

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДЫ ЗАКРЫТЫХ ВОДОЕМОВ Г. САРАНСКА

Лабутина М.В.¹, Маскаева Т.А.¹, Чегодаева Н.Д.¹

¹ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева», Саранск, e-mail: masckaeva.tania@yandex.ru

В настоящей статье приведены данные тестирования воды закрытых водоемов г. Саранска на генотоксичность. Для оценки мутагенной активности воды использовали токсикогенетический метод учета хромосомных нарушений в меристеме проростков корешков *A. fistulosum* анафазным методом. Выраженность мутагенного эффекта определялась как превышение частоты индуцированных в опыте мутаций над спонтанным уровнем, характерным для данного тест-объекта. Цитогенетический анализ на растительном тест-объекте показал, что вода из закрытых водоемов обладает выраженными, зафиксированными в каждый месяц года, мутагенным и токсическим эффектами, что связано с понижением всхожести семян *A. fistulosum*, пролиферативной активности клеток лука, и соотносится чаще всего с повреждением не одной, а нескольких хромосом одновременно. Максимальный мутагенный и токсический эффекты зафиксированы в летний и осенний периоды в воде из пруда Стадион Старт, минимальный – весной в воде из Лесного озера.

Ключевые слова: генотоксичность, всхожесть семян, митотический индекс, хромосомные aberrации.

CYTOGENETIC MONITORING OF WATER OF THE CLOSED RESERVOIRS SARANSK

Labutina M.V.¹, Maskaeva T.A.¹, Chegodaeva N.D.¹

¹The Mordovian state teacher training institute of M. E. Evseyev, Saransk, e-mail: masckaeva.tania@yandex.ru

These testings of water of the closed reservoirs of Saransk for genotoxicity are given in the present article. For assessment of mutagen activity of water used a toksikogeneticheskyy method of accounting of chromosomal violations in a meristem of sprouts of backs of *A. fistulosum* by an anafazny method. The expressiveness of mutagen effect was defined as excess of frequency of the mutations induced in experience over spontaneous level, the characteristic of this test-object. The cytogenetic analysis on a vegetable test-object showed that water from the closed reservoirs has expressed, recorded in every month of year, mutagen and toxic effects that is bound to decrease in viability of seeds of *A. fistulosum*, proliferative activity of cages of an onion and the bound, most often, to damage not of one, but several chromosomes at the same time. The maximal mutagen and toxic effects are recorded during the summer and autumn periods in water from a pond the Start Stadium, minimum – in the spring in water from Lesnoy lakes.

Keywords: genotoxicity, viability of seeds, mitotic index, chromosomal aberrations.

В настоящее время на территории Республики Мордовия не осталось ни одного водоема, сохранившего чистоту, все они характеризуются высоким уровнем загрязнения [1-3]. Особенно остро подвергнуты антропогенному влиянию водоемы, расположенные в г. Саранске, где сконцентрированы большие промышленные компании, которые являются основными источниками загрязнения окружающей среды города. Использование метода биоиндикации и цитогенетических методов исследования поможет решить сложную проблему определения суммарного действия присутствующих в воде мутагенов и промутагенов на биоту [4; 5].

Целью настоящей работы является исследование генотоксического воздействия суммарного загрязнения вод закрытых водоемов г. Саранска.

Материалы и методы исследования

Забор воды проводился с трех закрытых водоемов г. Саранска (табл. 1).

Таблица 1

Варианты опыта

Вариант опыта	Место взятия проб воды	Повторность
1 (контроль)	Дистиллированная вода	3
2	Лесное озеро	3
3	Луховский пруд	3
4	Пруд Стадион Старт	3

Водоемы Стадион Старт, Лесное озеро, Луховский пруд являются местами отдыха населения и наиболее посещаемы в пределах города Саранск. На данных водоемах ежегодно перед началом купального сезона ведется наблюдение за санитарно-гигиеническим состоянием воды и пляжей [6]. В связи с высокой популярностью у горожан и снижением естественной устойчивости природных комплексов здесь необходимо проводить ежегодные мероприятия по улучшению экологической обстановки.

