

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА НА МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГЕНОТИПОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

© А.В. Милехин, А.Л. Бакунов, А.И. Менибаев, С.Л. Рубцов, А.А. Зуева

ФГБНУ «Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
имени Н.М. Тулайкова», п.г.т. Безенчук, Самарская область

Статья поступила в редакцию 15.11.2018

Изложены результаты космического эксперимента с семенами яровой мягкой пшеницы, проведенного на космическом аппарате Фотон-MN⁹⁴. Представлены материалы полевых наблюдений и лабораторных анализов морфобиологических показателей растений.

Ключевые слова: космический эксперимент, факторы космического полета, яровая мягкая пшеница, морфобиологические показатели.

DOI: 10.24411/1990-5378-2018-00089

При создании новых форм культурных растений с комплексом хозяйственно-значимых признаков в процессе селекции селекционер сталкивается с ограниченностью возможностей внутривидового рекомбиногенеза. В целях расширения генотипической вариабельности используются все более новые методы (индуцирование эпигенетической экспрессии «спящих» генов, межвидовая гибридизация в сочетании с индуцированным мутагенезом, трансгеноз и др.). Одним из наиболее эффективных методов создания нового перспективного селекционного материала по широкому набору сельскохозяйственных культур является в настоящее время спонтанный и индуцированный мутагенез [1].

К настоящему времени разработано много приемов индуцирования мутаций. В их основе лежит воздействие на организмы различными физическими факторами (мутагенами). Из них в практике используют главным образом ионизирующие излучения различного типа и некоторые химические вещества. Действуя этими факторами на клетки организма, можно резко повысить их мутационную изменчивость, что позволяет получить новые аллели, которые в природе обнаружить не удастся. Например, этим путем получены высокопродуктивные штаммы микроорганизмов (продуцентов антибиотиков), кар-

ликовые сорта растений с повышенной скороспелостью и т.д. Экспериментально полученные мутации у растений используют как материал для искусственного отбора. Этим путем получены высокопродуктивные карликовые сорта растений с повышенной скороспелостью и т.д.

К группе физических мутагенов относят любые физические воздействия на живые организмы, которые оказывают либо прямое влияние на ДНК, либо опосредованное влияние через системы репликации, репарации, рекомбинации.

По данным ряда авторов, величина воздействия энергии на объект убывает в следующем порядке: космические лучи, γ -лучи, рентгеновские лучи, β -лучи, α -лучи, УФ-лучи, видимый свет, инфракрасные лучи, микроволны, радиоволны. Таким образом космическое излучение можно использовать в качестве перспективного способа получения мутантных комбинаций.

Однако до сих пор многие проблемы не решены до конца. Условия космического полета (минимальное влияние магнитного поля Земли, отсутствие гравитации, ионизирующее и электромагнитное космическое излучение) теоретически может повлиять на процессы экспрессии генов и рекомбиногенеза, что может расширить генотипическую вариабельность и получить новые хозяйственно значимые генетические конструкции.

Целью исследований являлось изучение влияния факторов космического полета (ФКП) на морфологические параметры растений различных сортов яровой мягкой пшеницы для расширения генетической вариабельности и последующего создания высокопродуктивных сортов, устойчивых к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды для использования в различных агробиологических условиях Российской Федерации.

В процессе проведения научной работы решались следующие задачи:

- оценить восприимчивость различных со-

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

Менибаев Асхат Исмаилович, младший научный сотрудник лаборатории генетики и селекции яровой мягкой пшеницы.

Рубцов Сергей Леонидович, научный сотрудник лаборатории биотехнологии сельскохозяйственных растений.

Зуева Анастасия Александровна, младший научный сотрудник лаборатории генетики и селекции яровой мягкой пшеницы. E-mail: samniish@mail.ru

ртов к модифицирующим факторам космического полета;

- выявить морфологические, физиологические, биохимические и генетические мутации (видимые и скрытые) признаков и отобрать хозяйственно-ценные из них;

- создать новый перспективный генетический материал и сорта яровой мягкой пшеницы для различных агроклиматических условий Российской Федерации.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования служили: сухие семена шести сортов, и двух перспективных селекционных линий яровой мягкой пшеницы: Тулайковская золотистая, Тулайковская 5, Тулайковская 100, Тулайковская 10, Тулайковская 110, Тулайковская победа, Грекум 1003, Лютесценс 916 подвергшихся воздействию факторов космического полета на космическом аппарате «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.

