

УДК 57.042; 629.78

ВЛИЯНИЕ ЭКСПОЗИЦИИ НА БОРТУ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «ФОТОН-М» № 4 НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И РОСТ КОРНЕЙ ПРОРОСТКОВ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЛУКА

А. В. Зотов, Л. М. Кавеленова, Л. В. Курганская, Ю. Н. Горелов

В статье приведены начальные результаты обработки данных космического эксперимента с семенами различных сортов лука, которые были экспонированы на борту космического аппарата «ФОТОН-М» № 4. Проращивание экспонированных и контрольных семян в стандартных лабораторных условиях обнаружило у разных сортов в неодинаковой степени выраженное снижение всхожести семян и снижение показателей длины корней.

Ключевые слова: факторы космического полета, Allium-тест, прорастание семян, рост корней проростков.

Уже более полувека с начала проведения биологических экспериментов на космическом аппарате ученые ищут ответ на два фундаментальных вопроса: что может дать изучение организмов во внеземных условиях для понимания процессов жизнедеятельности и какой вклад в освоение космоса внесут эти биологические знания [1]. Первый вопрос связан с изучением действия невесомости, перегрузок, радиации и других факторов на биосистемы на организменном, клеточном и субклеточном уровнях. Второй вопрос связан с изучением рисков космиче-

ского полета для человека, развитием систем жизнеобеспечения для длительных пилотируемых полетов и пр. Находящиеся в космическом аппарате живые организмы подвергаются одновременному суммированному воздействию ряда факторов, в первую очередь – невесомости и радиации. Негативные биологические эффекты ионизирующего излучения связаны с запуском цепи химических реакций в клетках и тканях [2], следствием чего являются гибель клеток [3], нарушения клеточных циклов [4], мутации [5], трансформация клеток [6], генетическая нестабильность [7].

Покоящиеся семена, находясь в состоянии вынужденного покоя, отличаются замедленным протеканием обменных процессов и способны переносить без вреда для себя термические воздействия, убивающие вегетирующие растения. Это делает их удобным объектом, который без особых затруднений может транспортироваться на околоземную орбиту и возвращаться назад для дальнейшего изучения. С другой стороны, можно предположить при экспозиции на космических аппаратах возрастание свободнорадикальной активности в семенах, причем дальнейшие изменения для конкретных видов растений и режимов воздействия априори нельзя предсказать. Изучение действия комплекса факторов космического полета на семена растений природной флоры, в

© Зотов А. В., Кавеленова Л. М., Курганская Л. В., Горелов Ю. Н., 2015.
Зотов Александр Владимирович
(biotest@samsu.ru),
аспирант биологического факультета;
Кавеленова Людмила Михайловна
(biotest@samsu.ru),
заведующая кафедрой экологии,
ботаники и охраны природы
Самарского государственного университета,
443011, Россия, г. Самара, ул. Академика Павлова, 1;
Курганская Любовь Викторовна
(lv.kurganskaya@gmail.com),
ведущий научный сотрудник Института проблем
моделирования и управления;
Горелов Юрий Николаевич
(yungor07@mail.ru),
директор Института проблем
моделирования и управления
Самарского государственного аэрокосмического
университета им. академика С. П. Королева
(национальный исследовательский университет),
443086, Россия, г. Самара, ул. Московское шоссе, 34.

том числе последующее развитие растений, полученных из этих семян, было начато специалистами СамГУ в 2013 г. в рамках экспериментальной программы на «Бион-М» № 1 [8, 9]. Позднее список привлекаемых семян-объектов был расширен, а воздействие на образцы было дифференцировано. Для образцов семян, находящихся внутри космических аппаратов, можно путем помещения в модули различной конструкции обеспечить воздействие всего комплекса факторов (стандартный модуль), либо влияние какого-либо из них будет исключено (модуль со свинцовым покрытием – защита от радиации, гипемагнитный модуль – снятие влияния магнитного поля, и пр.).

Нельзя забывать о том, что в земных условиях семена как своеобразные «живые приборы» – биотесты широко используются для выявления негативного воздействия техногенных загрязнителей и пр. [10, 11]. Применение семян лука репчатого в процедуре так называемого *Allium*-теста позволяет оценить меру генотоксического воздействия (появление хромосомных aberrаций). В данной статье представлены первичные результаты, полученные при проведении послеполетного изучения образцов семян лука репчатого различных сортов, которые были экспонированы на борту космического аппарата «ФОТОН-М» № 4.

