

УДК 635.21:573.6:629.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА НА МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ

© 2018 А.В. Милехин, А.Л. Бакунов, С.Л. Рубцов, Н.Н. Дмитриева, С.С. Зотов

ФГБНУ «Самарский НИИСХ», п.г.т. Безенчук Самарской обл.

Статья поступила в редакцию 15.11.2018

Изложены результаты исследований по влиянию факторов космического полета на рост и развитие микрорастений картофеля *in vitro*. Растения были получены из миниклубней, находившихся на космическом аппарате «Фотон-М №4» в течение 50 суток.

Ключевые слова: картофель, миниклубни, микрорастения, морфобиологические параметры, факторы космического полета.

DOI: 10.24411/1990-5378-2018-00086

ВВЕДЕНИЕ

Значительное усложнение программы селекционной работы по созданию новых современных сортов с комплексом хозяйственно-ценных признаков и новым их фенотипическим сочетанием определяют необходимость использования экспериментальных методов, расширяющих генетическую изменчивость потомства и повышающих эффективность селекционного отбора (Симаков Е.А., 2010).

В настоящее время в современной селекции используются различные виды и способы получения, исходного селекционного материала: естественные популяции; гибридные популяции; самоопыленные линии (инцухт-линии); искусственные мутации и полиплоидные формы. Одним из основных методов получения ценного генетического материала является экспериментальный мутагенез. Искусственный или экспериментальный мутагенез – важнейший источник создания исходного селекционного материала, основанный на применении ионизирующих излучений и химических мутагенов. Он повышает частоту изменчивости признаков растений и расширяет возможности селекционера для отбора хозяйственно-ценных форм. Использование ценного исходного материала, полученного методами экспериментального мутагенеза в сочетании с тради-

ционными селекционными методами, позволило в последние десятилетия создать немало практически ценных форм и сортов (Равкин А.С., 1981, 1987).

В мире используется более 200 сортов сельскохозяйственных растений, созданных с помощью физического и химического мутагенеза. Среди них высокоурожайные сорта пшеницы, кукурузы, риса, сои, томатов, сорта кукурузы и пшеницы с повышенным содержанием в зерне белка и лизина, безалкалоидный сорт люпина, высокомасличные сорта подсолнечника с необычным химическим составом масла, устойчивые к полеганию карликовые и полукарликовые сорта пшеницы и ячменя, высокопродуктивные сорта хлопчатника с волокном высокого качества, интересные в декоративном отношении формы цветочных культур.

В последние годы начаты исследования по изучению химического мутагенеза в клонной селекции вегетативно размножаемых культур. Обработка мутагенами соматических клеток вызывает изменение отдельных признаков сорта при сохранении его основных достоинств и является перспективной для совершенствования сортимента. При этом важное значение имеет подбор сроков и доз обработки вегетативных почек химическими мутагенами, а также комбинированное воздействие мутагенов и физиологически активных веществ для повышения выхода жизнеспособных растений с мутационными изменениями. Необходимо изучить морфобиологические, анатомические и цитогенетические особенности мутантных форм (Семакин В.П., 1982; Смыков А.В., 1999).

Однако до сих пор многие проблемы не решены до конца. Условия космического полёта (минимальное влияние магнитного поля Земли, отсутствие гравитации, ионизирующее и электромагнитное космическое излучение) теоретически может повлиять на процессы экспрессии

Милехин Алексей Викторович, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией биотехнологии сельскохозяйственных растений. E-mail: samniish@mail.ru

Бакунов Алексей Львович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биотехнологии сельскохозяйственных растений. E-mail: bac24@yandex.ru

Рубцов Сергей Леонидович, научный сотрудник лаборатории биотехнологии сельскохозяйственных растений. Дмитриева Надежда Николаевна, старший научный сотрудник лаборатории биотехнологии сельскохозяйственных растений.

Зотов Святослав Сергеевич, младший научный сотрудник.