Схема опыта предусматривала три варианта:

1. вариант «К» (семена хранившиеся в наземных условиях); 2. вариант «ГИПО» (семена, находившиеся во время полета в гипоманитном модуле); 3. вариант «НЭ» (семена, находившиеся во время полета в обычном модуле). Полевой эксперимент был организован путем посева семян на шестирядковых делянках площадью 1,0 м² в двух повторениях с рендомизированным размещением по блокам. В период вегетации проведены фенологические наблюдения. Перед уборкой с каждой делянки были отобраны растения (25 шт.) для определения структуры урожая по признакам: высота растений, длина верхнего междоузлия, длина колоса, количество колосков в колосе, масса стебля, масса колоса, масса зерна.

Фенологические, морфологические и биометрические наблюдения и анализы проводились согласно методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [2].

Статистическая и математическая обработка экспериментальных данных проводилась методом одно- и двухфакторного дисперсионного анализа [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные лабораторные и полевые исследования показали, что факторы космического полета оказывали существенное влияние на биометрические показатели стебля растений различных генотипов яровой мягкой пшеницы лишь в 2016 году, в первый год выращивания (табл. 1) [4].

Так, достоверное снижение высоты растений на варианте НЭ в сравнении с контрольным ва-

Таблица 1. Влияние факторов космического полета на биометрические показания стебля, 2016 г.

Опытные образцы	Высота растения, см			Длина верхнего междоузлия, см			Длина колоса, см		
	НЭ	ГИПО	К	НЭ	ГИПО	К	НЭ	ГИПО	К
Тулайковская золотистая	71,6	75,8	71,4	29,9	30,7	31,0	8,2	7,3	6,7
Грекум 1003	60,5	67,0	69,1	27,5	27,4	28,7	7,8	7,9	9,4
Тулайковская 5	61,4	58,3	69,0	28,7	23,9	29,6	6,7	7,3	7,7
Тулайковская 100	68,9	61,7	61,8	31,9	27,6	27,9	7,2	6,8	6,4
Лютесценс 916	71,7	74,4	70,8	32,2	35,7	31,7	6,2	8,1	7,1
Тулайковская 10	77,4	76,4	75,4	34,2	32,5	31,0	7,6	7,8	8,2
Тулайковская 110	76,4	78,6	72,0	32,8	33,3	30,8	8,8	9,2	9,0
Тулайковская победа	72,8	72,5	71,3	34,6	32,7	31,1	8,7	8,5	8,1
НСР 05	6,26			3,28			1,11		

риантом отмечено у сортов Грекум 1003, у сорта Тулайковская 5 на том и другом варианте опыта. Напротив, у сорта Тулайковская 100 в варианте НЭ и у сорта Тулайковская 110 в варианте ГИПО выявлено достоверное повышение этого показателя. Длина верхнего междоузлия достоверно снизилась у сорта Тулайковская 5 в варианте ГИПО, у сорта Лютесценс 916 этот параметр в варианте ГИПО достоверно увеличился. Также выявлено достоверное увеличение длины верхнего междоузлия у сортов Тулайковская 100 и Тулайковская победа в варианте опыта НЭ. Достоверные изменения длины колоса выявлены лишь у сортов Тулайковская золотистая и Грекум 1003. При этом у первого отмечено ее увеличение в варианте НЭ, а у второго – снижение в том и другом варианте.

При этом, при выращивании опытных семян второго года в период вегетации 2017 года данные тенденции не подтвердились. Достоверное снижение отмечено только у сортов Тулайковская золотистая (высота растений НЭ), Тулайковская 100 (длина верхнего междоузлия НЭ) и Лютесценс 916 (высота растений ГИПО) (табл. 2).

Существенное влияние факторов космического полета на биометрические показатели колоса были зафиксированы лишь у отдельных генотипов и только по количеству колосков в колосе. При выращивании опытных семян первого года в период вегетации 2016 года положительное влияние отмечено у сортов Тулайковская золотистая и Лютесценс 916, в то время как у сорта Тулайковская 10 отрицательное. Влияние космических условий среды на массу колоса и зерна в зависимости от генотипов не наблюдалось (табл. 3).