Условия и методы исследования

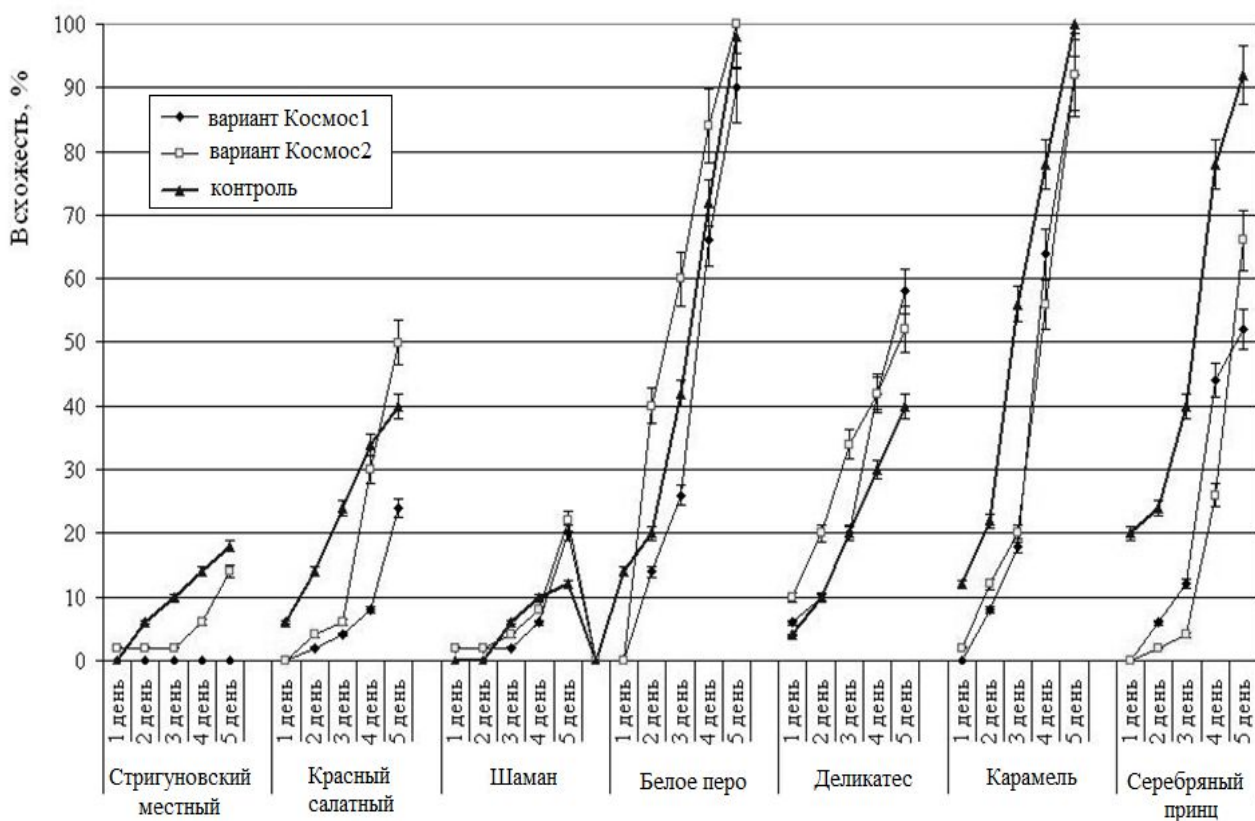
Семена лука, для которых можно предполагать неодинаковый уровень чувствительности, были использованы в серии экспериментов в качестве модельных объектов для выявления разрушительного влияния факторов космического полета на субклеточном уровне на структуру генома высших растений. Использованы семена сортов и видов лука (семенной материал, реализуемый в торговой сети): Лук репчатый сорта: Шаман, Серебряный принц, Карамель, Стригуновский местный, Белое перо, Красный салатный, Лук шалот Деликатес. Для каждого сорта подготовлены по 3 образца семян по 50 шт.

Один из них служил контролем, два других были помещены в гипемагнитный модуль (вариант Космос1) и в обычный модуль, но с дополнительной свинцовой экранирующей от остаточной радиации упаковкой (вариант Космос2).

