

УДК 653.723.630\*164

## ОЦЕНКА МУТАГЕННОСТИ СРЕДЫ: АНА-ТЕЛОФАЗНЫЙ МЕТОД

**Любовь Алексеевна Фролова**

кандидат биологических наук, доцент

ljubafr@rambler.ru

**Ольга Михайловна Золотова**

заведующая кафедрой биологии и химии

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

zolotova.olga1@mail.ru

**Юлия Александровна Федулова**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

uliafed@mail.ru

**Екатерина Николаевна Соломатина**

студент

katya\_68\_katya\_68@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

Мичуринск, Россия

**Аннотация.** В статье рассматривается ана-телофазный метод изучения генотоксических эффектов мутагенности окружающей среды.

**Ключевые слова:** растительная система *Ribes test*, митозные аномалии, цитогенетический мониторинг.

Нарушение человеком экологического равновесия, возрастание доли митотоксичных химических и физических веществ в продуктах загрязнения окружающей среды, создает реальную опасность не только нынешнему поколению человечества, но и генофонду вида в целом. Выбросы генотоксикантов в окружающую среду, например тяжелых металлов, кадмия, с выхлопными газами автомобильного транспорта, влияние электромагнитных излучений, порождает необходимость объективных генетических тестов, чтобы оценить потенциальное воздействие данных факторов на экосистемы [4,5, 6].

Для оценки генотоксического и цитотоксического эффектов физических и химических факторов разрабатывают специальные растительные тест-системы разного направления, с использованием в качестве тест-объектов-растения, геномы которых чувствительны к экологическим изменениям, вызываемым деятельностью человека. В последнее время все большую популярность приобретают широко распространенные растительные тест-системы, основанные на ана-телофазном анализе митотического цикла клеток. Главные требования по которым делают выбор тест-объекта в растительную тест-систему, заключаются в том, чтобы у вида было малое число хромосом, и высокая степень их конденсации. В настоящее время широко распространена ана-телофазная тест-система, основанная на учете хромосомных aberrаций на стадии анафазы и телофазы митотического цикла клеток корневых меристем лука репчатого (*Allium cepa*), имеющего всего 16 хромосом ( $2n=16$ ). Эта система рекомендована экспертами ВОЗ, как стандарт в цитогенетическом мониторинге окружающей среды. Система (*Allium test*) очень хорошо коррелирует с тестами на других растительных организмах.

В этой связи в нашей работе для изучения влияния степени мутагенности на окружающую среду, была взята растительная тест-система, в которой в качестве тест-объекта используется смородина черная (*Ribes nigrum* L.), характеризующаяся малым числом хромосом ( $2n=16$ ) и их высокой конденсацией. Кроме того, разработанная нами [1,2,3] цитологическая методика изготовления временных давленных препаратов, позволяет детально

изучить не только число хромосом, но и их морфологию, а также различные хромосомные аберрации на стадиях профазы, метафазы, анафазы и телофазы. В свете выше изложенного актуальность исследования не вызывает сомнений.

Цель – изучение ана-телофазного метода оценки степени генотоксического эффекта мутагенности окружающей среды на основе учета митозных аномалий в клетках апикальной меристемы смородины черной, произрастающей на участках с разной степенью антропогенной нагрузки.

Методы исследования - цитологическое изучение хода митоза в клетках апикальных меристем смородины черной [6].

Диагностику экологического состояния окружающей среды проводили на пробных площадках, различающихся антропогенным воздействием и положением в ландшафте: пробная площадка-I – расположена в 50 м от трассы; пробная площадка-II – расположена в 100 м от шоссе; пробная площадка-III – расположена в 1000 м от трассы; пробная площадка-IV – расположена в 2000 м от трассы .