В условиях вегетации 2017 года достоверного влияния факторов космической среды на биометрические показатели колоса не установлено (табл. 4)

Анализ средних трехлетних (2016-2018 гг.) данных по биометрическим показателям стебля выявил практически полное отсутствие достоверного влияния на них факторов космического полета и взаимодействия факторов генотипа и среды. Вариабельность высоты растения и длины колоса преимущественно зависела от генотипических особенностей сортов, по длине верхнего междоузлия достоверные различия отсутствовали как по средовым, так и по генотипическим факторам (табл. 5)

Вклад генотипических факторов в варьирование высоты растения составил 82,8%, факторов среды – 0,2%, а их взаимодействием было обусловлено 17% общей изменчивости признака. Изменчивость длины колоса была обусловлена генотипом на 60%, факторами среды на 7,1% и взаимодействием факторов на 32,9%.

Аналогичные результаты получены и при анализе трехлетних данных по биометрическим показателям колоса. Достоверные различия по количеству колосков, массе колоса и массе 1000 зерен отмечены только среди различных генотипов, тогда как различия по вариантам опыта были недостоверны (табл.6)

Однако следует отметить, что вклад взаимодействия генотипических и средовых факторов в изменчивость биометрических показателей колоса был более существенным, чем в изменчивость биометрических показателей стебля. Так, варьирование количества коло-

Таблица 2. Влияние факторов космического полета на биометрические показания стебля, 2017 г.

Опытные образцы	Высота растения, см			Длина верхнего междоузлия, см			Длина колоса, см		
	НЭ	ГИПО	К	НЭ	ГИПО	К	НЭ	ГИПО	К
Тулайковская золотистая	83,3	87,0	91,3	38,3	37,1	39,6	9,9	9,5	9,9
Грекум 1003	89,9	88,7	88,6	47,8	45,1	46,4	9,2	9,8	9,0
Тулайковская 5	83,2	82,7	83,9	42,1	41,1	43,0	10,2	10,1	10,0
Тулайковская 100	75,0	81,3	78,4	34,6	39,7	38,1	8,7	10,2	9,9
Лютесценс 916	80,9	75,6	83,5	42,2	36,6	40,0	9,1	9,6	10,1
Тулайковская 10	90,0	86,3	89,2	43,2	38,1	40,1	10,0	9,8	9,9
Тулайковская 110	81,0	82,0	84,2	35,9	37,9	38,6	8,6	9,7	9,6
Тулайковская победа	86,0	86,0	81,3	41,2	39,5	37,8	8,6	10,2	9,3
НСР 05	4,7			3,4			Не достоверно		

Таблица 3. Влияние факторов космического полета на биометрические показатели колоса, 2016 г.

Опытные образцы	Количество колосков в колосе, шт.			Масса колоса, г			Масса 1000 зерен, г		
	НЭ	ГИПО	К	НЭ	ГИПО	К	НЭ	ГИПО	К
Тулайковская золотистая	14,0	12,0	11,4	1,8	1,8	1,0	34,5	35,6	33,2
Грекум 1003	13,4	14,0	14,6	1,2	1,4	2,0	28,1	32,9	17,8
Тулайковская 5	11,6	11,2	12,2	1,2	1,2	1,6	29,9	32,4	34,7
Тулайковская 100	13,3	13,4	11,6	1,2	1,0	1,4	34,7	29,1	32,5
Лютесценс 916	11,8	14,2	11,1	1,0	1,6	1,2	31,1	33,2	30,4
Тулайковская 10	11,8	13,0	14,8	1,4	1,2	1,4	33,1	30,3	31,5
Тулайковская 110	14,8	15,8	14,6	1,8	2,0	1,8	30,5	35,9	31,8
Тулайковская победа	14,2	13,6	14,2	1,6	1,8	1,6	34,2	34,7	32,8
НСР 05	1,95			Не достоверно			Не достоверно		

Таблица 4. Влияние факторов космического полета на биометрические показатели колоса, 2017 г.