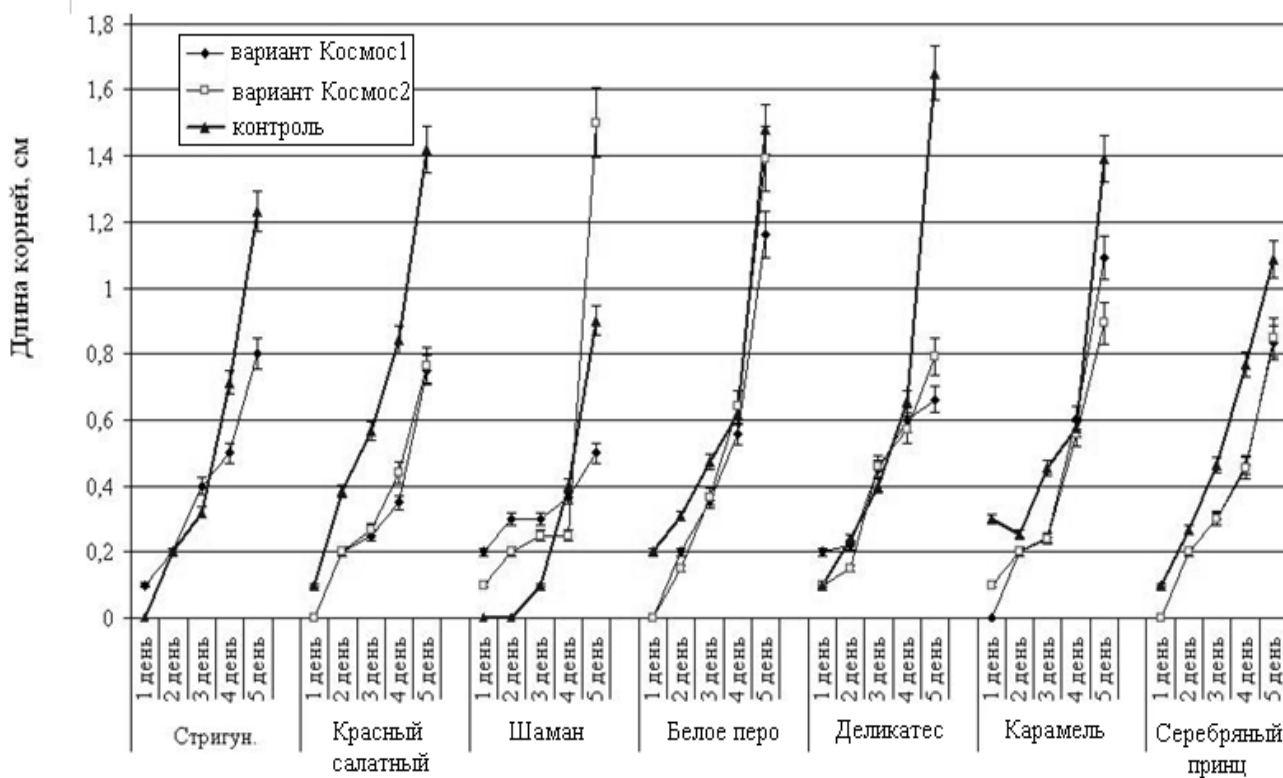
Семена сортов лука по процедуре *Allium*-теста в декабре 2014 г. в стандартных лабораторных условиях проращивались на влажных фильтрах в чашках Петри при +25 °С. В течение 5 дней фиксировали число проросших семян, измеряли длину корней проростков, спустя 5 дней меристемы корней были зафиксированы для последующего окрашивания и выявления показателей генотоксичности при сопоставлении с контролем – идентичными образцами семян, не экспонированными на борту космического аппарата. В данной статье проанализирован первичный цифровой материал, полученный при изучении процессов прорастания семян, который обработан с помощью общепринятых статистических методов пакета прикладных программ Excel.

Результаты и их обсуждение

Предварительная оценка всхожести семян лука, выполненная ранее А. В. Зотовым и М. В. Ивановой [12], продемонстрировала недостаточно высокое качество семян лука, реализуемого торговыми сетями. Удовлетворительная всхожесть семян была установлена у сортов лука репчатого Белое перо, Шаман, Красный салатный, а также луков душистого и особенно – батуна, что делает их пригодными для использования в качестве тест-объекта. Использованные нами для эксперимента семена (сорта лука репчатого Шаман, Серебряный принц, Карамель, Стригуновский местный, Белое перо, Красный салатный, лука-шалота Деликатес) обнаружили различный уровень всхожести (рис.). Всхожесть в опытных вариантах по сравнению с контролем максимально отличалась у сортов Серебряный принц (снижение на 20–40 %) и Деликатес (повышение на 10–20 %).



а



б

Рис. 1. Влияние комплекса факторов космического полета на развитие проростков различных сортов лука при экспонировании на борту космического аппарата «ФОТОН-М» № 4: а – на всхожесть семян, б – на рост корней (объяснения в тексте)

У сортов Карамель и Белое Перо, семена которых продемонстрировали самую высокую всхожесть, опытные показатели не отличались от уровня контроля. Семена лука сорта Красный Салатный, экранированные свинцом, слабо превысили всхожесть контрольного образца, а из гипوماгнитного модуля – заметно уступали контролю.