генов и рекомбинаогенеза, что может расширить веретено генотипической вариабельности и получить новые хозяйственно значимые генетические конструкции.

Целью исследований являлось изучение влияния факторов космического полёта (ФКП) на морфобиологические параметры меристемных растений картофеля для последующего создания высокопродуктивных генотипов и сортов, устойчивых к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды для использования в агропромышленном комплексе Российской Федерации.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования служили: мини-клубни сортов картофеля селекции ФГБНУ «Самарский НИИСХ» Жигулевский и Безенчукский, а также микрорастения *in vitro*, полученные из миниклубней, подвергшихся воздействию факторов космического полета на космическом аппарате «Фотон-М» №4 (рис. 1).

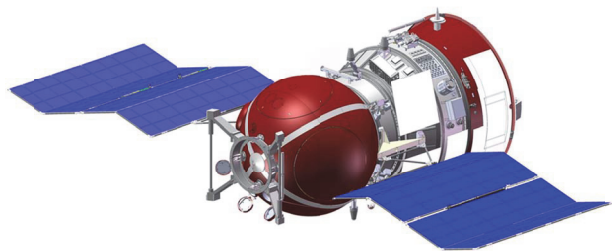


Рис. 1. Схема космического аппарата Фотон М-№4

Аппарат Фотон М-№4 предназначен для проведения в условиях микрогравитации исследований в области космической технологии и биотехнологии, обеспечивающих получение новых знаний по физике невесомости, получение отработанных технологических процессов производства полупроводниковых материалов, биомедицинских препаратов с улучшенными характеристиками. Исследования проводились на научной аппаратуре «СИГМА» ФГБНУ ИПУСС РАН.

Продолжительность экспонирования: 50 суток, с 14 июля по 1 сентября 2014 г.

Сорт Жигулевский - среднеспелый, универсальный. Растение высокое, промежуточного типа, полупрямостоячее. Лист от среднего размера до крупного, промежуточный, зеленый. Волнистость края средняя. Венчик очень крупный, белый. Максимальная урожайность - 341 ц/га. Клубень овальный с мелкими глазками. Кожура слегка шероховатая, желтая. Мякоть светло-желтая. Масса товарного клубня 100-208 г. Содержание крахмала 12,5-15,0%. Вкус удовлетворительный и хороший. Товарность 87-97%. Лежкость 78%.

Сорт Безенчукский - среднеспелый, столового назначения. Растение средней высоты, промежуточного типа, полупрямостоячее. Лист среднего размера, промежуточный, темно-зеленый. Венчик среднего размера до крупного. Интенсивность антоциановой окраски внутренней стороны венчика сильная. Максимальная урожайность - 323 ц/га. Клубень овально-округлый с глубокими глазками. Кожура красная. Мякоть светло-желтая. Масса товарного клубня - 125-243 г. Содержание крахмала - 15,2-17,9%. Вкус отличный. Товарность - 88-96%. Лежкость - 93%.

Схема опыта предусматривала три варианта: 1. контроль (10 клубней, хранившиеся в наземных условиях); 2. вариант «ГИПО» (10 клубней, находившиеся во время полета в гипомагнитном модуле); 3. вариант «НЭ» (10 клубней, находившиеся во время полета в обычном модуле).

Наземные исследования и эксперименты проводились согласно методике по проведению работ с культурой ткани и клонального микро-размножения растений картофеля. Ввод растений в культуру *in vitro* осуществлен в соответствии с методикой ФГБНУ «Самарский НИИСХ» (Методика, 2017). От каждого миниклубня было получено по три микрорастения, принятых за повторность. Общее количество растений на каждом варианте - 30 штук, количество повторностей - 10. Растения культивировались в стеклянных пробирках с ватно-марлевыми пробками в течение 30 суток при шестнадцатичасовом фотопериоде на стандартной питательной среде Мурасиге-Скуга. После окончания вегетации измерялись следующие параметры: высота растений, количество листьев и междоузлий, длина корневой системы. На основании полученных биометрических данных по каждому сорту рассчитывали коэффициент размножения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Двухфакторный дисперсионный анализ длины регенерантов выявил высокую достоверность различий по этому показателю, как по различным генотипам, так и по различным средовым воздействиям. Установлено достоверное снижение средней длины меристемных растений картофеля при их получении из миниклубней, подвергшихся воздействию факторов космического полета. Так, в контрольном варианте средняя длина регенерантов составила 9,08 см, в варианте ГИПО этот показатель составлял 8,37 см, а в варианте НЭ - 8,19 см (табл. 1). Между вариантами опыта достоверных различий по этому показателю не выявлено.