Опытные образцы	Количество колосков в колосе, шт.			Масса колоса, г			Масса 1000 зерен, г		
	НЭ	ГИПО	К	НЭ	ГИПО	К	НЭ	ГИПО	К
Тулайковская золотистая	15,4	15,4	15,4	2,05	1,77	1,80	37,5	34,9	35,3
Грекум 1003	14,8	14,6	14,2	2,0	1,98	1,92	39,2	37,3	34,6
Тулайковская 5	13,5	12,8	14,4	1,97	2,13	1,80	33,4	38,2	37,4
Тулайковская 100	13,2	15,6	15,1	1,23	2,03	1,86	35,1	38,6	41,2
Лютесценс 916	13,9	15,0	15,4	1,49	1,70	2,20	37,0	37,3	40,8
Тулайковская 10	12,8	15,4	14,6	2,03	1,93	2,35	40,0	35,8	41,7
Тулайковская 110	12,8	15,4	15,0	1,54	1,61	1,69	37,6	34,9	37,3
Тулайковская победа	13,0	14,6	14,0	1,57	1,95	1,66	39,3	39,5	38,9
НСР 05	Не достоверно			Не достоверно			Не достоверно		

сков в колосе определялось генотипическими факторами на 49,7%, факторами среды на 10,2% и взаимодействием факторов на 40,1%. Вклад генотипа в изменчивость длины колоса составил 59,9%, факторов среды – 7,1%, а их взаимодействие обусловило 33,0% варибельности признака. Выявлена достоверная зависимость изменчивости массы 1000 зерен именно от взаимодействия факторов генотип-среда. Этим взаимодействием было обуслов-

лено 57,6% варибельности признака, тогда как генотипическими факторами – 34,3%, а средовыми факторами – 8,1%. Следствием этого по данным трехлетних исследований является достоверное увеличение массы 1000 зерен у сорта Грекум 1003 в вариантах НЭ и ГИПО в сравнении с контролем – 31,1 г, 33,6 г и 23,8 г соответственно; и достоверное увеличение этого параметра у сорта Тулайковская 5 в варианте ГИПО – 40,3 г (табл.).

Таблица 5. Влияние факторов космического полета на биометрические показатели стебля, среднее 2016-2018 гг.

Опытные образцы	Высота растения, см.				Длина верхнего междоузлия, см				Длина колоса, см			
	НЭ	ГИП О	К	Ср	НЭ	ГИ ПО	К	Ср.	НЭ	ГИП О	К	Ср.
Тулайковская золотистая	73,7	77,7	76,3	75,9	32,0	32,1	33,1	32,4	8,6	7,9	7,6	8,0
Грекум 1003	68,9	72,7	74,0	71,9	33,6	32,6	33,9	33,4	8,1	8,3	9,0	8,5
Тулайковская 5	67,2	65,1	72,3	68,2	32,5	29,0	33,3	31,6	7,7	8,0	8,3	8,0
Тулайковская 100	69,2	66,7	65,8	67,2	32,0	31,0	30,6	31,2	7,5	7,8	7,4	7,6
Лютесценс 916	73,0	73,0	73,3	73,1	34,7	35,1	33,7	34,5	7,0	8,4	7,9	7,8
Тулайковская 10	79,6	77,9	78,1	78,5	36,4	33,6	33,2	34,4	8,2	8,3	8,6	8,3
Тулайковская 110	76,1	77,8	74,3	76,1	33,0	34,0	32,6	33,2	8,5	9,1	9,0	8,9
Тулайковская победа	75,4	75,2	72,9	74,5	36,0	34,2	32,6	34,2	8,5	8,9	8,3	8,5
Среднее по средам	72,9	73,3	73,4		33,8	32,7	32,9		8,0	8,3	8,3	

Высота растения: НСР по фактору А (сорт) = 3,6 см

Длина колоса: НСР по фактору А (сорт) = 0,6 см

Таблица 6. Влияние факторов космического полета на биометрические показатели колоса, среднее 2016-2018 гг.

Опытные образцы	Количество колосков в колосе, шт.				Масса колоса, г				Масса 1000 зерен, г.			
	НЭ	ГИП О	К	Ср	НЭ	ГИ ПО	К	Ср.	НЭ	ГИП О	К	Ср.
Тулайковская золотистая	14,2	12,8	13,8	13,6	1,85	1,76	1,23	1,61	34,7	34,5	33,1	34,1
Грекум 1003	13,5	13,9	14,2	13,9	1,44	1,56	1,92	1,64	31,1	33,6	23,8	29,5
Тулайковская 5	11,9	11,5	13,1	12,2	1,43	1,48	1,63	1,51	30,3	40,3	34,7	35,1
Тулайковская 100	12,9	13,8	13,0	13,2	1,21	1,32	1,52	1,35	34,0	31,5	34,6	33,4
Лютесценс 916	12,2	14,1	13,2	13,2	1,13	1,60	1,50	1,41	32,3	33,7	33,1	33,1
Тулайковская 10	11,8	13,5	13,7	13,0	1,58	1,41	1,68	1,56	34,6	31,4	34,1	33,4
Тулайковская 110	13,8	15,3	13,8	14,3	1,67	1,82	1,73	1,74	32,1	34,7	32,8	33,2
Тулайковская победа	13,5	13,6	13,4	13,5	1,55	1,81	1,59	1,65	35,1	35,4	34,0	34,8
Среднее по средам	13,0	13,6	13,5		1,48	1,59	1,60		33,0	34,4	32,5	