Цитогенетическое изучение хромосомных аберраций на стадии анафазы и телофазы митотического цикла клеток апикальных меристем показало, что растения смородины черной, произрастающие на площадках I и II, расположенных в 50-100 метрах от автотрассы, характеризуются самым высоким процентом нарушений хода митоза и практически очень близкими уровнями митозных аномалий. Так, процент хромосомных аберраций у растений с площадки I на стадии анафазы варьировал от 43,22% до 45,70%, на стадии телофазы – от 37,34% до 50,49%; у растений с площадки II на стадии анафазы- от 32,02% до 48,02%, на стадии телофазы-от 35,76% до 50,29%. Анализ фиксаций зачаточных молодых листочков у растений смородины черной с III и IV пробных площадок также выявил хромосомные аберрации. Но уровень нарушений был значительно ниже, чем у растений, произрастающих на площадке-I : в клетках апикальной меристемы у растений с пробной площадки-III меньше в среднем в анафазе на 9,26%, в телофазе-на 8,17%, в меристемных

клетках растений с пробной площадью IV в среднем--в анафазе на 22,57%, в телофазе-на 14,54% (рис.1.).

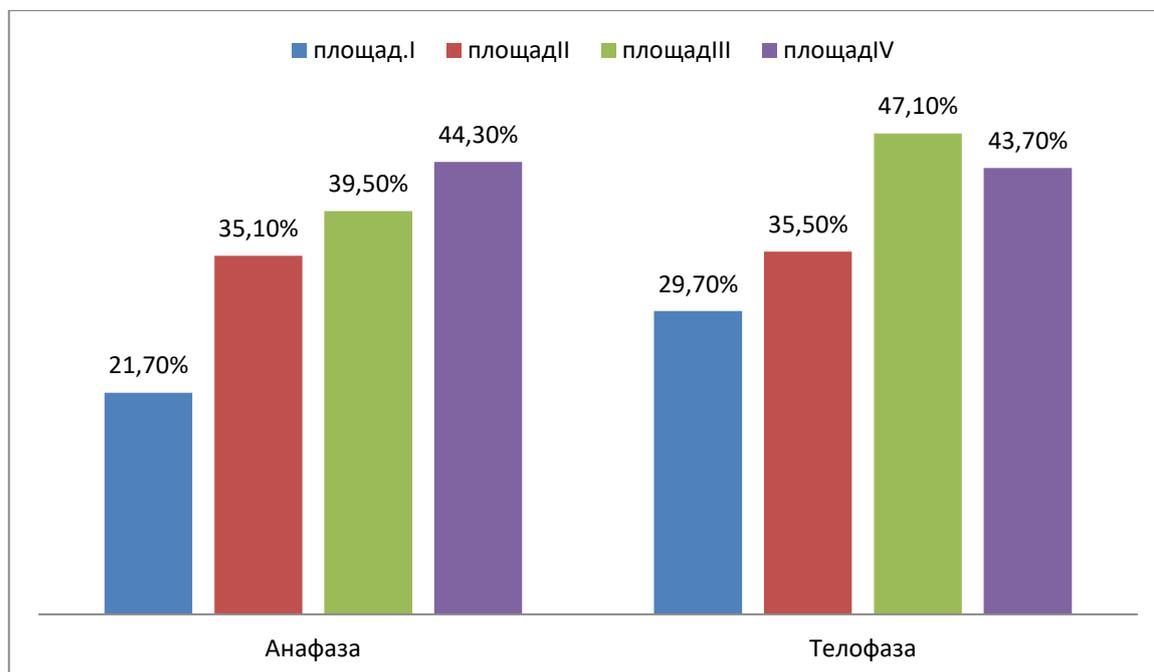


Рисунок 1 – Вариационная диаграмма частоты нарушений на стадиях анафазы и телофазы у растений R.nigrum L.

Частота хромосомных aberrаций и отставаний может быть представлена в виде выраженности мутагенного эффекта-- XAots.,%. Анализ частоты митозных аномалий в клетках апикальных меристем смородины черной показал, что самый высокий эффект мутагенности окружающей среды выявлен на пробной площадке I, расположенной в 50 м от автотрассы (XAots.=43,99%) и на пробной площадке II- в 100м от автотрассы (XAots.= 43,29). Растения смородины черной, произрастающие на площадках III и IV, расположенных в 1000—2000м от автотрассы, обнаружили существенно меньшие показатели степени мутабельности окружающей среды. Так, на пробной площадке III, расположенной в 1000м от автотрассы, частота хромосомных мутаций в клетках соматических тканей у растений смородины черной, составила: XAots.=35,28%; а на пробной площадке IV, расположенной в 2000м от автотрассы, XAots.=25,74% (табл.1; рис.2).