В качестве тест-объекта в данной работе использовали лук-батун *Allium fistulosum* L. [7; 8]. Для определения митотической активности и анализа спектра aberrаций готовили давленные ацетокарминовые препараты по методике Паушевой [9].

Статистическую обработку результатов проводили стандартными методами вариационной статистики. Полученные данные обрабатывали методом вариационной статистики с применением программ Stat2, Fstat.

Результаты исследований и их обсуждение

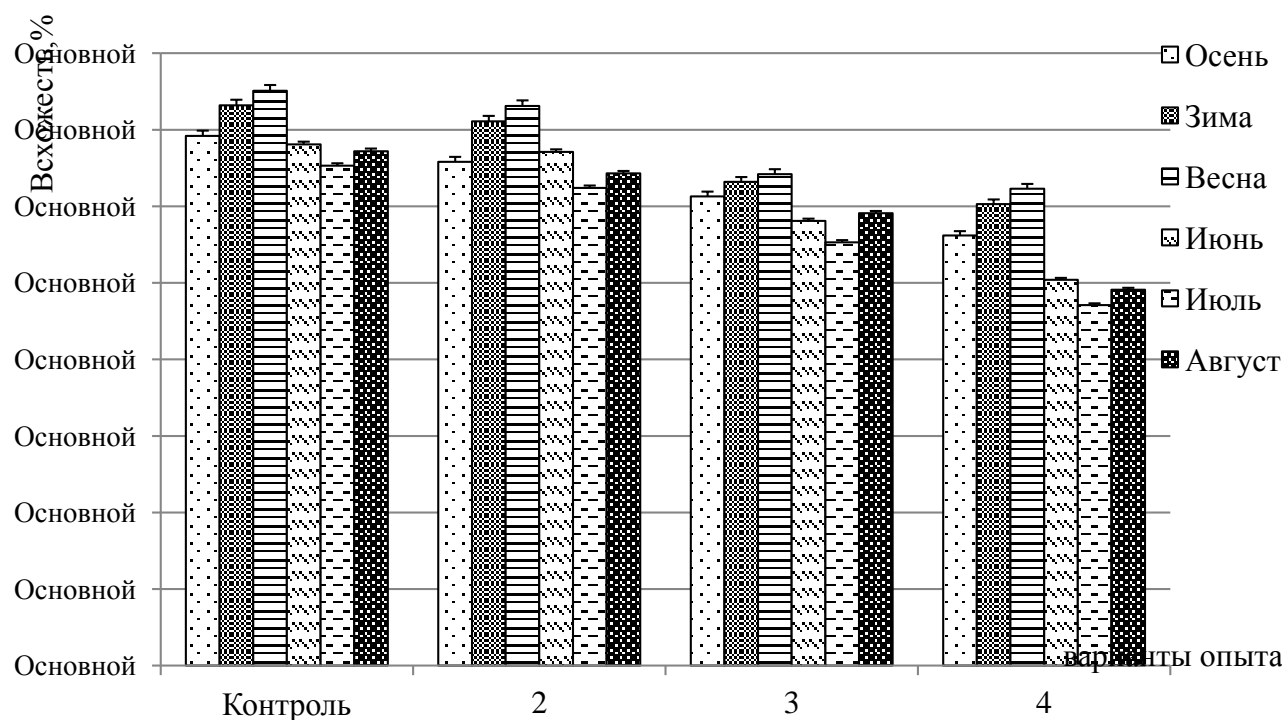
Нами было исследовано влияние воды в закрытых водоемах на всхожесть семян *A. fistulosum* (рис. 1).

Всхожесть семян лука в сентябре – ноябре 2016 г. составила в контроле $69,2 \pm 0,03\%$. Наибольшая всхожесть семян наблюдалась в воде из Лесного озера и составила $65,8 \pm 0,02\%$, наименьшая в воде из пруда Стадион Старт – $56,2 \pm 0,02\%$, это почти на 10% ниже контроля, а в воде из Луховского пруда составила $61,3 \pm 0,06\%$.