Для большинства изучавшихся семян опытные варианты продемонстрировали более заметное влияние на развитие корней проростков (рис. 1).

Отставание роста корней проростков достигло максимума у лука-шалота Деликатес, а также лука репчатого сортов Шаман и Красный Салатный, данный эффект практически отсутствовал у сорта Белое перо. Изменения длины корней являются следствием изменений скорости клеточных делений, что позволяет нам ожидать обнаружение при дальнейшем изучении корневых меристем лука различных генотоксических эффектов.

Заключение

Приходится констатировать, что взятые для экспериментов семена не в полной мере обладали достаточно высокими посевными свойствами. Однако это не исключает возможности получения значимых результатов при последующей оценке генотоксического эффекта, которое будет выполнено для зафиксированных меристем корней проростков лука.

Литература

1. Young R. S. Biological experiments in space // *Space Science Reviews*. 1968. P. 665–689.
2. Hellweg C. E., Arenz A., Baumstark-Khan C. Assessment of space environmental factors by cytotoxicity bioassays // *Acta Astronautica*. 2007. Vol. 60. P. 525–533.
3. Barendsen G. W. The relationships between RBE and LET for different types of

lethal damage in mammalian cells: biophysical and molecular mechanisms // *Radiation Research*. 1994. Vol. 139. P. 257–270.

4. The molecular basis for cell cycle delays following ionizing radiation: a review / A. Maity, W. G. McKenna, R. J. Muschel // *Radiotherapy and Oncology*. Vol. 31. 1994. P. 1–13.

5. Ward J. F., Radiation mutagenesis: the initial DNA lesions responsible // *Radiation Research*. Vol. 142. 1995. P. 362–368.

6. Cox R. Molecular mechanisms of radiation oncogenesis // *International Journal of Radiation Biology*. Vol. 65. 1994. P. 57–64.

7. Kronenberg A. Radiation-induced genomic instability // *International Journal of Radiation Biology*. Vol. 66. 1994. P. 603–609.

8. О предварительных результатах космического эксперимента с семенами высших растений на КА «БИОН-М» №1 / В. И. Абрашкин, Е. В. Авдеева, Ю. Н. Горелов [и др.] // *Вестник Самарского государственного университета*. 2013. № 9/1 (110). С. 140–150.

9. К начальным результатам космического эксперимента с семенами редких растений природной флоры на КА «Бион-М» №1 / Ю. Н. Горелов, Л. М. Кавеленова, Л. В. Курганская [и др.] // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2015. Т. 17. № 6. С. 294–298.

10. Fiskesjo G. The *Allium* test as a standard in environmental monitoring // *Hereditas*. 1985. Vol. 102. P. 99–112.

11. Leme D. M., Marin-Morales M. A. *Allium cepa* test in environmental monitoring: A review on its application // *Mutation Research*. 2009. Vol. 682. P. 71–81.

12. Зотов А. В., Иванова М. В. К перспективам применения видов и сортов лука в процедуре *Allium*-теста // *Вестник молодых ученых и специалистов Самарского государственного университета*. 2014. № 2 (5). С. 22–26.

THE EFFECT OF THE EXPOSITION ON BOARD OF THE SPACESHIP FOTON M № 4 ON SEED GERMINATION AND ROOT GROWTH OF SEEDLINGS FROM THE TEST OBJECT ALLIUM SEEDS

A. V. Zotov, L. M. Kavelenova, L. V. Kurganskaya, Yu. N. Gorelov

The article presents the initial results of data processing of space experiments with seeds of different onion varieties, which were exhibited on board the spaceship Foton-M № 4. The sprouting exposed and control germination of seeds in standard laboratory conditions found expressed in different varieties to vary the degree of reduction of seed germination and the decrease in root length.

Key words: factors of space mission, Allium-test, seeds sprouting, growth of roots of sprouts.

Статья поступила в редакцию 29.10.2015 г.

© Zotov A. V., Kavelenova L. V., Kurganskaya L. V.,
Gorelov Yu. N., 2015.
Zotov Aleksandr Vladimirovich
(biotest@samsu.ru),
postgraduate student of biological faculty;
Kavelenova Ludmila Mikhailovna
(biotest@samsu.ru),
chief professor of the Ecology, Botany and
Nature Protection Department
of the Samara State University,
443011, Russia, Samara, Academic Pavlov Str., 1;
Kurganskaya Lubov Viktorovna
(lv.kurganskaya@gmail.com),
leading researcher;
Gorelov Yuriy Nikolaevich
(yungor07@mail.ru),
director of the Institute of Modeling and Control of the
Samara State Aerospace University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye shosse, 34.