам), преобладание запоздавших в развитии (не сформированы бутоны) и более чем в 1,5 раза уступающих по морфометрическим параметрам контрольным образцам, число которых можно оценить на уровне 60 %, и присутствие растений-гигантов в количестве около 40 %, которые в стадийности развития в половине случаев достигли контрольные растения, то есть сейчас находятся на стадии начала цветения и полного цветения. В отношении последней подгруппы примечателен также тот факт, что существенное увеличение (более чем в 1,5 раза) размера листовых пластинок при внешнем сохранении формы, цвета, края и других внешних признаков листа у растений наблюдалось еще на ранних стадиях вегетации (формирование розеток), а также в последующем — при формировании соцветий, причем растения-гиганты отличала низкая закладка бутона, и в последующем цветонос не достигал длины контрольных экземпляров. Для предварительных выводов по морфологии цветка пока недостаточно данных. Приведенные результаты с учетом соблюдения прочих равных условий проведения экспериментов, на наш взгляд, свидетельствуют о заметном влиянии факторов космического полета и на Melissa лекарственную, и на расторопшу пятнистую.

Подтверждают такое предварительное заключение и результаты определения сырой фитомассы всей надземной части (травы) выращенных растений: для каждого варианта эксперимента проводилось взвешивание надземной части 10 образцов растений, а в случае с "экспонированной" расторопшей пятнистой — отдельно для мелких и гигантских экземпляров. При этом были выявлены существенные различия средних значений "модельного экземпляра" по весу для экспонированных и контрольных образцов расторопши пятнистой: в частности, мелкие образцы экспонированных растений в 1,5 раза уступают контрольным образцам, и приблизительно во столько же раз растения-гиганты превосходят по массе контрольные экземпляры. С целью уточнения вклада воды в вес растений последующие эксперименты будут включать сравнение по массе сухо-воздушных образцов растений. Для Melissa лекарственной для экспонированных образцов получено отставание в накоплении фитомассы травы порядка 20–25 %, что, по-видимому, связано с упомянутой мелколистностью. В ходе дальнейших исследований планируется изучить в онтогенезе морфолого-анатомические признаки по полному циклу развития растений и в сравнительном аспекте провести углубленное изучение химического состава по основным группам биологически активных веществ для всех изучавшихся объектов.

2. Космический эксперимент "Биоконт-Б/Ботсад"

Проблема сохранения растений природной флоры относится к числу первоочередных для человечества. С одной стороны, ускоренная деградация природных экосистем, приводящая к переходу ранее широко распространенных видов в ряд редких и исчезающих, требует применения мер по сохранению биологического разнообразия в природе и культуре. С другой стороны, все более широкое распространение получают генетические банки — семенные банки (хранилища семян в специально создаваемых сооружениях, как правило, при пониженной температуре) и полевые банки (коллекции живых растений на специальных питомниках). Семенные банки в принципе могут быть размещены вне Земли (как на специализированных КА, так и на поверхности Луны), что могло бы позволить устра-

нить угрозы для них со стороны природных катастроф. Однако для решения этой проблемы вначале необходимо выяснить влияние на состояние семян и последующее развитие растений комплекса факторов космического полета. В частности, не устраняемое полностью корпусом КА воздействие остаточной ионизирующей радиации на семена способно изменять их жизнеспособность, провоцируя возрастание свободнорадикальной активности молекулярных и субклеточных структур, а неизвестный уровень этого воздействия позволяет априори предполагать возникновение эффектов в широком диапазоне — от отсутствия видимых изменений до стимуляции различной выраженности, проявления мутагенного эффекта, снижения жизнеспособности и даже гибели семян. В связи с этим были проведены послеполетные полевые исследования экспонировавшихся в НА "БИОКОНТ-Б" на борту КА "БИОН-М" № 1 биообразцов растительных объектов в виде проб семян 9 видов (по 100 штук) редких травянистых растений природной флоры Самарской области (табл. 4).