В контроле всхожесть семян лука в декабре – феврале 2016–2017 гг. составила $73,2 \pm 0,05\%$. Наибольшая всхожесть наблюдалась в воде из Лесного озера и составила $71,1 \pm 0,04\%$, наименьшая в воде из пруда Стадион Старт – $60,3 \pm 0,06\%$, а в воде из Луховского пруда составила $63,2 \pm 0,05\%$.

Всхожесть семян лука в марте – мае 2017 г. составила в контроле $75,1 \pm 0,02\%$. Наибольшая всхожесть семян наблюдалась в воде из Лесного озера и составила $73,1 \pm 0,01\%$,

наименьшая в воде из пруда Стадион Старт – $62,3 \pm 0,02\%$, а в воде из Луховского пруда



составила $64,2 \pm 0,03\%$.

Рис. 1. Всхожесть семян *Allium fistulosum* L. при проращивании в воде закрытых водоемов г. Саранска

Всхожесть семян *A. fistulosum* в июне 2017 г. в контроле составила $68,1 \pm 0,04\%$. Наибольшая всхожесть семян наблюдалась в воде из Лесного озера и составила $67,1 \pm 0,03\%$, наименьшая в воде из пруда Стадион Старт - $50,4 \pm 0,02\%$, а в воде из Луховского пруда – $58,1 \pm 0,04\%$.

Всхожесть семян *A. fistulosum* в июле 2017 года составила в контроле $65,3 \pm 0,04\%$. Наибольшая всхожесть семян наблюдалась в воде из Лесного озера – $62,4 \pm 0,01\%$, наименьшая в воде из пруда Стадион Старт – $47,1 \pm 0,07\%$, а в воде из Луховского пруда – $55,3 \pm 0,04\%$.

Всхожесть семян *A. fistulosum* в августе 2017 г. составила в контроле $67,2 \pm 0,01\%$. Наибольшая всхожесть семян наблюдалась в воде из Лесного озера и составила $64,3 \pm 0,04\%$, наименьшая в воде из пруда Стадион Старт – $49,1 \pm 0,01\%$, а в воде из Луховского пруда – $59,1 \pm 0,04\%$.

Вода закрытых водоемов г. Саранска обладает митотоксической активностью (рис. 2).

Митотический индекс клеток апикальной меристемы *A. fistulosum* осенью (сентябрь – ноябрь) 2016 г. в контроле составила $9,17 \pm 2,60\%$. Наибольшая митотическая активность клеток наблюдалась в пробе воды, взятой из Лесного озера, и составила $7,73 \pm 0,23\%$, наименьшая в воде из пруда Стадион Старт – $4,30 \pm 0,56\%$, а в воде из Луховского пруда – $6,13 \pm 0,27\%$.