Также следует отметить, что микрорастения сорта Жигулевский, полученные из клубней в варианте ГИПО, не имели достоверного снижения длины в сравнении с контрольным вариантом.

Таблица 1. Длина меристемных растений картофеля в зависимости от действия факторов космического полета

| Сорт | Длина растений, см. | | | Ср. по генотипам |
|-------------------|---------------------|------|------|------------------|
| | Контроль | ГИПО | НЭ | |
| Жигулевский | 10,02 | 9,85 | 9,24 | 9,70 |
| Безенчукский | 8,14 | 6,89 | 7,14 | 7,39 |
| Среднее по средам | 9,08 | 8,37 | 8,19 | |

НСР по фактору А (сорт) = 0,29 см
 НСР по фактору В (среда) = 0,36 см
 НСР АВ (взаимодействие) = 0,51 см

Вариабельность длины меристемных растений была преимущественно обусловлена генотипическими факторами. Вклад генотипа в варьирование длины растения составил 83,3%, на фактор изменения условий среды приходилось 13,8%, а на взаимодействие факторов генотипа и среды лишь 2,9% от общего варьирования признака.

Количество междоузлий на меристемном растении картофеля важно для оценки количества черенков, которые могут быть получены с одного растения и, следовательно, для последующего прогнозирования коэффициента размножения. При анализе среднего количества междоузлий на одно меристемное растение установлено достоверное снижение этого показателя у регенерантов, полученных из клубней, подвергшихся действию факторов космического полета. Так, среднее количество междоузлий на одно растение составило 6,05 шт. в контрольном варианте и 5,13 шт. в вариантах ГИПО и НЭ (таблица 2).

Анализ воздействия генотипа, условий культивирования и их взаимодействия на варьирование количества междоузлий показал практически равный вклад генотипа и средовых воздействий. Вклад генотипа в изменчивость признака составил 49,9%, а факторы космического полета обусловили 49,1% общего варьирования признака. При этом достоверного взаимодействия генотипа и среды не выявлено, на него приходился лишь 1% варьирования.

Факторы космического полета привели к достоверному снижению длины корневой системы у полученных регенерантов. Средняя длина корневой системы на одном растении составила в контрольном варианте 4,95 см, в варианте ГИПО – 4,17 см, а в варианте НЭ – 4,25 см (табл. 3). При этом достоверных различий между вариантами опыта по этому показателю не выявлено.

Вариабельность длины корневой систе-

Таблица 2. Количество междоузлий у меристемных растений картофеля в зависимости от действия факторов космического полета

| Сорт | Среднее количество междоузлий на одно растение, шт. | | | Ср. по генотипам |
|-------------------|---|------|------|------------------|
| | Контроль | ГИПО | НЭ | |
| Жигулевский | 6,57 | 5,53 | 5,52 | 5,87 |
| Безенчукский | 5,53 | 4,73 | 4,74 | 5,00 |
| Среднее по средам | 6,05 | 5,13 | 5,13 | |