Таблица 4

Масса семян образцов, экспонированных на КА "БИОН-М" № 1

№	Русское название растений	Латинское название	Масса 100 семян, г
1	Клематис цельнолистный	<i>Clematis integrifolia</i> L.	0,4
2	Астра альпийская	<i>Aster alpinus</i> L.	0,01
3	Гвоздика Андриеевского	<i>Dianthus andrzejowskianus</i> Kulcz.	0,1
4	Лен многолетний	<i>Linum perenne</i> L.	0,2
5	Синюха голубая	<i>Polemonium caeruleum</i> L.	0,1
6	Примула крупночашечковая	<i>Primula macrocalyx</i> Bunge	0,1
7	Касатик карликовый	<i>Iris pumila</i> L.	3,1
8	Лилия мартагон	<i>Lilium martagon</i> L.	0,5
9	Прострел раскрытый	<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill	0,2

Семена помещались в контейнеры — пластиковые пробирки типа Test Tube Ø12/75, 4 ml в количестве 3 штук с маркировкой соответственно БС-1, БС-2 и БС-3 (рис. 1, 2, см. цветные вклейки), которыми затем снаряжалась НА "БИОКОНТ-Б" (рис. 3, 4, см. цветные вклейки). Краткая ботаническая характеристика растений — объектов исследования представлена ниже в соответствии с данными [3; 4].

Клематис (ломонос) цельнолистный — *Clematis integrifolia* L. Полукустарник с прямостоячими или слабо ветвистыми в нижней части стеблями. Ареал вида охватывает Кавказ, юг Западной и Восточной Сибири, Среднюю и Восточную Европу, Балканы, Среднюю и Малую Азию. В природе встречается по опушкам широколиственных лесов, суходольным лугам, степям. Цветки одиночные, темно-синие, поникающие до 8 см в диаметре. Плод — многоорешек.

Астра альпийская — *Aster alpinus* L. Многолетнее корневищное травянистое или полукустарниковое растение с горизонтально ветвистым корневищем. Распространена в Закарпатье, на Южном Урале, Кавказе, в Европе, Средней и Малой Азии, на западе Северной Америки. Соцветия — одиночные корзинки 4–5 см в диаметре. Плод — семянка с волосистым хохолком.

Гвоздика Андриеевского — *Dianthus andrzejowskianus* (Zapal) Kulcz. Многолетнее стержнекорневое травянистое растение. Широко распространено в европейской части России в степях, на травянистых и каменистых склонах. Цветки с красно-розовым околоцветником собраны в соцветия головки. Плод — коробочка. Семена — 2,0...2,7 мм в диаметре.

Лен многолетний — *Linum perenne* L. Многолетнее травянистое растение, формирующее сильноразветвленный стебель. Произрастает на юге европейской части России, в Сибири, Средней Азии, Средней Европе, на Балканах, распространено в европейской части России, в Западной и Восточной Сибири, в Средней Азии. Цветки голубые до 2 см в диаметре. Плод — коробочка.

Синюха голубая — *Polemonium coeruleum* L. Многолетнее травянистое растение с коротким толстым корневищем. Широко распространена в европейской части СНГ, Западной и Восточной Сибири, на Кавказе. Цветки синие, в метельчатом соцветии. Плод — трехгнездная многосемянная коробочка яйцевидной или шаровидной формы, семена темно-коричневые, мелкие, узкокрылые.

Первоцвет крупночашечковый — *Primula macrocalix* Bunge. Многолетнее невысокое травянистое растение с пучком прикорневых листьев, образующих прикорневую розетку. Ареал включает в себя Западную и Восточную Сибирь, Южную Европу, Кавказ, Иран. Цветки в верхушечном соцветии зонтик. Плод — овальная коробочка, расширенная в верхней части. Семена темно-бурые, овальные, угловатые.

Ирис (касатик) карликовый — *Iris pumila* L. Многолетнее невысокое короткокорневищное травянистое растение. Ареал вида захватывает европейскую часть бывшего СССР, Кавказ, Среднюю Европу, Средиземноморье, Балканы, Малую Азию, степные районы европейской части России. Цветки имеют окраску от лиловой до светло-желтой. Плод — коробочка.

Лилия кудреватая — *Lilium martagon* L. Многолетнее луковичное растение. Распространена от Португалии до Забайкалья, включая европейскую часть России, Кавказ, Сибирь, Малую Азию. Окраска цветков — сиреневая или розоватая с мелкими бурыми пятнами. Плод — шестигранная коробочка, семена плоские, коричневато-желтые.