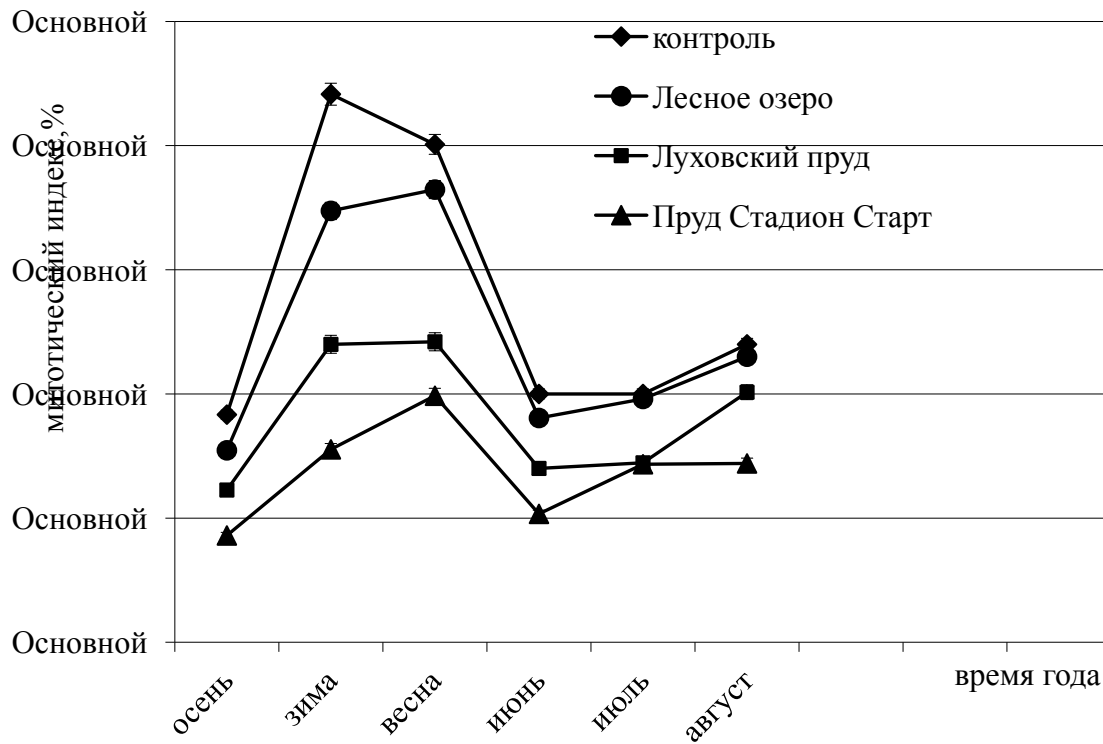


Рис. 2. Митотический индекс клеток апикальной меристемы *A. fistulosum* (сентябрь – август) 2016–2017 гг.

Зимой (декабрь – февраль) 2016–2017 гг. величина митотического индекса клеток в контроле составила $22,07 \pm 2,92\%$. Митотический индекс во всех участках реки уменьшался по сравнению с контролем, наибольшее понижение наблюдалось в воде из пруда Стадион Старт, митотическая активность клеток в данном варианте опыта понижалась на 25% по сравнению с контролем.

Величина митотического индекса клеток апикальной меристемы лука весной (март – май) 2017 г. составила в контроле $18,23 \pm 0,04\%$. Наименьшая митотическая активность клеток по сравнению с контролем наблюдалась в воде из пруда Стадион Старт и составила $9,93 \pm 0,40\%$.

Митотическая активность клеток апикальной меристемы лука в июне 2017 г. в контроле составила $10,01 \pm 0,02\%$. Наибольшая митотическая активность клеток

наблюдалась в воде из Лесного озера – $9,03 \pm 0,07\%$, наименьшая в воде из пруда Стадион Старт – $5,26 \pm 0,45\%$, а в воде из Луховского пруда – $6,9 \pm 0,13\%$.

В июле 2017 г. величина митотической активности клеток *A. cerea* в контроле составляла $10,18 \pm 0,04\%$. Наибольшее понижение митотического индекса наблюдалось в воде из пруда Стадион Старт. Митотическая активность клеток в четвертом варианте опыта уменьшалась на 20%, в третьем варианте – на 12%, во втором варианте – на 7% по сравнению с контролем.

Величина митотического индекса клеток апикальной меристемы лука в августе 2017 г. в контроле составила $12,60 \pm 0,04\%$. Наибольшее понижение митотической активности клеток наблюдалось в воде из пруда Стадион Старт и составило $7,20 \pm 0,55\%$ – это на 15% ниже, чем в контроле.

Анализ результатов эксперимента по индукции хромосомных aberrаций воды закрытых водоемов показал, что вода индуцирует хромосомные aberrации с разной частотой (рис. 3). Во всех вариантах опыта в контроле клетки с хромосомными aberrациями отсутствовали.