Количество колосков в колосе: НСР по фактору А (сорт)=0,89 шт.

Масса колоса: НСР по фактору А (сорт)=0,24 г

Масса 1000 зерен: НСР по фактору А (сорт)=3,06 г, НСР по взаимодействию факторов АВ (генотип и среда) =5,03 г.

Отсутствие, в большинстве случаев, значимых морфо-биологических изменений в исследуемых образцах яровой мягкой пшеницы вероятно связано с использованием в качестве

объекта изучения сухих семян находящихся в состоянии глубокого биологического покоя. Таким образом, при дальнейшем изучении ФКП в качестве объекта исследования нами предлагается использование культуры клеточной (каллусной) ткани и проростков различных генотипов пшеницы. В 2017 году в лаборатории биотехнологии сельскохозяйственных растений была получена клеточная культура *in vitro* различных сортов яровой мягкой пшеницы. Начаты экспериментальные работы по определению оптимальных режимов культивирования растительной клеточной культуры и проростков пшеницы в условиях космического полета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Факторы космического полета оказывали существенное влияние на биометрические показатели стебля и колоса растений различных генотипов яровой мягкой пшеницы лишь в 2016 году, в первый год выращивания. При этом у различных сортов отмечалось как достоверное увеличение, так и снижение показателей.

При выращивании опытных семян второго года в период вегетации 2017 года достоверное снижение биометрических показателей стебля отмечено только у сортов Тулайковская золотистая (высота растений НЭ), Тулайковская 100 (длина верхнего междоузлия НЭ) и Лютесценс 916 (высота растений ГИПО). Достоверного

влияния факторов космической среды на биометрические показатели колоса в этом году не установлено.

По трехлетним данным выявлено практически полное отсутствие достоверного влияния факторов космического полета и взаимодействия факторов генотипа и среды на большинство биометрических показателей стебля и колоса. Однако влияние взаимодействия факторов генотипа и среды было достоверно высоким и вносило определяющий вклад в варьирование массы 1000 зерен. Этот показатель был достоверно выше контроля у сорта Грекум 1003 в обоих вариантах опыта, а у сорта Тулайковская 5 в варианте ГИПО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ауэрбах Ш. Проблемы мутагенеза [пер. с англ. Э.В. Гнездицкой и др.; под ред. Н.И. Шапиро]. М.: Мир, 1978. 463 с.
2. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. М., 1989. 194 с.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
4. Милехин А.В., Менибаев А.И., Булгакова А.А. Влияние факторов космического полета на морфобиологические особенности различных генотипов яровой мягкой пшеницы // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19. № 2-4. С. 659-662.

STUDYING OF SPACE FLIGHT FACTORS INFLUENCE ON MORPHOBIOLOGICAL PARAMETERS OF SPRING SOFT WHEAT GENOTYPES

© 2018 A.V. Milekhin, A.L. Bakunov, A.I. Menibaev, S.L. Rubtsov, A.A. Zueva

Samara Scientific Research Institute of Agriculture,
Bezenchuk, Samara Region

The results of space experiment with spring soft wheat seeds are presented. The experiment was conducted on the space apparatus Foton-MN⁴. The materials of field observations and laboratory analysis of plants morphobiological parameters are given.

Keywords: space experiment, space flight factors, spring soft wheat, morphobiological parameters.

DOI: 10.24411/1990-5378-2018-00089

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

Askhat Menibaev, Associate Research Fellow of Laboratory of Genetics and Breeding of Spring Bread Wheat.

E-mail: samniish@mail.ru

Sergey Rubtsov, Scientist of Laboratory of Agricultural Plants Biotechnology.

Anastasiya Zueva, Associate Research Fellow of Laboratory of Genetics and Breeding of Spring Bread Wheat.