Прострел раскрытый — *Pulsatilla patens* (L.) Mill. Короткокорневищный многолетник с корневищными листьями, появляющимися уже после цветения. Распространен в Средней Европе и Скандинавии, широко представлен в европейской части России. Окраска околоцветника от лилового до светло-голубого. Плод — многоорешек с длинными пушистыми придатками.

Задачи исследования состояли в изучении полевой всхожести и динамики развития проростков указанных растений в открытом грунте с целью получения данных по влиянию условий космического полета на жизнеспособность семян и начальные этапы онтогенетического развития дикорастущих травянистых растений.

Семена растений после экспонирования на борту КА "БИОН-М" № 1 21 мая и 25 июля были высеяны в открытый грунт на глубину 1–2 см, в соответствии с размером семян (рис. 5, 6). Сроки посева были определены в примерном соответствии со временем созревания семян этих видов в природе и их попаданием на поверхность почвы в природных сообществах. Выпавшие в достаточном количестве в начале августа осадки создали благоприятные условия для появления всходов, которые были обнаружены спустя 10–15 дней для разных видов. Показа-

тели грунтовой всхожести варьировали в пределах от 3 до 78 %, причем для трех из девяти видов всходы не появились (табл. 5, рис. 7–12, см. цветные вклейки).

Таблица 5

Показатели грунтовой всхожести семян растений природной флоры после экспонирования на КА "БИОН-М" № 1

№	Виды растений	Всхожесть, %
1	Клематис цельнолистный (<i>Clematis integrifolia</i> L.)	3
2	Астра альпийская (<i>Aster alpinus</i> L.)	0
3	Гвоздика Андржеевского (<i>Dianthus andrzejowskianus</i> Kulcz.)	8
4	Лен многолетний (<i>Linum perenne</i> L.)	67
5	Синюха голубая (<i>Polemonium caeruleum</i> L.)	7
6	Примула крупночашечковая (<i>Primula macrocalyx</i> Bunge)	0
7	Касатик карликовый (<i>Iris pumila</i> L.)	78
8	Лилия мартагон (<i>Lilium martagon</i> L.)	0
9	Прострел раскрытый (<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill)	15

Для подавляющего большинства дикорастущих видов в норме не свойственны дружное прорастание и высокие показатели грунтовой всхожести, так как ежегодно прорастает лишь часть сформированных семян, остальные пополняют многолетний фонд семян в почве (банк семян). Это нормальная ситуация для природных экосистем с ненарушенным растительным покровом, внедрение в который новых особей многолетников может быть затруднено и, напротив, быстро происходит при появлении нарушенных участков за счет прорастания сохранившихся в почве семян. Семена изучаемых растений имеют, как можно предполагать, неодинаковую глубину покоя и разные физиологические основы его поддержания. Отсутствие "летних" всходов у лилии мартагон, примулы крупночашечковой и астры альпийской может быть проявлением состояния покоя, из которого их выведет перезимовка в почве (естественная стратификация).

В качестве положительного момента стимулирующего влияния факторов космического полета следует отметить повышенную, против обычных для наших многолетних наблюдений, грунтовую всхожесть льна многолетнего и касатика карликового. Показатели всхожести семян для данных видов на уровне 70–80 % норме не свойственны.

В полевых опытах также выявился эффект возрастания неоднородности растений на ранней стадии развития – среди групп всходов появлялись более крупные экземпляры, опережающие по развитию соседние особи, что особо отчетливо показали растения льна многолетнего и касатика карликового. Возможно, что эта гетерогенность групп всходов связана с неодинаковыми размерами и массой исходных семян в партиях, что позволило отдельным семенам испытать на себе более или менее сильное воздействие ослабленного ионизирующего излучения в условиях космического полета. Учитывая, что большинство данных растений привлекательны в период цветения, а многие уже выращиваются в качестве декоративных, эффект стимуляции заслуживает дальнейшего изучения и проведения за всеми экземплярами многолетних наблюдений, по крайней мере, до их вхождения в генеративную стадию развития. Не исключено, что "мягкое" стимулирующее воздействие факторов космического полета изменит характер их цветения и будет способствовать появлению новых декоративных особенностей, которые могут быть закреплены в селекции при выведении сортов.