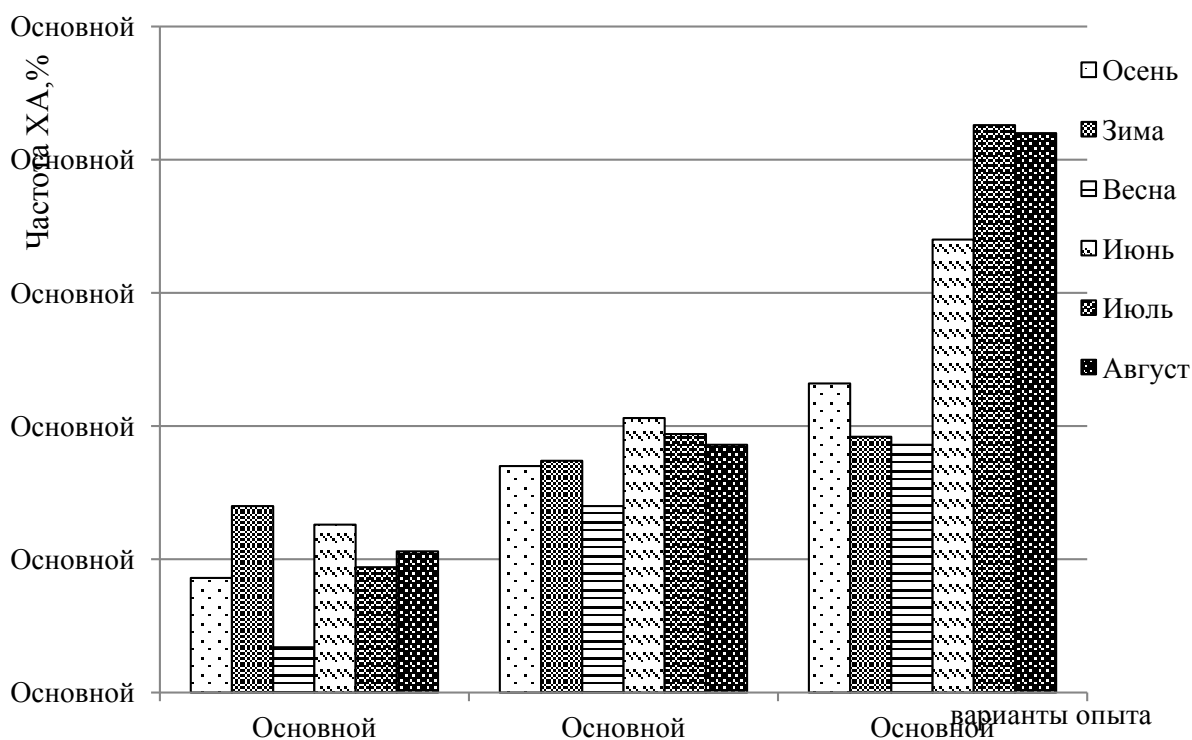


Рис. 3. Частота хромосомных aberrаций в клетках корневой меристемы *Allium fistulosum* L.

Наибольшая частота хромосомных нарушений в клетках апикальной меристемы *A. fistulosum* за сентябрь - ноябрь 2016 г. наблюдалась в пробах воды, взятой из пруда Стадиона Стар, и составила – $1,16 \pm 0,03\%$, наименьшая в воде из Лесного озера – $0,43 \pm 0,01\%$, в третьем варианте опыта – $0,85 \pm 0,03\%$. Преобладают в этот период одиночные фрагменты,

мосты и неклассифицированные аномалии.

За декабрь – февраль 2016–2017 гг. наибольший выход aberrантных клеток наблюдался в четвертом варианте опыта и составил $0,98 \pm 0,04\%$, наименьший во втором варианте опыта – $0,70 \pm 0,04\%$, в третьем варианте опыта – $0,87 \pm 0,09\%$. Преобладают в этот период одиночные фрагменты (рис. 4) и неклассифицированные аномалии. Для *A. fistulosum* во втором и четвертом вариантах опыта встречались клетки с одиночными фрагментами, мостами и неклассифицированными aberrациями, в третьем варианте опыта – клетки с одиночными и двойными фрагментами, мостами и неклассифицированными аномалиями.