Таблица 1

Определение степени мутагенного эффекта окружающей среды в исследуемых районах.

Пробная площадка	Сумма aberrantных клеток, находящихся на стадии ана-и телофазы ( XA+ots)	Общее число проанализированных клеток, находящихся на стадии ана-и телофазы (N)	Частота мутаций (XA+ots. ,% )
I—50м От трассы	XA+ots.=287	652	XA+ots. %.=43,99±2,71
II—100 м От трассы	XA+ots.=268	619	XA+ots. %.=43,29±3,34
III—1000 м От трассы	XA+ots.=219	620	XA+ots. %.=35,28±2,71
IV—2000 м От трассы	XA+ots.=187	718	XA+ots. %.=25,74±2,85

Растения смородины черной, произрастающие на площадках III и IV, расположенных в 1000—2000м от автотрассы, обнаружили существенно меньшие показатели степени мутабельности окружающей среды. Так, на пробной площадке III, расположенной в 1000м от автотрассы, частота хромосомных мутаций в клетках соматических тканей у растений смородины черной, составила: XAots.=35,28%; а на пробной площадке IV, расположенной в 2000м от автотрассы, XAots.=25,74% (табл.1; рис.2).

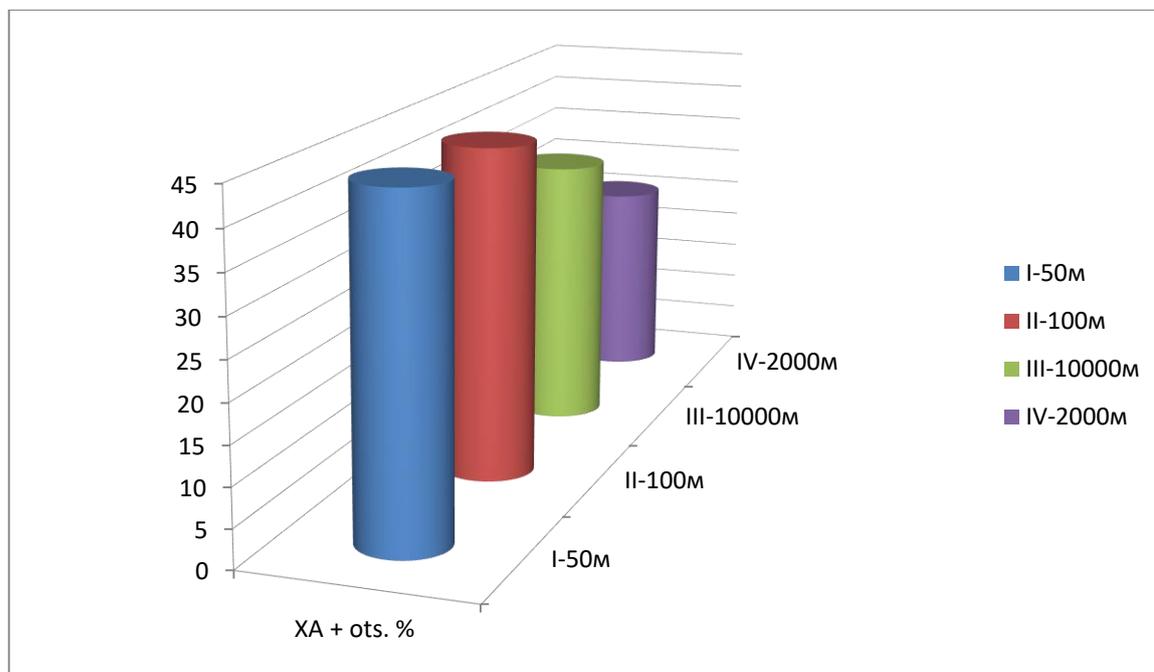


Рисунок 2 – Вариационная диаграмма степени мутагенного эффекта (XA+ots.) окружающей среды в исследуемых районах.