Заключение

Влияние факторов космического полета практически на все биообъекты многообразно и связано с возникновением у них неспецифических адаптационных реакций. Например, ранее проводившиеся исследования показали, что пребывание в космическом пространстве может оказывать стимулирующий эффект на сухие семена ряда растений (более быстрое прорастание и развитие семян), а также вызывать ускорение деления клеток на проростках и появление в них хромосомных нарушений [5]. Предварительные результаты проведенных исследований для экспонированных на борту КА "БИОН-М" № 1 в течение 30-суточного полета (с 19 апреля по 19 мая 2013 года) семян и плодов лекарственных растений (мелиссы лекарственной и расторопши пятнистой) и растений природной флоры (клематис цельнолистный, гвоздика Андржеевского, лен многолетний, сиңюха голубая, касатик карликовый, прострел раскрытый) подтверждают стимулирующее воздействие факторов космического полета на показатели всхожести и на первые стадии вегетации. Отсутствие "летних" всходов у лилии мартагон, примулы крупночашечковой и астры альпийской может быть проявлением состояния покоя. Отмечается заметное влияние на скорость прорастания семян мелиссы лекарственной и плодов расторопши пятнистой, семена которых экспонировались на борту КА "БИОН-М" № 1, соответственно, на 10–15 % и 15–20 %. То же самое выявили и морфометрические данные (мелколистность, эффект возрастания неоднородности на ранней стадии развития растений, наличие растений "гигантов" и т. п.). Обнаружена повышенная, против обычного, грунтовая всхожесть льна многолетнего и касатика карликового, а именно, для них показатели всхожести семян выше на 70–80 % от нормы, что им не свойственно.

В связи с полученными предварительными результатами лабораторных и полевых опытов с экспонированными на борту КА "БИОН-М" № 1 семенами растений представляет несомненный интерес продолжение проведения аналогичных космических экспериментов с более широкими наборами семян других растений с целью изучения особенностей их послеполетного онтогенетического развития и выявления возможных изменений у последующих поколений данных особей. Следовало бы также рассмотреть возможные эффекты экспонирования семян на КА при более длительных полетах и (или) жестких условиях, например, на более высоких орбитах или в контейнерах научной аппаратуры (КНА) на внешней поверхности КА. По-видимому, также представляет большой интерес проведение космических экспериментов с проращиванием семян непосредственно на борту КА. В связи с представленными здесь предварительными результатами космических экспериментов на КА "БИОН-М" № 1 и в их развитие далее планируется не только решение поставленных задач исследования в полном объеме, но и проведение аналогичных экспериментов на КА "ФОТОН-М" № 4 (запуск планируется в середине 2014 года), а также на КА "БИОН-М" № 2 (запуск в 2017 году) в рамках новой научной программы, разрабатываемой в ИМБП РАН. В настоящее время для КА "ФОТОН-М" № 4 разработана многоцелевая научная аппаратура "СИГМА" [6], в состав которой входит модуль для размещения контейнеров с семенами и плодами высших растений. Кроме того, для КА "ФОТОН-М" № 4 разработана специализированная научная аппаратура — многоканальный регистратор температур (МРТ) [7; 8], предназначенный для контроля тепловых режимов конструкции КНА на внешней поверхности спускаемого аппарата и размещаемой в них научной аппаратуры для проведения космических экспериментов, в том числе с различными биообъектами. Для обеспечения контроля условий проведения кос-

мических экспериментов в КНА на КА "БИОН-М" № 2 на нем также планируется установка МРТ, что позволит расширить спектр проводимых исследований, в том числе при проведении соответствующих медико-биологических экспериментов.