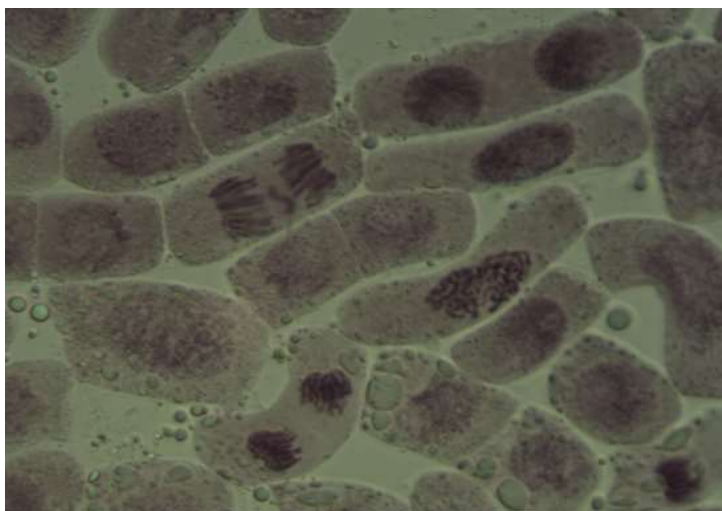


Рис. 4. Клетка *A. fistulosum* с одиночным фрагментом

За март – май 2017 г. наибольший эффект по тесту хромосомных aberrаций наблюдался для *A. fistulosum* в четвертом варианте опыта и составил – $0,93 \pm 0,16\%$, наименьший во втором варианте опыта – $0,17 \pm 0,08\%$, в третьем варианте опыта – $0,70 \pm 0,08\%$. В этот период преобладают хромосомные aberrации с одиночными фрагментами, мостами (рис. 5) и неклассифицированными аномалиями.

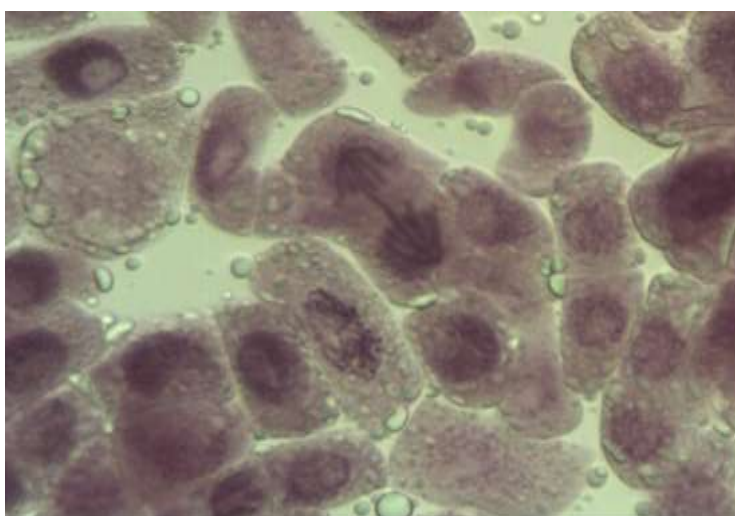


Рис. 5. Клетка *A. fistulosum* с одиночным мостом

Наибольший выход хромосомных aberrаций за июнь 2017 г. наблюдался для *A. fistulosum* в четвертом варианте опыта и составил $1,70 \pm 0,37\%$, наименьший во втором варианте опыта – $0,63 \pm 0,11\%$, в третьем варианте опыта – $1,03 \pm 0,11\%$. Преобладающим типом хромосомных aberrаций в этот период являются одиночные фрагменты и неклассифицированные аномалии.

Частота и поврежденность клеток за июль 2017 г. представлены в таблице 2.

Таблица 2

Частота хромосомных aberrаций *A. fistulosum*,
индуцированных водой закрытых водоемов в пробе за июль 2017 г.