Таким образом, наиболее загрязненным участком является территория в непосредственной близости от автотрассы, это площадки-I и II; лучшая экологическая обстановка складывается в районе площадок-III и IV, достаточно удаленных от автотрассы. По мере ухудшения экологических условий, то есть приближения пробных площадок к автотрассе, количество нарушений в ходе митоза возрастает, что свидетельствует об усилении интенсивности мутационного процесса. Мутационное давление на окружающую среду в исследуемых районах, обусловлено большим потоком машин на автотрассе, который приводит к высокой загазованности воздуха окружающей среды выхлопными газами автомобилей, повышением в нем тяжелых металлов, и в частности-кадмия. Недаром в странах Скандинавии, все территории на расстоянии до 8—10м от автотрасс называют мертвыми зонами. С этих территорий никогда не заготавливают силос, не рвут и не косят траву для корма животных.

Результаты исследования показали, что количество митозных аномалий и степень разнообразия типов хромосомных аберраций находятся в непосредственной зависимости от степени загрязнения окружающей среды. Нами установлена прямая корреляция между процентом митозных аномалий в

ходе митоза и степенью загрязнения окружающей среды генотоксикантами. Выяснили, что в исследуемых нами растениях смородины черной под действием мутагенных факторов происходят спонтанные хромосомные мутации, которые благодаря микроскопическим исследованиям временных, давленных препаратов можно легко фиксировать и получать информацию об остроте генотоксического эффекта потенциальной мутагенности. Проведенные экспериментальные исследования свидетельствуют о высокой чувствительности смородины черной к мутагенному загрязнению окружающей среды, что дает возможность использовать ее в качестве тест-объекта в тест-системе-Ribestest цитогенетического мониторинга, основанной на ана-телофазном анализе.

#### Список литературы:

1. Darlington C.D. Meiosis in diploid and tetraploid *Primula sinensis* / J.Genetios. 1931. vol. 24. N.I.P. 65-96.
2. Фролова Л.А. Изучение концентрации аллельных форм гена I в популяциях человека на примере г. Мичуринска / Тамбов на карте генеральной: социокультурный, образовательный, духовно-нравственный аспекты развития региона: сборник материалов Всероссийской научной конференции (20 мая 2016 г.).
3. Фролова Л.А. Использование интерактивных методов в образовательном процессе / Современные педагогические технологии в организации образовательного пространства региона: сборник материалов Областной научно-практической конференции (24 апреля 2018 г.) // под общей редакцией Е.С. Симбирских. Мичуринск: Изд-во ООО «БиС». 2018. С.177-180.
4. Фролова Л.А., Демочкина С.С., Костырина Т.В. Закономерности формообразовательного процесса в потомстве от скрещивания разнохромосомных форм смородины чёрной // Наука и образование. 2018. № 3-4. С.49.

5. Фролова Л.А., Петрищева Л.П., Попенко Н.В., Клишина М.Н. Цитологический анализ семян от свободного опыления автотриплоидных форм смородины черной // Наука и Образование. 2019. №2-3. С.102-105.

6. Фролова Л.А., Лучникова С.В. // Подсчет числа хромосом у плодовых растений Флора и фауна Черноземья: Сб. науч. Статей. вып. 6. Тамбов: ТГУ. 2004. С. 48-53

**UDC 653.723.630\*164**

**ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL MUTAGENICITY: ANA-  
TELOPHASE METHOD**

**Lyubov Al. Frolova**

candidate of biological sciences, associate professor

ljubafr@rambler.ru

**Olga M. Zolotova**

head of the department of biology and chemistry

candidate of agricultural sciences, associate professor

zolotova.olga1@mail.ru

**Yulia Al. Fedulova**

candidate of agricultural sciences, associate professor

uliafed@mail.ru

**Ekaterina N. Solomatina**

student

katya\_68\_katya\_68@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Abstract.** The article discusses the ana-telophase method for studying the genotoxic effects of environmental mutagenicity.

**Key words:** plant system *Ribes* test, mitotic abnormalities, cytogenetic monitoring.

Статья поступила в редакцию 11.11.2024; одобрена после рецензирования 20.12.2024; принята к публикации 25.12.2024.

The article was submitted 11.11.2024; approved after reviewing 20.12.2024; accepted for publication 25.12.2024.