Литература

- [1] Космическое аппаратостроение: Научно-технические исследования и практические разработки ГНПРКЦ "ЦСКБ-Прогресс" / А.Н. Кирилин [и др.]; под ред. А.Н. Кирилина. Самара: АГНИ, 2011. 280 с.
- [2] Куркин В.А. Фармакогнозия: учебник для студентов фармацевтических вузов (факультетов). 2-е изд., перераб. и доп. Самара: ООО "Офорт": СамГМУ, 2007. 1239 с.
- [3] Красная книга Самарской области. Редкие виды растений, лишайников и грибов. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2007. Т. 1. 372 с.
- [4] Определитель растений on-line. URL: <http://www.plantarium.ru>.
- [5] Ларин В.В. Космическая биология // БСЭ. М.: Сов. энциклопедия, 1973. Т. 13. С. 233-235.
- [6] О разработке научной аппаратуры "СИГМА" для проведения медико-биологических космических экспериментов / Л.Т. Волова [и др.] // Системный анализ, управление и навигация: тезисы докладов (XVIII междунар. научная конф.; Евпатория, Крым, Украина, 30 июня – 7 июля 2013 г.). М.: Изд-во МАИ, 2013. С. 24-25.
- [7] Многоканальный регистратор температур для научной аппаратуры на борту космических аппаратов "Бион-М" и "Фотон-М" / В.И. Абрашкин [и др.] // Обозрение приклад. и промышл. математики. 2012. Т. 19. Вып. 2. С. 232-233.
- [8] Абрашкин В.И., Курганская Л.В., Щербак А.В. Автономная система мониторинга теплового состояния научной аппаратуры на космическом аппарате // Известия СНЦ РАН. 2012. Т. 14. № 6. С. 240-243.

Поступила в редакцию 23/X/2013;
в окончательном варианте — 23/X/2013.

CONCERNING THE PRELIMINARY RESULTS OF SPACE EXPERIMENT WITH THE HIGHER PLANTS SEEDS EXPOSED ON SPACECRAFT "BION-M" № 1

© 2013 V.I. Abrashkin,⁷ E.V. Avdeeva, V.A. Kurkin, V.M. Ryzhov,⁸
Y.N. Gorelov, L.V. Kurganskaya,⁹ V.K. Ilyin,¹⁰ L.M. Kavelenova,¹¹ S.A. Rozno,
I.V. Ruzaeva, K.S. Ruzaeva¹²

The preliminary results of after-flight laboratory and field studies fulfilled with the higher plants seeds exposed for 30 days on the board of spacecraft "BION-M" № 1 are presented in the article.

Key words: space experiment, factors of space flight, plants of medicinal and native flora, seeds, fruit, field observations, parameters, germination, speed of germination.

Paper received 23/X/2013.

Paper accepted 23/X/2013.

⁷Abrashkin Valeriy Ivanovich (csdb@samtel.ru), Federal State Unitary Enterprise State Research and Production Space Rocket Center "TsSKB-Progress", Samara, 443009, Russian Federation.

⁸Avdeeva Elena Vladimirovna (avdeeva.ev@gmail.com), Kurkin Vladimir Alexandrovich (kurkinvladimir@yandex.ru), Ryzhov Vitaliy Mikhailovich (lavr_rvm@mail.ru), the Dept. of Pharmacognosy with the Basics of Botany and Herbal Medicine, Samara State Medical University, Samara 443079, Russian Federation.

⁹Gorelov Yuriy Nikolaevich (yungor07@mail.ru), Kurganskaya Lyubov Viktorovna (limbo83@mail.ru), Institute for the Control of Complex Systems of RAS, Samara, 443020, Russian Federation; Research and Education Center "Space systems of remote sensing", Samara, 443011, Russian Federation.

¹⁰Ilyin Vyacheslav Konstantinovich (piton2004@bk.ru), SSC RF – IBMP RAS, Moscow, 123007, Russian Federation.

¹¹Kavelenova Ludmila Mikhailovna (biotest@samsu.ru), the Dept. of Ecology, Botany and Nature Protection, Samara State University, Samara, 443011, Russian Federation.

¹²Rozno Svetlana Alexeevna (sambg@ssu.samara.ru), Ruzaeva Irina Vasilievna (sambg@ssu.samara.ru), Ruzaeva Kseniya Sergeevna (sambg@ssu.samara.ru), Botanical Garden, Samara State University, Samara, 443086, Russian Federation.