Вариант опыта	Всего клеток с aberrациями и	Процент клеток с aberrациями	Спектр aberrаций, %			
			с одиночными фрагментами	с двойными фрагментами	с мостами	неклассифицированные
1 (к)	—	—	—	—	—	—
2	$4,67 \pm 1,08$	$0,47 \pm 0,11$	$0,06 \pm 0,04$	—	$0,06 \pm 0,07$	$0,30 \pm 0,19$
3	$9,67 \pm 1,08$	$0,97 \pm 0,11$	$0,30 \pm 0,06$	$0,16 \pm 0,07$	$0,08 \pm 0,03$	$0,45 \pm 0,10$
4	$21,3 \pm 2,94$	$2,13 \pm 0,29$	$0,64 \pm 0,24$	—	$0,16 \pm 0,03$	$0,77 \pm 0,08$

При проведении цитогенетического анализа нами выяснено, что наибольший выход aberrантных клеток наблюдался в четвертом варианте опыта и составил $2,13 \pm 0,29\%$. Во втором и третьем вариантах опыта число хромосомных aberrаций понижалось, причем это явление наиболее выражено во втором варианте опыта. Преобладающим типом хромосомных aberrаций в этот период являются одиночные фрагменты, мосты и неклассифицированные aberrации.

За август 2017 г. наибольший эффект по тесту хромосомных aberrаций наблюдался для *A. fistulosum* в четвертом варианте опыта и составил $1,50 \pm 0,12\%$, наименьший во втором варианте опыта – $0,53 \pm 0,11\%$, в третьем варианте опыта – $0,93 \pm 0,18\%$. В данный период встречались все типы хромосомных aberrаций: одиночные и двойные фрагменты, мосты и неклассифицированные aberrации.

Заключение

Цитогенетический анализ на растительном тест-объекте показал, что вода из закрытых водоемов обладает выраженными, зафиксированными в каждый месяц года, мутагенным и токсическим эффектами, что связано с понижением всхожести семян *A. fistulosum*, пролиферативной активности клеток лука и повреждением чаще всего не одной, а нескольких хромосом одновременно. Максимальный мутагенный и токсический эффекты зафиксированы в летний и осенний периоды в воде из пруда Стадион Старт, минимальный –

весной в воде из Лесного озера. Полученные результаты исследования могут быть использованы для принятия практических мер регионального характера при решении вопроса о допустимости разрешения купания в летний период в закрытых водоемах г. Саранска.

Список литературы

1. Благов В.А. Эколого-гидрологический подход к оценке состояния малых рек Республики Мордовия // Сб. трудов молодых исследователей геогр. фак-та МГУ им. Н.П. Огарева. Вып. 8. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2010. – 147 с.
2. Жаркова Е.В. Проблема техногенного воздействия на водные ресурсы Мордовии // Сб. трудов молодых исследователей геогр. фак-та МГУ им. Н.П. Огарева. Вып. 5. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009. – 144 с.
3. Маскаева Т.А. Эколого-генетическое исследование вод малых рек Республики Мордовия / Т.А. Маскаева, М.В. Лабутина, Н.Д. Чегодаева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – № 3 (4). – С. 1374-1377.
4. Ахиянц И.Л. Проблемы генетико-морфологического мониторинга волжской воды / И.Л. Ахиянц, Л.Г. Сентюрова // Естественные науки. Журн. фундаментальных и прикладных исследований. Изд-во Астраханского госуниверситета. – 2005. – № 3. – С. 25–28.
5. Лукашевич О.Д. Экологические и технологические аспекты оценки качества природных вод для производственного и хозяйственно-бытового использования // Вода и экология. – Экология. – 2007. – Т. 1. - Вып. 1. – С. 3–5.
6. Тарасова О.Ю. Экологические аспекты благоустройства мест массового отдыха населения (на примере г. Саранск) // Современные проблемы территориального развития: электронный журнал. – 2017. – № 1. – URL: <https://terjournal.ru/2017/id03>.
7. Иванов Д.Е. Цитогенетические тесты в экологическом мониторинге опасных промышленных объектов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития». – Киров: Аверс, 2011. – С. 422–423.
8. Пьянзина Т.А. Эколого-генетические особенности митогенного и мутагенного действия активных форм кислорода на *Allium fistulosum* L.: дис. ... канд. биол. наук. – Саранск, 2006. - С. 3-5.
9. Маскаева Т.А. Цитогенетическое влияние пестицидов на *Hordeum vulgare* L. и *Pisum sativum* L. / Т.А. Маскаева, М.В. Лабутина, Н.Д. Чегодаева // Успехи современной науки. – 2016. – № 10. – С. 108-112.