НСР по фактору А (сорт) = 0,27 см
 НСР по фактору В (среда) = 0,33 см

Таблица 3. Длина корневой системы у меристемных растений картофеля в зависимости от действия факторов космического полета

| Сорт | Среднее длина корневой системы на одно растение, см | | | Ср. по генотипам |
|-------------------|---|------|------|------------------|
| | Контроль | ГИПО | НЭ | |
| Жигулевский | 5,29 | 4,48 | 4,54 | 4,77 |
| Безенчукский | 4,61 | 3,86 | 3,95 | 4,14 |
| Среднее по средам | 4,95 | 4,17 | 4,25 | |

НСР по фактору А (сорт) = 0,23 см
 НСР по фактору В (среда) = 0,28 см

мы у изученных регенерантов в максимальной степени была обусловлена средовыми факторами, на долю которых приходилось 55,4% от общего варьирования признака. Генотипическими факторами было обусловлено 44,4% варьирования, а достоверного взаимодействия факторов не выявлено, от него зависело лишь 0,2% изменчивости длины корневой системы.

Таким образом, у меристемных растений картофеля, полученных из миниклубней, которые были подвергнуты действию факторов космического полета, отмечено достоверное снижение в сравнении с контролем основных показателей роста и развития: длины растения, количества междоузлий и длины корневой системы. Достоверные различия по этим показателям между различными вариантами опыта не выявлено. Факторы космического полета в максимальной степени воздействовали на вариабельность длины корневой системы. Вариабельность количества междоузлий была в равной степени обусловлена генотипическими и средовыми факторами, а длина регенерантов преимущественно зависела от генотипических факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Симаков Е.А. Генетические и методологические основы повышения эффективности селекционного процесса картофеля: диссертация доктора сельскохозяйственных наук: Москва, 2010. - 330 с.: ил.
2. Равкин А.С. Действие ионизирующих излучений и химических мутантов на вегетативно размножаемые растения. – М.: Наука, 1981. – 191 с.
3. Равкин А.С. Индуцированный мутагенез в селекции плодовых и ягодных растений // Радиационный мутагенез и его рост в эволюции и селекции: Сб. научн. работ. – М.: Наука, 1987. – С. 205-219.
4. Семакин В.П. Селекция сортов плодовых культур на основе искусственного мутагенеза // Обзорная информация. – М., 1982. – 47 с.
5. Смыков А.В. Методические рекомендации по использованию гамма-излучения в клоновой селекции персика. – М., 1991. – 26 с.
6. Смыков А.В. Мутагенез // Труды Никит. ботан. сада. – Ялта, 1999. – Т. 118. – С. 39-41.
7. Методика микроклонального размножения и производство оздоровленных миниклубней в оригинальном семеноводстве картофеля в условиях высокой инфекционной нагрузки Самарской области / С.Л. Рубцов, А.В. Милехин, С.Н. Шевченко [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. - 2017. - Т. 19. № 2(4). - С. 650-658.

RESEARCH OF INFLUENCE OF SPACE FLIGHT FACTORS ON POTATO MICRO PLANTS MORPHOBIOLOGICAL PARAMETERS

© 2018 A.V. Milekhin, A.L. Bakunov, S.L. Rubtsov, N.N. Dmitrieva, S.S. Zotov

Samara Research Institute of Agriculture, Bezenchuk, Samara Region

The results of studies on the influence of space flight factors on the growth and development of potato micro plants in vitro are presented. The plants were obtained from mini-tubers that were on the spacecraft «Photon-M-N^o4» within 50 days.

Keywords: potato, mini-tubers, micro plants, morphobiological parameters, space flight factors.

DOI: 10.24411/1990-5378-2018-00086

Alexey Milekhin, PhD, Head of Laboratory of Agricultural Plants Biotechnology. E-Mail: samniish@mail.ru

Alexey Bakunov, PhD, Leading Scientist of Laboratory of Agricultural Plants Biotechnology. E-mail: bac24@yandex.ru

Sergey Rubtsov, Scientist of Laboratory of Agricultural Plants Biotechnology.

Nadezhda Dmitrieva, Senior Scientist of Laboratory of Agricultural Plants Biotechnology.

Svyatoslav Zotov, Junior Scientist.